

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIÓN



Aplicación del análisis tecno-económico al despliegue de redes
de acceso de próxima generación. El caso de la competencia
entre plataformas, la regulación y las políticas públicas en España

TESIS DOCTORAL

Arturo Vergara Pardillo

Ingeniero de telecomunicación

2011

DEPARTAMENTO DE SEÑALES, SISTEMAS Y RADIOCOMUNICACIONES

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN

Aplicación del análisis tecno-económico al despliegue de redes de acceso de próxima generación. El caso de la competencia entre plataformas, la regulación y las políticas públicas en España

Autor

D. Arturo Vergara Pardillo

Ingeniero de telecomunicación

Director

Dr. Jorge Pérez Martínez

Doctor Ingeniero de telecomunicación

Madrid, 2011



POLITÉCNICA

Tribunal nombrado por el Magfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 20 .

Presidente: _____

Secretario: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Vocal: _____

Suplente: _____

Suplente: _____

Realizado el acto de lectura de la Tesis el día de de 20 en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, este Tribunal decide otorgar la calificación de

EL PRESIDENTE

EL SECRETARIO

LOS VOCALES

Dedicado a mis padres, Félix y Lola.

Gracias por todo...

Agradecimientos

Los párrafos siguientes suponen para mí una gran alegría, y una cierta nostalgia, al estar escribiendo un punto y aparte en un camino iniciado hace algo más de diez años cuando me acerque a solicitar plaza en la Escuela, y que continué cuando hace cinco años me acerque al GTIC para iniciar el doctorado. Esta última parte del camino, sin duda la más apasionante y compleja, no podría haberla realizado sin la ayuda y el apoyo de varias personas a las cuales quisiera mostrar mi agradecimiento en unas breves líneas.

En primer lugar, al profesor Jorge Pérez Martínez, tutor y guía de estos últimos años, gracias no solo por su apoyo y orientación, indispensables para la buena finalización de la tesis, sino por abrirme las puertas de un mundo apasionante y por permitirme participar en los "debates de mayores" como dice él, en lo que sin duda ha sido y será una parte fundamental de mi formación y experiencia.

En segundo lugar quisiera desde aquí dar las gracias a Telefónica, Telefónica Soluciones, y muy especialmente al Dr. Bruno Soria por darme la oportunidad de participar y colaborar en el proyecto COSTA, sin el cual esta tesis no habría sido posible.

A mis compañeros de viaje desde el primer minuto, Ana y Antolín, por los ánimos, risas y energías que hemos compartido en los buenos (y no tan buenos) momentos en nuestra travesía en el GTIC. Asimismo, quisiera agradecer al resto de compañeros del grupo, Carmen, Caty y Zoraida, así como a los profesores D. Luis Castejón, D. Manuel Riera, D. Miguel Pérez y D. Sergio Ramos por lo que he aprendido de ellos en estos años. Y como no a José Luis, quien pese a no ser profesor trata de enseñarnos a ver el mundo de otra manera ☺.

Agradezco asimismo el apoyo, consejo y hasta los tirones de orejas que he recibido de mis padres, y lo más importante de todo, por haberme dado los valores, la educación y el cariño sin los que no habría llegado hasta aquí y que me hacen ser quien soy. También agradecerle a mí hermana su apoyo, y desearla que dentro de no mucho esté escribiendo esta misma página de su tesis doctoral.

A Laura, por haber estado ahí pese a todo, y por las veces que me has inspirado, animado y dado fuerzas para seguir adelante.

A Raúl, Marco y Antolín quienes, entre el fuego cruzado del *counterstrike*, iniciamos la carrera investigadora (cada uno en lo nuestro) y una fuerte amistad. Espero que cuando los cuatro seamos doctores sigamos quedando para tomar cañas igual que el primer día.

Por último, y no por ello menos importante, a mis amigos de siempre, por entenderme, animarme y "liarme" en los momentos de mayor presión, habéis sido un gran baluarte en algunos de los momentos más difíciles de este camino.

A todos vosotros, muchas gracias.

Arturo.

Índice

| | |
|--|-----|
| Índice | I |
| Resumen | III |
| Abstract | V |
| Capítulo 1. Introducción | 7 |
| 1.1 Introducción | 7 |
| 1.2 Motivación de la investigación | 8 |
| 1.3 Antecedentes..... | 20 |
| 1.4 Objetivos y preguntas de investigación | 26 |
| 1.5 Metodología empleada | 28 |
| 1.6 Solución propuesta | 35 |
| 1.7 Delimitación del análisis realizado | 38 |
| 1.8 Estructura de la tesis | 40 |
| 1.9 Contribuciones | 40 |
| Capítulo 2. Plataformas, agentes y situación actual de los despliegues | 45 |
| 2.1 Introducción | 45 |
| 2.2 Plataformas de acceso de próxima generación | 47 |
| 2.3 Agentes | 60 |
| 2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación | 67 |
| Capítulo 3. Regulación, políticas públicas y neutralidad de red | 89 |
| 3.1 Introducción | 89 |
| 3.2 Regulación sectorial de las redes de acceso de próxima generación | 90 |
| 3.3 Políticas públicas | 108 |
| 3.4 El impacto del debate de neutralidad de red | 119 |
| Capítulo 4. Modelo tecno-económico de despliegue de redes NGA..... | 127 |
| 4.1 Modelo tecno-económico | 127 |
| 4.2 Análisis geográfico de España..... | 150 |
| 4.3 Escenarios de mercado considerados..... | 154 |
| Capítulo 5. Principales resultados del análisis tecno-económico | 163 |
| 5.1 Alcance de los despliegues y cuotas de mercado críticas | 164 |

| | | |
|----------------------------|--|-----|
| 5.2 | Comparativa del coste mensual | 168 |
| 5.3 | Inversión requerida | 174 |
| 5.4 | Análisis de sensibilidad..... | 178 |
| 5.5 | Escenario de inversión conjunta..... | 188 |
| 5.6 | Discusión | 193 |
| Capítulo 6. | Implicaciones regulatorias y de política pública | 203 |
| 6.1 | Implicaciones regulatorias | 203 |
| 6.2 | Implicaciones de política pública | 206 |
| Capítulo 7. | Conclusiones y trabajo futuro..... | 211 |
| 7.1 | Las evolución a las redes de acceso de próxima generación | 211 |
| 7.2 | Problemáticas regulatorias y de política pública..... | 213 |
| 7.3 | Caracterización de la estructura competitiva en España | 214 |
| 7.4 | Implicaciones regulatorias y de política pública | 215 |
| 7.5 | Principales conclusiones | 216 |
| 7.6 | Líneas de trabajo futuro | 218 |
| Anexo A. | Informe GAPTEL “El reto del despliegue de las redes de nueva generación” | 221 |
| A.1. | Entrevistas a expertos..... | 223 |
| A.2. | Principales conclusiones | 231 |
| A.3. | Recomendaciones..... | 235 |
| Anexo B. | La escalera de inversión en las redes NGA..... | 239 |
| B.1. | Productos de acceso | 239 |
| B.2. | Productos de backhaul | 246 |
| Índice de figuras | | 249 |
| Índice de tablas | | 253 |
| Acrónimos | | 257 |
| Referencias bibliográficas | | 261 |

Resumen

La transición de las redes de banda ancha tradicionales hacia las redes de acceso de próxima generación (NGA) se ha situado en los últimos años como una de las principales prioridades políticas y estratégicas de la mayor parte de las regiones desarrolladas del mundo. El impacto de la crisis económica ha puesto de manifiesto la necesidad de impulsar mejoras en la competitividad y la capacidad de innovación de las economías, y la disponibilidad de acceso ultrarrápido al ecosistema de Internet supone uno de los principales pilares para el desarrollo económico, social y cultural de las próximas décadas.

Como consecuencia, un elevado número de países y regiones iniciaron en los últimos años un debate regulatorio y sectorial que ha llevado a la adopción de medidas y planes de fomento del despliegue de las redes NGA. Este debate está resultando especialmente complejo en Europa, donde un modelo regulador basado en la competencia en servicios y un mercado de banda ancha muy fragmentado dificultan el despliegue de las nuevas infraestructuras. A las problemáticas sobre las elevadas inversiones necesarias se suman problemas de competencia y de flexibilidad del marco regulador, que en su conjunto ponen en duda la viabilidad del despliegue de las nuevas infraestructuras.

Los diferentes países europeos están adoptando modelos regulatorios y planes de políticas diferentes en función de la estructura competitiva de los mercados y de las diferencias en las zonas geográficas, dando lugar a diferencias en las áreas cubiertas, las tecnologías desplegadas, los modelos de negocio y las estructuras de mercado generadas por el despliegue de las redes de próxima generación.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo el análisis de la viabilidad del despliegue de plataformas de acceso de próxima generación en el caso de España, así como la evaluación de distintos enfoques regulatorios y de política pública. Para ello se emplea una combinación de metodología cualitativa basada en el análisis de casos de estudio, la realización de entrevistas en profundidad y la discusión mediante grupos de expertos, con una metodología tecno-económica, desarrollada en un proyecto de colaboración con Telefónica en los últimos años.

La primera parte del estudio realizado se centra en la evolución de las tecnologías de acceso, en las diferencias entre las estrategias de los diferentes tipos de agentes presentes en el mercado, y en las principales problemáticas regulatorias y de política pública. Esta sección se completa mediante un análisis comparativo de los despliegues de redes NGA, medidas regulatorias y de política pública a nivel internacional.

La segunda parte propone la utilización del modelo tecno-económico COSTA, elaborado conjuntamente por Telefónica y la UPM, para analizar la viabilidad del despliegue de plataformas FTTH/GPON, FTTH/P2P, FTTN/VDSL2 y HFC/DOCSIS 3.0 en España. Este análisis se realiza mediante un enfoque geográfico basado en el uso de técnicas de conglomerados K-medias para agrupar los municipios en diferentes geotipos en base a 7 parámetros geográficos. Los resultados obtenidos permiten caracterizar la estructura competitiva del país para diferentes escenarios en 2020, identificando las regiones negras, grises y blancas en términos de despliegue de plataformas alternativas.

El análisis muestra el potencial para la competencia en infraestructuras existente en el mercado español, protagonizado por los despliegues de cable, despliegues conjuntos de los operadores alternativos y despliegues del operador incumbente. Finalmente se realiza una discusión sobre las principales implicaciones regulatorias y de política pública para alcanzar los escenarios de despliegue analizados.

Palabras clave

Redes de acceso de próxima generación, política y regulación de las telecomunicaciones, análisis tecno-económico, banda ultra-ancha, ecosistema de Internet.

Abstract

The transition towards next generation access (NGA) networks has become one of the main political and strategic priorities of most developed regions of the world in recent years. The impact of the economic crisis has highlighted the need to promote improvements in the competitive and innovative capacities of the economy, and the availability of widespread ultra-broadband access networks to the Internet ecosystem presents as one of the main bases for the economic, social and cultural development for the next decades.

As a result, a large number of regions have adopted regulatory debates that had lead to measures and plans to promote NGA rollout. This debate is getting more complex in Europe, where the regulatory model based on service competition and a fragmented market difficult the rollout of the new infrastructures. The high investment requirement problematic combines with competence issues and lack of regulatory flexibility creating doubts about the viability of new rollouts.

Different European countries are adopting different regulatory models and public policy plans according to competitive dynamics conditions and differences among geographic areas. This leads to differences in coverage areas, deployed technologies, business models and market structures generated by the rollout of the next generation networks.

This thesis has the objective of analyse the viability of NGA rollout and platform competition in Spain and to evaluate different regulatory and public policy approaches. To accomplish these objectives, a combination of qualitative and techno-economic methodologies is used. The first methodology approach is based on case study analysis, interviews with experts and reflection through *think-tank* groups. The second approach is based on a collaborative research project between Telefónica and the Technical University of Madrid (UPM) during the last years to develop a set of NGA techno-economic models.

The first part of the Thesis is focused on the access technologies evolution, the differences among strategies of the main agents (incumbents, altnets and cable operators), and the main regulatory and public policy challenges in nowadays debate. This section is completed with a comparative analysis of international NGA rollouts, regulatory measures and main public policy actions.

The second part analyses the viability of different NGA platforms rollout in Spain, including FTTH/GPON, FTTH/P2P, FTTN/VDSL2 and HFC/DOCSIS 3.0. This analysis is based on a geographic approach which uses K-means clustering techniques to obtain the genotypes based on seven different geographic parameters. The obtained results allow the characterization of the competitive structure of the

country for different scenarios. The analysis also identifies black, grey and white regions according to the number of simultaneous platforms operating in each area.

The analysis developed shows an infrastructure competition potential based on cable operators, and on joint investments of the main alternative operators, who in a consolidation scenario could reach 33,7% of total coverage with their own network. Finally, a discussion about main regulatory and public policy implications is made.

Keywords

Next Generation Access Networks, Telecommunications regulation and policy, techno-economic analysis, ultrabroadband, Internet ecosystem

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

En 1965, Sir Charles Kao, investigador en los Laboratorios de *Standard Telephones and Cables Company* (STC) escribió un artículo titulado "*Dielectric fiber surface waveguides for optical frequencies*" en el que detallaba como los cables de fibra óptica podían ser usados para transmitir información a grandes distancias. El descubrimiento, publicado en 1966 y por el que Kao recibiría en 2009 el Premio Nobel de Física, supuso un hito histórico que revolucionaría la industria de las telecomunicaciones y que ha permitido el desarrollo de las principales infraestructuras de comunicaciones mundiales, haciendo posible el nacimiento de la banda ancha y de Internet.

Hoy en día, la fibra óptica es considerada como el medio de transmisión a prueba de futuro y constituye el sistema circulatorio que alimenta a la actual Sociedad de la Información y el Conocimiento. La creciente capacidad de comunicación soportada por la fibra óptica ha permitido la evolución de las tecnologías de banda ancha hacia mayores velocidades, primero por su despliegue en los tramos de *backbone* y *backhole* de las redes, y actualmente por su despliegue, parcial o total, en el tramo de acceso.

La evolución de las redes hacia la banda ultra-ancha¹ se engloba actualmente dentro del debate de las redes de acceso de próxima generación (NGA²), definidas por la Comisión Europea como "*redes de acceso alámbricas integradas total o parcialmente por elementos ópticos y que son capaces de entregar servicios de acceso de banda ancha con características mejoradas (tales como un caudal*

¹ Si bien no hay una definición única de banda ultra-ancha, en el contexto de este trabajo de investigación se entiende por banda ultra-ancha aquellas velocidades superiores a las que se pueden proporcionar mediante redes de acceso tradicionales como el xDSL o el cable.

² El término de red de acceso de próxima generación (NGA) proviene originalmente de la aplicación, al tramo de acceso, de las características que definen a las redes de próxima generación (NGN), que según la ITU (ITU-T, 2004) son: redes de paquetes IP que permiten la prestación de servicios mediante la utilización de múltiples tecnologías de acceso, capaces de garantizar calidad de servicio y en las que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con el transporte. Asimismo, deben permitir el acceso sin restricciones de los usuarios a diferentes proveedores de servicios, así como soportar el concepto de movilidad generalizada. Sin embargo, la problemática tratada en esta Tesis Doctoral está más relacionada con el debate europeo sobre inversión y regulación de las nuevas infraestructuras, por lo que ese será el enfoque principal al que nos referiremos al tratar las redes NGA.

1.2 Motivación de la investigación

superior) en comparación con los prestados a través de las redes de cobre ya existentes”.

En la mayoría de los casos, las redes NGA se basan en el acercamiento de la fibra óptica a los usuarios finales, mediante la sustitución de cable coaxial o de par de cobre ya existente, o el despliegue de una nueva infraestructura. Las principales plataformas consideradas en dicho debate incluyen las redes de fibra hasta el hogar (FTTH) o hasta el edificio (FTTB), la evolución de las redes de cobre a redes de fibra hasta el nodo (FTTN) y la evolución de las redes híbridas de fibra óptica y coaxial (HFC) mediante tecnología DOCSIS 3.0. Asimismo, las tecnologías móviles de cuarta generación como WiMAX o LTE jugarán un importante rol en la prestación de banda ancha en zonas urbanas y rurales.

Sin embargo, la magnitud de las inversiones necesarias para la modernización del tramo de acceso genera problemáticas de financiación, inversión y competencia que ponen en duda la viabilidad de las nuevas infraestructuras, frenando su despliegue y adopción en Europa. La evolución a la próxima generación de redes y servicios de banda ancha es bastante más compleja que la que tuvo lugar en los procesos de automatización o digitalización de la red telefónica actual. Los desafíos que deben superarse para acelerar esta evolución dibujan una transición nada sencilla que depende tanto de factores comerciales, como de decisiones regulatorias y condiciones de mercado, que exigirán del impulso y convencimiento de todos los agentes.

El camino que adopten los diferentes agentes hacia las NGA no será homogéneo ni en las tecnologías empleadas, ni en los modelos comerciales implantados, ni en las estrategias de despliegue seguidas. Las economías de las distintas plataformas, la diferencia entre zonas geográficas, las expectativas de retorno de la inversión, la dinámica competitiva de los distintos mercados y los distintos modelos regulatorios y de políticas públicas, darán lugar a diferencias en las áreas cubiertas, las tecnologías desplegadas, los modelos de negocio y las estructuras de mercado generadas por el despliegue de las redes de próxima generación.

El presente trabajo de investigación analiza, basándose en una metodología tecno-económica, la viabilidad del despliegue de distintas plataformas de acceso fijo de próxima generación³ en España, así como el impacto que la regulación y las políticas públicas tienen en dichos despliegues.

1.2 Motivación de la investigación

1.2.1 Contexto histórico

Desde la introducción de la telefonía a finales del siglo XIX, las infraestructuras de telecomunicaciones se han desarrollado mediante una combinación de inversión

³ A lo largo del documento de Tesis Doctoral se entenderá que se refiere a redes fijas cuando se hable de redes de acceso, redes de acceso de próxima generación o NGA.

pública y privada que ha variado en función de las distintas fases por las que ha pasado el sector de las telecomunicaciones.

En una primera fase, las telecomunicaciones en los países europeos estuvieron gestionadas en régimen de monopolio concedido por las Administraciones de los Estados a entidades públicas o a empresas de capital privado. Dicho modelo, justificado por la creencia económica de que las telecomunicaciones eran un monopolio natural, aprovechaba las fuertes economías de escala para extender la cobertura de las redes de televisión y telefonía a la mayoría de la población. Durante dicho periodo, el sector estuvo fuertemente intervenido, quedando el desarrollo de la industria directamente ligado a la estrategia inversora del operador, al igual que la actividad de investigación y desarrollo.

Si bien este modelo permitió realizar un gran proceso inversor e incrementar la penetración de los servicios, entre finales de los 70 y principios de los 80 se produjeron un conjunto de sucesos⁴ que alteraron el *status-quo* y que impulsaron el proceso de liberalización del sector, la privatización de los operadores incumbentes y la introducción de competencia en el mercado mediante una regulación que facilitaba el acceso a los recursos esenciales y no replicables (GRETEL, 1998).

La fase de liberalización, además del incremento de competencia en el mercado, fue testigo de grandes avances tecnológicos realizados durante las últimas dos décadas del siglo XX, como la transmisión óptica, la digitalización de las comunicaciones, la telefonía móvil o Internet, que impulsaron la prestación de nuevos servicios y transformaron la industria de telecomunicaciones hasta lo que es hoy en día.

En el segmento fijo del mercado, el éxito de las tecnologías DSL permitió la prestación de servicios de acceso a Internet de alta velocidad sin necesidad de realizar grandes inversiones en el tramo de red de acceso, al estar éste disponible para todos los operadores gracias una regulación de acceso mayorista, lo que fomentó el crecimiento y dinamización del mercado. De esta forma, el mercado de banda ancha comenzó un ciclo de crecimiento y de expansión desde principios de siglo y que ha durado prácticamente hasta la actualidad (ITU, 2003). Efectivamente, el mercado de banda ancha entró en un círculo virtuoso impulsado por el éxito de las tarifas planas, permitiendo una rápida expansión de los despliegues y de la penetración de los servicios. Simultáneamente a dicho crecimiento, se produjo una mejora continua de las capacidades de transmisión prestadas por las redes de banda ancha, desde el rango de los pocos kilobits soportados por el acceso conmutado hasta el rango de los megabits, con extensas coberturas, prestados por los accesos DSL o de cable.

⁴ Los principales acontecimientos que propiciaron el inicio de la etapa de liberalización en Europa fueron: (i) La adopción en Reino Unido de la Telecommunications Act en 1981, que introdujo un conjunto de cambios que culminaron con la transformación en 1984 de su Administración de Telecomunicaciones en la empresa British Telecom, y el establecimiento de OfTel como organismo de regulación independiente. (ii) La crisis de las telecomunicaciones norteamericanas con el desmantelamiento en 1984 del monopolio de AT&T. (iii) La publicación del Libro Verde sobre desarrollo de un mercado común para los equipos y servicios de telecomunicaciones, por la Comisión Europea en 1987. Dicho hito llevó al establecimiento en enero de 1998 (1 de diciembre de 1998 para España) de un mercado de telecomunicaciones plenamente liberalizado.

1.2 Motivación de la investigación

Sin embargo, conforme la penetración de los servicios de banda ancha se fue haciendo mayor y los servicios prestados a través de Internet fueron haciéndose más sofisticados y ricos en contenidos multimedia, los requisitos de ancho de banda y los patrones de consumo se fueron modificando hacia un aumento significativo del tráfico demandado y de las velocidades requeridas, que en algunos casos superaban la capacidad de las redes tradicionales. Esto, unido a la creciente presión competitiva en los mercados de banda ancha, impulsaba a la evolución hacia nuevas tecnologías y arquitecturas de red, conocidas como redes de acceso de próxima generación.

No obstante, la evolución hacia la próxima generación de redes de acceso, capaz de proporcionar mayores anchos de banda y una nueva gama de servicios, implicaba la sustitución parcial o total del segmento de acceso por infraestructura de fibra óptica, involucrando inversiones elevadas en el tramo de acceso y una compleja transición para los distintos agentes, cuyos riesgos podían derivar en la transformación del círculo virtuoso basado en la innovación en un círculo vicioso que paralizase la inversión en las redes de acceso (MIT, 2005).

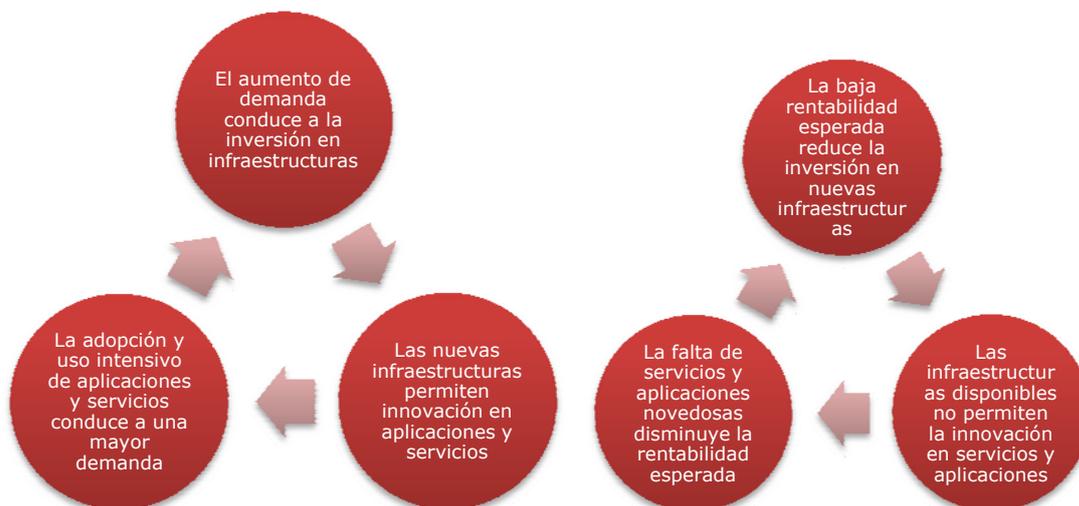


Figura 1. Círculos virtuoso y vicioso de desarrollo. Fuente: (MIT, 2005)

El concepto de la sustitución parcial o total del tramo de acceso por fibra óptica para incrementar la velocidad de acceso no era nuevo. Ya a finales de la década de los 80 y principios de los 90 se consideró el despliegue de redes de fibra hasta el hogar (FTTH) y redes de fibra hasta el nodo (FTTN), para la prestación de servicios de vídeo⁵. Esta evolución fue impulsada por un cambio regulatorio en EEUU (el denominado "Video Dial Tone" en 1991) que permitía la entrada de los operadores de telecomunicación en el mercado de distribución de televisión (Chen & Waring,

⁵ Varios análisis y pruebas piloto se desarrollaron durante dicho periodo para estudiar la viabilidad de los despliegues de redes de fibra hasta el hogar. En un estudio de viabilidad económica realizado por (Reed & Sirbu, 1989) en 1989 estimó que hasta 2010 no se produciría la sustitución total de la red de cobre por fibra. Mientras, otros estudios como el realizado por (Abbott, 1990) en 1990 basado en una serie de pilotos comerciales del operador Southern Bell, anticiparon un despliegue de redes FTTH en la década de los 90. Un año antes, el vicepresidente ejecutivo del operador, Richard Snelling, afirmó en el foro "Fiber in the Subscriber Loop" la viabilidad y beneficios de los despliegues de fibra óptica hasta el hogar, planteando una red todo fibra en 2011.

1994). Sin embargo, tras varios proyectos pilotos⁶ desde finales de los 70 hasta los años 90, ni los operadores incumbentes, ni los operadores de cable, llevaron a cabo despliegues masivos de redes de fibra hasta el hogar, debido a los altos costes de equipamiento, la limitación en las plataformas de servicios, la falta de estandarización e interfaces de usuario poco maduros, y la necesidad de contenidos interactivos que estimularan la demanda (Maxwell, 1999), (Di Concetto et al., 1999).

Los planes de despliegue de redes NGA de amplia cobertura no se desarrollaron hasta principios del nuevo siglo, impulsados por la intervención de los estados en forma de cambios regulatorios o del desarrollo de políticas industriales. En caso de EEUU, el impulso se produjo a través de un proceso desregulador en 2004 por el que la FCC eliminó las obligaciones de acceso a las infraestructuras FTTx (FCC, 2004) al considerar que dicha regulación desincentivaba la inversión, lo que unido a la creciente presión competitiva creada por los operadores de cable permitieron la creación de un clima propenso a la inversión. En el caso de la región de Asia-Pacífico, Corea del Sur desde 1994⁷ y Japón desde 2001⁸, pusieron en marcha planes específicos de impulso al despliegue mediante la combinación de subvenciones, créditos de bajo interés y exenciones de impuestos, lo que les permitió situarse en los siguientes años como los países líderes en el despliegue de redes NGA y en adopción de banda ancha (R. D. Atkinson et al., 2008).

Mientras, en Europa, ni el modelo de competencia regulada ni la dinámica competitiva existente incentivaron los despliegues de redes NGA de igual forma que en otras regiones⁹. Esto llevó a la Comisión Europea a señalar en 2005 la existencia

⁶ El primer piloto comercial FTTH fue instalado en Bournemouth, Reino Unido. Seis meses después, en marzo de 1976, los japoneses anunciaron otro piloto FTTH. En Estados Unidos, los primeros pilotos datan de 1977, uno desplegado en California del sur por GTE y otro en Chicago por AT&T. Durante la década de los 80 se incrementó notablemente el número de despliegues piloto, solo entre 1988 y 1989 pueden contabilizarse al menos 10 despliegues por parte de 7 operadores, entre ellos la mayoría de las Bell. Tal diversidad impulsó el proceso de estandarización, dando como resultado conocidas normas internacionales como el FDDI o el SDH (Johnson, 2007). Mientras, en Europa el principal proyecto piloto de despliegue de redes de alta capacidad fue el proyecto AMUSE (Advanced Multimedia Services for Residential Users) desarrollado entre 1996 y 1998, en el que se ensayó el despliegue de redes ADSL de alta capacidad, HFC, FTTC y PON (Di Concetto et al., 1999).

⁷ Los planes de impulso a la banda ancha en Corea tuvieron su origen en el plan KII (*Korean Information Infrastructure initiative*) de 1994. Dicho plan estableció, entre otros, el objetivo de construir una red nacional de banda ancha basada en fibra óptica. Para ello proporcionó entre los años 2000 y 2005 créditos de bajo interés por valor de 1.760 millones de dólares, movilizandando una inversión privada de 14.500 millones de dólares, así como una reducción de impuestos a las pequeñas y medianas empresas que invirtiesen en comunicaciones de banda ancha. Dicho patrón se utilizó en los planes BcN e IT839, sucesores del KII (R. D. Atkinson, Correa, & Hedlund, 2008).

⁸ Los planes de impulso a la banda ancha en Japón tienen su origen en los planes e-Japan y e-Japan II establecidos en 2001 y 2003 respectivamente, que proporcionaron una combinación de subvenciones, créditos de bajo interés e incentivos fiscales, como la reducción de impuestos o permitir una depreciación más rápida de las inversiones de la habitual, que impulsaron el alcanzar en 2004 los 30 millones de acceso de banda ultra ancha.

⁹ A mediados de 2004, Europa se situaba por debajo de EEUU y de países como Japón o Corea en términos de despliegue de NGAs, contando con 550.000 hogares conectados y 2 millones de hogares bajo la cobertura de redes FTTH (Green, 2005). Los principales despliegues estuvieron localizados principalmente en Italia y Suecia. En Italia, el operador alternativo Fastweb desplegó, entre 1999 y 2004, una red de acceso FTTH en la zona de Milán. Sin embargo, a partir del 2004 detuvo el despliegue para centrarse en la prestación de servicios DSL a través del acceso desagregado a la red de Telecom Italia. Mientras, en Suecia, los despliegues estuvieron impulsados por la existencia de fondos públicos desde el año 2000, y protagonizados por corporaciones municipales así como por el operador alternativo Bredbandsbolaget, ahora filial del incumbente noruego Telenor, que al igual que Fastweb desplegó una red FTTH modificando posteriormente su estrategia hacia la desagregación del bucle.

de una brecha internacional en términos de velocidades disponibles, de la necesidad de impulsar el proceso de revisión del marco regulador, así como de establecer estrategias nacionales de banda ancha para fomentar la inversión y la competencia sostenible (European Commission, 2005c).

El debate regulatorio sufrió, asimismo, un impulso relevante a finales de 2005, tras el planteamiento del regulador alemán BNetzA de excluir el VDSL del mercado de acceso mayorista de banda ancha, emulando el modelo de EEUU de disminución de las obligaciones sobre las nuevas inversiones como incentivo para su despliegue. Esto generó un proceso de desacuerdo entre el regulador alemán y la Comisión Europea, que llevó a la retirada de la medida¹⁰, y al posterior intento del gobierno de incorporar las denominadas "vacaciones regulatorias" mediante una enmienda a la Ley de telecomunicaciones. Ante dicha situación, la Comisión Europea inició un proceso ante el Tribunal Europeo de Luxemburgo obligando al gobierno federal a la retirada de la enmienda de Ley por su incompatibilidad con el marco regulador europeo, y se estableció una clara posición en Europa de que la Comisión no seguiría el modelo americano de desregulación para estimular los despliegues.

De esta forma, entre 2005 y 2008, Europa entró en un proceso de debate entre reguladores, Comisión, Estados, operadores y lobbies sobre las distintas estrategias de despliegue, opciones regulatorias y políticas específicas, generando la publicación de múltiples informes, estudios y consultas públicas por parte de diferentes agentes¹¹. Por su parte, la Comisión Europea tras solicitar al ERG su opinión sobre el modelo regulatorio (ERG, 2007), anunció en noviembre de 2007 la preparación de una Recomendación en el contexto de las NGA para proporcionar orientación a las distintas ANRs que se enfrentaban en ese momento al proceso de revisión de los mercados 4 y 5 en muchos países de Europa. El primer borrador de la Recomendación fue publicado para consulta pública en septiembre de 2008, con un planteamiento de fomento de la competencia en infraestructuras mediante obligaciones de acceso graduales (European Commission, 2008b). No obstante, el debate regulatorio se encontraba lejos de concluir, siendo necesaria otra consulta pública en 2009 (European Commission, 2009a) antes de alcanzar la publicación final en 2010 (European Commission, 2010b).

Finales de 2008 y principios de 2009 suponen un punto de revés para las expectativas de despliegue en Europa. En aquella fecha, ni el modelo regulador planteado de incentivo a la inversión¹², ni el papel facilitador desde el ámbito

¹⁰ Estas medidas se plantearon en la revisión del mercado mayorista de acceso de banda ancha (mercado 5), con la exclusión del VDSL del ámbito del mercado analizado. Ante ello, la Comisión mostró su desacuerdo a través de una carta expresando serias dudas (European Commission, 2005a) sobre la compatibilidad de las medidas planteadas con el marco comunitario, lo que llevó a la retirada de la medida y a la inclusión del VDSL en el ámbito del análisis (European Commission, 2005b).

¹¹ Algunos ejemplos de las publicaciones más interesantes de dicho debate son los realizados en 2007 por el BSG en Reino Unido (BSG, 2007), y por el GAPTEL en España (GAPTEL, 2008), donde se solicitaba el establecimiento de un marco claro, estable y predecible, orientado al fomento del despliegue de varias redes, flexible y que no heredase restricciones del modelo regulatorio previo.

¹² El modelo de competencia adoptado en la mayoría de países europeos trataba de imitar el éxito de los móviles mediante el fomento de la competencia en infraestructuras. Para ello se impulsaron algunas medidas incentivadoras de la inversión, tales como la apertura de las canalizaciones de los operadores incumbentes (establecidas en Alemania, España o Francia), o la limitación de las obligaciones de acceso a las nuevas redes (en el caso Francés y Alemán se limita la obligación de acceso a las redes ADSL2+, mientras que en el caso de España esta limitación es hasta los 30 Mbps independientemente de la tecnología de red).

normativo de algunas administraciones públicas¹³, habían conseguido desarrollar una fuerte competencia en infraestructuras, y los despliegues existentes continuaban siendo muy limitados y localizados. Esto, unido al impacto de la crisis financiera de 2008 y la posterior crisis económica, incrementó las incertidumbres sobre la viabilidad de despliegues de escala nacional, y provocó el retraso de varios planes de despliegue en marcha¹⁴.

No obstante, como resultado de la crisis económica y financiera, diversos países y regiones situaron el despliegue y la promoción de redes de banda ancha y banda ultra ancha como posibles motores para la mejora de la productividad y de la capacidad de innovación, la recuperación de la actividad económica y la creación de empleo (OCDE, 2009b), desarrollando programas de estímulo al despliegue de dichas redes durante los años 2009 y 2010¹⁵.

El despliegue de las redes de próxima generación se ha situado tras los últimos años como una de las principales prioridades políticas y estratégicas, llevando a un elevado número de regiones a establecer ambiciosos objetivos de despliegue, como la Agenda Digital Europea que fija como objetivo la universalización de la banda ancha a 30 Mbps en 2020 con al menos el 50% de hogares abonados a conexiones superiores a los 100 Mbps (European Commission, 2010g), o el Plan Nacional de Banda Ancha de Estados Unidos, que plantea el objetivo de alcanzar en 2020 los 100 millones de hogares con acceso asequible a servicios de banda ancha de al menos 100 Mbps (FCC, 2010).

Sin embargo, Europa no ha alcanzado aun modelos que fomenten despliegues generalizados de redes de próxima generación, y los diferentes agentes deberán continuar trabajando conjuntamente en los próximos años para avanzar hacia escenarios de impulso y fomento al despliegue de la próxima generación de banda ancha.

1.2.2 Relevancia de las redes de acceso de próxima generación

El desarrollo de la banda ancha ha sido reconocido como generador de un impacto significativo en la mejora de la economía y de la competitividad de los países y regiones. Según el Banco Mundial (Zhen-Wei, Rossotto, & Kimura, 2009) el impacto económico de la banda ancha debe ser analizado en el contexto de los avances proporcionados por otras infraestructuras tales como las carreteras, el ferrocarril o la electricidad, que transformaron las actividades económicas de ciudadanos, empresas y administración, permitiendo el desarrollo de nuevas actividades,

¹³ Algunos ejemplos serían la facilitación de los derechos de paso, la cesión de conductos de empresas públicas o la búsqueda de acuerdos entre los propios operadores y los usuarios para el despliegue en el interior de los edificios.

¹⁴ Algunos ejemplos de retraso en los planes de los operadores durante finales de 2008 y principios de 2009 fueron France Telecom, que retrasó 1 año (hasta finales de 2009) su decisión sobre la posibilidad de acometer un despliegue masivo, KPN, que redujo el alcance de los planes de despliegue FTTC/VDSL, así como Telecom Italia, British Telecom o Telefónica.

¹⁵ Entre 2009 y 2010, Estados Unidos destinó 7.200 millones de dólares a programas de desarrollo y extensión de la banda ancha a través del *American Recovery and Reinvestment Act of 2009*, popularmente conocida como "Plan Obama". Mientras, Europa publicó en 2008 un Plan de Recuperación Económica destinando 1.800 millones de euros para la extensión de la banda ancha a zonas rurales. Ambos planes se enmarcan en el contexto de la crisis internacional y tenían como objetivo la reactivación de la economía y la creación de empleo.

mejoras de competitividad y ventajas competitivas. Existe una amplia literatura que ha analizado y comprobado los efectos de la banda ancha sobre dichos factores (Crandall, Lehr, & Litan, 2007; Ford & Thomas, 2005; Gillett, Lehr, Osorio, & Sirbu, 2006; Koutroumpis, 2009; Zhen-Wei et al., 2009).

Por su parte, se ha argumentado que el despliegue de las redes de acceso de próxima generación podría continuar con los efectos impulsores de la economía. Ganuza, Perca, y Vicens (2011) plantean la relevancia económica de las NGA según cuatro líneas diferenciadas:

- Desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios: La mayor capacidad de ancho de banda y de calidad de servicio permite la prestación de nuevos servicios, beneficiando a la industria de contenidos digitales y ocio, a proveedores de servicios y aplicaciones, así como facilitando el desarrollo de servicios públicos como la telemedicina o la educación a distancia (R. D. Atkinson et al., 2008).
- Impacto en la productividad y capacidad de innovación: Las NGA permiten una mejora de la productividad fomentando la capacidad de teletrabajo y la telepresencia, así como la mejora de los procesos¹⁶. Asimismo, su despliegue ofrece sinergias y ahorro de costes en la prestación de servicios de electricidad, salud, transporte y educación¹⁷. Finalmente, es previsible que la existencia de dichas redes contribuya a la innovación y a la aparición de nuevos sectores industriales.
- Aumento de la actividad económica y creación de empleo: La inversión en redes de acceso de próxima generación se ha considerado durante los programas de estímulo económico de 2008 y 2009 como una palanca generadora de empleo y de actividad económica (OCDE, 2009b), (Katz & Suter, 2009), (Katz, Vaterlaus, Zenhäusern, & Suter, 2010). Asimismo, la adopción de nuevos servicios avanzados puede impulsar el crecimiento económico de sectores adyacentes, como el de la electrónica de consumo¹⁸.
- Cambios en la estructura del sector de las telecomunicaciones: Los operadores de telecomunicaciones se enfrentan a una situación de transferencia de valor hacia los extremos de la cadena de valor de la plataforma de Internet. En este contexto, el despliegue de las nuevas redes facilitará un proceso de desintermediación entre los proveedores de contenidos y los operadores de telecomunicaciones (Ganuza & Vicens, 2010b) que permitirá que agentes procedentes del sector de las telecomunicaciones, audiovisual, Internet, la electrónica de consumo o la informática compitan, apoyándose en sus fortalezas intrínsecas, por la prestación de las aplicaciones y servicios finales y por el control del usuario

¹⁶ Fornefel, Delaubay, y Elixmann, (2008) estima un incremento de la productividad debido a la incorporación de tecnologías de banda ancha de un 5% en el sector de manufacturas y de un 10% en el sector servicios.

¹⁷ La OCDE (OCDE, 2009a) estima que el despliegue de plataformas NGA de ámbito nacional contribuiría, en media, a un ahorro de costes de entre el 0,5% y el 1,5% de cada uno de los cuatro sectores durante 10 años (el coste de esos cuatro sectores representa el 25% del PIB para el conjunto de los países de la OCDE).

¹⁸ En Ezell, Atkinson, Casastro, y Ou, (2009) se presentan los resultados de algunos estudios que estimaron el impacto de los despliegues FTTH en el consumo de electrónica (televisores de alta definición, ordenadores, etc.) en 370,5 dólares por usuario, evaluando el impacto económico de 2005 a 2010 en 4.500 millones de dólares en ventas de electrónica de consumo.

(GAPTEL, 2009). En dicha evolución hacia las NGN, los operadores tratarán de poner en valor la capacidad de prestar servicios gestionados y con calidades de servicio diferenciada (Ericsson, 2011).

1.2.3 Evolución del mercado de comunicaciones fijas

El mercado de comunicaciones fijas se encuentra en un periodo de transformación y de ajuste estructural. Por un lado, desde hace años se viene produciendo una disminución de las líneas fijas de telefonía resultado de la sustitución fijo-móvil. Por otro lado, el mercado de banda ancha, que hasta la fecha ha ido compensando las pérdidas del segmento de telefonía fija, comienza a presentar algunos signos de saturación del servicio en mercados avanzados y a mostrar un crecimiento menor.

Esta tendencia de destrucción de valor del segmento fijo se ha acelerado fruto de la crisis económica, que deriva en una contracción de la demanda, en la reducción del gasto en telecomunicaciones por hogar y en una menor voluntad de pago de los usuarios a adquirir nuevos servicios. Por otra parte, el descenso de los ingresos registrado en el último periodo fruto del retroceso de la demanda debido a la crisis, junto con el crecimiento de los costes asociados al tráfico, comienzan a limitar la capacidad de los operadores para realizar las inversiones necesarias para el despliegue de las NGAN y mantener los elevados márgenes de EBITDA.

De esta forma la mayoría de operadores está tomando posiciones conservadoras en cuanto al CAPEX y OPEX, tratando de limitar las nuevas inversiones a aquellos mercados en crecimiento y con modelos de negocio claros, lo que dificulta aún más el despliegue de la próxima generación de redes fijas.

1.2.4 Situación en España

El despliegue de redes de acceso de próxima generación en España es limitado y avanza lentamente en comparación con otros países de la Unión Europea, a continuación se presenta una visión general del estado del despliegue en España, mientras que una descripción en mayor profundidad se puede encontrar en el apartado 2.4.

El principal despliegue de redes NGA en España está siendo protagonizado por el operador de cable ONO, que ha alcanzado recientemente una cobertura de 4 millones de hogares (del total de sus 7 millones de hogares de cobertura) con DOCSIS 3.0, donde ofrece servicios de entre 50 y 100 Mbps. Asimismo, otros operadores de cable regionales¹⁹ prestan servicios mediante dicha tecnología en parte de sus zonas de cobertura.

Por su parte, el principal operador, Telefónica, ha retrasado los despliegues debido a la combinación de las incertidumbres sobre el impacto de las NGA en la cadena de valor, una presión competitiva global moderada²⁰ aunque localizada²¹, y la caída del

¹⁹ Como por ejemplo el operador R en Galicia.

²⁰ Según el IV informe trimestral de 2010 publicado por la CMT (CMT, 2011c), la situación competitiva en el mercado de banda ancha está dominada claramente por Telefónica, con una cuota de mercado del 57,6% en término de ingresos y del 53,6% en número de líneas. Los principales competidores son ONO (con una cuota del 12,5% en ingresos y del 14,5% en líneas), Jazztel (con una cuota del 9% en ingresos

consumo fruto de la crisis económica actual, que supone una ralentización del gasto en servicios de telecomunicaciones y dificulta la viabilidad económica de las mismas. En consecuencia, Telefónica ha adoptado una estrategia de “esperar y ver” con despliegues limitados, de unos 350.000 hogares pasados y un total de 20.000 clientes, priorizando las inversiones en otras regiones y/o proyectos más rentables.

Asimismo, Orange ha iniciado despliegues muy limitados en zonas de Madrid y Cataluña, y diversas iniciativas públicas han realizado o planean realizar despliegues de redes NGA²².

Pese al reciente despliegue de ONO y a la mayor intensidad competitiva localizada en las regiones donde existen infraestructuras alternativas a las de Telefónica, el operador incumbente no ha acelerado los despliegues de redes de acceso de próxima generación, ni ha planteado la posibilidad de despliegues de ámbito nacional. En esta situación, el establecimiento de un marco regulador que fomente la inversión, junto a la aplicación de medidas de política pública que impulsen la adopción de los servicios y la inversión eficiente por parte de agentes privados y públicos, se sitúan como elementos centrales del debate del despliegue de las redes de acceso de próxima generación en España.

1.2.5 Problemática del despliegue de redes de acceso de próxima generación

La principal problemática relativa al despliegue de redes de acceso de próxima generación se centra en la dificultad de los operadores para encontrar, en la mayoría de los casos, suficientes incentivos que justifiquen las importantes inversiones a realizar. El despliegue de las redes NGA requiere que los operadores realicen una fuerte inversión en una nueva infraestructura para la prestación de servicios que, en muchos casos, pueden ser prestados con menores niveles de calidad desde las redes actuales (IDATE, 2011), y que por tanto son una sustitución o evolución de los servicios actuales y no suponen una fuente de ingresos lo suficientemente relevante.

Esta dinámica tiene pocos precedentes y no se puede dar por garantizada la existencia de un modelo de negocio que haga viable el despliegue de dichas redes de forma generalizada para la gran mayoría de un país o región (KPN, 2008), sino que serán las propias condiciones de diversidad en los mercados, en los costes, en la dinámica competitiva, en la regulación sectorial y en las condiciones geográficas las que establezcan el alcance de los despliegues y el tipo de estructura competitiva resultante. El mayor o menor impulso al despliegue de las redes NGA depende, de

y del 8,1% en líneas), Orange (con una cuota del 8,3% en ingresos y del 10,7% en líneas), y Vodafone (con una cuota del 5,3% en ingresos y del 7,1% en líneas).

²¹ La presión competitiva sobre Telefónica no es homogénea. En 2008 la CMT (CMT, 2008) dividió el mercado de acceso de banda ancha en mercados geográficos inferiores al nacional por diferencias significativas en el grado de competencia, separando la zona 1 (competitiva) donde hay despliegues de cable y/ de operadores alternativos, de la zona 2 (no competitiva). En las zonas competitivas la cuota de mercado de Telefónica se situó en 2010 en junio de 2010 en el 37%, frente al 69% de las zonas no competitivas (CMT, 2010).

²² Algunos ejemplos son la red Asturcón en Asturias o los despliegues municipales en Viladecans, Quintanadueñas y *. Como proyectos planteados se puede destacar el Plan de Banda Larga 2010-2013 de Galicia, o el despliegue de la red Xaraxa-Oberta en Cataluña.

forma general, tanto de las expectativas de retorno de la inversión como de la presión y la dinámica competitiva.

La presión competitiva, la necesidad de mayores anchos de banda, la mejora de la eficiencia operativa o las políticas públicas de impulso al despliegue de redes se sitúan como los principales factores impulsores de las NGN. Por el contrario, la incertidumbre sobre el retorno de la inversión, la incertidumbre regulatoria, la falta de demanda de nuevos servicios o la incertidumbre sobre la posición en la cadena de valor de los agentes que efectúan las inversiones en las nuevas redes pueden suponer un importante freno al despliegue.

Las problemáticas y desafíos del despliegue de redes NGA han sido objeto de un intenso análisis en Europa desde 2006 por parte de diversos agentes. Algunos de los documentos más relevantes para el estudio de dichas problemáticas han sido: agrupaciones de operadores (BSG, 2007), empresas consultoras (JP Morgan, 2006), (Credit Suisse, 2007), (Informa Telecoms and Media, 2008), (Arthur D. Little, 2009b), gobiernos y sector público (GAPTEL, 2008), (Caio, 2008), (European Parliament, 2009), (GAPTEL, 2009) y organismos internacionales (OCDE, 2007; OCDE, 2008a; OCDE, 2008b). A continuación se presenta de una forma general y no exhaustiva las principales problemáticas identificadas respecto al despliegue de redes de acceso de próxima generación, y que serán objeto de este trabajo de investigación.

1.2.5.1 Magnitud de las inversiones

Una de las principales problemáticas que dificultan el despliegue de las nuevas plataformas de acceso para ámbitos de cobertura nacional es el elevado coste de las inversiones a realizar. Una primera aproximación a la magnitud de la inversión necesaria a nivel europeo ha sido realizada por la Comisión Europea (European Commission, 2010f), valorando entre 181.000 y 268.000 millones de euros los costes del despliegue de las infraestructuras necesarias para alcanzar los objetivos de la Agenda Digital en 2020, a través de redes que presten servicios de 100 Mbps a una cobertura del 50% de hogares europeos mediante diversas tecnologías²³.

A nivel nacional, los estudios encargados por las autoridades regulatorias de Francia y Reino Unido para analizar los costes de despliegue de redes NGA sirven de referencia para mostrar la magnitud de las inversiones necesarias. En el caso de Francia, se estimaron unos costes de 15.000 millones de euros para alcanzar una cobertura del 80% mediante un despliegue de red FTTH, aumentado hasta los 30.000 millones si dicha cobertura se extendiese hasta el 100% de los hogares²⁴

²³ Las principales tecnologías consideradas por la Comisión para la provisión de servicios de 100 Mbps y superiores son la fibra hasta el hogar (tanto en su vertiente PON como P2P) y la evolución de redes de cable a DOCSIS 3.0 junto con la mejora de las redes de backhaul para proporcionar servicios de mayor capacidad (European Commission, 2010f).

²⁴ El estudio realizado analiza de forma detallada los costes de despliegue por zonas geográficas. Para una cobertura del 80% se han estimado unos costes de 15.000 millones de euros, de los cuales 6.000 deberán corresponder a financiación pública por no ser inversiones rentables para los operadores privados. Para una cobertura del 100% de los hogares los costes ascienden a los 30.000 millones de euros con una aportación pública de 15.000 millones. En un caso intermedio, de cobertura del 80% mediante FTTH y el 20% restante mediante combinación de FTTC (5%) y LTE (15%), los costes se sitúan en 18.000 millones de euros con una aportación pública estimada en 8.000 millones. Los datos

(TACTIS and SEBAN & ASSOCIES, 2010). Mientras, en el caso de Reino Unido, el coste de un despliegue hasta el 68% de los hogares se situaba en 1.900 millones de libras para un despliegue FTTC/VDSL²⁵, en los 9.900 millones para el caso de redes FTTH/GPON y en 11.6000 millones para redes FTTH/P2P, mientras que ampliar la cobertura hasta el 93% de hogares situaba la inversión necesaria en los 3.200, 18.000 y 22.300 millones de libras respectivamente (Analysys Mason, 2008a).

Independientemente de la solución tecnológica escogida el sector se encuentra en una encrucijada. Por un lado, es necesario afrontar el despliegue de las nuevas redes mediante iniciativas de amplia cobertura y mayor rapidez que en el caso de las primeras redes de telefonía²⁶, mientras que por el otro, las inversiones requeridas se presentan significativamente superiores a las que se realizaron para la primera generación de banda ancha²⁷.

Asimismo, las elevadas inversiones necesarias para el despliegue de las redes NGA junto a la actual presión sobre los costes incentivan la adopción mecanismos de compartición de costes entre distintos agentes²⁸, que varían desde la compartición de elementos pasivos como emplazamientos o conductos, hasta la compartición de elementos activos o inversiones conjuntas en el despliegue de una red común.

1.2.5.2 Sostenibilidad del modelo de acceso a Internet

Los modelos de negocio tradicionales de los operadores basados en la provisión de accesos de banda ancha y de servicios de telefonía, habitualmente empaquetados mediante tarifas planas, comienzan a afrontar una situación de saturación en cuanto a número de acceso en Europa, así como una tendencia a ARPU descendientes y a menores márgenes de beneficios debido al crecimiento del tráfico cursado (AT Kerney, 2010). El despliegue de plataformas de acceso de próxima generación presenta una oportunidad para los operadores de generar nuevos flujos de ingreso, sin embargo, si los operadores no son capaces de desarrollar nuevos modelos de negocio que monetizen las nuevas capacidades de las infraestructuras, la viabilidad de las inversiones se verá comprometida.

En primer lugar, las redes NGA presentan una gran capacidad para el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios, principalmente los basados en vídeo de alta definición o 3D, en una mayor simetría de la conexión, en calidad de servicio garantizada o en el almacenamiento y acceso a grandes volúmenes de información (IDATE, 2011). Sin embargo, existen dudas sobre la capacidad de los operadores de incrementar significativamente la voluntad de pago de los usuarios por estos

anteriores no consideran la existencia de múltiples despliegues de red en una misma zona, caso en el que los costes totales serían mayores.

²⁵ Para la prestación de servicios del orden de 40 Mbps

²⁶ Por ejemplo, a Estados Unidos le llevó 60 años alcanzar la universalización del servicio de telefonía.

²⁷ Por ejemplo, Caio (2008) estima entre 1.500 y 2.000 millones de libras el coste para la primera generación de banda ancha en el Reino Unido frente a los 3.200 a 22.300 millones de libras para el caso de despliegues NGA.

²⁸ M. Cave y Hatta (2009) separan dichos mecanismos en tres opciones: (i) cooperación vertical (entre proveedores de servicios sobre redes NGA y operadores de red); (ii) cooperación horizontal (entre varios operadores de red en competencia que comparten los costes de despliegue); o (iii) financiación pública de los despliegues mediante consorcios público-privados. De entre ellos, Cave considera los mecanismos de cooperación horizontal o de inversión conjunta como los más viables desde una perspectiva comercial.

nuevos servicios de forma que por sí mismos justifiquen el despliegue de las redes NGA²⁹. En ausencia de servicios disruptivos de banda ultra-ancha, en los próximos 3 a 5 años, los operadores tenderán a incrementar gradualmente las velocidades ofrecidas al mercado residencial, así como a incrementar la penetración de los servicios basados en el vídeo (Liberty Global, 2009).

En segundo lugar, la evolución de las tarifas hacia modelos diferenciados por calidad, capacidad y volumen, más allá de las tarifas planas y el modelo *best-effort*, se presenta como una necesidad para alcanzar modelos de negocio viables y sostenibles. Una de las tendencias actuales en cuanto a la tarificación de los servicios de banda ancha fija es la aparición de modalidades de servicio con una limitación al volumen máximo descargado por el usuario. En general, este tipo de contratos estipulan un límite máximo de descarga a partir del cual el usuario deberá pagar una cantidad adicional en función del volumen excedente descargado³⁰. Esta tendencia responde a la necesidad de los operadores de ligar de una forma más clara los ingresos con el crecimiento del tráfico y establecer señales tarifarias con los usuarios³¹, de forma que se pueda segmentar aquellos que hacen un uso intensivo de la red y consumen más recursos, de aquellos usuarios que hacen un uso más moderado y por lo tanto pueden acceder a tarifas de menor precio.

En tercer lugar, el modelo de red NGN contempla la existencia de múltiples aplicaciones y servicios proporcionados a través de Internet por agentes diversos (entre los que se encuentran los propios operadores de telecomunicación) a los usuarios finales. En dicho contexto, la plataforma Internet se suele caracterizar como un mercado bilateral (Rochet & Tirole, 2004), en el que los operadores, y más concretamente sus redes, actúan como intermediarios entre los oferentes, como los proveedores de aplicaciones y contenidos, y los demandantes, usuarios finales. Esta naturaleza genera oportunidades de alianzas entre los operadores y los proveedores de aplicaciones/contenidos, además de otros posibles agentes como

²⁹ Distintos informes muestran un incremento moderado en los ARPU de los nuevos despliegues. Por ejemplo, (Felten, 2009) considera un incremento del 20% en el ARPU, mientras que la Comisión Europea (European Commission, 2010e) muestra un incremento de entre el 10% y 15%. Ninguno de los incrementos mostrados justifican desde una perspectiva de viabilidad económica la transición de las redes tradicionales a las redes de próxima generación.

³⁰ Por ejemplo, BT comercializa un servicio sobre su red FTTH/VDSL de 40 Mbps de bajada y 2 Mbps de subida que tiene un límite máximo de 40 GB mensuales por unos 33 euros mensuales, con un coste de 5 libras por cada bloque de 5 GB adicionales descargados. Asimismo, comercializa un servicio para los usuarios intensivos de 40 Mbps de bajada y 10 Mbps de subida sin límite de descarga por unos 45 euros, 12 euros adicionales frente al primer servicio. Otros operadores que han comenzado a distinguir en sus ofertas servicios con y sin límite de descarga son AT&T o Telenet.

³¹ En un reciente informe de AT&Kerney (AT&Kerney, 2010), encargado por los principales operadores incumbentes europeos, se analiza la problemática de cómo hacer frente a las inversiones que deberán producirse en las redes para permitir el futuro crecimiento del tráfico, bajo la situación de desconexión entre los ingresos generados por los servicios de acceso a Internet, generalmente bajo modelos de tarifa plana, y el tráfico consumido por los usuarios, y por lo tanto el coste del servicio y las inversiones necesarias para mantener la calidad del mismo, en un entorno de constante crecimiento. El informe estima una necesidad acumulada de inversión de cerca de 9.800 millones de euros entre el 2010 y 2014 para hacer frente al crecimiento del consumo de tráfico de los usuarios de redes fijas de banda ancha en Europa.

1.3 Antecedentes

fabricantes de dispositivos, anunciantes y distribuidores de contenidos, que podrían repercutir en nuevas fuentes de ingresos³².

Finalmente, la evolución de los modelos económicos de la interconexión hacia sistemas que tengan en cuenta la asimetría del tráfico supone otra posible fuente de ingresos (Hernández-Gil & Harmand, 2009).

1.2.5.3 Modelo regulatorio

El despliegue de las redes NGA ha planteado nuevos retos y problemáticas regulatorias al ser la primera vez en la historia del sector que unas inversiones de dicha magnitud deben realizarse en un contexto de un mercado abierto, donde es necesario que exista un retorno suficiente de la inversión para que los despliegues puedan ser realizados. Aún cuando la regulación sectorial no es un elemento que influya directamente en el retorno de la inversión, su influencia indirecta a través de la fijación de obligaciones y precios de acceso, delimita en gran medida la capacidad de establecer dichos modelos de negocio, especialmente para los operadores incumbentes que se encuentran en una situación asimétrica. En este contexto, los reguladores están llamados a desarrollar un modelo regulatorio que promueva el despliegue y la inversión eficientes en redes NGA por parte de operadores incumbentes y alternativos, manteniendo los niveles de competencia alcanzada en el sector y buscando su eficiencia, competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

1.2.5.4 Rol de las políticas públicas

Los poderes públicos pueden ejercer un papel clave en el establecimiento de políticas públicas específicas para impulsar el despliegue de la próxima generación de redes de acceso tanto fijas como móviles. Estas iniciativas deben actuar sobre los inhibidores y barreras con diferentes mecanismos que pueden ir desde facilitar la obra civil en espacios públicos, aplicar incentivos económicos al despliegue de las nuevas redes, facilitar la financiación, consorcios público-privados hasta la inversión directa en infraestructuras. Asimismo, la administración se sitúa como uno de los principales consumidores y proveedores de servicios avanzados, pudiendo ejercer políticas de fomento de la demanda mediante la expansión de sus propios servicios electrónicos. Asimismo, es necesario que exista un equilibrio entre los esfuerzos públicos y privados que permita el establecimiento de un clima favorable a la inversión, y que maximice los beneficios generados por la combinación de ambos

1.3 Antecedentes

Con el objetivo de situar la pertinencia e interés de la investigación realizada en su contexto académico, se va a realizar una revisión de los principales estudios basados en la aplicación de la metodología tecno-económica para el análisis del

³² La capacidad de los operadores de ofrecer servicios diferenciados, mediante acuerdos con otros proveedores de aplicaciones y contenidos, es percibida como una nueva fuente de ingresos asociada a nuevos productos (Ordober, Shaffer, & Fontaine, 2010). Dichos beneficios mejoran los casos de negocio del despliegue de NGAs y permiten alcanzar un modelo más sostenible en el que no todos los costes e inversiones son asumidos únicamente por ellos (Faulhaber & Farber, 2009).

despliegue de redes de acceso fijas de próxima generación, su regulación y políticas públicas asociadas.

1.3.1 Aplicación de la metodología tecno-económica al análisis de los costes de despliegue de redes NGA para diferentes tecnologías y arquitecturas

Los primeros antecedentes de análisis tecno-económico de la evolución de redes de acceso fijo se remontan a 1996, en los que se analizaba la viabilidad del despliegue de redes FTTH (L. A. Ims et al., 1996), (Olsen et al., 1996). Tras los desarrollos de los proyectos TONIC y ECOSYS, que proporcionaron el marco de análisis tecno-económico, los principales proyectos que analizaron el despliegue de redes de acceso de próxima generación fueron el proyecto IST-BREAD (Broadband in Europe for All: a Multi-Disciplinary Approach), desarrollado entre 2004 y 2006, en el que se desarrolló un modelo tecno-económico que compara el CAPEX de redes ADSL, HFC, FTTH y WiMAX para diferentes escenarios geográficos genéricos (BREAD, 2006), (Sigurdsson & Skouby, 2005), y el proyecto IST-MUSE (Multi Service Access Everywhere), desarrollado entre el 2004 y 2007, en el que se estudió el impacto en la viabilidad de la introducción de tecnología Ethernet, y mecanismos de QoS en el tramo de acceso de arquitecturas FTTN y FTTH (MUSE, 2005), (Monath et al., 2006).

Posteriormente, la metodología tecno-económica se ha empleado en múltiples estudios e investigaciones para analizar y comparar el impacto en los costes de diferentes evoluciones tecnológicas. La literatura recoge el análisis de distintas arquitecturas de red (PON, P2P, monofibra, varias fibras, etc.) (Weldon & Zane, 2003), (Sananes, Bock, & Prat, 2005), (Janjua & Khan, 2007), (González, Vergara, Moral, & Pérez, 2010) así como la comparación de tecnologías activas y pasivas (Medcalf & Mitchell, 2008), (Bonilla, Barbosa, & Moschim, 2009), (van der Merwe, Gruber, Grigoreva, & Kessler, 2009) o (K. Casier, Lannoo, Ooteghem, Verbrugge, Colle, Pickavet, & Demeester, 2009a). Por ejemplo, en (Kulkarni, Polonsky, & El-Sayed, 2008), desarrollado por Alcatel-Lucent, se realiza un análisis de los principales elementos que contribuyen al coste total (CAPEX + OPEX) de las principales tecnologías FTTH³³. Mientras, en (K. Casier et al., 2008) se aporta un modelo del proceso de operación de redes FTTH que permite mejorar los cálculos de OPEX.

Otros estudios han analizado las diferentes estrategias de evolución de las redes de los operadores. Así, en (Verbrugge et al., 2007) se plantea un modelo para analizar el impacto en los costes del proceso de migración de un operador que presta servicios mediante ADSL a FTTN/VDSL y FTTH, mientras, en (Rokkas, Katsianis, & Varoutas, 2010) se estudia, mediante la comparación de la metodología de opciones reales y el cálculo de flujos de caja, las diferencias entre la evolución de un operador incumbente a tecnología FTTH o FTTN/VDSL, comparando el VAN de ambas alternativas y el tiempo de retraso para expandirse de zonas urbanas densas a zonas urbanas. Por su parte, (Van Den Bossche, Meersman,

³³ El artículo analiza las tecnologías Gigabit-Passive Optical Network (GPON), Ethernet Passive Optical Network (EPON), Active Ethernet (AE) y Point-to-Point Ethernet (P2P)

Vanhaverbeke, & Schoutteet, 2010) y (K. Casier, Verbrugge, Lannoo, Ooteghem, & Demeester, 2011) plantean la mejora de los modelos de negocio de los despliegues FTTH mediante el uso de geo-márquetin y datos cartográficos en el proceso de diseño y dimensionamiento de la red para concentrar los despliegues en aquellas zonas con mayores posibilidades de generar ingresos. Mientras otros estudios analizan el impacto en los costes de la optimización de la posición de los splitters ópticos (Vaughn, Kozischek, Meis, Boskovic, & Wagner, 2004), o de la mejora de la dispersión de las fibras ópticas para un mayor alcance (Vaughn et al., 2006).

Finalmente, resultado de los proyectos iniciados en el Séptimo Programa Marco³⁴, se está analizando la evolución tecnológica de las redes FTTH hacia estándares permitan alcanzar economías de escala en el despliegue en zonas rurales y remotas gracias a mayores alcances y capacidades (Chatzi, Lazaro, Prat, & Tomkos, 2010), (TIGER, 2011), (Nesset, Gorena, Potter, & Yates, 2010), así como la disminución de costes derivada de una reestructuración de la arquitectura de red mediante la consolidación de centrales locales para la prestación de los servicios finales (Breuer et al., 2011).

1.3.2 Aplicación de la metodología tecno-económica al análisis regulatorio y de competencia del despliegue de redes NGA

La aplicación de la metodología tecno-económica se ha utilizado asimismo para el estudio de distintos modelos competitivos, del impacto del despliegue de redes NGA a las dinámicas competitivas de un determinado mercado y a la valoración y discusión de medidas regulatorias.

Diversos artículos analizan, mediante el desarrollo de modelos tecno-económicos, la relación entre la arquitectura FTTH desplegada, con las distintas alternativas regulatorias. Así, en (Banerjee & Sirbu, 2005) se desarrolla un modelo tecno-económico para el despliegue de redes FTTH P2P, active ethernet y GPON, y se analiza el impacto en la viabilidad de las mismas según tres modelos de competencia: (i) competencia entre plataformas; (ii) competencia en servicios a través de desagregación de elementos físicos; y (iii) el modelo de competencia mediante acceso activo (bitstream) o acceso abierto. El análisis realizado sugiere el despliegue de redes FTTH PON con puntos de agregación intermedios³⁵, permitiendo la desagregación de los tramos de fibra (dedicada) desde ese punto, una mayor flexibilidad y ahorro de costes en el despliegue, y ser neutrales ante las distintas tecnologías desplegadas. Un análisis de costes más profundo sobre la desagregación de las redes PON desde puntos de agregación intermedios fue llevado a cabo por (Analysys Mason, 2009a) donde se analiza también elementos regulatorios para el mercado de Reino Unido. Mientras, (Soria & HernándezGil, 2011) analizan las diferencias en los precios finales, coste de las subvenciones

³⁴ Los principales proyectos activos del séptimo programa marco relacionados con la evolución de las redes de acceso de próxima generación y en los que está previsto el análisis tecno-económico de las soluciones planteadas son: OASE, ALPHA, SARDANA y REDESIGN.

³⁵ Los puntos de distribución intermedios o puntos de agregación son elementos específicos de las redes ópticas que sirven de puntos de concentración, y permiten dar acceso a un conjunto de conexiones finales. Un operador de FTTH podrá dar acceso a aquellos puntos de distribución intermedios en los que a partir de dicho punto existe un despliegue punto a punto, en el caso de redes PON este punto será en el que se ubique el último splitter del árbol óptico.

públicas para extensión de los despliegues y beneficio para el consumidor, entre el despliegue de redes GPON y la obligación regulatoria para forzar el despliegue de redes P2P en su lugar³⁶. El artículo concluye que la arquitectura PON proporciona mayores ventajas para el despliegue, mejorando por tanto los beneficios competitivos y sociales frente a un despliegue P2P. En caso de forzarse un despliegue P2P, el artículo estima que se reducirá la competencia y zonas de cobertura, se producirá un incremento de los precios finales, y serán necesarias mayores subvenciones públicas para la extensión de la banda ultra ancha en zonas de baja densidad de población.

Esta metodología se ha empleado para dimensionar los costes de despliegue a nivel nacional y poder estimar el alcance de las inversiones privadas, por ejemplo en (Analysys Mason, 2008a) se estiman los costes de despliegue de ámbito nacional de redes FTTN/VDSL, FTTH/PON y FTH/P2P en Reino Unido, y en (TACTIS and SEBAN & ASSOCIES, 2010) se analizan los costes para el caso francés.

Asimismo, se ha empleado el análisis tecno-económico para explicar la distinta evolución de los despliegues NGA en zonas con diferentes modelos regulatorios. Así en (Katz, 2008) se elabora un modelo de viabilidad que estudia el despliegue de redes FTTH en Estados Unidos (donde los despliegues se impulsan por la dinámica competitiva y la presión de los operadores de cable) con los despliegues en Japón (impulsados por la política industrial del gobierno), dicho análisis permite inferir recomendaciones regulatorias para el caso europeo donde los despliegues se han visto retrasados respecto a las regiones de Asia-Pacífico y Estados Unidos. Mientras, en (Wagner et al., 2006) se analiza cómo la combinación de factores tecnológicos, regulatorios y de competencia permitieron el inicio de despliegues relevantes de redes NGA (basadas en FTTH, HFC y FTTN) en Estados Unidos.

Otra de las aplicaciones más utilizada en la literatura de la metodología tecno-económica es el análisis de las estrategias de despliegue de distintos operadores en un entorno competitivo, el estudio de las condiciones necesarias para que se den los despliegues, o del número de competidores viable en función de las condiciones de mercado. En (Sigurdsson, 2007) se analiza, mediante teoría de juegos y basándose en los modelos tecno-económicos del proyecto BREAD, la competencia entre infraestructuras en Dinamarca para cuatro escenarios geográficos diferenciados. Se analizan y comparan dos estrategias de evolución FTTN de la red de cobre del operador incumbente con el despliegue FTTH por parte de un operador alternativo o utility local, los resultados apuntan hacia la viabilidad del despliegue del operador incumbente y la capacidad de que exista competencia con una infraestructura FTTH alternativa en las ciudades, si dicho operador alcanza entre el 27% y el 40% de la cuota de mercado (en función de las economías de escala y de la compartición de la obra civil alcanzada). Mientras en (K. Casier, 2009) se analiza en detalle el dimensionado de las infraestructuras y de las operaciones de redes FTTH, y se estudia su despliegue en competencia con un operador de HFC³⁷. La Tesis identifica escenarios de despliegue viable en zonas de alta densidad de población, pero pone de manifiesto la relevancia de cambios legislativos que

³⁶ Debido a la mayor facilidad para la desagregación del bucle óptico

³⁷ En este estudio, el operador HFC se utiliza como elemento exógeno al modelo desarrollado para el análisis de competencia mediante teoría de juegos.

permitan la reducción de los costes y la tendencia de los operadores a posponer la inversión en FTTH mientras la competencia mediante las plataformas actuales sea viable. Mientras, en (Gallardo & Perez Amaral, 2010) se analiza, mediante metodología de opciones reales, el impacto de los nuevos servicios en la viabilidad de las inversiones y la disyuntiva de los operadores alternativos entre invertir o emplear productos de acceso mayorista (en el caso que estos estén disponibles)

El modelo COSTA, desarrollado por la Universidad Politécnica en colaboración con Telefónica y parte fundamental de esta Tesis Doctoral, se ha empleado para analizar la viabilidad de varias plataformas NGA alternativas en competencia y el análisis de implicaciones regulatorias derivadas, encontrando diferentes estructuras posibles en función de los geotipos analizados (Soria & HernándezGil, 2008), (Vergara & Pérez, 2009), (Soria & HernándezGil, 2010) y (Vergara et al., 2010). En escenarios urbanos se puede destacar el papel dinamizador de la competencia jugado por los despliegues HFC/DOCSIS 3.0 que se sitúan líderes en costes y las medidas de acceso a conductos como impulsoras de la competencia en infraestructuras.

La metodología tecno-económica se ha empleado asimismo como herramienta para el análisis de distintas problemáticas regulatorias en el seno del debate europeo por parte de los distintos lobbies que representan a los operadores alternativos e incumbentes. Por ejemplo, ETNO³⁸ empleó el modelo COSTA en sus respuestas a las consultas de la Comisión Europea sobre la regulación de las redes NGA celebradas en 2008 (ETNO, 2008) y 2009 (ETNO, 2009) para ilustrar la viabilidad de la competencia entre plataformas alternativas (FTTH sin necesidad de obligaciones de acceso adicionales sobre los operadores incumbentes. Por su parte, ECTA³⁹ financió la elaboración de un estudio que analiza la cobertura NGA viable por los operadores incumbentes y el grado de replicabilidad por parte de operadores alternativos en función de la existencia de diferentes medidas regulatorias de acceso a la red del incumbente (WIK-Consult, 2008). El modelo contempla las arquitecturas FTTN/VDSL, FTTH/PON y FTTH/P2P, es aplicado a seis países europeos⁴⁰ y muestra como los operadores incumbentes se encuentran mejor situados para el despliegue que los alternativos⁴¹, recomendando a los organismos reguladores el establecimiento de medidas que permitan la inversión eficiente siguiendo el modelo de escalera de inversión. El modelo de WIK fue actualizado en 2010 (WIK-Consult, 2010), y empleado posteriormente para analizar los efectos de la regulación de la red de cobre tradicional sobre los incentivo para la inversión en redes NGA (WIK-Consult, 2011).

Algunos análisis tecno-económicos han explorado la participación pública en el despliegue de redes, así en (Analysys Mason, 2008b), y (Ooteghem et al., 2008), se plantean diversas modalidades de intervención pública, y en (Lannoo et al., 2008), (K. Casier, Lannoo, Ooteghem, Verbrugge, Colle, Pickavet, & Demeester,

³⁸ European Telecommunications Network Operators' Association

³⁹ European Competitive Telecommunications Association

⁴⁰ Alemania, Francia, Italia, Portugal, España y Suecia

⁴¹ El informe estima que los operadores incumbentes podrán alcanzar coberturas viables entre el 18,3% y el 100% para despliegues FTTN/VDSL, y entre el 12,2% y el 25,2% para redes FTTH, mientras que los operadores alternativos conseguirían únicamente la replicación de entre el 17,6% y el 39% en redes FTTN/VDSL y entre el 0,3% y el 6,8% en redes FTTH

2009b) y (Bouras, Gkamas, Papagiannopoulos, Theophilopoulos, & Tsiatsos, 2009) se analizan casos concretos.

1.3.3 Estudios que analizan el despliegue de redes NGA en España

Dado que la Tesis centra su análisis cuantitativo en España, e independientemente de que las conclusiones obtenidas puedan ser extrapoladas a un ámbito europeo, resulta relevante presentar los principales análisis y estudios centrados en el despliegue de redes NGA en España.

El Grupo de Análisis y Prospectiva del sector de las Telecomunicaciones (GAPTEL) fue uno de los grupos pioneros en el análisis del despliegue de redes de acceso de próxima generación en España. En 2007, bajo encargo de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información elaboró un informe (GAPTEL, 2008) analizando la oportunidad que representaban las NGA, los principales desafíos comerciales, financieros, regulatorios y políticos a los que su despliegue estaba sometido, la situación internacional y nacional de los despliegues, así como el establecimiento de escenarios prospectivos de evolución de los despliegues en España. Posteriormente en 2009, se elaboró un nuevo informe (GAPTEL, 2009) actualizando el debate tras el freno percibido en los despliegues europeos, en él se recomienda el establecimiento de un marco regulador claro, estable y predecible basado en la flexibilidad de las tecnologías empleadas⁴² y en la diferenciación por zonas geográficas, y que no imponga restricciones heredadas de las redes actuales.

Por su parte, la Fundación de Estudios de Economía Aplicada (FEDEA) estableció en 2009 un observatorio sobre la situación de las redes de acceso de próxima generación en España. Entre las actividades realizadas por el observatorio se encuentra la realización de informes de seguimiento de las iniciativas públicas y privadas de despliegue (Ganuzá & Viéens, 2010a), y el análisis de las diferentes problemáticas y retos principales retos de futuro (Ganuzá, Perca, & Viéens, 2010). El último informe publicado por FEDEA (Ganuzá et al., 2011), plantea la falta de incentivos de Telefónica para invertir y el retraso de España frente a otros países de su entorno, abogando por el impulso de un plan nacional de banda ancha, pese a que la situación fiscal del país no permitiría un impulso de magnitudes similares a otros países Europeos.

Varios estudios han analizado la viabilidad del despliegue de redes NGA en España. (WIK-Consult, 2008) estima que en España el operador incumbente podría desplegar con un modelo de negocio viable hasta el 67,2% de la población mediante FTTN/VDSL, o hasta el 12,2% mediante FTTH ya sea PON o P2P. Mientras, que según el informe, ningún operador alternativo podría replicar los despliegues con sus propias redes en ninguno de los escenarios regulatorios contemplados⁴³. Por su parte, la CMT encargó en 2009 a ISDEFE el desarrollo de un

⁴² Concretamente, el informe solicita una regulación que considere que el despliegue de las redes NGA no se realizará exclusivamente vía FTTH y FTTN, sino también a través de las redes de cable y las redes móviles.

⁴³ El estudio analiza la cuota de mercado necesaria para hacer viables los despliegues en los siguientes escenarios de despliegue: (i) acceso a canalizaciones del 80%; (ii) acceso a canalizaciones del 20%; (iii) desagregación del sub-bucle óptico y acceso a canalizaciones del 80%; (iv) desagregación del sub-bucle

1.4 Objetivos y preguntas de investigación

estudio (ISDEFE, 2009) para determinar la viabilidad del despliegue de redes FTTH por parte del operador incumbente y operadores alternativos que utilizan los servicios de acceso a las canalizaciones de Telefónica, estimando el número de operadores que caben en el mercado geográfico por áreas geográficas. Los resultados principales del informe indican que el operador incumbente podrá alcanzar una cobertura del 46% y los alternativos de un 43%, siendo viable la competencia de varios operadores simultáneamente en todos los geotipos salvo los municipios inferiores a 1000 habitantes.

Los resultados de ambos modelos difieren en gran medida por las distintas suposiciones tomadas. En el caso del informe de WIK, el modelado de los geotipos se hace en base a la densidad de población de los municipios españoles, y cómo se presentó en el apartado 1.5.3. este parámetro no refleja bien las características de la demografía española al estar incluido en la superficie de los municipios el territorio no urbano, y por tanto aumentando el porcentaje de ellos que corresponden a geotipos rurales, implicando un mayor coste de despliegue⁴⁴. Mientras que en el realizado por ISDEFE, la clasificación de geotipos se realiza por el tamaño de los mismos, no por densidad de población. El otro elemento de diferencia es la suposición sobre las tarifas de servicios empleadas, mientras que en el informe de WIK se suponen tarifas de servicios NGA de una magnitud similar a los servicios actuales, entre los 20 y 55 euros, en el informe elaborado por ISDEFE se consideran ARPU premium para el caso de servicios de banda ultra-ancha, variando entre los 20 y los 100 euros.

1.4 Objetivos y preguntas de investigación

El proyecto de investigación tiene como objetivo analizar la estructura competitiva de España y evaluar distintos enfoques potenciales de regulación y política pública que permitan un mayor despliegue de las redes NGA. Dadas las características del mercado español, este análisis se realizará con un importante enfoque geográfico, diferenciando las distintas zonas en función de su capacidad de desarrollar una competencia entre plataformas alternativas. Entre dichas plataformas se prestará especial atención al cable, ya que supone uno de los factores principales de impulso de la dinámica competitiva en España.

Como se ha presentado anteriormente, las NGA suponen un punto de inflexión para el sector, y pueden generar importantes ganancias de productividad y competitividad. Asimismo, es necesario mantener en España un mayor nivel de debate sobre estos ámbitos, permitiendo el desarrollo de iniciativas de impulso, dada la situación del sector y de los planes de despliegue. De esta forma, los motivos anteriores acreditan de forma certera el interés y relevancia de la investigación. Además, no se han encontrado antecedentes de estudios que analicen, con un enfoque geográfico el despliegue en competencia de redes FTTH,

óptico y acceso a fibra oscura del 80%; (v) desagregación del sub-bucle óptico y acceso a canalizaciones y a fibra oscura del 20%; y (vi) desagregación del sub-bucle óptico y acceso a fibra oscura del 20%.

⁴⁴ En el análisis de WIK, el 70,2% de la población es situada en municipios rurales, mientras que solo el 12,2% en zonas urbanas.

FTTN y HFC por varios agentes alternativos, evaluando el impacto de la regulación y las políticas públicas sobre dicho marco de análisis geográfico.

Para evaluar la viabilidad económica⁴⁵ de los distintos despliegues se ha desarrollado un modelo cuantitativo de simulación fundamentado en principios tecno-económicos, que integra asimismo, elementos regulatorios para su adaptación al mercado español y a las problemáticas específicas del despliegue de las redes NGA. Dicho modelo es aplicado al caso de España para estimar la función de costes y la viabilidad económica del despliegue de plataformas FTTH/GPON, FTTH/P2P, FTTN/VDSL y HFC/DOCSIS 3.0 por parte de operadores incumbentes, alternativos y de cable, en distintas zonas geográficas. A partir de dichos resultados, y en base a distintos escenarios de despliegue considerados, se caracteriza las posibles estructuras del mercado de banda ultra ancha en España en términos de competencia entre plataformas alternativas de acceso.

Finalmente, los resultados obtenidos son empleados para evaluar y discutir las implicaciones regulatorias y los objetivos políticos establecidos a nivel de España y de Europa, así como el impacto que diferentes medidas regulatorias y políticas públicas pueden tener sobre el alcance y la sostenibilidad de la competencia entre plataformas de banda ultra ancha.

Los objetivos de la Tesis Doctoral pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Identificar, explicar y comprender las problemáticas de negocio, regulatorias y sectoriales que genera el proceso de evolución de las redes hacia las NGA.
2. Examinar teórica y prácticamente el grado de viabilidad económica de las inversiones en redes NGA en España por parte de operadores incumbentes, alternativos y operadores de cable para diferentes plataformas desplegadas y escenarios competitivos bajo un enfoque de análisis geográfico.
3. Evaluar, a partir del caso anterior, la oportunidad de aplicación de diferentes medidas regulatorias y de política pública que permitan incentivar los despliegues e impulsar el mercado de la banda ancha hacia una situación de sostenibilidad.

Asimismo, en base a las problemáticas del despliegue de redes NGA presentadas y a los objetivos del trabajo de investigación, se tratará de dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las principales barreras económicas, regulatorias y sectoriales para el despliegue de las redes de próxima generación?
2. ¿Qué escenarios de despliegue de redes y servicios de próxima generación (plataformas, agentes, coberturas y ritmos de despliegue) podrían tener lugar en España bajo un despliegue de mercado?

⁴⁵ Para los propósitos de esta Tesis se considera que un proyecto es económicamente viable cuando la evaluación de su valor actual neto (VAN) es positiva.

3. Bajo dichos escenarios, ¿qué medidas regulatorias podrían impulsar dichos escenarios de despliegue?
4. ¿Qué medidas públicas de incentivo podrían fomentar el despliegue de redes NGA?
5. ¿Qué elementos pueden mejorar la viabilidad de las inversiones de redes NGA en España?
6. ¿Son adecuados y viables los objetivos de despliegue de redes NGA impulsados por la Agenda Digital para el caso de España?

1.5 Metodología empleada

El foco de este trabajo de investigación es la evaluación del despliegue de las redes fijas de próxima generación en España, así como el análisis del impacto que la regulación y las políticas públicas específicas pueden tener en la promoción de los despliegues y en el impulso al establecimiento de mercados competitivos y sostenibles de plataformas de banda ultra ancha y de servicios de próxima generación.

El despliegue de las redes de acceso de próxima generación es un proceso complejo que depende tanto de factores técnicos, comerciales, como de decisiones regulatorias, del establecimiento de políticas públicas y condiciones de mercado. De esta forma, el análisis de las problemáticas identificadas converge en el contexto de varias disciplinas, siendo necesario un enfoque holístico que considere aspectos tecnológicos, económicos, regulatorios y de política pública. Este enfoque multidisciplinar requiere la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos para llevar a cabo el análisis y evaluación del despliegue de redes de acceso de próxima generación en España.

En primer lugar, es necesario alcanzar a una elevada comprensión de la problemática analizada y de los principales factores involucrados, profundizando en las particularidades del objeto de estudio de forma que se identifiquen las diferentes problemáticas y objetivos de investigación. Para ello, se ha empleado la metodología de investigación cualitativa desarrollada en (Ramos, 2005), y que ha sido empleada reiteradamente en los distintos trabajos de análisis y prospectiva desarrollados por el grupo de investigación al que pertenece el autor. La metodología empleada se basa en el análisis sectorial de los factores principales mediante el análisis de casos de estudio, la realización de entrevistas en profundidad y la discusión mediante grupos de expertos.

Una vez identificados los principales factores de la problemática a analizar, se ha empleado un enfoque cuantitativo que permita evaluar la viabilidad de los despliegues de redes de próxima generación en España bajo diferentes condiciones y escenarios, así como evaluar el impacto de diferentes medidas regulatorias o de política pública. Para ello, se ha empleado la metodología de análisis tecno-económico en el desarrollo de un conjunto de modelos matemáticos que simulan el coste y viabilidad del despliegue de diferentes plataformas tecnológicas en función

de distintos escenarios geográficos, regulatorios y de mercado. Dicha metodología ha sido aplicada anteriormente por el grupo de investigación al que pertenece el autor en la resolución de problemas de investigación relacionados con la viabilidad económica en Espías (2008).

1.5.1 Metodología de investigación cualitativa

Los métodos de investigación cualitativa buscan identificar la naturaleza de la problemática bajo estudio, la comprensión de su funcionamiento y estructura, así como de las relaciones entre los principales factores y agentes involucrados. Estos métodos están basados en la observación de la realidad, la descripción de los elementos que la componen y la utilización de modelos de análisis estructurados mediante fuentes de datos que incluyen la observación y participación en el fenómeno, la realización de entrevistas y cuestionarios, el acceso a documentación específica, y las propias impresiones y reacciones del investigador (Myers, 2004).

En el desarrollo de la presente Tesis Doctoral se ha empleado la metodología de investigación cualitativa para realizar un análisis sectorial de los factores principales involucrados en el despliegue de las redes de acceso de próxima generación. Los factores analizados han sido: las tecnologías de acceso de próxima generación, los agentes involucrados en su despliegue, la regulación y las políticas públicas. Dicho análisis se ha complementado con el estudio de la situación internacional de los despliegues de redes NGA y el análisis de casos de estudio relevantes.

Para ello se ha empleado un modelo de análisis basado en:

- Monitorización periódica del sector, acudiendo a la lectura de las publicaciones y literatura existente relacionadas con el desarrollo de las tecnologías y el mercado de acceso de próxima generación, como publicaciones de actualidad, publicaciones especializadas, informes de consultoras y otros organismos, así como decisiones emanadas de los reguladores y los responsables políticos y públicos del sector.
- Seguimiento periódico de los indicadores de despliegue de redes de acceso de próxima generación a través de las principales fuentes institucionales, empresariales, académicas y de consultoría especializada⁴⁶. Los principales indicadores considerados en los estudios comparativos son: (i) número de accesos NGA contratados para la prestación de servicios de banda ultra-

⁴⁶ Las principales fuentes empleadas son la Comisión Europea, Eurostats, OCDE, las distintas ANR y gobiernos, BEREC, asociaciones sectoriales como el FTTH Council, Cable Europa, la propia información corporativa de los operadores, así como analistas privados como IDATE, RVA, Analysys Mason o Heavy Reading. Sin embargo las distintas fuentes no recogen de forma completa y homogénea los diferentes indicadores para todos los tipos de despliegue (FTTH/B, FTTN y DOCSIS 3.0), existiendo disparidad en las fuentes de indicadores existentes. Algunos ejemplos son: (i) OCDE Broadband Portal, que actualmente proporciona el número de accesos DSL, cable o FTTH/B contratados, pero sin permitir distinguir cuántos de ellos son FTTN/VDSL o DOCSIS 3.0. Asimismo, los despliegues de fibra considerados tienen un requisito de ancho de banda mínimo de 256 Kbps, lejos de las capacidades y servicios considerados como NGA en el presente trabajo de investigación. (ii) FTTH Council: Considera únicamente accesos FTTH y FTTB, estos últimos habitualmente terminados en redes LAN. (iii) IDATE, que es la principal fuente de información empleada en esta tesis, proporciona datos sobre accesos NGA y hogares pasados para redes FTTH/B. En algunos casos se incluyen despliegues DOCSIS 3.0 desde la base de los edificios como FTTH/B. Recientemente se han incorporado datos de FTTN/VDSL y DOCSIS 3.0 bajo la nomenclatura FTTLA (Fiber To The Last Amplifier), no obstante dichos datos están incompletos en algunos casos, y no se dispone de datos históricos como para los basados en FTTH/B.

ancha que pueden o no incluir servicios de televisión u otros servicios; (ii) número de hogares pasados, entendiendo hogar pasado como aquel dentro de la cobertura de la red y que puede contratar servicios de banda-ultra, así como otros servicios de manera opcional, en un corto periodo de tiempo; (iii) porcentaje de cobertura de hogares, entendido como la división de los hogares pasados por una determinada opción tecnológica entre el número total de hogares de una región o país; (iv) porcentaje de penetración del servicio por hogar, entendido como la división del número de accesos contratados de una determinada opción tecnológica entre el número total de hogares de una región o país; (v) porcentaje de adopción del servicio, entendido como la división del número de accesos contratados de una determinada opción tecnológica entre el número total de hogares pasados por dicha opción en una región o país; y (vi), porcentaje de los accesos de banda ancha que son NGA, entendido como la división del número total de accesos NGA contratados entre el número total de accesos de banda ancha.

- Participación en el equipo de trabajo del *think-tank* GAPTEL⁴⁷ en la elaboración de los informes (GAPTEL, 2008) y (GAPTEL, 2009) sobre los desafíos y oportunidades del despliegue de redes de acceso de próxima generación, en los que se aplicaron técnicas de análisis mediante grupo de expertos.
- Obtención de opiniones individuales de expertos relacionados con el despliegue de redes de acceso de próxima generación a través de la realización de entrevistas en profundidad mediante el uso de cuestionarios semi-estructurados. El anexo A incluye una relación de las entrevistas realizadas y cuestionarios empleados en el proceso de elaboración del informe (GAPTEL, 2009) y que suponen una de las principales fuentes de datos para el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Asistencia y participación en ponencias y foros de debate especializados con expertos del sector.

Las conclusiones que se obtienen son inducidas tras la observación y caracterización del fenómeno, basando el razonamiento seguido en la experiencia acumulada del investigador en su acercamiento directo a las fuentes de información y de su conocimiento del problema bajo estudio.

1.5.2 Metodología de simulación tecno-económica

Una vez analizados los factores principales de la problemática bajo estudio, se pretende la evaluación del despliegue de redes fijas de acceso de próxima generación en España y del impacto de diferentes políticas públicas y medidas regulatorias. Para ello, se ha optado por analizar la viabilidad económica de los despliegues siguiendo un proceso de evaluación de proyectos mediante el desarrollo de modelos matemáticos que permitan simular los costes de despliegue y su

⁴⁷ El Grupo de Análisis y Prospectiva del sector de las TELEcomunicaciones (GAPTEL) es un foro integrado por profesionales que provienen de diferentes ámbitos curriculares, dentro del sector de las telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, nace con la vocación de constituirse en apoyo activo a la toma de decisiones de los agentes involucrados en general, y de los poderes públicos en particular, sobre el futuro del sector de las telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, y por consiguiente, en gran medida, sobre el futuro de la competitividad y crecimiento de la economía y la sociedad españolas.

viabilidad económica para un conjunto de parámetros de entrada (Sugden & Williams, 1978).

La literatura proporciona diversas alternativas para llevar a cabo el modelado y simulación de las problemáticas analizadas en esta Tesis Doctoral, algunas de las principales se recogen en la Tabla 1 proporcionada por Sigurdsson (2007). Entre todas estas posibilidades, la metodología que mejor se ajusta a los objetivos de investigación planteados en esta Tesis Doctoral es la metodología de análisis tecno-económico.

| Tipo de modelo | Principales características | Ejemplos de estudios |
|--|---|------------------------------------|
| Modelos económicos | Estos modelos son utilizados para analizar la dinámica dentro del mercado de las telecomunicaciones. Los modelos son generalizaciones simplificadas y proporciona información sobre la dinámica del mercado | (Tirole & Laffont, 2000) |
| Modelos econométricos | Estos modelos usan métodos estadísticos para formular y probar hipótesis sobre la importancia de determinados parámetros. Requieren el uso de datos históricos por lo que son utilizados principalmente para explicar fenómenos pasados. En telecomunicaciones, han sido utilizados frecuentemente para identificar los factores más importantes que afectan a la difusión de la banda ancha. | (Osorio, 2004) |
| Modelos de costes | Son modelos diseñados con un enfoque "bottom-up" para determinar los costes de inversión y operativos asociados con una determinada infraestructura o red de telecomunicación. Se utilizan con frecuencia para la determinación de los precios en mercados regulados | (Braunstein, 2004), (Dippon, 2001) |
| Modelos tecno-económicos | Son diseñados para evaluar escenarios de despliegue y para ayudar en la selección de las tecnologías y momento óptimo de despliegue. | (L. Ims, 1998) |
| Modelos de dinámica de sistemas | Explican las interacciones entre las diferentes fuerzas y agentes involucrados en el mercado de las telecomunicaciones. Resultan útiles en la evaluación de escenarios "what-if" y para capturar comportamientos clave observados en sistemas reales | (Kelic, 2005) |
| Modelos de teoría de juegos | Permiten capturar interacciones no cooperativas entre los diferentes agentes del sector, por ejemplo, para explorar estrategias de entrada y como el mercado se ve afectado por la competencia y la regulación | (de Bijl & Peitz, 2004) |

Tabla 1. Metodologías de modelado y simulación cuantitativa. Fuente: (Sigurdsson, 2007)

El análisis tecno-económico es una rama de la ciencia que se centra en el análisis de los aspectos económicos de nuevas tecnologías o innovaciones y sus modelos de negocios asociados mediante un enfoque de análisis basado en la simulación para el diseño, análisis y optimización de diferentes soluciones tecnológicas aplicables a diferentes agentes y casos de negocio (L. Ims, 1998). Como resultado de este modelado se obtiene un conjunto amplio de parámetros técnicos, económicos y financieros que permiten realizar diferentes tipos de análisis, como el análisis de los principales componentes que intervienen en los costes de despliegue de una determinada infraestructura o servicio, la determinación del efecto de determinadas variables (demanda prevista, ingresos esperados, etc.) en el análisis de la viabilidad de la prestación de un determinado servicio, hasta incluso el modelado de casos de negocio completos.

Asimismo, según Hull, Walsh, Green, y McMeekin (1999), el análisis tecno-económico permite la adopción de un marco de trabajo analítico que ni es un análisis microeconómico totalmente centrado en el caso, ni se centra en los aspectos macroeconómicos orientados a la definición de medidas de política

1.5 Metodología empleada

económica. Como consecuencia, permite analizar diferentes opciones y evaluar el impacto de diferentes variables (demanda prevista, modelos de ingresos, opciones y capacidades tecnológicas, medidas regulatorias, etc.) de una manera ágil y con un nivel de fiabilidad suficiente.

La metodología de análisis tecno-económica ha sido empleada con bastante frecuencia en los análisis realizados por la industria (operadores, suministradores, etc.), organismos reguladores, y academia. Su desarrollo se ha realizado en Europa a través de la participación de los citados agentes en distintos proyectos de investigación desde finales de la década de los ochenta con el proyecto RACE I / R1044 (Integrated broadband communications development and implementation strategies) que desarrolló, entre 1989 y 1991, un análisis de costes mediante el uso de modelos geométricos para la evaluación de los componentes necesarios, y la aplicación de ciclos de vida para el cálculo del CAPEX (Gardan, Zaganiaris, Madani, Madigou, & Machon, 1989).

Posteriormente, el proyecto TITAN (*Tool for Introduction Scenario and Techno-economic Evaluation of Access Network*), desarrolló durante el periodo 1992-1996 una metodología tecno-económica para la evaluación del despliegue de redes de acceso para la prestación de servicios de telecomunicación. Dicha metodología incluyó el desarrollo de modelos de negocio, la inclusión de aspectos regulatorios, de evolución de mercado, estimaciones de demanda, análisis de sensibilidad y de riesgo (Olsen et al., 1996). Esta metodología fue mejorada e implementada como herramienta mediante el proyecto TERA (*Techno-economic results from ACTS*), entre los años 1998 y 2000, y aplicada a diversos escenarios de despliegue por el proyecto TONIC (*Techno-Economics of IP Optimized Networks and Services*) entre el 2000 y 2002.

Finalmente, el proyecto ECOSYS (*techno-ECONomics of integrated communication SYStems and services*), desarrollado entre 2004 y 2006, se centró en la inclusión de herramientas adicionales en la metodología existente (como el análisis de sensibilidad basado en la técnica de simulación Monte-Carlo, el análisis de escenarios, los árboles de decisión, la metodología de opciones reales o la teoría de juegos), permitiendo la ampliación del alcance de los análisis realizados, teniendo en cuenta la evolución de los mercados, de la regulación y la dinámica competitiva. La metodología diseñada (ECOSYS, 2006) fue adoptada por los principales operadores (tales como Deutsche Telekom, France Telecom, Telefónica, Telenor, KPN, Telecom Italia o Swisscom) y utilizada como base para el análisis tecno-económico en futuros proyectos europeos, los cuales incorporaron de forma generalizada este tipo de estudios para evaluar el potencial de mercado o la viabilidad comercial de las diferentes tecnologías exploradas.

Para el desarrollo de la Tesis Doctoral se ha utilizado la metodología tecno-económica para la implementación de un conjunto de modelos de despliegue de distintas plataformas de acceso de próxima generación. Los modelos combinan la metodología tecno-económica del proyecto ECOSYS, con la estructura de acceso desarrollada en el proyecto TONIC y MUSE (MUSE, 2005), y con el enfoque jerárquico del proyecto BREAD (BREAD, 2006). Las fuentes de datos empleadas en la definición de los modelos han sido obtenidas de proyectos europeos de investigación, informes de organismos y consultoras, y resoluciones de organismos

reguladores. En el capítulo Capítulo 4 se presentará, junto a la estructura general del modelo, las principales suposiciones y parámetros empleados.

Los modelos se han aplicado al caso concreto del mercado Español, para ello se ha realizado un análisis detallado de las condiciones geográficas y demográficas que ha dado lugar a una caracterización del territorio por geotipos. Dada la influencia que tiene el proceso de caracterización en el nivel de detalle de los resultados obtenidos, los fundamentos metodológicos de la misma se presentan en el apartado siguiente.

1.5.3 Metodología de análisis geográfico y demográfico

Como se presentó en el apartado 1.2.5.1, las características geográficas y demográficas de las distintas zonas tienen un impacto directo en los costes de despliegue y en la dinámica competitiva. La realización de un análisis del despliegue de nuevas infraestructuras a una escala nacional requiere, por tanto, de una caracterización precisa de la densidad de población, la densidad de hogares y el tipo de viviendas en el área bajo estudio.

Habitualmente se distingue entre dos alternativas para el modelado de la distribución de la población, el modelado explícito y detallado de cada hogar en la región de cobertura, o la división del territorio en regiones y la asignación de valores medios.

El primer enfoque implica la construcción de grafos donde los distintos nodos estén representados por las coordenadas reales de los edificios, y la aplicación de algoritmos de mínima distancia para la optimización de los costes de despliegue (Balakrishnan, Magnanti, Shulman, & Wong, 1991). Si bien este enfoque permite una caracterización completa de la población, requiere información muy detallada, implica un procesamiento complejo, y dificulta la generalización de los resultados al estar el modelo adaptado a una realidad particular.

El segundo enfoque relaja la restricción de caracterizar explícitamente a cada hogar o usuario y divide el territorio en diferentes tipos de zonas o geotipos, empleando métricas más sencillas como: (i) densidades uniformes en caso de emplear esquemas geométricos para el dimensionado de la red, o (ii) distancias medias entre puntos de la red en función de la densidad de población (Weldon & Zane, 2003), (Vaughn et al., 2004), (Pereira, 2007). Este tipo de enfoque simplifica el procesamiento necesario y se centra en la caracterización de las estructuras de costes de distintas tecnologías para un tipo de zona.

Asimismo, en un término medio entre los dos enfoques se sitúan los métodos de caracterización estadística como el desarrollado por (Rand-Nash, 2009), que distribuyen la población según funciones de densidad inferidas de los datos estadísticos disponibles.

En el desarrollo de la presente Tesis Doctoral se ha empleado el segundo enfoque, de análisis por geotipos, por responder a los objetivos del estudio, por su encaje con los modelos tecno-económicos desarrollados, y por la disponibilidad de suficientes fuentes de datos para su desarrollo. Para ello se ha seguido el siguiente proceso: (i) selección de la unidad geográfica de análisis; (ii) caracterización de

dichas unidades mediante parámetros característicos; y (iii) aplicación de un método de clasificación o agrupación de las unidades básicas de análisis en un conjunto reducido y representativo de geotipos. La elección de dichos factores estará relacionada con las fuentes de datos disponibles y con los objetivos concretos de la investigación.

En primer lugar, en relación a la unidad geográfica de estudio, el ERG publicó en 2008 un conjunto de directrices para el análisis en relación con la situación competitiva en términos geográficos que señala dos alternativas principales para las unidades geográficas de referencia (ERG, 2008): la posibilidad de emplear unidades basadas en fronteras políticas o administrativas, o la utilización de unidades basadas en la estructura de red del operador incumbente (o de operadores alternativos con suficiente cobertura), tales como las centrales locales o los armarios situados en vía pública. En esta Tesis Doctoral se utilizará como unidad básica el municipio⁴⁸, por ser un nivel con una disponibilidad de datos públicos suficientes, y por estar compuesto de un número de unidades que permite un análisis sencillo⁴⁹.

Una vez determinada la unidad geográfica de referencia, es preciso determinar qué parámetros se van a emplear para la caracterización de dichas áreas, estos pueden estar relacionados con el análisis de las diferencias en los costes de despliegue (densidad de hogares, tipo de edificios, tamaño, etc.) o en el análisis de la viabilidad de dichas inversiones y factores de demanda (penetración de los servicios, nivel socio-económico, etc.). Para el desarrollo de esta Tesis Doctoral se han empleado parámetros relacionados con el coste de despliegue en la definición de los geotipos, mientras que los parámetros de demanda se han utilizado en la descripción de los escenarios empleados para la realización de los análisis de viabilidad.

La problemática que surge de un análisis a nivel de municipio es que los parámetros fundamentales para determinar los costes de despliegue, como es la densidad de población, no es suficiente para determinar de forma certera la dispersión de los hogares que caracteriza distintas zonas urbanas y rurales⁵⁰. Para un mismo valor de densidad de población se pueden dar distintas morfologías

⁴⁸ Si bien algunos análisis de condiciones competitivas a nivel geográfico como los realizados por (OFCOM, 2008) o (CMT, 2008) o de análisis de costes de despliegue como (Analysys Mason, 2008a) han empleado como unidad la central local, en el presente proyecto de investigación se empleará el municipio como unidad básica de estudio debido a la no disponibilidad de suficientes datos a nivel de central local.

⁴⁹ En el anexo 7 de (CMT, 2008) se presentan diferentes posibilidades para la definición de la unidad geográfica de referencia para el caso de España. En el caso de unidades de referencia por fronteras administrativas (basadas en datos del INE de 2007), se puede observar como la segmentación por cliente, vivienda u hogar suponen un nivel de complejidad que hace impracticables estos criterios, dado que en virtud de esos parámetros el nivel de agregación es mínimo (por ejemplo, según el INE están censadas 21 millones de viviendas) y el manejo de los datos es por tanto inviable. El siguiente nivel de unidad geográfica se sitúa en códigos postales (81,1 mil), poblaciones (61,4 mil) o de secciones censales (31,9 mil), que si bien presenta un número de unidades elevado, no se ha localizado para dicho nivel fuentes de datos que recojan todos los parámetros necesarios. Finalmente, en el nivel municipal, con 8.112 unidades, se han localizado las fuentes de datos necesarias para llevar a cabo el análisis, presentando asimismo una factibilidad media por el número manejable de unidades.

⁵⁰ Por ejemplo, el proyecto ECOSIS (ECOSYS, 2005) analiza la importancia de los patrones locales de densidad de población (como el grado de dispersión o de centralidad de los hogares) para el análisis de un tipo de zona. Kalhagen y Olsen (2002) presentan asimismo la necesidad de distinguir distintas estructuras con densidades de población similares.

urbanas en función de la dispersión o concentración de los hogares (como se presenta en la Figura 2), influyendo notablemente en los costes de despliegue.

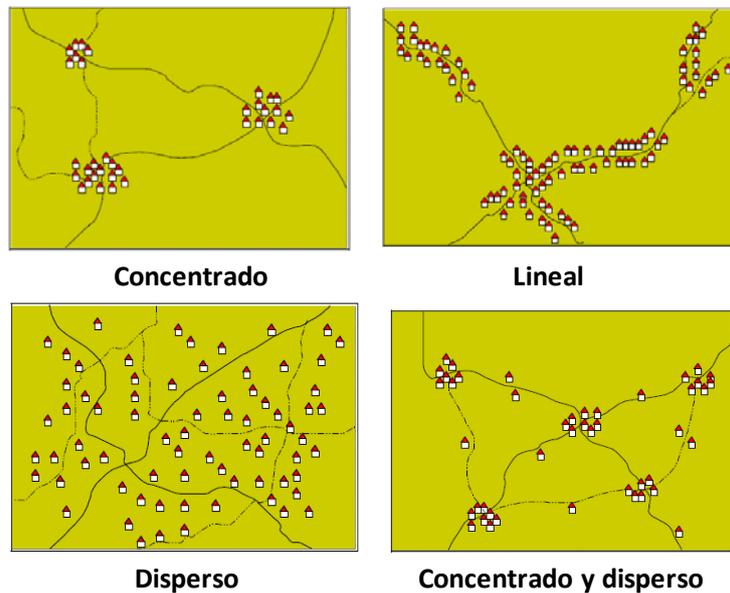


Figura 2. Morfologías urbanas para una misma densidad de hogares.

Para tratar de resolver esta problemática se ha recurrido a la utilización de metodologías de medida de las morfologías urbanas, una revisión de dichos métodos puede ser encontrada en (Riley & Dravitzki, 2004) y (Knaap, Yan, Reid, & Kelly, 2005), en base a los que se han empleado los siguientes indicadores para medir la estructura urbana: (i) tamaño (Knaap et al., 2005), (Tsai, 2005); (ii) densidad de hogares en área urbana (Song & Knaap, 2004); (iii) centralidad (Breuer et al., 2011), (Ewing, Pendall, & Chen, 2002) y (Galster et al., 2001); y (iv), la dispersión. Estos indicadores se han complementado con indicadores de distancia hasta puntos con disponibilidad de conexión a redes troncales y con indicadores de la estructura de los edificios (número de viviendas y locales por edificios, número de plantas, etc.)

Finalmente, es necesaria la utilización de métodos de *clustering* o agrupación que permitan la identificación de grupos de casos relativamente homogéneos basándose en las características seleccionadas y utilizando un algoritmo que pueda gestionar un gran número de casos (Anderberg, 1973). Una descripción más detallada de los parámetros, fuentes de datos y métodos de agrupación empleados puede encontrarse en el apartado 4.2.

1.6 Solución propuesta

Una vez definidos la problemática, los objetivos de la investigación y la metodología a emplear, el siguiente paso es descomponer el problema en pasos intermedios permitiendo su resolución de forma práctica. El procedimiento propuesto para la solución de la problemática se presenta en la siguiente figura:

1.6 Solución propuesta



Figura 3. Procedimiento de resolución de problemáticas propuesto para la Tesis Doctoral

El trabajo de investigación se divide en dos líneas principales, la primera de carácter cualitativo, que estudia la problemática de los despliegues de redes de próxima generación desde un análisis de sus factores principales y el análisis de la situación internacional; y la segunda de carácter cuantitativo, que analiza la viabilidad económica de los despliegues NGA mediante la aplicación de modelos tecno-económicos.

El primer enfoque analiza, mediante técnicas cualitativas, los factores principales del despliegue de redes NGA desde una perspectiva teórica, siendo estos la evolución de las tecnologías de acceso, los agentes económicos presentes en el despliegue y las estrategias empleadas, la regulación sectorial y las políticas públicas. Asimismo, se realiza un análisis comparado de los despliegues NGA en el contexto internacional, ofreciendo una visión actualizada del estado de los despliegues, principales agentes involucrados, estrategias seguidas, regulación y políticas públicas implementadas en las principales regiones y países líderes, identificando los casos de estudio más relevantes y las tendencias actuales.

El segundo enfoque realiza la evaluación económica de la viabilidad del despliegue de plataformas alternativas de acceso fijo de próxima generación en España mediante técnicas cuantitativas. Dicha evaluación está basada en la aplicación de modelos tecno-económicos de simulación de costes de despliegue mediante un análisis estático.

El conjunto de modelos utilizados forman parte del proyecto COSTA⁵¹, desarrollado por la Universidad Politécnica de Madrid en colaboración con Telefónica y Telefónica Soluciones. Los modelos permiten la simulación de los gastos de capital (CAPEX), gastos de explotación (OPEX) y la función de costes (coste mensual) de diferentes plataformas NGA bajo distintas configuraciones geográficas y para diferentes niveles de penetración del servicio. Los modelos realizan el dimensionado de la infraestructura y el cálculo de los costes asociados a la prestación de servicios, desde una única cabecera de red, para una zona geográfica limitada⁵² y un nivel de penetración del servicio dado. De esta forma, se asume que todas las viviendas y

⁵¹ COSTes de redes de Acceso. Página web del proyecto disponible en: http://www.gtictic.ssr.upm.es/costa_es/costa.html

⁵² En general, se considera que el área de despliegue es el área cubierta por una central local. El número total de hogares contenidos en dicha zona varía en función del tipo de región, la tecnología desplegada y de la densidad de población de la misma, siendo estos parámetros de entrada de los modelos. Para las simulaciones realizadas en este trabajo de investigación se han empleado zonas de entre 4.096 y 65.536 viviendas y locales totales.

locales de una zona tendrán cobertura del servicio, y que tanto los elementos activos como otros elementos desplegados (cables, derivadores, etc.) estarán optimizados para tener una utilización máxima para dicha penetración del servicio.

La definición de las regiones estudiadas se basa en el análisis por geotipos a nivel de municipio, considerando un conjunto de siete⁵³ parámetros, que mediante la aplicación de un análisis de conglomerados mediante un procedimiento de K-medias se han obtenido un total de quince geotipos distribuidos entre cinco bandas de población⁵⁴.

La aplicación de los modelos tecno-económicos permite obtener el CAPEX, OPEX, funciones de costes e ingresos de cada plataforma analizada, para cada agente y geotipo, en función del grado de penetración del servicio. Dichos resultados son utilizados como entrada a un segundo modelo que analiza, de forma estática, la viabilidad financiera de las inversiones en redes NGA en los distintos geotipos considerados en función de distintos escenarios de demanda y de mercado. La integración de los resultados por geotipo para el conjunto de España permite caracterizar la estructura competitiva resultante en términos de alcance de los despliegues y la diferenciación de distintas zonas en función del tipo de competencia presente.

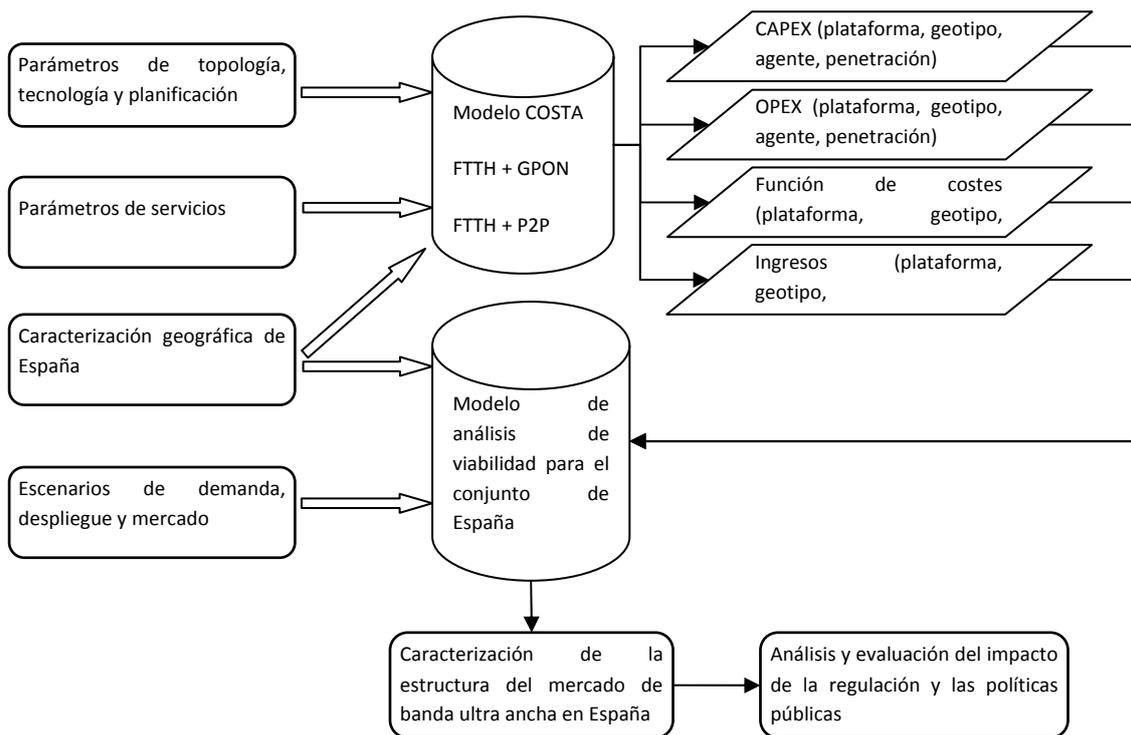


Figura 4. Proceso de simulación y análisis del despliegue de redes NGA propuesto

⁵³ Los parámetros analizados que han servido de base al análisis son: (i) distancia a la central ORLA de cobertura tipo A más cercana (CMT, 2011a); (ii) número total de viviendas y locales del municipio; (iii) densidad de viviendas y locales en zona urbana; (iv) ratio de centralidad; (v) porcentaje de población diseminada; (vi) porcentaje de viviendas secundarias; y (vii) número medio de viviendas y locales por edificio.

⁵⁴ Las bandas de población seleccionadas fueron: (i) municipios de menos de 1.000 habitantes; (ii) municipios de entre 1.000 y 10.000 habitantes; (iii) municipios de entre 10.000 y 50.000 habitantes; (iv) municipios de entre 50.000 y 250.000 habitantes; y (v) municipios de más de 250.000 habitantes.

1.7 Delimitación del análisis realizado

Este es un estudio basado en la oferta, que se centra en el impacto de la tecnología, la regulación y factores políticos sobre el despliegue de redes de acceso de próxima generación, y más concretamente sobre la viabilidad de la inversión en infraestructuras. No obstante, existen otros factores que influyen en el desarrollo de los despliegues de redes NGA sobre los que no se ha centrado el foco del análisis. A continuación se presentan algunos de los elementos que sería necesario tener en un estudio más amplio, pero que han quedado fuera del ámbito analizado en la Tesis.

1.7.1 Enfoque basado en la demanda frente a la oferta

El conocimiento de las preferencias de los usuarios en términos de los tipos de servicios, calidades, velocidades demandadas, el valor percibido de los servicios, su uso en comparación con otras alternativas, la elasticidad de los precios, y la voluntad para darse de alta y realizar pagos adicionales por nuevos servicios suponen un elemento de gran importancia al evaluar el éxito y la viabilidad económica del despliegue de nuevas infraestructuras. Si bien este estudio no incluye ningún análisis empírico sobre la evolución de la demanda, y comparte, en general, las limitaciones inherentes de otros análisis tecno-económicos centrados en la oferta, tiene en cuenta determinados factores de la demanda a través de dos elementos: (i) los modelos de simulación emplean la adopción del servicio (*take-up*) como uno de los parámetros principales para el cálculo de las circunstancias necesarias para alcanzar la viabilidad de los despliegues; y (ii) mediante la utilización de un método de escenarios que explora diversas condiciones relacionadas con la demanda.

1.7.2 Soluciones tecnológicas consideradas

No cabe duda de que en un futuro la prestación de servicios de banda ultra ancha podrá ser realizada además de desde redes fijas, a través de redes móviles, satelitales o fijas inalámbricas. Estas tecnologías jugarán un papel clave en la extensión de la banda ancha a aquellas zonas donde los despliegues fijos no sean rentables. Sin embargo, las problemáticas y debates sobre competencia, regulación y política pública que giran en torno al despliegue de redes NGA fijas difieren de los que giran en torno a las redes móviles y otro tipo de redes (como la satelital o las redes fijas inalámbricas).

Por tanto, este estudio se centra en el análisis del despliegue de las tecnologías fijas FTTH (GPON y P2P), FTTN/VDSL y HFC/DOCSIS 3.0, así como del impacto de diferentes medidas regulatorias y de política pública. Asimismo, si bien el análisis cualitativo sí tiene en cuenta la evolución de las tecnologías consideradas (tales como las NG-PON o el efecto de la vectorización y el *channel bonding* en la mejora de las tecnologías DSL) y su posible impacto, estos avances no se han incorporado al análisis cuantitativo, tanto por la dificultad de disponer de información precisa de los costes de los equipos, como por considerar que dichas evoluciones no modifican notablemente las dinámicas competitivas resultantes ni las problemáticas de despliegue, regulatorias y de política pública subyacentes.

Finalmente, es importante poner de manifiesto que el despliegue y éxito de las redes móviles de próxima generación influirá sobre el de redes fijas en base a los siguientes aspectos (Williamson, 2010): (i) la existencia de sinergias en el despliegue y explotación que deriva hacia una tendencia a la convergencia fijo-móvil mediante plataformas comunes⁵⁵; (ii) la tendencia hacia la complementariedad de las ofertas fijas y móviles como parte de las estrategias de los operadores, tanto por elementos competitivos como por sinergias en los costes de red al permitir derivar parte del tráfico móvil a través de accesos Wi-Fi o femtoceldas; y (iii) la sustitución fijo-móvil para la prestación de servicios de banda ancha que podrá limitar el número de accesos fijos que contratarían redes NGA. Por una parte las redes móviles podrán capturar a aquellos usuarios con demandas menores de capacidad debido al menor precio de los servicios, y por otra, la optimización de distintos servicios para pantallas de menor tamaño y conexiones menos rápidas y fiables, puede reducir la voluntad de los usuarios de pagar más por un mayor ancho de banda, lo que beneficia la adopción de servicios móviles o de banda ancha tradicional frente a despliegues de NGA fija que proporcionen banda ultra ancha.

1.7.3 Aplicabilidad del estudio

Como sugieren Sugden y Williams (1978), la precisión de los resultados cuantitativos de los estudios de viabilidad depende del modelo empleado y de la precisión de los parámetros de entrada, por lo que en situaciones de elevada incertidumbre, como en el presente estudio, los resultados obtenidos deben considerarse como indicadores para análisis y debates posteriores, más que como propuestas de actuación, estrategias empresariales o planes de negocio.

Asimismo, si bien los resultados obtenidos y los parámetros utilizados hacen referencia al caso concreto del mercado español, sería posible la modificación dichas suposiciones para el análisis de otros escenarios o países. Sin embargo, es preciso tener en cuenta que estos modelos son muy dependientes de los detalles concretos del caso analizado, tanto en sus factores técnicos como de mercado, por lo que la generación de los resultados cuantitativos obtenidos debe realizarse con gran cuidado.

1.7.4 Análisis coste-beneficio y pertinencia de las ayudas públicas

El desarrollo de la anterior generación de banda ancha tuvo un impacto socio-económico significativo (ver apartado 1.2.2), que justificó el desarrollo de políticas y ayudas públicas para su expansión. La cuestión sobre si el impulso público al

⁵⁵ Según (IDATE, 2010) algunos ejemplos de sinergias producidas por los despliegues de redes NGA fijas y móviles son el planteamiento de Korea Telecom, que está examinando el potencial de las redes FTTH para servir de solución para el *backhaul* de los despliegues LTE pero no espera fuertes sinergias en términos de CAPEX y OPEX. Por su parte, Portugal Telecom considera ambos despliegues complementarios al disponer de una plataforma IMS común, que además sirve de pasarela de contenido entre ambas plataformas de conectividad. Finalmente, Swisscom utiliza los accesos FTTH como *backhaul* para los nodos HSPA en la zona de cobertura de la red fija. Williamson (2010) cifra en 1:2.000 la relación entre la densidad de estaciones base y de hogares en un despliegue de redes NGA al hogar, haciendo notar que si bien existe un cierto grado de sinergia hay tres órdenes de magnitud. No obstante, la sinergia entre ambas plataformas de conectividad no se centra exclusivamente en el acceso, sino en las plataformas de servicios, de facturación, de relación con el cliente, etc.

despliegue de las nuevas redes (ya sea vía ayudas públicas, despliegues de corporaciones locales, etc.) es pertinente en función de los costes y beneficios de las medidas aplicadas, no se evalúa en esta investigación. Los lectores interesados pueden encontrar un ejemplo de este tipo de estudios en (Kenny, 2010).

1.8 Estructura de la tesis

La Tesis se estructura en un total de siete capítulos más un conjunto de anexos.

El capítulo Capítulo 2 analiza los factores principales involucrados en el despliegue de redes de acceso fijas de próxima generación, siendo estos las distintas tecnologías disponibles y los principales agentes y sus estrategias. Asimismo presenta la situación actual de los despliegues de redes NGA en el mundo, con especial énfasis en la zona europea

El capítulo Capítulo 3 se centra en la problemática regulatoria, de política pública y de neutralidad de red, realizando una descripción de las alternativas planteadas en el debate europeo y planteando el impacto de diferentes medidas. Asimismo, se realiza una revisión de las principales iniciativas llevadas a cabo en Europa.

El capítulo 4 describe los modelos tecno-económicos desarrollados para llevar a cabo los análisis cuantitativos siguientes, presenta la caracterización geográfica de España y define los principales parámetros de los escenarios simulados. Posteriormente, el capítulo Capítulo 5 presenta los principales resultados del análisis tecno-económico realizado que tiene como objetivo caracterizar la estructura de la competencia entre plataformas alternativas de acceso en España.

El capítulo Capítulo 6 realiza un análisis de las implicaciones regulatorias y de política pública en base a los resultados anteriores, considerando el impacto que distintos modelos regulatorios podrían tener sobre la evolución de las redes NGA en España. Finalmente, el capítulo Capítulo 7 presenta las principales conclusiones y líneas de investigación futuras.

El documento incluye al final un conjunto de anexos con información adicional. Por su importancia como fuente de datos para la elaboración de la Tesis Doctoral, el anexo A presenta un resumen del proceso de elaboración del informe GAPTEL *“El reto del despliegue de las redes de nueva generación”*, el listado de expertos entrevistados, principales conclusiones y recomendaciones. El anexo B presenta una comparativa de las principales medidas regulatorias y productos de acceso implementados en los principales países europeos.

1.9 Contribuciones

Algunos resultados de esta investigación han sido publicados en diversos artículos de revistas científicas o han sido presentados en diferentes conferencias internacionales. A continuación, se presentan las diferentes contribuciones realizadas. A menos que se indique otra cosa, el autor de esta Tesis fue el principal

responsable de los artículos aquí listados cuando aparece como autor principal. En los casos en los que no aparece como primer autor, su participación tomó la forma de comentarios y observaciones.

1. **Vergara, A.**, Moral, A., & Pérez, J. (2011). NGA rollout in Europe. Challenges and opportunities. *Journal of the Institute of Telecommunications Professionals*, 5(2), 8-16.
2. **Vergara, A.**, Moral, A., & Pérez, J. (2010). COSTA: A model to analyze next generation broadband access platform competition. *Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS), 2010 14th International*, Warsaw, Poland.
3. **Vergara, A.**, Moral, A., Olmos, A., & Pérez, J. (2010). Challenges for the european next generation broadband. *Federation of Telecommunications Engineers of the European Union (FITCE) 49th Congress*, Santiago de Compostela, Spain.
4. González, A., **Vergara, A.**, Moral, A., & Pérez, J. (2010). Prospects on FTTH/EP2P open access models. *Federation of Telecommunications Engineers of the European Union (FITCE) 49th Congress*, Santiago de Compostela, Spain.
5. **Vergara, A.**, & Pérez, J. (2009). Competencia entre plataformas alternativas de acceso. *Regulatory and Economic Policy in Telecommunications*, 3, 94-106.
6. Labrado, J., Agudo, L., **Vergara, A.**, & Pérez, J. (2008). Next Generation access networks: Perspectives and regulatory options. *Federation of Telecommunications Engineers of the European Union (FITCE) 47th Congress*, London, United Kingdom.
7. **Vergara, A.**, Pérez, J., & Moral, A. (2008). Comparative analysis of operators' strategies for the rollout of next generation access infrastructure in European markets. *International Telecommunications Society 17th Biennial Conference*, Montreal, Canada.

A continuación, se recogen asimismo otras publicaciones no directamente relacionadas con el análisis realizado en esta Tesis Doctoral pero en las que ha colaborado el autor de esta Tesis Doctoral:

8. Pérez, J., Moral, A., Olmos, A., & **Vergara, A.** (2011). Planteamiento del debate. In J. Pérez (Ed.), *Neutralidad de red: Aportaciones al debate* (pp. 13-38) Editorial Ariel y Fundación Telefónica con la colaboración de la Editorial Planeta.
9. Pérez, J., Moral, A., Olmos, A., & **Vergara, A.** (2011). Situación actual de la regulación. In J. Pérez (Ed.), *Neutralidad de red: Aportaciones al debate* (pp. 39-45) Editorial Ariel y Fundación Telefónica con la colaboración de la Editorial Planeta.

10. Moral, A., **Vergara, A.**, Pérez, J., & Ovando, C. (2010). A model to estimate the costs of a partial clearance of spectrum in the 900MHz. *21st Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC-2010)*. Estambul, Turquía.
11. Moral, A., **Vergara, A.**, Pérez, J., & Ovando, C. (2010). Assessment of the benefits of the roll-out of HSDPA networks at 900MHz band. *6th IEEE Broadband Wireless Access Workshop, co-located with IEEE GLOBECOM 2010*. Miami, Florida, Estados Unidos.
12. Olmos, A., Pérez J., Moral, A., & **Vergara, A.** (2008). Analysis of IT Security Regulation Evolution: Relevant Issues and Impact on the IT Security Industry and Market. *36th Research Conference on Communication, Information and Internet Policy*. Arlington, VA, United States.
13. Olmos, A., Pérez J., Moral, A., & **Vergara, A.** (2008). Trends in IT Security Regulation. *International Telecommunications Society 19th European Regional Conference*. Rome, Italy. June, 18-20. 2008.
14. Moral, A., Pérez, J., & **Vergara, A.** (2008). Next generation mobile networks development: technical, regulatory and strategic issues of the roll-out of in-building solutions in high traffic places". *International Telecommunications Society 17th Biennial Conference*. Montreal, Canada.
15. Moral, A., **Vergara, A.**, Riera, J., Ramos, S., & Pérez, J. (2007). Technical and Economic Viability of WiMAX-PLC Network Roll-Out to Supply Broadband Access in Rural and Exurban Areas. *International Telecommunications Society 18th European Regional Conference*. Istanbul, Turkey.
16. Espías, M., Ramos, S., Moral, A., **Vergara, A.**, Olmos, A., & Pérez, J. (2007). Analysis of European Mobile Operators Strategies towards Multiple Play Services Provision. *Federation of Telecommunications Engineers of the European Union (FITCE) 46th Congress*. Warsaw, Poland.
17. Ramos, S., Moral, A., **Vergara, A.**, & Pérez, J. (2007)7 Strategic Policy Options on Spectrum Management for the Development of Mobile TV Market in Europe. *16th IST Mobile & Wireless Communications Summit*. Budapest, Hungary.
18. **Vergara, A.**, Pérez, J., Moral, A., & Arenal, A. (2007). Plataforma de Servicios Locales y Distribución en el Nodo Doméstico para la Provisión de Servicios Triple Play Mediante un Sistema WiMAX-Satélite. *XVII Jornadas TELECOM+D*. Valencia, España.
19. **Vergara, A.**, Moral, A., Riera, J., Ramos, S., & Pérez, J. (2007). Combinación de redes de acceso Satélite-WiMAX para la provisión de servicios triple play en entornos rurales. *XXII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI)*. Tenerife, España.
20. Moral, A., **Vergara, A.**, Riera, J., Ramos, S., & Pérez, J. (2007). Análisis de la Viabilidad Técnica de la Extensión del Servicio de Banda Ancha mediante

una Red WiMAX-PLC. *XXII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI)*. Tenerife, España.

CAPÍTULO 2. PLATAFORMAS, AGENTES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LOS DESPLIEGUES

2.1 Introducción

Las redes de próxima generación (NGN) son, según define la ITU⁵⁶, redes de paquetes IP que permiten la prestación de servicios mediante la utilización de múltiples tecnologías de acceso, capaces de garantizar calidad de servicio y en las que las funciones relacionadas con los servicios son independientes de las tecnologías subyacentes relacionadas con la conectividad para proporcionar a los usuarios acceso a diferentes proveedores de aplicaciones y contenidos. Asimismo, deben soportar el concepto de movilidad generalizada⁵⁷. De esta forma, las redes NGN se caracterizan por tres elementos fundamentales: la conectividad IP extremo a extremo, la separación entre las plataformas de servicios y de conectividad para proporcionar accesibilidad a los usuarios a diferentes proveedores de aplicaciones, así como la modernización de los accesos (NGA) para posibilitar velocidades crecientes de comunicación

Como marco de referencia para ilustrar los diferentes aspectos y debates relativos a las NGN se distinguen tres capas de la red que afrontan problemáticas distintas: el segmento de acceso, el núcleo de red y el ecosistema de servicios (GAPTEL, 2009).

⁵⁶ La definición de las características consideradas necesarias para que una infraestructura se considere NGN se recoge en la recomendación ITU-T Y.2001. Adicionalmente la recomendación ITU-T Y.2011 provee un las bases para el desarrollo de modelos funcionales basados en NGN. Una descripción precisa y concisa de la relación entre ambas recomendaciones puede encontrarse en (Knightson, Morita, & Towle, 2005).

⁵⁷ Permitiendo usuarios fijos, móviles o nómadas

2.1 Introducción

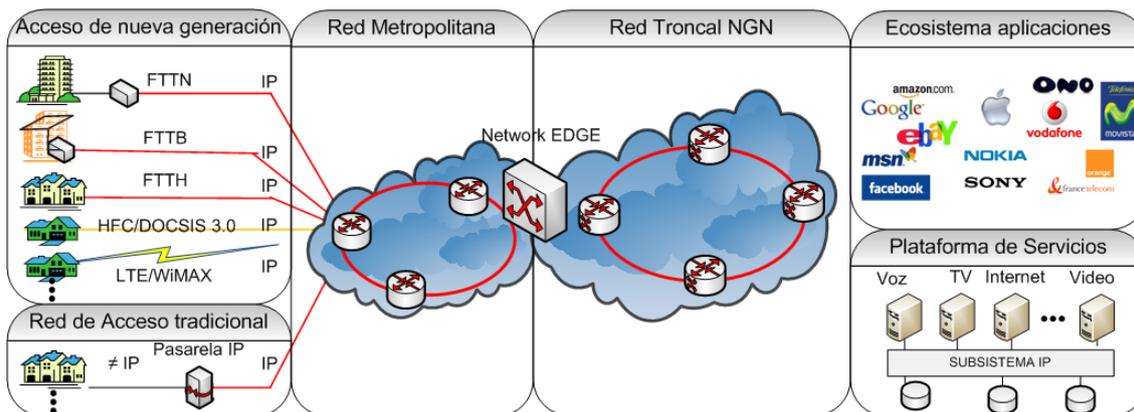


Figura 5. Esquema de redes de acceso de próxima generación. Fuente: (GAPTEL, 2009)

- **Ecosistema de servicios y aplicaciones:** Los servicios y aplicaciones finales en un entorno NGN se caracterizan por estar basados en tecnología IP, por la posibilidad de ser ofrecidos con calidad de servicio de forma separada al transporte, y por la existencia de una amplia diversidad de proveedores. En esta capa se plantea una fuerte competencia entre el mundo de internet, los operadores de telecomunicaciones y los suministradores de terminales por alcanzar al usuario final, conformando. El desarrollo del ecosistema de servicios se encuentra en un proceso de evolución constante al contener los elementos donde se concentra la mayor parte del valor (aplicaciones, servicios y terminales de usuario) y donde se producen las innovaciones de mayor impacto.
- **Núcleo de red:** El concepto de red de próxima generación puede ser aplicado a los elementos que configuran el núcleo y la gestión de la red, esto se traduce en el uso de tecnologías IP (MPLS, IMS, PacketCable 2.0⁵⁸, etc.) extremo a extremo, con la capacidad de soportar múltiples servicios convergentes (voz, datos, acceso a internet, televisión, etc.) sobre las mismas infraestructuras y plataformas, y la separación de la capa de transporte y la de servicios. La transición a las redes NGN rompe con el tradicional vínculo entre la red y los servicios, al permitir que múltiples servicios se presten sobre la misma red basada en la tecnología IP.

La evolución del núcleo de red hacia un contexto IP extremo a extremo es un proceso ya iniciado por la mayoría de operadores y motivado principalmente por mejoras de eficiencia derivadas del uso de la tecnología IP y de la consolidación de las distintas plataformas de servicio en plataformas comunes. No obstante, tanto el volumen de inversión como los ritmos de despliegue actuales son significativamente inferiores a los requeridos por la evolución de la red de acceso, y la mayoría de operadores se muestran capaces de acelerarlos si fuese necesario.

- **Acceso:** Finalmente, el concepto de red de próxima generación (NGN) puede ser aplicado al segmento de acceso en lo que se conoce como redes de acceso de próxima generación (NGA). Estas redes se caracterizan por el incremento del ancho de banda, una mayor simetría del mismo y la

⁵⁸ PacketCable 2.0 es una arquitectura desarrollada por CableLabs que permite la prestación de servicios avanzados IP sobre las redes de cable de forma similar a las proporcionadas por los sistemas IMS.

capacidad de ofrecer servicios IP extremo a extremo con calidad de servicio. El despliegue del segmento de acceso supone el principal cuello de botella debido a las grandes inversiones necesarias para alcanzar un grado elevado de capilaridad y disponibilidad.

La Tesis Doctoral se centra en las problemáticas de competencia, regulación y política pública derivadas del despliegue del tramo de acceso para redes de fijadas de próxima generación. Estas redes pasan por el uso total o parcial de fibra óptica en el segmento de acceso, y las diferentes arquitecturas desplegadas dependerán del tipo de agente involucrado en su despliegue, la disponibilidad de activos previos, la estructura del mercado y las sinergias de la transición desde las redes *legacy* a las redes NGA. En los siguientes apartados se presentarán las características principales de las plataformas de acceso NGA consideradas, las problemáticas de evolución tecnológica y de modelo de negocio de los diferentes agentes, así como un análisis comparativo del estado de los despliegues de redes NGA en un ámbito internacional.

2.2 Plataformas de acceso de próxima generación

2.2.1 Redes de fibra hasta el nodo

Las redes de pares de cobre suponen hoy en día la principal infraestructura de acceso de banda ancha en la mayoría de países europeos. Dichas redes fueron desplegadas por los operadores incumbentes durante la época del monopolio con el objetivo de prestar servicios de telefonía. Gracias al avance de las tecnologías DSL, que empleaban la banda alta de frecuencias del par para la transmisión de datos, se permitió la prestación de servicios de banda ancha sobre una gran parte de la extensa cobertura de la red de telefonía.

Sin embargo, dada la elevada atenuación del par de cobre, la velocidad de transmisión se encuentra fuertemente limitada por la distancia entre el usuario final, y el equipo de transmisión, habitualmente instalado en la central local, conectada a la red metropolitana del operador a través de enlaces de fibra óptica.

De esta forma, la localización de las centrales locales, diseñada en base a criterios de calidad para servicios de telefonía, no permite en general la prestación de servicios de banda ancha con la misma calidad en sus zonas de cobertura, existiendo importantes diferencias en los anchos de banda disponibles en función de la distribución de las longitudes de los pares de cobre. Esto dificulta la capacidad de los operadores de comercializar productos que requieran mayores requisitos de ancho de banda (como servicios de IPTV), al solo poder prestarse a aquellos usuarios más cercanos a la central.

Las soluciones para mitigar las diferencias en el ancho de banda prestado a los usuarios y para aumentar la competitividad de la red de cobre en la prestación de servicios de banda ancha se basa en: (i) el uso de tecnologías de transmisión más eficientes que permitan la prestación de mayores velocidades; y (ii) disminución de la longitud de los pares de cobre mediante la actualización o sustitución de una parte del segmento de red de acceso de cobre por fibra óptica mediante

2.2 Plataformas de acceso de próxima generación

arquitecturas FTTN⁵⁹, esta solución implica una mayor densidad de nodos activos más cercanos a los usuarios.

Dependiendo de la tecnología empleada las velocidades obtenidas pueden variar. Mediante tecnología VDSL2 se pueden alcanzar velocidades teóricas de más de 100 Mbps descendentes a distancias inferiores a los 300 metros y de unos 40 Mbps a unos 800 metros, mientras que para distancias mayores de unos 1,5 km esta tecnología se comporta de forma similar que el ADSL2. Asimismo, la mejora en las técnicas de gestión dinámica del espectro empleadas para reducir los efectos de la diafonía (Ginis & Cioffi, 2002), (Jakovljevic, 2010) junto con el uso de varios pares simultáneos pueden permitir velocidades reales superiores a los 100 Mbps⁶⁰ (Odling et al., 2009).

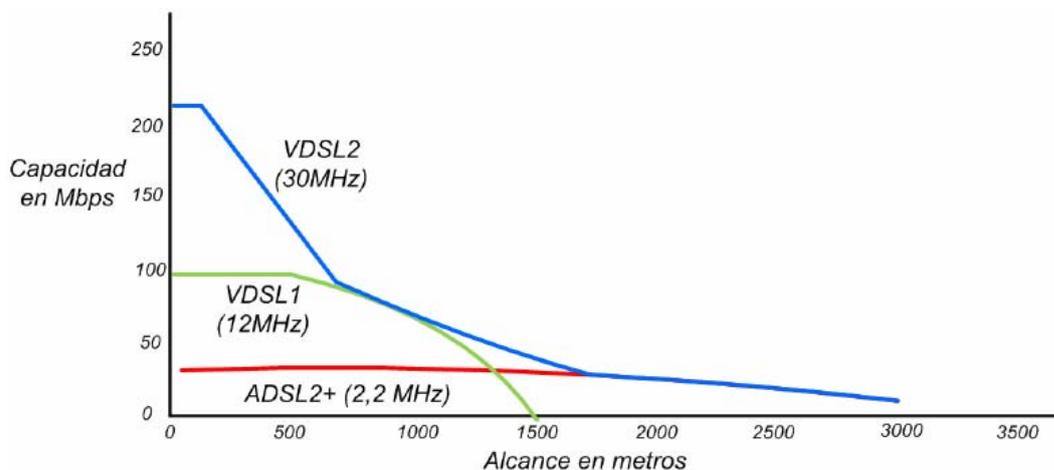


Figura 6. Velocidades descendentes en función de la distancia de las tecnologías ADSL2+, VDSL1 y VDSL2. Fuente: (Álvarez-Campana et al., 2009)

La arquitectura de fibra hasta el nodo (FTTN) se basa en un despliegue de fibra desde la central local hasta un nodo intermedio, habitualmente situado en la vía pública⁶¹, donde se instala el equipamiento activo o DSLAM (DSL Access Multiplexer). Desde ese nodo activo se da servicio, a través de los pares de cobre⁶² dedicados de la red de telefonía, a los usuarios situados los 300 y 1.000 metros en función del ancho de banda que se pretenda prestar a los usuarios finales⁶³. El tramo de red de alimentación, basado en fibra óptica puede seguir una topología

⁵⁹ Las arquitecturas de fibra hasta un punto intermedio entre el usuario y la central se suelen conocer como FTTx, *fiber to the X*, donde la X representa el punto en el que se realiza el cambio de medio. Para este tipo de despliegues se suele utilizar los términos FTTN (*fiber to the node*) o FTTC (*fiber to the curb*), no existiendo una definición unívoca sobre las distancias que representan las distintas nomenclaturas. Por simplicidad hemos decidido emplear el término FTTN para referirnos a este tipo de despliegues independientemente de la distancia hasta la que se despliegue la fibra óptica

⁶⁰ Como ejemplo, BT anunció en la presentación de los resultados del cuarto cuatrimestre de 2010 que doblará de 40 a 80 Mbps los servicios prestados a través su red FTTN/VDSL.

⁶¹ Habitualmente el nodo intermedio se instala en cabinas o armarios en la vía pública, conocidos habitualmente como *street cabinets*.

⁶² Denominados sub-bucles.

⁶³ Como se presenta más adelante, la longitud del sub-bucle impacta fuertemente en el ancho de banda prestado. Para despliegues que busquen prestar servicios de mayor velocidad dicha distancia deberá reducirse a 300 - 500 metros, por tanto incrementando el número de nodos activos y los costes de despliegue.

punto-multipunto mediante un árbol pasivo basado en splitters ópticos, o lo que es más habitual, un despliegue punto a punto con una fibra dedicada por cada nodo intermedio.

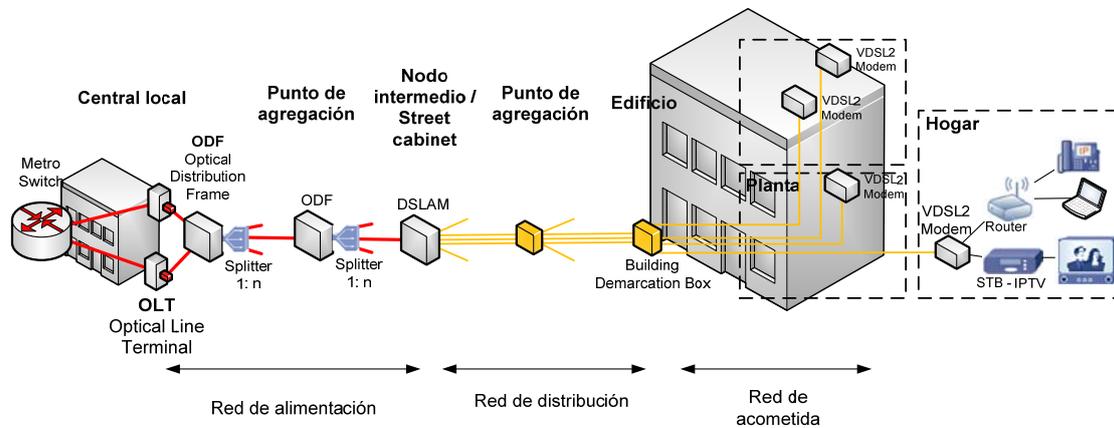


Figura 7. Arquitectura FTTN/VDSL2. Fuente: Elaboración propia

Esta arquitectura permite un alto grado de reutilización de la infraestructura ya existente, lo que puede disminuir los costes de despliegue frente a otras alternativas como son la fibra hasta el hogar o hasta el edificio.

Por un lado, las redes FTTN utilizan la infraestructura existente de par de cobre en el segmento de distribución y de acometida final, que incluye desde la localización del nodo intermedio o *street cabinet* hasta el hogar de usuario. Esta importante reutilización permite que los costes y tiempos de despliegue sean menores, se evita realizar un nuevo despliegue de infraestructura en los hogares, ya que se usa el par de cobre de la red telefónica ya existente, y disminuye el impacto de la obra civil necesaria. Por otro lado, la extensión de la fibra óptica desde las centrales hasta los nodos intermedios permitirá un cierto grado de reutilización de la infraestructura de obra civil (conductos y canalizaciones) al compartir el mismo recorrido que la actual red de pares de cobre.

Sin embargo, la planta de pares de cobre carece, en algunos países como en España, de armarios situados en vía pública, lo que encarece y dificulta los despliegues masivos de redes FTTN salvo en zonas puntuales como pueden ser las zonas de nueva construcción donde se puede dotar de forma fácil de estos armarios. La dificultad para obtener los permisos adecuados e instalar mobiliario urbano nuevo en zonas ya construidas supone una importante barrera a estas redes ((COIT, 2007). Asimismo, suele ser necesario realizar una adecuación y extensión de la red de pares, ya que suele ser habitual que los armarios no puedan instalarse justo sobre el trazado de los pares, encareciendo el despliegue de cada armario. Finalmente, la arquitectura FTTN incrementa los costes de mantenimiento al estar dispersas todas las intervenciones que deban realizarse, así como por el mayor número de incidencias que sufre el equipamiento en vía pública.

2.2.2 Redes de cable

Las redes HFC⁶⁴ se estructuran como un medio de transmisión compartido basado en fibra óptica en los tramos de red troncal y de alimentación, y cable coaxial en el tramo de red de distribución y acometida. Esta estructura se organiza habitualmente mediante una topología de tres niveles (anillos primarios, secundarios y terciarios) que permite alcanzar grandes zonas de cobertura (ver Figura 8).

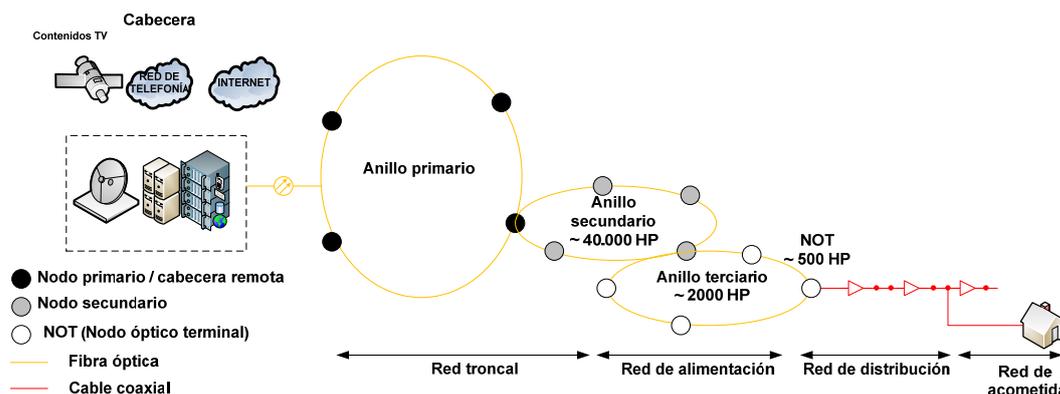


Figura 8. Estructura de una red HFC. Fuente: (Álvarez-Campana et al., 2009)

La cabecera de la red, con conexión a las diferentes redes o contenidos (televisión, telefonía, Internet), se conecta a través de un tramo de *backhaul* o anillo de fibra óptica a un conjunto de nodos primarios o cabeceras remotas, que atienden áreas de decenas de miles de hogares. En los nodos primarios⁶⁵ se ubica el equipamiento cabecera de los cablemodems y se produce una amplificación y distribución de la señal hacia los nodos secundarios y los nodos ópticos terminales (NOT) a través de redes pasivas. Cada nodo primario suele atender a unos 3 o 4 anillos secundarios, compuestos generalmente de 5 o 6 nodos secundarios que dan servicio a unos 2.000 hogares cada uno. Los nodos secundarios son puntos de agregación y distribución de fibra hacia los NOT, donde se ubican los equipos opto-electrónicos y se convierte la señal para alimentar el tramo de red coaxial. Cada NOT da servicio a unos 500 hogares a través de varios tendidos de cable coaxial compartidos entre 100 - 125 hogares (ReDeSign, 2008).

La principal limitación de esta arquitectura para la prestación de servicios de banda ancha es el carácter compartido del medio. De forma habitual, los equipos de usuario (*cable-módem*) se conectan a través del tramo coaxial hasta el NOT, y de ahí hasta un equipo terminal conocido como CMTS (*Cable Modem Termination System*), situado en los nodos primarios. De esta forma, el dominio de compartición de ancho de banda ascendente (y por tanto, el dominio de colisión) se restringe al

⁶⁴ Las redes HFC son una evolución de las redes de distribución de televisión por cable coaxial en las que se introduce el uso de fibra óptica en el tramo de red troncal y de alimentación. De esta forma, se reduce la extensión de las áreas de distribución sobre cable coaxial, siendo necesario un menor número de amplificadores, lo que disminuye las perturbaciones que estos introducen y favorece el aprovechamiento de la mayoría del ancho de banda útil del cable coaxial, permitiendo ofrecer más canales y servicios a los usuarios atendidos.

⁶⁵ Asimismo, en los nodos primarios se inserta en ocasiones programación de televisión de nivel local.

tramo atendido sobre cable coaxial desde el NOT, mientras que el dominio de ancho de banda descendente es compartido por los usuarios conectados a cada nodo primario⁶⁶.

La comunicación entre el cable-módem y el CMTS está basada en el estándar DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*) desarrollado por el consorcio *CableLabs* y aceptado como estándar por la ITU y el ETSI dentro del ámbito europeo. La versión europea de este estándar, el euroDOCSIS, permite una capacidad para comunicaciones de banda ancha de 52 Mbps descendentes o 30 Mbps ascendentes por cada canal de 8 MHz asignado. Asimismo, a partir del estándar DOCSIS 3.0, publicado en 2006, se permite la agrupación simultánea de varios canales (denominado *channel bonding*) de subida o bajada para prestar servicios a un mismo usuario, permitiendo sobrepasar los 100 Mbps en ambos sentidos. Otras mejoras que ofrece DOCSIS 3.0 son el soporte de IPV6, para aumentar el rango de direcciones IP, y el mejor soporte de *multicast*. Asimismo permite extender el rango de las frecuencias descendentes hasta 1 GHz.

De esta forma, el ancho de banda disponible para el dominio compartido dependerá del número de puertos CMTS que se hayan asignado en el nodo primario. La siguiente figura muestra la posición de los equipos involucrados en la prestación de servicios de banda ancha en una red HFC.

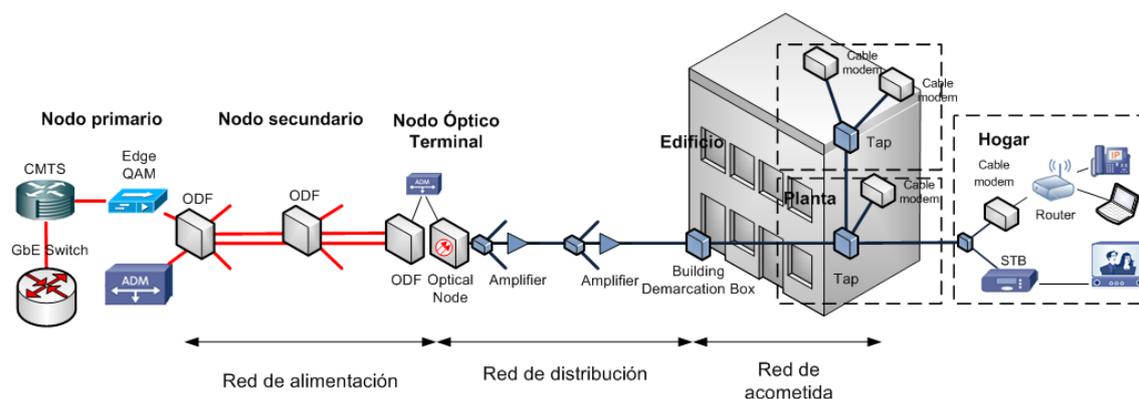


Figura 9: Arquitectura HFC/DOCSIS 3.0. Fuente: Elaboración propia

Ante un contexto de crecimiento del volumen de tráfico demandado y de cambio en los patrones de acceso a Internet hacia un consumo más simétrico, las redes HFC necesitan incrementar la capacidad destinada al servicio de datos, así como aumentar el límite máximo de 52 Mbps por usuario definido en el estándar euroDOCSIS 2.0. Para hacer frente a estas problemáticas se plantean diversas alternativas, basadas en la liberación de espectro, un incremento de la densidad de equipos CMTS, y la actualización tecnológica a DOCSIS 3.0.

En primer lugar, incrementar el número de canales disponibles para los servicios de banda ancha. El incremento de espectro suele ser el resultado del proceso de digitalización de los canales de televisión analógicos⁶⁷.

⁶⁶ Una nueva tendencia es la ubicación de las funciones CMTS en la cabecera y el uso de técnicas DWDM para mantener dominios de compartición de ancho de banda de un número limitado de usuarios (Álvarez-Campana et al., 2009).

2.2 Plataformas de acceso de próxima generación

En segundo lugar, se puede realizar un *split node*, que busca reducir el número de usuarios servidos por un equipo terminal CMTS. En los primeros despliegues se alimentaban varios NOT con un mismo terminal CMTS, y en consecuencia se compartían los canales dedicados al tráfico de datos entre todos los usuarios de dichos nodos. Se consideran dos opciones para mejorar el ancho de banda: (i) un *split lógico* que incrementa el número de equipamientos CMTS en los nodos secundarios para que cada puerto atienda a un solo NOT de forma independiente; y (ii) un *split físico* mediante la duplicación de los NOT (con nuevos equipos CMTS asignados) lo que permite dividir el número de usuarios atendidos por cada CMTS, este tipo de split se puede realizar ya que habitualmente hay instaladas varias fibras hasta cada nodo HFC⁶⁸.

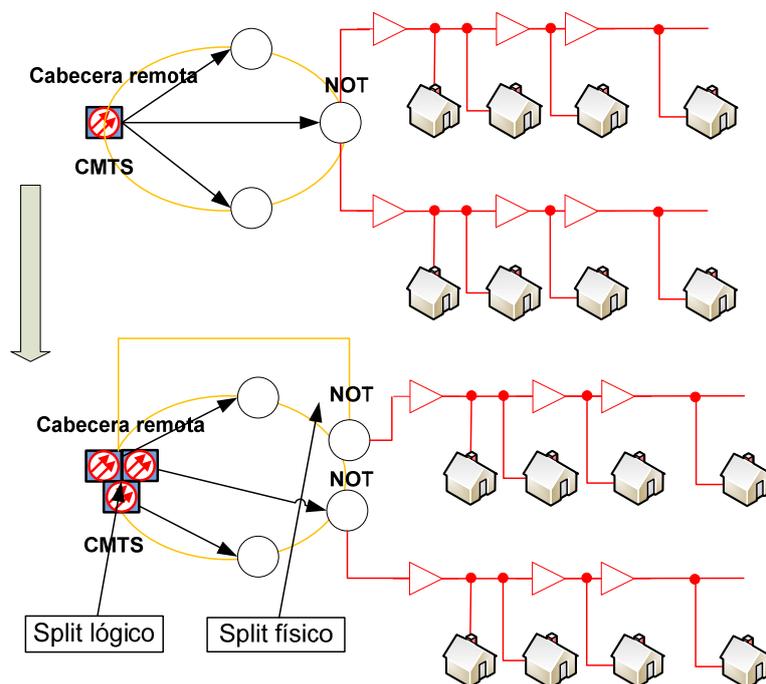


Figura 10. Split lógico y físico en la mejora del ancho de banda en redes HFC. Fuente: Elaboración propia

En tercer lugar, los métodos anteriores permiten mejorar el ancho de banda total servido a un dominio compartido, sin embargo, para aumentar el ancho de banda máximo por usuario es necesario la evolución de los CMTS y los cable modem al estándar DOCSIS 3.0, permitiendo servicios de más de 160 Mbps en bajada y de 60 Mbps en subida.

Las opciones anteriores representan la evolución natural de las redes HFC para incrementar el ancho de banda ofrecido a sus clientes, sin embargo, este tipo de

⁶⁷ Según estimaciones de Comcast (Light Reading, 2007) una combinación de SDV, migración a TV digital, MPEG-4 y recuperación de espectro de aplicaciones legacy puede liberar hasta 78 MHz (13 canales de 38 Mbps según los estándares de en Estados Unidos)

⁶⁸ A modo de ejemplo para el operador Comcast (Light Reading, 2007) las primeras actualizaciones de red procedían en un 65% de *split lógico* y en un 10% del *split físico*. El 25% restante lo obtiene aumentando el número de módulos (canales) en los CMTS.

evolución tiene un impacto relevante en los costes (Limaye, Glapa, El-Sayed, & Gagen, 2008), y obligará, a medio-largo plazo a una evolución de las arquitecturas hacia las denominadas *Next Generation – HFC*, actualmente investigadas en el marco del proyecto europeo REDESIGN. Dicho proyecto ha analizado diferentes soluciones NG-HFC, distinguiendo entre las zonas donde se realiza un nuevo despliegue (*greenfield*) y las zonas donde ya existe un despliegue HFC (*brownfield*). En las primeras, se apuesta por el despliegue de infraestructuras FTTH/B activadas mediante tecnologías RFoG, que permiten la transmisión de señales radio sobre la fibra, y por tanto mantener la compatibilidad con los equipos CMTS y/o CPEs ya desplegados. En las zonas *brownfield* las soluciones pasan por la máxima reutilización de la infraestructura coaxial, mediante una combinación del acercamiento de la fibra y el despliegue de equipos micro CMTS en los nodos ópticos, permitiendo solventar los problemas de densidad de usuarios en las actuales cabeceras remotas (ReDeSign, 2010).

2.2.3 Redes de fibra óptica hasta el usuario

Las redes de acceso de fibra óptica hasta el usuario se han considerado desde hace más de 30 años como la plataforma de acceso fijo con mejores prestaciones técnicas, permitiendo grandes capacidades de transmisión y siendo considerados como un medio “a prueba de futuro” capaz de soportar múltiples avances tecnológicos⁶⁹ y de proporcionar innovadores servicios. Sobre dichos despliegues se pueden alcanzar actualmente velocidades de entre 100 Mbps y 1 Gbps, simétricas o asimétricas, en función de las arquitecturas y tecnologías desplegadas, y dichas capacidades podrán ir aumentando en función de la demanda y de la evolución de las tecnologías de acceso.

Entre las ventajas de este tipo de arquitecturas se encuentra el mayor alcance de las mismas, permitiendo aumentar la distancia⁷⁰ entre las centrales locales o nodos FTTH y los usuarios finales, lo que facilita la eliminación de nodos de la red (como las centrales locales), su consolidación y optimización, con el consiguiente ahorro económico (Breuer et al., 2011). Fruto de esas características, los despliegues de redes de fibra hasta el usuario suelen involucrar, asimismo, una reducción de los costes de operación, valorada entre un 30%⁷¹ y un 60%⁷² sobre el OPEX actual de las redes de cobre.

Dentro de los despliegues de fibra hasta el usuario se suele distinguir entre los que la fibra óptica llega hasta los propios hogares (FTTH) y aquellos despliegues en los que la fibra llega hasta la base del edificio (FTTB), y la acometida final se realiza mediante otro medio y tecnología, como puede ser par de cobre (VDSL), cable coaxial (DOCSIS) o cableado estructurado (Ethernet). Pese a que los despliegues FTTB no permiten la misma evolución tecnológica y ahorro de costes por

⁶⁹ Según las estimaciones realizadas por (Analysys Mason, 2010), los despliegues actuales de fibras monomodo basadas en silicio soportarán los avances de las tecnologías PON y P2P al menos hasta 2025-2030.

⁷⁰ Por ejemplo, las tecnologías actuales permiten alcances entre 10 y 20 Km, en comparación de los 3 – 5 Km soportados por los despliegues del ADSL. Asimismo, la evolución tecnológica permitirá alcances mayores, incrementando el efecto de consolidación de centrales.

⁷¹ (Analysys Mason, 2008a)

⁷² Entre el 40% y 60% según NTT/Verizon. Publicado por AGCOM en el NTRA Conference 29 de Abril de 2009. (Ananasso, 2009)

simplificación y optimización de la red, pueden resultar atractivos desde un punto de vista de los costes⁷³ y de las problemáticas de despliegue, al poder reutilizar el cableado interior de los edificios, cuya instalación representa una de las principales barreras de competencia, técnicas, económicas, y de relación con los propietarios de los edificios. No obstante, esta solución requiere de la instalación de equipamiento activo (y por lo tanto de espacio, alimentación y refrigeración) en la base de los edificios, lo cual puede implicar dificultades de relación con los propietarios de los edificios.

Se consideran dos variantes topológicas de las arquitecturas FTTH/B: el acceso dedicado punto a punto, conocido como P2P (*Point-to-Point*), o el acceso punto-multipunto mediante redes ópticas pasivas, denominadas PON (*Passive Optical Network*), en el que cada fibra es compartida por un determinado número de usuarios a través de un despliegue en árbol y de divisiones ópticas de la señal mediante *splitters*. La topología elegida en el despliegue tendrá implicaciones sobre los costes, perfiles de servicios, estrategias de despliegue y opciones regulatorias. En los siguientes apartados se presentan ambas topologías y las diferencias principales entre ellas, sin embargo, para un análisis más en profundidad de las mismas se recomienda la consulta de (FTTH Council Europe, 2010) para una descripción de sus arquitecturas, (Analysys Mason, 2010) y (OVUM, 2011) para una comparación de sus prestaciones operacionales, de servicio y evolución tecnológica, y (Kulkarni et al., 2008) para un estudio sobre los costes de despliegue para diferentes condiciones.

Las principales dificultades al despliegue de redes FTTH se centran en el alto impacto de los costes en obra civil, que se sitúan entre un 45% y un 75% en función de la arquitectura y zona, y en las dificultades y costes para realizar la acometida final en los edificios. En relación al primer punto, la problemática no solo se basa en los elevados costes, sino también la necesidad de realizar obra pública, la dificultad para recibir los permisos y licencias adecuados, la escasez de espacio en las canalizaciones ya existentes o la imposibilidad de usar técnicas de apertura de zanjas más rápidas y económicas por no estar contempladas en las distintas ordenanzas municipales (Foro Mar, 2005), (COIT, 2007). En relación al segundo punto se plantea las dificultades para obtener permisos de las comunidades de vecinos para la instalación de infraestructura, lo que ha generado una demanda de una regulación específica que facilite los despliegues vía obligaciones simétricas de compartición⁷⁴, el despliegue de infraestructuras comunes de telecomunicación o el acceso infraestructuras ya existentes como los tendidos en las fachadas o las grapas de sujeción⁷⁵.

⁷³ Además de la reutilización del cableado interior, los despliegues FTTH permiten la utilización de equipamiento de clientes (CPE), en general, más económicos, al estar basados en tecnologías más maduras que las FTTH. No obstante este efecto se atenúa con el tiempo según disminuyen los costes de los CPEs ópticos.

⁷⁴ Esta problemática se ha planteado en diferentes países y será analizada con más detalle en el apartado 3.2.2.3.

⁷⁵ Recientemente, la CMT ha recibido una petición de Orange para acceder a las infraestructuras de soporte en fachada de Telefónica (para poder conectar unos edificios con otros por dicha vía), debido a las reticencias de los vecinos a conceder los necesarios derechos de paso por motivos diversos (principalmente por el impacto estético de despliegues adicionales por fachada) para la instalación de un nuevo tendido en fachada (CMT, 2011f)

2.2.3.1 Topología PON

Una red de acceso punto a multipunto PON se compone de un conjunto estructuras pasivas de fibra en árbol denominadas redes de distribución óptica (ODN), que parten de la central local y se van dividiendo a lo largo de un conjunto de puntos de agregación hasta alcanzar los hogares de los usuarios, de forma que cada ODN proporciona acceso compartido a un conjunto de usuarios. Cada ODN está alimentado por su extremo del lado de la central por un terminal óptico (OLT) que provee una señal óptica compatible con el protocolo PON. La señal óptica proporcionada por cada puerto de un OLT se transmite a través del ODN dividiéndose en cada punto de agregación, donde se sitúan *splitters*⁷⁶ y repartidores ópticos modulares⁷⁷ (ODF), hasta alcanzar el equipamiento de cliente, denominado ONT⁷⁸. La siguiente figura presenta la arquitectura típica de una red PON.

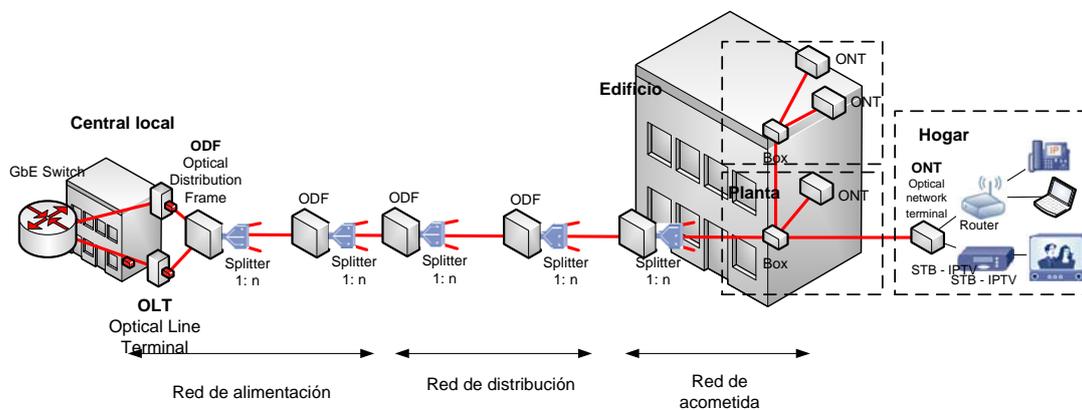


Figura 11: Arquitectura de una red FTTH/PON. Fuente: Elaboración propia

De esta forma, las redes PON están formadas en su planta externa por infraestructuras totalmente pasivas, lo que reduce los costes de operación al no precisar de alimentación, ni del acondicionamiento de espacios provistos de conexión a la red eléctrica para los nodos de agregación.

Asimismo, su carácter de medio compartido ofrece ventajas y desventajas. Por una parte se reduce la longitud total de fibra que es necesario desplegar frente a un enfoque de despliegue punto a punto, disminuyen los requisitos de espacio necesario en la obra civil, se requiere de un menor número de puertos PON en los OLT al ser estos compartidos por varios usuarios, y disminuyen los requisitos de espacio y energía de los OLT, lo que impacta en menores requisitos de CAPEX. Mientras que los principales inconvenientes que genera este carácter compartido son una mayor limitación del ancho de banda ofrecido a los usuarios finales, la

⁷⁶ Un splitter (1:N) en un divisor óptico pasivo que divide una señal óptica entrante en N señales iguales (con 1/N de potencia) y las distribuye en N fibras. De forma inversa el splitter puede combinar N señales en una sola, para lo que es necesario algún mecanismo de multiplexación, habitualmente TDM (Time División Multiplexing) o WDM (Wavelength Division Multiplexing)

⁷⁷ Equipo de gestión de fibras que sirve de interfaz entre los cables de fibra provenientes de la planta externa a la central y el equipamiento activo situado en el interior de la central. También pueden usarse versiones de menor tamaño para realizar las interconexiones de fibra en los puntos intermedios de agregación.

⁷⁸ Según el estándar ITU-T G.984.1, se denomina ONT (Optical Network Termination) a un equipamiento individual que termina cualquiera de las ramas de un árbol ODN. Un ONT es un caso especial de ONU (Optical Network Unit) que también puede ser multi-usuario, como los empleados en despliegues FTTB.

dificultad para prestar servicios con tecnologías y/o capacidades distintas sobre la misma red, y la dificultad para la desagregación de las fibras como opción regulatoria⁷⁹.

Finalmente, otra de las características que hacen atractiva la topología PON es su flexibilidad⁸⁰ a la hora de optimizar la inversión en una zona determinada según evolucione la demanda, ya que la instalación de los tramos de acometida solo se realiza cuando un nuevo usuario se da de alta en el servicio. Asimismo, una correcta disposición de los niveles de *splitters* puede permitir el ahorro de inversión en fibra⁸¹ y mantener un alto nivel de utilización de los *splitters*, lo que genera una optimización del número de puertos OLT necesarios para la prestación del servicio. La siguiente figura muestra ejemplos de estrategias de optimización de la estructura de *splitters* llevados a cabo por NTT en sus despliegues.

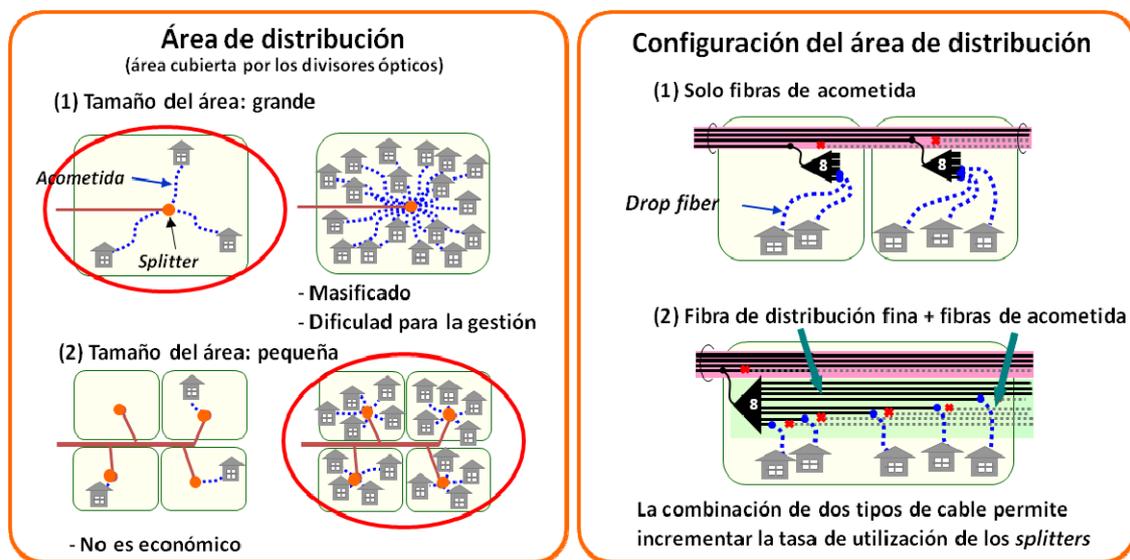


Figura 12. Estrategias de optimización de los despliegues PON según la posición de los *splitters*. Fuente: adaptación a partir de (Tsubokawa, 2009)

La combinación de los factores anteriores sitúa a la topología PON como la más empleada por operadores inmersos en procesos de despliegues de amplio alcance, como en el caso de NTT o Verizon.

⁷⁹ La desagregación en redes PON se puede realizar de dos modos: mediante técnicas de multiplexación por separación en longitud de onda (WDM), que permiten el establecimiento de varios circuitos ópticos independientes; o mediante una desagregación física desde el último splitter, ya que desde ese punto hasta los hogares de los usuarios hay desplegadas fibras dedicadas. No obstante, ambos métodos presentan barreras operacionales y de costes que dificultan su viabilidad como solución alternativa a la desagregación física del bucle, tal y como se ha realizado hasta ahora con las redes de pares de cobre.

⁸⁰ El ratio de división de los ODN, el número y posición de los puntos de agregación y la posición de los *splitters* representan grados de libertad para el operador que realiza el despliegue

⁸¹ Este ahorro se alcanza diferenciando el tipo de despliegue en función de las zonas a cubrir. En zonas urbanas de alta densidad, la utilización de dos niveles de división con el último cercano a los hogares (o en los propios edificios) produce zonas de distribución menores de forma que solo se entre en un edificio para alcanzar un nuevo cliente, mientras que en zonas menos densas es mejor situar los *splitters* en zonas más centralizadas. (FTTH Council Europe, 2010).

Las principales tecnologías empleadas para la transmisión sobre redes PON se basan en mecanismos de acceso múltiple por división en el tiempo⁸² (TDMA), entre los que se encuentran los estándares definidos por el FSAN⁸³ (y posteriormente implementados en recomendaciones ITU) como BPON (ITU-T G.983) o GPON (ITU-T G.984), y los estandarizados por el IEEE, el EPON (IEEE 802.3ah) y el 10 GEPON (IEEE 802.3av)⁸⁴. De entre ellas, la más extendida entre los despliegues (y planes de despliegues) PON europeos es GPON, que puede suministrar un ancho de banda compartido de hasta 2,48832 Gbps de bajada y 1,24416 Gbps de subida con un alcance de 20 km y un factor de división de hasta 64 usuarios en función de la atenuación del ODN⁸⁵.

La tecnología GPON evoluciona hacia las NG-PON (*Next Generation PON*) impulsada por el FSAN, que ha realizado un conjunto de estudios que especifican los requisitos, las tecnologías y las especificaciones de los nuevos sistemas PON⁸⁶ definiendo dos etapas diferenciadas.

La primera, denominada NG PON1, tiene como objetivos: (i) la estandarización de la tecnología XG PON, que alcanzará los 10 Gbps en dos fases, el XG PON1 con unas prestaciones de 10/2,5 Gbps (en proceso de estandarización en la serie ITU-T G.987 con los primeros estándares aprobados en 2010) y el XG PON2 que proporcionará 10 Gbps simétricos (prevista su estandarización en 2012); y (ii) la estandarización de arquitecturas de alcance extendido hasta los 60 km usando tecnología GPON. Estos avances operan en frecuencias distintas al GPON, por lo que podrán coexistir simultáneamente sobre la misma infraestructura óptica. Asimismo, se busca el incremento del nivel de división óptica soportado hasta los 128 usuarios por fibra y puerto, que junto con el incremento de los alcances máximos permitirían un proceso de consolidación de centrales y ahorro de costes. La siguiente tabla resume las principales características de las distintas tecnologías GPON considerando la evolución NG PON1.

⁸² Otras modalidades de acceso menos extendidas para los sistemas FTTH son: SCMA (subcarrier multiple Access) empleada en el acceso HFC; WDMA (wavelength division multiple Access) con potencial para proporcionar capacidad dedicada en medios compartidos pero aun en proceso de estandarización para su versión en redes PON (el estándar se espera para 2013 dentro del proceso llevado a cabo por la FSAN, aunque ya existen diversas soluciones propietarias en el mercado); y OCDMA (optical code division multiple access) (Koonen, 2006). Asimismo, se están investigando sistemas basados en OFDMA (orthogonal frequency division multiple access) para mejorar las características de capacidad y alcance (OASE, 2010b).

⁸³ El Full Services Access Network Group es un consorcio tecnológico liderado por los principales 26 operadores, 48 suministradores y 8 laboratorios independientes.

⁸⁴ Una comparativa de las tecnologías mencionadas puede encontrarse en (Green, 2005).

⁸⁵ Habitualmente no se puede alcanzar el alcance máximo y el factor de división máximo de forma simultánea, ya que un elevado factor de división afecta al balance de potencia limitando el alcance.

⁸⁶ El *IEEE Communications Magazine* publicó en noviembre de 2009 una serie de tres artículos presentando las conclusiones del estudio realizado por el FSAN en términos de migración y requisitos de las nuevas tecnologías (Kani et al., 2009), diferentes sistemas candidatos (Effenberger, Mukai, Soojin Park, & Pfeiffer, 2009), y las especificaciones de los futuros sistemas (Effenberger, Mukai, Kani, & Rasztoivts-Wiech, 2009).

2.2 Plataformas de acceso de próxima generación

| Características | GPON B+ | GPON C+ | Extended GPON | XG PON1 | XG PON 2 |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| Fecha estándar | Hoy en día | Hoy en día | 2011 | 2011 | 2012 |
| Velocidad bajada de | 2.5 Gbps | 2.5 Gbps | 2.5 Gbps | 10 Gbps | 10 Gbps |
| Velocidad subida de | 1.5 Gbps | 1.5 Gbps | 1.5 Gbps | 2.5 Gbps | 10 Gbps |
| Split ratio | 32 - 64 | 32 - 64 | 32 - 64 | 32-64 | 32-128 |
| Velocidad bajada por usuario (Gbps) | 77,8 (1:32) 38,9 (1:64) | 77,8 (1:32) 38,9 (1:64) | 77,8 (1:32) 38,9 (1:64) | 312,5 (1:32) 156,3 (1:64) | 312,5 (1:32) 156,3 (1:64) 78,1 (1:128) |
| Velocidad subida por usuario (Gbps) | 38,9 (1:32) 19.4 (1:64) | 38,9 (1:32) 19.4 (1:64) | 38,9 (1:32) 19.4 (1:64) | 77,8 (1:32) 38,9 (1:64) | 312,5 (1:32) 156,3 (1:64) 78,1 (1:128) |
| Alcance | 20 Km | 30 Km | 60 Km | 20 Km | 60 Km |
| Banda bajada (nm) | 1480-1500 | 1480-1500 | 1480-1500 | 1575-1580 | 1575-1580 |
| Banda subida (nm) | 1290-1330 | 1290-1330 | 1290-1330 | 1260-1280 | 1260-1280 |

Tabla 2: Características de las tecnologías GPON. Fuente: (Analysys Mason, 2010)

La segunda fase, denominada NG PON2, estará centrada en la estandarización de la tecnología WDM PON, para poder proporcionar una longitud de onda dedicada (y por tanto un camino óptico dedicado) sobre un medio físico compartido, así como de tecnologías DWDM, TDM de alta capacidad u otras que permitan alcanzar velocidades del orden de los 40 Gbps. Esta generación de tecnologías no tendrá que cumplir con la necesidad de compatibilidad con las anteriores, asimismo, es posible que sea necesaria la evolución de los divisores ópticos. Hasta el momento no se ha alcanzado un acuerdo formal sobre los requisitos formales de la fase NG PON2, y los primeros estándares no se esperan hasta 2013 – 2015.

2.2.3.2 Topología P2P

Una red de acceso punto a punto conecta a cada usuario a través de una fibra dedicada sin splitters intermedios y sin compartición del ancho de banda entre múltiples usuarios. En función de donde se encuentre el equipamiento activo ubicado se distingue entre la topología *home-run*, en la que se despliega una fibra dedicada desde la central local, o la topología de estrella activa (también conocida como *active Ethernet*, al ser esta la tecnología más empleada), en el que un equipamiento activo es situado en un nodo intermedio, concentrando el tráfico proveniente de los usuarios en una única fibra hasta la central local⁸⁷. Al igual que en el caso de las redes PON, el disponer de una planta de red totalmente pasiva implica múltiples ventajas que hacen la topología de *home-run* más indicada para despliegues masivos⁸⁸. La siguiente figura muestra la arquitectura P2P.

⁸⁷ En este caso pese a que hay fibras compartidas por el tráfico de varios usuarios, la transmisión en dichas fibras se produce entre dos puertos activos, sin splitters ni problemas de colisión, por lo que se considera como una infraestructura punto a punto.

⁸⁸ Una excepción es el caso de zonas densamente pobladas con edificios multi-vivienda, donde se puede instalar un switch Ethernet en la propia base o sótano del edificio, haciendo que varios usuarios de ese edificio compartan una única fibra hasta la central. Esta solución reduce la cantidad de fibra necesaria y sería equivalente a un despliegue FTTB donde la acometida se realiza asimismo sobre fibra óptica.

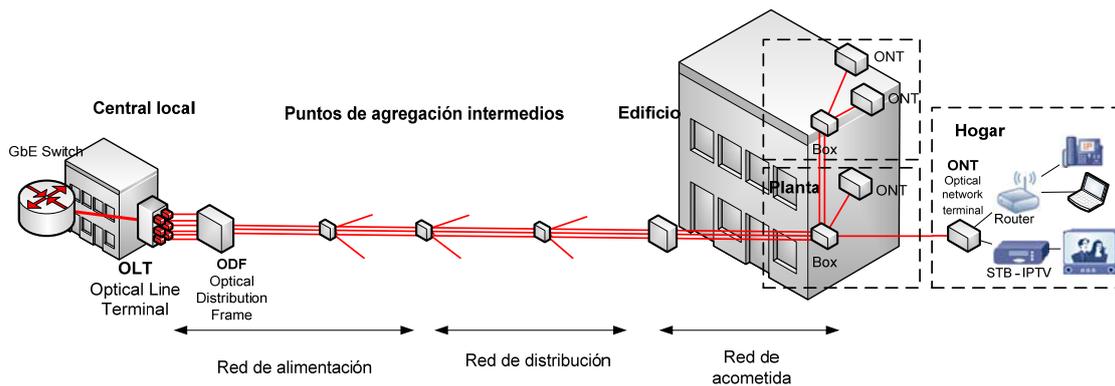


Figura 13: Arquitectura de una red FTTH/PON. Fuente: Elaboración propia

Esta topología permite un mayor ancho de banda por el usuario al no ser este compartido en el tramo de acceso. Asimismo, se facilita la actualización y diferenciación de servicios a distintos clientes al poder desplegar tecnologías distintas sobre la misma infraestructura pasiva. Por otra parte, como se mencionó anteriormente, esta topología tiene las mismas ventajas derivadas de su carácter pasivo que la topología PON. Finalmente, se facilita significativamente la desagregación física de la fibra, siendo una gran ventaja en esquemas de acceso abierto en los que varios operadores de servicios comparten una misma infraestructura.

Los principales inconvenientes de esta topología frente a la PON se centran en unos mayor CAPEX debido a la mayor cantidad de fibra a desplegar y a un mayor número de puertos activos. Asimismo, los gastos operativos (OPEX) pueden aumentar en la central local por un mayor consumo energético y la necesidad de una mayor reserva y acondicionamiento de espacio derivado de un mayor número puertos OLT. Finalmente, otras desventajas están relacionadas con la mayor dificultad de despliegue por posible saturación de los conductos y por la menor flexibilidad a la hora de distribuir la inversión durante el despliegue en comparación con la topología PON.

Las principales tecnologías empleadas sobre redes ópticas punto a punto son las definidas por el grupo de trabajo IEEE 802.3ah, que ha establecido varios estándares basados en Ethernet. Los más usados son aquellos que permiten la comunicación bidireccional y por tanto el uso de una única fibra por usuario, estos son el 100BASE-BX10 y el 1000BASE-BX10, que permiten la prestación de servicios de 100 y 1000 Mbps simétricos a alcances de 10 Km⁸⁹. La evolución de estos estándares pasa por un incremento del alcance para las versiones de 100 Mbps y de 1 Gbps, un aumento de la densidad de puertos de los sistemas P2P que permita reducir el espacio y consumo de los mismos, y, entre 2015 y 2020 una versión de 10 Gbps simétricos de alcance de entre 50 y 80 Km que permita responder a mayores demandas de ancho de banda y a un proceso de consolidación de

⁸⁹ El estándar define una distancia de 10 Km comparable a la del BPON, sin embargo, en una topología P2P sin splitters que introduzcan atenuación en el balance de potencia (del orden de 20 dB), se podrían alcanzar distancias mayores (de entre 30 y 60 km).

2.3 Agentes

centrales⁹⁰. La siguiente tabla resume las principales características de las distintas tecnologías utilizadas sobre redes P2P.

| Características | 100BASE-BX10 | 1000BASE-BX10 | 100/1000BASE-BX Extended | 10G BASE-BX |
|-------------------------------------|--------------|---------------|--------------------------|-------------|
| Fecha estándar | Hoy en día | Hoy en día | 2011-2012 | 2015-2017 |
| Velocidad de bajada | 100 Mbps | 1 Gbps | 100/1000 Mbps | 10 Gbps |
| Velocidad de subida | 100 Mbos | 1 Gbps | 100/1000 Mbps | 10 Gbps |
| Split ratio | - | - | - | - |
| Velocidad bajada por usuario (Gbps) | 100 Mbps | 1 Gbps | 100/1000 Mbps | 10 Gbps |
| Velocidad subida por usuario (Gbps) | 100 Mbos | 1 Gbps | 100/1000 Mbps | 10 Gbps |
| Alcance | 10 Km | 10 Km | 30 - 60 Km | 50-80 Km |
| Banda bajada (nm) | 1550 | 1490 | 1550/1490 | ¿? |
| Banda subida (nm) | 1310 | 1310 | 1310 | ¿? |

Tabla 3: Tecnologías Ethernet P2P sobre fibra Fuente: (Analysys Mason, 2010)

2.3 Agentes

El tipo de agentes presentes en el mercado, las infraestructuras que estos tengan disponibles, su capacidad financiera (margen de EBITDA, flujo libre de caja, etc.) su grado de internacionalización y su posición de mercado influirán en los ritmos e intensidad de los despliegues de redes NGA. Si bien estas condiciones varían de mercado a mercado, los distintos tipos de agentes, como operadores incumbentes, de cable, u alternativos basados en desagregación, bitstream o reventa, se enfrentan por lo general, a problemáticas y situaciones distintas que perfilan las estrategias NGA resultantes. En los siguientes apartados se ofrece una visión general de las problemáticas que enfrentan los tres tipos de agentes privados que suponen los principales promotores del despliegue NGA en Europa.

2.3.1 Operadores incumbentes

El segmento de redes fijas se encuentra inmerso en un proceso de transformación que está dejando atrás las etapas de grandes crecimientos de penetración, hacia unas expectativas de crecimiento de usuarios e ingresos moderadas, pero con crecimientos muy elevados del tráfico. Esta situación genera fuertes presiones sobre los operadores e impulsa un entorno de mercado más maduro con elevada competencia, descensos en los ARPU, márgenes, beneficios y cotización, en la que los operadores tenderán a la reducción de costes, la búsqueda de economías de escala mediante la consolidación, y la búsqueda de nuevas fuentes de ingresos (Mira, 2009).

⁹⁰ Se estima (Analysys Mason, 2010) que el desarrollo de soluciones de alcance extendido sea menor para tecnologías P2P que para tecnologías PON, ya que la primera implica el despliegue de una mayor cantidad de kilómetros de fibra, por lo que tratar de extender el alcance de las tecnologías P2P a más de 80 km puede tener una importante repercusión sobre la viabilidad económica y operativa. Asimismo, el desarrollo de amplificadores para este tipo de tecnologías puede ser ineficiente, al ser necesario un amplificador por fibra. Por ello, la capacidad de los despliegues P2P de permitir estrategias de consolidación de centrales es más limitada que en el caso de despliegues PON.

Los operadores incumbentes se posicionan como unos de los principales afectados por el proceso de transformación del sector fijo, dada la cuota de mercado y el porcentaje de ingresos que provienen de los servicios fijos (acceso, telefonía y banda ancha) y que, para el conjunto de incumbentes europeos, registran pérdidas de entre el 2% y el 3% anual (Arthur D. Little, 2009b). La pérdida de líneas fijas debido a la sustitución fijo-móvil a ritmos de, aproximadamente, el 6% anual (Arthur D. Little, 2009b)⁹¹, ha sido parcialmente compensada, por los incrementos de ARPU debidos al crecimiento de la banda ancha fija. Asimismo, el incremento de la presión competitiva y el potencial efecto sustitutivo de la banda ancha móvil imponen sobre los operadores incumbentes mayor presión y un mayor riesgo de pérdida de líneas fijas.

La evolución hacia las redes de acceso de próxima generación, tanto FTTN/VDSL como FTTH, se sitúa como una oportunidad de invertir la tendencia actual de caída de los ingresos y frenar la pérdida de líneas fijas. Asimismo, la evolución hacia plataformas de acceso IP supone un proceso necesario a medio plazo, bien por presión competitiva o por efecto de la propia sustitución y evolución tecnológica.

Sin embargo, las elevadas inversiones necesarias para actualizar la red de acceso deben enmarcarse en modelos de negocio viables y que permitan el posicionamiento estratégico del operador. Desde un punto de vista económico, un operador incumbente debe analizar el beneficio incremental que representa el despliegue de la red NGA frente a continuar prestando servicios desde la red de pares de cobre. Asimismo, debe considerar la existencia de un periodo intermedio en el que se mantendrán las dos redes en paralelo. La baja voluntad por pagar más por más ancho de banda, unido a la dificultad que tienen los operadores para monetizar la nueva capacidad prestada por las NGA, hace necesario la existencia de dinámicas de incentivo a la inversión.

La primera y principal dinámica de despliegue responde a la existencia de una presión competitiva por parte de operadores alternativos, de cable o móviles que impulse una tendencia de pérdida de líneas fijas del operador incumbente. Bajo ese escenario, los operadores incumbentes podrán plantearse una estrategia defensiva basado en el despliegue de redes NGA para la prestación de mayores anchos de banda y servicios de *triple play*. La prestación de dichos servicios incrementa el valor de la línea fija frente a efectos de sustitución fijo-móvil (ya que actualmente las soluciones móviles no permiten la prestación de servicios de TV), como han demostrado recientemente los ejemplos de Portugal, Suecia o Austria⁹². Asimismo, el despliegue de redes de acceso de próxima generación permite una mayor diferenciación frente a operadores alternativos y una mejora de la posición competitiva frente a los operadores de cable, proporcionando incrementos en la captura de parte del crecimiento de banda ancha en los próximos años. No

⁹¹ En el caso español, la tendencia de Telefónica en relación a los ingresos fijos domésticos es de un crecimiento de un -3,42% anual, mientras la pérdida de líneas fijas es menor que la media europea, con un descenso de un 1.1% anual en el periodo 2007-2010. No obstante, estos ritmos de decrecimiento combinan el comportamiento estructural presentado anteriormente, con el efecto coyuntural de la crisis económica.

⁹² Según Arthur D. Little (Reviving the fixed line, febrero 2009) las pérdidas en líneas fijas se redujeron a la mitad para Portugal Telecom y Telia Sonera debido a los servicios triple play durante el segundo cuatrimestre de 2008, y para el caso de Telecom Austria prácticamente se detuvo la pérdida de líneas fijas durante el 4º trimestre de 2008.

obstante, la existencia de este tipo de dinámicas dependerá de la presión competitiva presente en cada mercado, especialmente la competencia en infraestructuras (cable y plataforma móvil), ya que a diferencia de los operadores alternativos basados en desagregación, la pérdida de clientes del incumbente hacia otras plataformas no genera un ingreso mayorista. En mercados con poca presión competitiva el despliegue de redes NGA difícilmente podrá ser soportado por modelos defensivos.

La segunda dinámica se centra en la búsqueda de nuevos servicios para generar nuevos ingresos, principalmente asociados a la distribución de televisión (alta definición, televisión 3D), contenidos Premium. En esta dinámica entran también los intentos de los operadores por prestar servicios (por sí mismos o mediante alianzas con otros agentes) relacionados con otros sectores como seguridad, salud, educación, etc. o servicios basados en cloud computing a empresas y PYMES, que pueden beneficiarse de una forma significativa de las prestaciones mejoradas de las redes NGA. Los operadores cuentan como activo con su capacidad comercial y de relación con el cliente, sin embargo, es previsible que los distintos sectores donde los operadores traten de ofrecer servicios reaccionen estableciendo barreras para evitar el "intrusismo". Asimismo, la capacidad de ofrecer servicios diferenciados en calidad de servicio, tanto a usuarios finales como a proveedores de servicios y aplicaciones de Internet, ambos temas relacionados con el debate de la neutralidad de red, permitirán incrementar los ingresos del operador.

Finalmente, si bien las mejoras de eficiencia operativa derivada de la simplificación de la red y de la introducción de tecnología IP suponen una mejora económica, no justifican por sí solas la actualización de la red de acceso a redes NGA.

De esta forma, en ausencia de una elevada presión competitiva o de oportunidades significativas de generar nuevos ingresos por nuevos servicios, los operadores incumbentes tenderán a continuar extendiendo la vida útil de la red de cobre mediante la evolución de las tecnologías de acceso y el despliegue progresivo de arquitecturas FTTN, que permiten la mejora de los servicios prestados de forma natural. Los operadores centrarán los despliegues FTTH/B en aquellas zonas geográficas donde la combinación de alta demanda, disponibilidad para contratar nuevos servicios y bajos costes de despliegue haga rentable la inversión, siendo reacios a despliegues masivos de alcance nacional.

2.3.2 Operadores de cable

Los operadores de cable han sido los principales protagonistas del despliegue en los últimos años de la principal infraestructura fija alternativa a la de los operadores tradicionales. Tanto los que tienen su origen en la distribución de TV por cable (como en el caso de EE.UU., Bélgica o Alemania), como aquellos que iniciaron sus actividades tras la liberalización de las telecomunicaciones (como es el caso en España o Reino Unido), han realizado importantes inversiones en el despliegue y modernización de redes de acceso, desplegando redes híbridas de fibra coaxial (*HFC*) y ofreciendo servicios de televisión, voz y banda ancha.

Tras un periodo de consolidación (OCDE, 2010), los operadores de cable se han situado como uno de los principales dinamizadores para la competencia en el

segmento fijo. La estrategia comercial de los operadores de cable se ha basado en el empaquetamiento de servicios impulsado desde su negocio principal, la provisión de servicios de televisión. Asimismo, la mayor modernidad de sus redes les ha permitido estar por delante de las velocidades ofrecidas mediante DSL, aumentando su penetración en el mercado de banda ancha hasta alcanzar en julio de 2010 más de 19 millones de accesos de banda ancha en Europa (en torno al 15,1% de cuota de mercado) (European Commission, 2010a) y una cobertura cercana del orden del 50% de los hogares europeos (Solon, 2011).

La cobertura de los operadores de cable no es universal, sino que los despliegues tienden a centrarse en zonas urbanas de media y elevada densidad de población⁹³, generando una fuerte competencia geográfica a veces enmascarada por los datos de cuota de mercado globales. En sus zonas de cobertura, los operadores de cable llegan a alcanzar cuotas de mercado superiores a la del operador incumbente. La siguiente tabla, extraída de (Soria, De la Cruz, & Raña, 2011), muestra una estimación para 2009 de la cuota de mercado real de algunos operadores de cable en sus zonas de cobertura, frente a la cuota de mercado media de los respectivos operadores incumbentes.

| Operador | Cuota mercado nacional | de | Cobertura de hogares (%) | Cuota mercado real | de | Cuota mercado nacional operador incumbente |
|--------------------------|------------------------|----|--------------------------|--------------------|----|--|
| Ono (Spain) | 15% | | 44% | 35% | | 55% |
| Virgin Media (UK) | 22% | | 46% | 46% | | 27% |
| Telenet (Belgium) | 38% | | 60% | 63% | | 46% |
| UPC (Austria) | 23% | | 33% | 71% | | 50% |
| UPC (Netherlands) | 12% | | 33% | 36% | | 48% |

Tabla 4. Cuotas de mercado de los operadores de cable en sus zonas de cobertura.
Fuente (Soria et al., 2011)

La existencia de una fuerte competencia localizada ha motivado en algunos casos, como EEUU o Países Bajos, la respuesta de los operadores incumbentes en forma de planes de despliegues de redes de mayor capacidad para combatir la pérdida de cuota de mercado de banda ancha y para prestar servicios de IPTV. No obstante, en muchos mercados los operadores son pequeños y fragmentados a diferencia de los operadores incumbentes, habitualmente internacionalizados. En aquellas regiones donde los operadores de cable no alcancen cuotas de mercado relevante el impulso a la competencia será limitado.

La evolución de las redes hacia mayores anchos de banda responde a la estrategia de los operadores de cable de incrementar su cuota en el mercado de banda ancha gracias a su capacidad de proporcionar servicios de entre 50 y 100 Mbps de forma generalizada en sus zonas de cobertura actual. Como se presentó en el apartado 2.2.2, los operadores de cable pueden aumentar la capacidad de sus redes

⁹³ Obteniendo costes unitarios por hogar inferior, en media, al conseguido por las redes de pares de cobre, cuyo despliegue más extenso en cobertura conlleva mayores costes medios.

siguiendo una evolución natural, sin necesidad de costosas actualizaciones⁹⁴, ni de realizar trabajos significativos de obra civil. De esta forma, se sitúan como los *first movers* de las redes NGA en muchos mercados (ver apartado 2.4), otorgándoles una posición de ventaja temporal y de costes marginales frente a aquellos operadores (incumbentes o alternativos) que opten por despliegues FTTx. Según (Solon, 2011), los operadores de cable proporcionaron en 2010 servicios de más de 30 Mbps a una cobertura del 41% de los hogares Europeos, y podrán alcanzar coberturas de servicios de más de 100 Mbps al 55% de los hogares, estimando que cerca del 70% de los usuarios de cable contratarán servicios de más de 100 Mbps.

Sin embargo, las expectativas de expansión de los operadores fuera de sus actuales zonas de cobertura se presentan como limitadas. Según (Solon, 2011), los operadores de cable europeos pasarán de una cobertura de 112 millones de hogares en 2010 a una de 118 millones de hogares en 2011, lo que representa aproximadamente el 55% de los hogares europeos. De esta forma, es previsible que el 45% restante no se vea beneficiado del impulso en la dinámica competitiva generado por la mejora de las redes de cable, pudiendo generar condiciones competitivas y mercados geográficos diferenciados, donde la regulación y políticas públicas aplicadas pueden situarse como elementos clave para el desarrollo de redes NGA en dichas regiones.

2.3.3 Operadores alternativos

Los operadores alternativos sin red de acceso propia basan sus modelos de negocio en el acceso regulado a la infraestructura de pares de cobre del operador incumbente, al acceso indirecto a los servicios de banda ancha o a la reventa de los mismos, siguiendo el modelo europeo basado en la teoría de la escalera de inversión formulada por Martin Cave en 2006. En 2010 la mayoría de accesos de los operadores entrantes basados en servicios se realizaban mediante desagregación total o parcial, alcanzando los 33,7 millones de líneas en EU27, lo que supone cerca del 26,3% del total de accesos de banda ancha (European Commission, 2010a).

Sin embargo, los operadores alternativos no han tenido tanto éxito alcanzando el último escalón de la escalera de inversión, el despliegue de red propia de acceso hasta los usuarios finales, en un reciente estudio⁹⁵ de (Bacache, Bourreau, & Gaudin, 2011) se analizó la relación entre la inversión en los distintos niveles de la escalera de inversión, hallando evidencias de relación positiva entre la inversión realizada en el nivel de acceso indirecto y en el nivel superior, la desagregación de bucle (desplazando el núcleo del mercado de banda ancha basado en el acceso a servicios hacia el bucle desagregado), pero no entre este y el nivel final de la escalera, la inversión en red propia.

⁹⁴ (Arthur D. Little, 2009a) estima entre 190 y 240 euros por hogar el coste de actualización de la red a mayores anchos de banda mediante una combinación de las soluciones de: liberación de canales por transición a TV digital, Split lógico, split físico y despliegue de la tecnología DOCSIS 3.0 en los nodos primarios y en los terminales de usuario. No obstante a la hora de analizar el modelo de negocio es necesario considerar la amortización de las infraestructuras previas en caso de que no estén completamente amortizadas.

⁹⁵ Una revisión de la literatura sobre estudios econométricos que cuantifiquen los efectos de la regulación de acceso sobre la inversión en nueva infraestructura puede encontrarse en (Valletti, 2003), (Guthrie, 2006) y (Cambini & Jiang, 2009).

El despliegue de redes NGA por parte del operador incumbente, ya sea mediante arquitecturas FTTN/VDSL o FTTH impediría la desagregación del par de cobre desde la central tal y cómo se realiza actualmente, lo que obligaría a los operadores alternativos a (M. Cave, 2010): (i) avanzar hasta el escalón final de la escalera, desplegando el último tramo de red de acceso empleando las facilidades provistas por el marco regulador y por las distintas ANR para disminuir las barreras de entrada, como el acceso a los conductos del operador incumbente o a fibra oscura; (ii) desagregación en puntos intermedios del nuevo tramo de acceso, ya sea desagregación del bucle óptico⁹⁶ o del sub-bucle metálico, sin embargo, la desagregación del sub-bucle en el caso de despliegues FTTN/VDSL, pese a estar contemplada en el marco regulador, se ha demostrado inviable debido a barreras operativas para la ubicación del equipamiento en vía pública y limitada por la necesidad de economías de escala⁹⁷; y (iii) el descenso de un escalón, prestando servicios sobre una infraestructura ya desplegada mediante un acceso activo mayorista.

La estrategia seguida por los operadores alternativos basados en servicios dependerá de la escala y cuota de mercado, y de los incentivos que genere la regulación entre la inversión en infraestructuras o el uso de servicios mayoristas regulados. Lo previsible es que el futuro dibuje un escenario mixto, donde los operadores alternativos sigan utilizando las facilidades de desagregación de bucle en algunas zonas, a las que no lleguen las nuevas infraestructuras de fibra, desplieguen infraestructura propia en zonas particularmente atractivas, y utilicen los servicios mayoristas del operador incumbente en las restantes zonas.

En aquellas zonas con cuota de mercado suficiente, el operador podrá desplegar infraestructuras FTTH/B aprovechando su base de clientes⁹⁸. Sin embargo, los operadores alternativos europeos siguen estando muy fragmentados, careciendo en general de la suficiente cuota de mercado⁹⁹ y solvencia inversora como para acometer el despliegue de sus propias redes fuera de zonas específicas de bajo coste de despliegue y de alta penetración del servicio. Esta situación puede impulsar el desarrollo de procesos de consolidación entre los operadores de un propio mercado (o la entrada de operadores incumbentes de otros mercados), o al desarrollo de procesos de inversiones conjuntas que permitan alcanzar cuotas suficientes y distribuir el riesgo de las inversiones.

⁹⁶ La desagregación del bucle óptico se puede realizar físicamente desde las propias centrales para el caso de topologías P2P. En el caso de topologías PON (las más extendidas en los planes de despliegue de los operadores incumbentes) la desagregación física solo se puede realizar desde el último splitter o desde la central mediante tecnologías WDM, que aun no están estandarizadas y existen dudas sobre la viabilidad comercial de este tipo de producto de desagregación debido al incremento de costes que supone (Analysys Mason, 2009a).

⁹⁷ En (Analysys, 2007a) se muestra que la desagregación de bucle solo es rentable para cuotas de Mercado superiores al 55%. Asimismo (Analysys, 2007b) muestra resultados similares. Finalmente en (Analysys Mason, 2008a) se muestra la escasa viabilidad de despliegues basados en desagregación del sub-bucle.

⁹⁸ Los operadores alternativos pueden mejorar los costes operativos al desplegar su propia red de acceso no incurriendo en costes de acceso mayorista si migra los clientes sobre bucle desagregado a su propia red.

⁹⁹ Diversos estudios han analizado los valores de adopción del servicio y/o cuota de mercado necesarias para asegurar la viabilidad de las inversiones en redes NGA por parte de operadores alternativos en función de los escenarios geográficos y regulatorios. Ver por ejemplo (WIK-Consult, 2008), (Vergara, Moral, & Pérez, 2010) y (Soria & HernándezGil, 2010).

2.3 Agentes

Mientras, en el resto de zonas los operadores alternativos deberán basar sus servicios en el acceso a productos mayoristas, la regulación aplicada, el tipo de obligaciones impuestas sobre los operadores PSM, así como los mecanismos de fijación de precio, afectarán a los incentivos de operadores incumbentes y alternativos, pudiendo frenar o incentivar la inversión. Esta problemática ha centrado gran parte del debate regulatorio en Europa y se presenta con más detalle en el apartado 3.2.

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

A fecha de junio de 2010 se alcanzaron en el mundo un total de 54¹⁰⁰ millones de accesos de próxima generación (*Next Generation Access*), formados por conexiones de fibra hasta el hogar (FTTH), fibra hasta el edificio (FTTB), fibra hasta el nodo y VDSL (FTTN/VDSL) o VDSL desde la central, redes híbridas de fibra y coaxial (HFC) con tecnología DOCSIS 3.0 o redes de fibra terminadas en un segmento LAN.

Asia-Pacífico continúa como primera región del mundo, liderada por Japón, donde se aprecia ya un efecto de leve saturación del mercado, y Corea, que continúa incrementando la adopción del acceso por fibra óptica hasta representar el 62% del total de conexiones de banda ancha del país. En segundo lugar se sitúa la región de América del Norte liderada por Estados Unidos. Por su parte, Europa occidental ha sido desplazada de la tercera posición por Europa Central y del Este, tanto por número total de accesos, debido a los recientes despliegues de FTTH y DOCSIS 3.0 en Rusia, que alcanzan ya más de 3 millones de accesos, como por porcentaje de accesos NGA respecto al total de la banda ancha, debido a la menor penetración previa de banda ancha en dichos países.

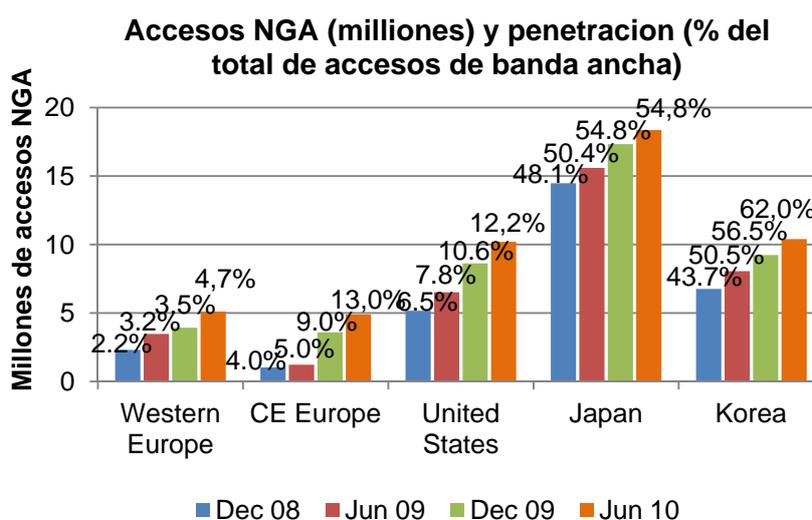


Figura 14. Evolución de los accesos NGA y de la penetración sobre el total de banda ancha. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

La siguiente tabla muestra el desglose de accesos NGA por región¹⁰¹ y tecnología.

¹⁰⁰ No se han incluido en las comparativas internacionales los accesos FTTx+LAN de China por proporcionar servicios muy inferiores en relación al resto de accesos considerados.

¹⁰¹ Se ha utilizado la división por regiones que emplea IDATE. De esta forma la región de Europa Occidental se considera formada por: Andorra, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania, Grecia, Italia, Países Bajos, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Reino Unido, Finlandia, Islandia, Irlanda y Luxemburgo. Por su parte, la región de Europa Central y del Este está compuesta por: Bulgaria, Estonia Letonia, Lituania, Polonia, Rumania, Rusia, Eslovaquia, Eslovenia, Turquía, Ucrania, Chipre y República Checa.

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

| Accesos | FTTH/B | FTTN/VDSL | HFC/DOCSIS 3.0 | FTTx/LAN | Total |
|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Europa Occidental | 2.055.456 | 2.222.133 | 1.021.255 | 175.000 | 5.473.844 |
| Europa Central y del Este | 2.278.385 | 107.300 | 2.160.000 | 354.327 | 4.900.012 |
| América del Norte | 6.721.500 | 4.100.000 | na | 0 | 10.821.500 |
| América Latina | 7.500 | 0 | 0 | 0 | 7.500 |
| Asia-Pacífico | 32.355.564 | 3.500 | 262.400 | 17.300.400 | 32.621.464 |
| África y Oriente Medio | 243.531 | 85.000 | 0 | 0 | 328.531 |
| Otros | 6.150 | 0 | 0 | 0 | 6.150 |
| Total | 43.668.086 | 6.517.933 | 3.443.655 | 17.829.727 | 54.159.001 |

Tabla 5. Accesos NGA por regiones y tecnologías. Fuente: IDATE y operadores.

En términos de crecimiento, el periodo de diciembre de 2009 a junio de 2010 contemplo una disminución del crecimiento global de conexiones NGA hasta el 14,6%, en comparación con el 24% del periodo anterior o el 20,1% entre diciembre de 2008 y junio de 2009. El impacto de la recesión económica así como la finalización de algunos despliegues (principalmente en zonas de Asia), y un cierto retraso en las campañas de márketing y comercialización están detrás de la ralentización de la adopción de servicios NGA. No obstante, la evolución del crecimiento no se ha reflejado por igual en todas las regiones como muestra la siguiente figura.

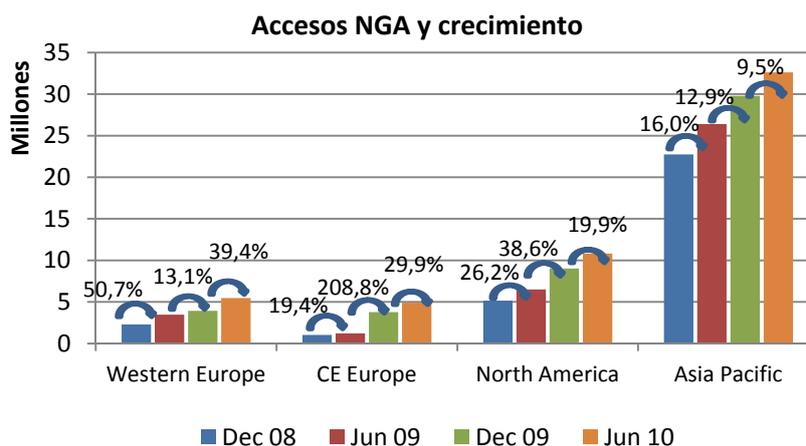


Figura 15. Accesos NGA y evolución del crecimiento en distintas regiones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

Esta disminución de los ritmos de adopción tiene su origen principalmente en la región de Asia-Pacífico, que pasa de un crecimiento del 12,9% al 9,5%, generado por una mayor madurez en cuanto a la adopción de servicios sobre plataformas FTTH, principal tecnología en dicha región.

Asimismo, en la región de América del Norte se registra un descenso en el ritmo de adopción de las plataformas FTTH (principalmente de la desplegada por Verizon en EEUU) y FTTN/VDSL (principalmente la desplegada por de AT&T en EEUU y por Bell en Canadá). No obstante, la falta de datos específicos sobre la adopción de los servicios de banda ultra ancha sobre DOCSIS 3.0 (muy relevantes en EEUU) no permite analizar de forma completa la situación en América del Norte.

Mientras, Europa Occidental se muestra como la única región con un incremento del crecimiento respecto al periodo anterior. Este crecimiento está impulsado por un

leve incremento de las conexiones VDSL que mitigan el menor ritmo de crecimiento de la adopción de las redes FTTH y DOCSIS 3.0. No obstante, el valor de crecimiento obtenido de 39,4% se debe en parte a la incorporación en las estadísticas por primera vez de los datos de clientes DOCSIS 3.0 de algunos países, no disponibles en fechas anteriores, por lo que el crecimiento real en la región es inferior a ese dato. Finalmente, en el caso de Europa Central y del Este destaca el rápido crecimiento de las conexiones DOCSIS 3.0 en Rusia en el periodo de junio de 2009 a diciembre de 2009.

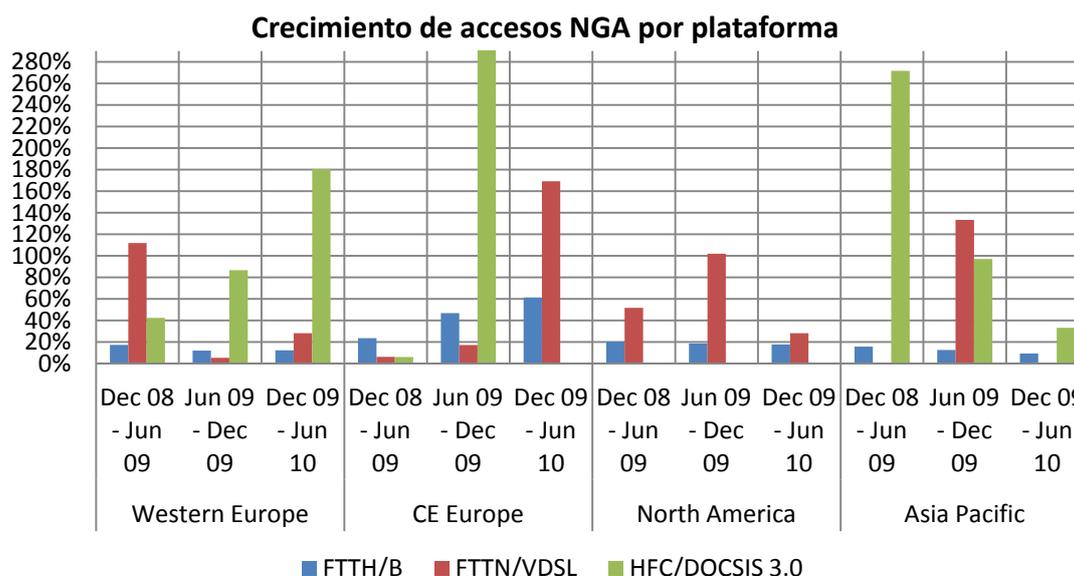


Figura 16. Crecimiento de los accesos NGA por región y plataforma. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

En términos de la evolución de los despliegues, junio de 2010 se saldó con un total de 275 millones de hogares pasados por redes NGA, 35 millones más que en diciembre de 2009, lo que representa un crecimiento del 14,6%. América del Norte representa la primera región por hogares pasados tras los despliegues de Verizon, AT&T y Comcast.

| Hogares pasados | FTTH/B | FTTN+VDSL | HFC+DOCSIS 3.0 | FTTx+LAN | Total |
|----------------------------------|-------------|------------|----------------|------------|-------------|
| Europa Occidental | 10.521.238 | 19.035.454 | 41.439.314 | na | 70.996.006 |
| Europa Central y del Este | 11.838.385 | 415.600 | 5.415.500 | 825.000 | 18.494.485 |
| América del Norte | 20.104.000 | 31.000.000 | 45.000.000 | 0 | 96.104.000 |
| América Latina | 146.113 | 0 | 0 | 0 | 146.113 |
| Asia-Pacífico | 73.383.200 | 0 | 14.140.000 | 21.500.000 | 87.523.200 |
| África y Oriente Medio | 1.009.150 | 671.000 | 0 | 0 | 1.680.150 |
| Otros | 56.800 | 308 | 0 | 0 | 57.108 |
| Total | 117.058.886 | 51.122.362 | 105.994.814 | 22.325.000 | 275.001.062 |

Tabla 6. Hogares pasados por redes NGA por regiones y tecnologías. Fuente: IDATE y operadores.

En términos de plataformas y distribución geográfica, el periodo entre diciembre de 2009 y junio de 2010 se ha caracterizado por un bajo crecimiento de las redes

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

FTTH, en torno al 4,8%, en comparación con el 19% de las redes FTTN/VDSL o en 24,1% de crecimiento de las redes HFC/DOCSIS 3.0.

Esta ralentización de los despliegues FTTH se debe a la finalización de los despliegues en las principales zonas urbanas de los países asiáticos, que salvo China, Malasia y Singapur no han continuado con el despliegue de redes FTTH en el citado periodo. Mientras, en Europa Occidental el despliegue de FTTH ha experimentado un crecimiento del 15,7%, ligeramente inferior al 19,5% del semestre anterior.

Los principales incrementos de hogares pasados por redes NGA se deben principalmente a la rápida actualización de las redes de los operadores de cable europeos a la tecnología DOCSIS 3.0, que en el periodo entre diciembre de 2009 y junio de 2010 han añadido más de 15 millones de hogares pasados por redes NGA. Dichos incrementos se han localizado principalmente en Alemania (unos 7 millones), Bélgica (2,4 millones), Países Bajos (2 millones), Austria (1,5 millones) y España (1,3 millones). Asimismo, Japón y Rusia han experimentado crecimientos relevantes en la cobertura DOCSIS 3.0.

Finalmente, en relación con la plataforma FTTN/VDSL, los principales despliegues en el periodo entre diciembre de 2009 y junio de 2010 se han localizado en Europa Occidental (crecimiento del 20,8% en número de hogares pasados) y América del Norte (crecimiento del 14,4%).

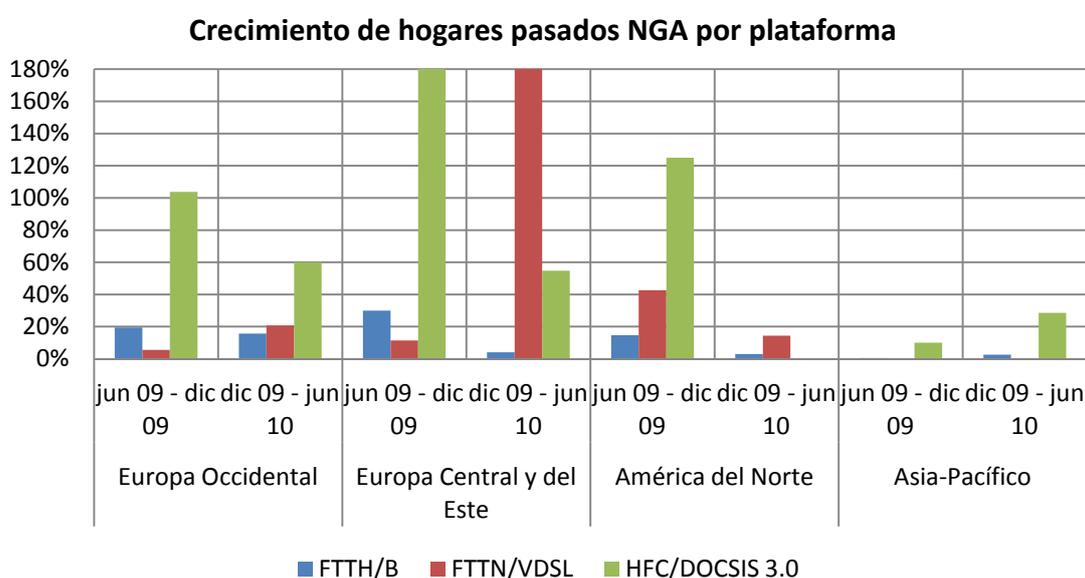


Figura 17. Crecimiento de los hogares pasados por redes NGA por región y plataforma.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

A continuación se presenta la situación de los despliegues de redes NGA en las principales regiones de interés, con especial atención a la región de Europa Occidental. Las principales fuentes de información utilizadas se basan en la consulta de informes de consultoría, artículos académicos, información de los organismos reguladores, instituciones e información corporativa extraída de presentaciones de resultados y notas de prensa de los principales operadores del mercado.

2.4.1 Región de Asia-Pacífico

Un análisis más detallado por regiones muestra que la región de Asia-Pacífico continúa como la primera del mundo por número de accesos, así como por penetración en algunos de sus países, siendo Corea del Sur y Japón los países líderes donde se ha producido un despliegue masivo desde finales de los años 90 apoyados desde las políticas públicas y con incentivos estatales, alcanzando una alta adopción y madurez del mercado.

En **Japón**, el despliegue de redes NGA (principalmente FTTH) comenzó en el año 2001, con un conjunto de estrategias y planes nacionales, que llevaron a alcanzar en 2005 una cobertura de redes FTTH del 80% de la población, en torno a los 40 millones de hogares, cubriendo la mayor parte de las zonas urbanas y suburbanas. El esfuerzo político se centró entonces en alcanzar a los hogares no cubiertos por el despliegue inicial, permitiendo a NTT concretar un plan para alcanzar el 90% de cobertura y 20 millones de abonados a finales de 2010, alcanzando el objetivo de cobertura, pero no el de penetración en 2009. Posteriormente, en 2010 el gobierno inició un plan para alcanzar el 100% de cobertura en el país antes de 2015. En la actualidad, las redes NGA están disponibles para más del 90% de los hogares japoneses y el número de abonados a servicios de FTTH asciende a 18,3 millones de usuarios, superando a los abonados a redes xDSL (desde marzo de 2008).

El mercado de FTTH está claramente dominado por el operador incumbente NTT, que controla más del 74% de los accesos. Los principales competidores son KDDI y USEN que alcanzan aproximadamente el 5% de cuota cada uno, junto con un conjunto de empresas eléctricas que controlan el 10%. Debido al dominio de NTT, el organismo regulador ha obligado a la apertura de las redes en varios niveles. De esta forma se permite el acceso desagregado a la fibra a nivel de splitter, así como el acceso abierto a la capa activa, permitiendo distinguir entre la provisión de acceso y de servicios. No obstante, las altas tarifas del acceso desagregado y el acceso mayorista han forzado al principal competidor KDDI a iniciar el despliegue de una red propia FTTH desde principios de 2007. También hay una pequeña presencia de redes NGA basadas en DOCSIS 3.0 y protagonizadas por el operador JCOM, que comenzó en 2007 el despliegue hasta alcanzar los 12 millones de hogares. Actualmente cuenta con cerca de 262.000 usuarios de servicios de 160 Mbps.

Por su parte, **Corea del Sur** es el país líder en términos de penetración de redes NGA por hogar, alcanzando índices de 53 accesos FTTx por cada cien hogares, principalmente basados en arquitecturas de fibra hasta el edificio y conexión LAN hasta el usuario. El despliegue de redes FTTB/LAN comenzó en 1999 mediante un gran impulso de las políticas públicas de desarrollo de la banda ancha, basado en políticas de fomento de la oferta y de la demanda, que pretendían superar la crisis asiática de finales del siglo XX y convertir a Corea en líder en la economía del conocimiento. No obstante, el despliegue de redes FTTH no comienza hasta principios de 2007. El mercado de redes NGA en Corea comprende cerca de los 10,4 millones de abonados, de los cuales en torno a 2 millones son de redes FTTH y el resto FTTB/LAN. El principal operador es el incumbente Korean Telecom, que controla un 44,1% del mercado de banda ancha, mientras que los principales

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

competidores Sk Broadband y LG Powercom han establecido posiciones fuertes, con un 23% y 13,5% de la cuota de mercado de banda ancha respectivamente.

Otros países de la región han anunciado recientemente planes de despliegue basados en una inversión muy relevante del estado. **Singapur** anunció en 2008 la subvención del despliegue antes de 2015 de una red FTTH de alcance nacional (1,5 millones de hogares) basada en un modelo de acceso abierto de tres capas. El despliegue ha seguido el ritmo previsto se han alcanzado cerca del medio millón de hogares pasados y unos 22.000 hogares suscritos a los servicios de la nueva red. Siguiendo los pasos de Singapur, tanto Australia como Nueva Zelanda han anunciado el despliegue de redes NGA de amplio alcance explorando modelos de despliegue público-privado. **Australia** inicio en 2009 el despliegue en 15 años de una red FTTH con una cobertura del 93% de los hogares del país mediante una inversión pública del orden de 21.000 millones de euros. El despliegue ha implicado un acuerdo entre el operador incumbente Telstra y el gobierno para utilizar los conductos y otros activos del operador, así como para el futuro desmantelamiento de la red de pares de cobre y la migración de los clientes a la nueva red. A finales de 2010 el despliegue había empezado en Tasmania y otras 5 ciudades del país. Mientras, en **Nueva Zelanda**, el gobierno inicio en 2009 un plan para desplegar una red FTTH al 75% de la población en 10 años mediante la inversión de unos 650 millones de euros. El plan implica la participación público-privada en 33 demarcaciones locales. A finales de 2010 se finalizaron las adjudicaciones y se prevé que el despliegue comience en 2011.

Asimismo, **China** se perfila como un país de referencia de cara al futuro, si bien actualmente cuenta con menos de un millón de accesos FTTH, y más de 17 millones de accesos FTTx/LAN de velocidades relativamente bajas (entre 4 y 10 Mbps), el ritmo de despliegue de redes FTTH y los planes de gobierno y operadores la pueden situar rápidamente como principal país de la región. El gobierno planea invertir cerca de 22.000 millones de dólares para alcanzar 50 millones de usuarios FTTx en 2012 con velocidades entre 2 y 8 Mbps para usuarios residenciales y 100 Mbps para negocios. Por su parte, China Telecom está en proceso de despliegue de 20 millones de accesos para proporcionar 12 Mbps en zonas rurales y hasta 100 Mbps en las principales ciudades.

2.4.2 América del Norte

América del Norte representa la segunda región por volumen de abonados a redes NGA después de la zona de Asia-Pacífico, estando los principales despliegues localizados en Estados Unidos.

El principal dinamizador del despliegue de redes NGA en **Estados Unidos** ha sido la presión competitiva ejercida por los operadores de cable sobre los operadores de telecomunicaciones. Asimismo, el conjunto de medidas desreguladoras adoptadas por la FCC, y en especial la referente a la eliminación de las obligaciones de acceso desagregado a las infraestructuras FTTx tomada en 2004 han permitido la creación de un clima de inversión y competencia en infraestructuras en el que participan principalmente los operadores tradicionales de telecomunicaciones Verizon, mediante un despliegue FTTH, y AT&T, mediante un despliegue de red FTTN/VDSL, y los operadores de cable mediante la actualización de su cobertura a DOCSIS 3.0.

El principal protagonista de los despliegues en EEUU es Verizon, que mediante su iniciativa FiOS (Fiber Optical Services) se planteó como objetivo cubrir 18 millones de hogares mediante una red FTTH basada en tecnología GPON para finales de 2010. Para ello, Verizon ha movilizado una inversión 23.000 millones de dólares. A mediados de 2010 el despliegue alcanzó una cobertura de unos 16 millones de hogares y cerca de 4 millones de clientes, lo que ha llevado al operador a anunciar la paralización de los despliegues al haber alcanzado ya las ciudades y núcleos urbanos más interesantes para el operador, para centrarse en la comercialización de servicios sobre su red aumentando la penetración.

Por su parte, AT&T, ha apostado por limitar el despliegue de redes FTTH a zonas de nueva construcción, y atacar el mercado residencial en sus zonas de cobertura mediante un despliegue basado en FTTN/VDSL. El principal objetivo del despliegue de VDSL es poder competir con los operadores de cable y con Verizon en la provisión de servicios de televisión. A mediados de 2010 AT&T disponía de una cobertura de 25 millones de hogares y 2,5 millones de usuarios. Mientras, otros operadores como Qwest han optado, al igual que AT&T, por el despliegue selectivo de FTTH y la mejora de los servicios en las áreas de cobertura mediante FTTN/VDSL. De esta forma Qwest pretende pasar 200.000 hogares mediante una inversión de 300 millones de dólares. Entre los operadores alternativos también se están llevando a cabo despliegues de carácter local, como el protagonizado por SureWest con 100.000 clientes FTTH en el área de Sacramento (California) y la ciudad de Kansas. Asimismo, los despliegues de municipalidades y empresas eléctricas de carácter local están creciendo en cuanto a cuota de abonados a servicios de fibra. En total, los despliegues alternativos de FTTH/B han alcanzado una cobertura de unos 4,1 millones de hogares y unos 2,4 millones de usuarios.

Mientras, los operadores de cable, que cubren aproximadamente el 92% de los hogares estadounidenses, iniciaron en 2007 proyectos de actualización a DOCSIS 3.0 de sus redes, con planes que estimaban el despliegue en la mayor parte de la cobertura en 2010. A mediados de 2010, los principales agentes involucrados en el despliegue de DOCSIS 3.0 son Comcast, con más del 80% de su cobertura actualizada (en torno a 42,5 millones de hogares), Cablevisión con el 100% de su cobertura (5 millones de hogares) y Cox con más del 67% de su red actualizada (unos 6,3 millones de hogares). (R. Atkinson & Schultz, 2009) estiman que en 2013 los despliegues de DOCSIS 3.0 estarán disponibles en la totalidad de la cobertura actual del cable, cerca de 103 millones de hogares.

2.4.3 Europa Occidental

La región de Europa Occidental se situaba a finales de junio de 2010 como la tercera del mundo por número de accesos NGA, seguida muy de cerca por Europa Central y del Este. A finales de junio de 2010 se habían alcanzado los 5,47 millones de usuarios de servicios sobre redes NGA, que representan el 4,7% del total de accesos de banda ancha. No obstante, el despliegue de redes NGA, y en especial la actualización de las redes de los operadores de cable al estándar DOCSIS 3.0 capaz de proporcionar servicios de más de 100 Mbps han permitido alcanzar cerca de los

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

71 millones de hogares pasados con redes NGA, lo que representa que cerca del 40% de los hogares europeos tienen acceso a una red NGA¹⁰².

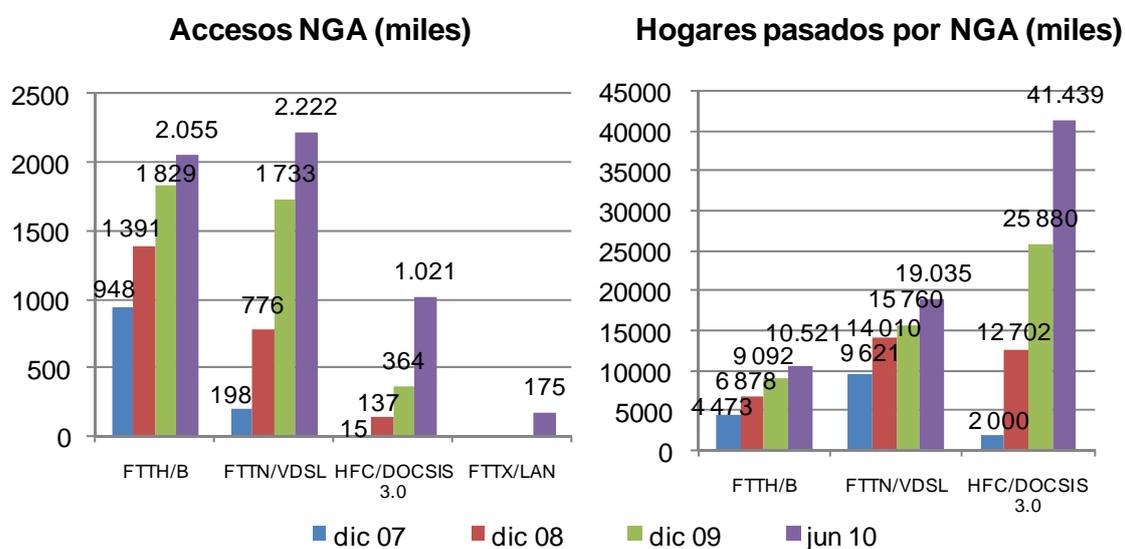


Figura 18. Evolución del número de clientes y de hogares pasados por redes NGA en Europa. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

La plataforma FTTN/VDSL se sitúa como la primera en número de usuarios, alcanzando los 2,2 millones de base de clientes, y un total de más de 19 millones de hogares pasados. Dicha plataforma se concentra en países como Bélgica, Suiza, Alemania y Países Bajos donde los operadores incumbentes han apostado por la evolución de su red de pares de cobre en una plataforma FTTN/VDSL para poder competir con los operadores de cable en la provisión de servicios de vídeo y de banda ancha. Si bien la mayoría de esos despliegues se encuentran en su fase final, es previsible que durante los próximos años el número de usuarios continúe creciendo al tratarse de despliegues de una elevada cobertura.

En el caso de la plataforma FTTH la situación es más heterogénea en términos de países y de tipo de operadores involucrados. En total cuenta con una base de clientes ligeramente superior a los dos millones de usuarios y más de 10 millones de hogares pasados más distribuidos entre países que la plataforma FTTN/VDSL. Los países con más de 100.000 abonados a servicios de banda ancha a través de redes FTTH son: Suecia, Italia, Noruega, Países Bajos, Dinamarca, Alemania y Francia. En términos de operadores, los despliegues mayoritarios han sido protagonizados por *utilities* eléctricas¹⁰³, operadores e iniciativas regionales¹⁰⁴ u operadores alternativos¹⁰⁵. No obstante, los operadores incumbentes de la mayoría

¹⁰² Dicho valor se obtiene de dividir la totalidad de hogares pasados entre el número total de hogares de los países que conforman la región de Europa Occidental. Sin embargo, este valor no resulta cierto al coincidir los despliegues NGA de distintos operadores (por ejemplo cableros e incumbentes) en determinadas zonas.

¹⁰³ Por ejemplo de los 240.000 abonados a FTTH/B en Noruega, el 88% lo es a empresas o consorcios eléctricos. Asimismo en Dinamarca, el principal despliegue de FTTH/B fue llevado a cabo por la empresa eléctrica DONG Energy y comprada en 2009 por el incumbente TDC.

¹⁰⁴ Destaca el caso de Alemania y de los Países Bajos.

¹⁰⁵ Por ejemplo B2 en Suecia (actualmente propiedad del operador incumbente noruego, Telenor) y Fastweb en Italia, empezaron su despliegue de fibra óptica a finales del 2000 como método para

de dichos países también han participado en el despliegue de FTTH/B, bien de forma directa como en Suecia, Francia, o Noruega, o mediante la compra de otros operadores o *joint ventures* como en Dinamarca o Países Bajos. En general el alcance de los despliegues sigue estando centrado en las zonas más rentables desde el punto de vista de la recuperación de la inversión y no existen despliegues de ámbito nacional.

En relación a los despliegues de DOCSIS 3.0 sobre las redes de los operadores de cable, el último periodo se ha caracterizado por la rapidez de dichos operadores para lograr la actualización a la nueva tecnología y servicios en amplios porcentajes de su cobertura. De esta forma, en países como Austria, Bélgica, Países Bajos, Portugal, Suiza o Reino Unido, más del 40% de hogares tienen disponible servicios de más de 50 Mbps mediante redes de cable sobre DOCSIS 3.0. Asimismo, otros países como Alemania o España han experimentado crecimientos relevantes en el periodo entre diciembre de 2009 y junio de 2010, alcanzando coberturas del 17,8% y 11,7% respectivamente. En términos de número de usuarios, si bien no se dispone de los datos de algunos países¹⁰⁶ donde el despliegue de DOCSIS 3.0 ha sido más intenso, las cifras disponibles apuntan a más de un millón de usuarios en Europa. No obstante, en términos de penetración y adopción, los operadores de cable no han conseguido aún alcanzar niveles relevantes, y es previsible que en aquellos países donde prácticamente se han completado los despliegues, los agentes se centren en estrategias de comercialización de los nuevos servicios.

En términos de penetración de las redes NGA sobre el total de acceso de banda ancha, los países líderes con más de un 19% son Suiza, basado en el acceso FTTN/VDSL del incumbente, y Suecia, basado en los despliegues FTTH de operadores alternativos, del incumbente, así como de proyectos municipales y de inmobiliarias públicas. Les siguen Bélgica con un 16% basado en el acceso FTTN/VDSL del incumbente, Noruega con un 14,6% basado principalmente en los despliegues FTTH de empresas eléctricas regionales, y Países Bajos, donde un 13% de los accesos de banda ancha se realizan sobre redes NGA, tanto sobre la plataforma DOCSIS 3.0 de los operadores de cable, como mediante la red FTTN/VDSL de KPN o a través de la red FTTH de Reggefiber u otros proyectos municipales. La siguiente gráfica muestra la penetración de los servicios de acceso a Internet sobre redes NGA para los distintos países en función del porcentaje que representan respecto al total de accesos de banda ancha.

competir con los operadores incumbentes, centrándose posteriormente en el despliegue de DSL vía desagregación de bucle. Otros operadores alternativos inmersos en el despliegue de FTTH/B son Iliad y SFR en Francia.

¹⁰⁶ No se dispone de datos de usuarios de DOCSIS 3.0 para Alemania, Suecia y Suiza. Para el caso de los Países Bajos, uno de los principales referentes de despliegue de DOCSIS 3.0 en Europa, se han utilizado como número de usuarios de DOCSIS 3.0 los datos ofrecidos por OPTA (ANR de los Países Bajos) referentes al número de accesos minoristas de cable con velocidades superiores a los 30 Mbps. No obstante, es probable que un porcentaje de dicho valor total se refiera a accesos de menos de 40 Mbps proporcionados a través de DOCSIS 2.0

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

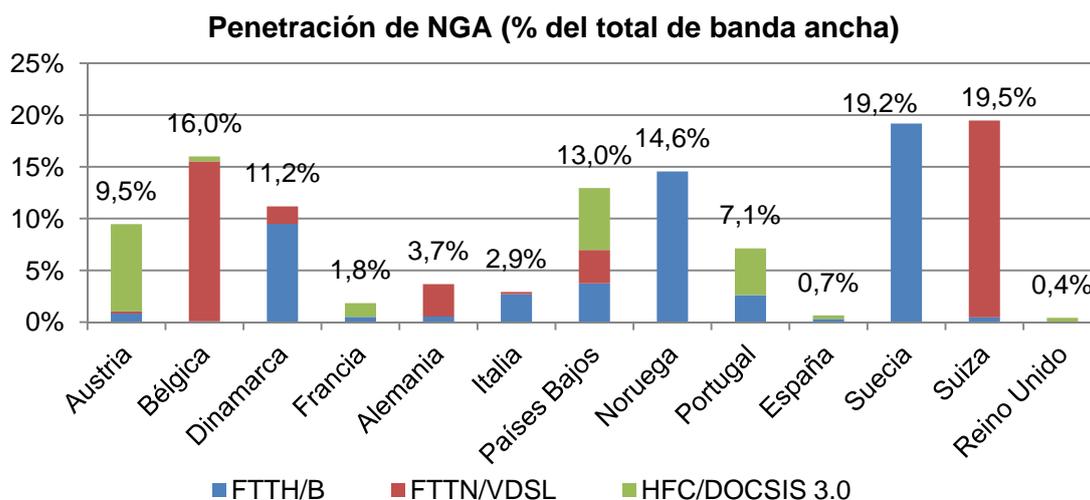


Figura 19. Penetración de los servicios sobre plataformas NGA sobre el total de banda ancha de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

Si se analiza la penetración por hogares, se puede observar como a fecha de junio de 2010 ninguno de los países analizados cumple los objetivos planteados por la Agenda Digital de alcanzar un 50% de hogares conectados a redes de más de 100 Mbps en 2020. Los Estados de la UE mejor posicionados son Suecia, Bélgica y Países Bajos donde más de un 10% de los hogares están conectados a redes NGA.

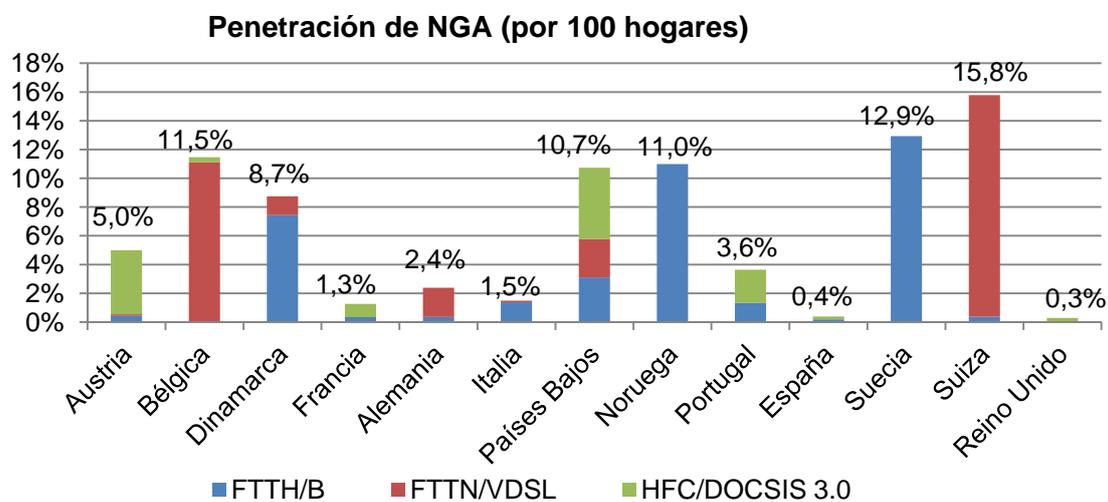


Figura 20. Penetración de los servicios sobre plataformas NGA sobre 100 hogares de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

En relación a las coberturas alcanzadas en los diferentes despliegues, Países Bajos, Suiza, Portugal y Bélgica destacan por disponer de despliegues que cubren más del 50% del país, ya sean despliegues FTTN/VDSL iniciados por los operadores incumbentes desde antes del 2005 (Bélgica o Suiza), o despliegues DOCSIS 3.0 protagonizado por los operadores de cable, como en Países Bajos, Portugal o Bélgica.

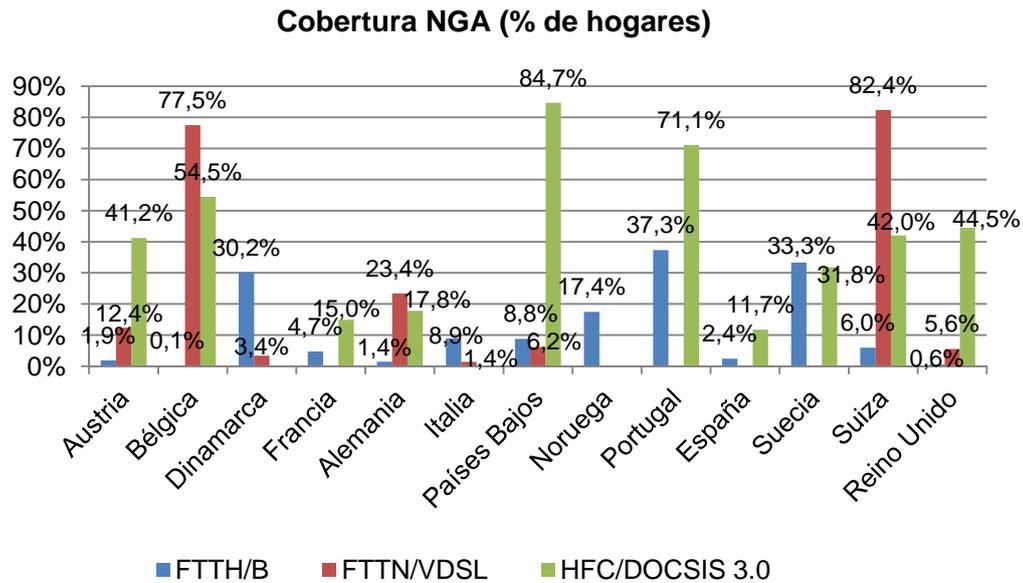


Figura 21. Cobertura de las distintas plataformas NGA de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

Una de las características propias de Europa en los últimos años ha sido la dificultad de los operadores en comercializar los servicios proporcionados por las nuevas redes, siendo incapaces de alcanzar unos índices de penetración de los servicios (*take-up*) sobre redes NGA de niveles similares a los experimentados en Asia y Estados Unidos, de forma que pese a haber una cobertura moderada de accesos NGA, las ofertas comerciales disponibles no consiguen incrementar de forma rápida el número de accesos contratados sobre las nuevas redes, y los clientes permanecen conectados principalmente a soluciones DSL y de cable (no DOCSIS 3.0).

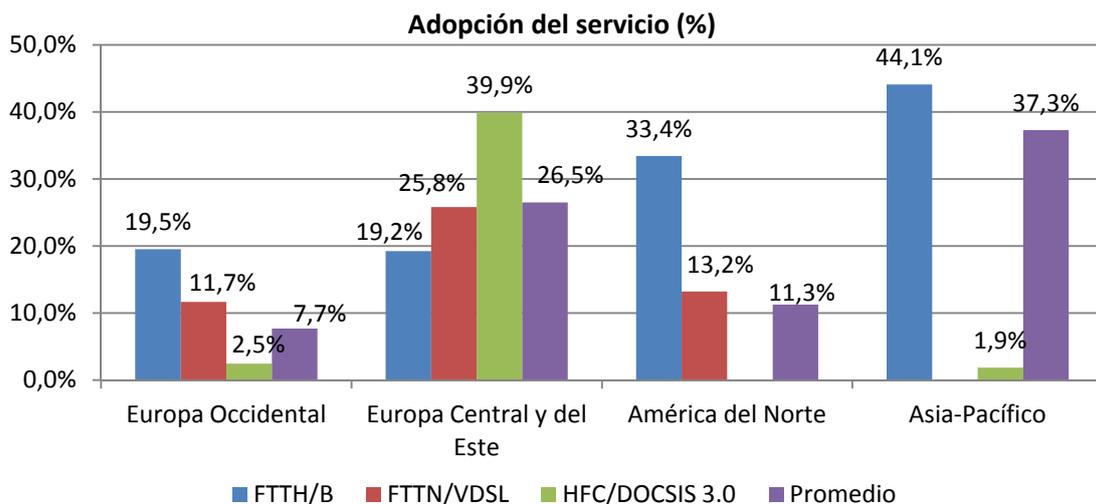


Figura 22. Comparativa del índice de adopción de servicios sobre plataformas NGA por regiones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

Finalmente, la siguiente figura muestra la tasa de adopción sobre las distintas plataformas para los principales países de la región de Europa occidental.

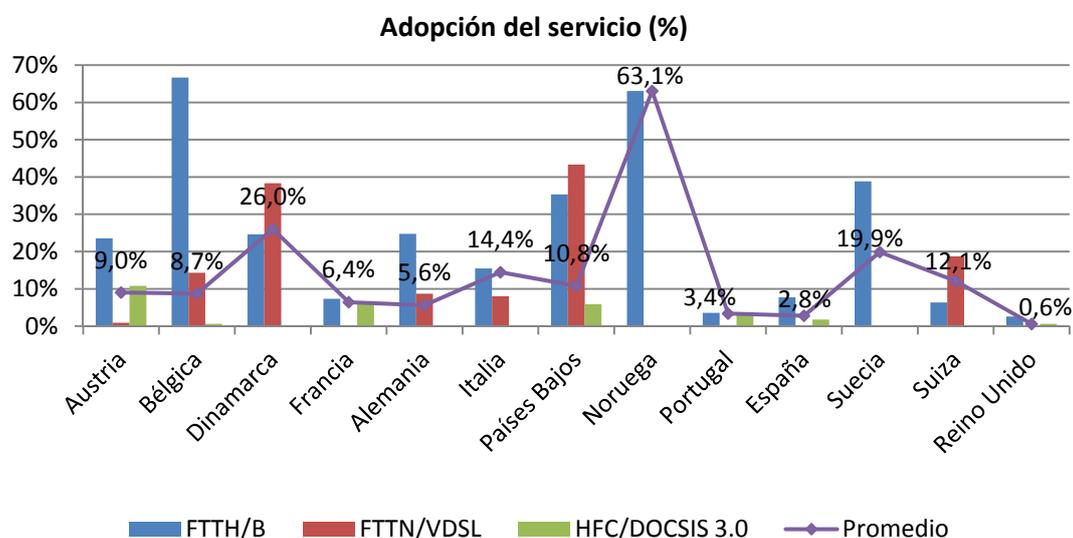


Figura 23. Índice de adopción de servicios sobre plataformas NGA de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores.

En relación a los principales operadores en términos de NGA, la fragmentación del mercado europeo los mantiene alejados de las principales posiciones globales. La siguiente tabla muestra la posición de los principales operadores europeos en términos de NGA.

| Ranking | Operador | País | Tipo | Plataforma | Usuarios | Hogares pasados |
|---------|-------------------------|--------------|-------------|------------------|----------|-----------------|
| 1 | Deutsche Telekom | Alemania | Incumbente | FTTN/VDSL | 800.000 | 9.200.000 |
| 2 | Swisscom | Suiza | Incumbente | FTTN/VDSL | 550.000 | 2.940.000 |
| 3 | Belgacom | Bélgica | Incumbente | FTTN/VDSL | 500.000 | 3.500.000 |
| 4 | Fastweb | Italia | Alternativo | FTTH/B | 320.000 | 2.000.000 |
| 5 | Numericable | Francia | Cable | HFC/DOCSIS 3.0 | 270.000 | 4.400.000 |
| 6 | KPN | Países Bajos | Incumbente | VDSL y FTTN/VDSL | 201.000 | 464.000 |
| 7 | B2 (Telenor) | Suecia | Alternativo | FTTB | 188.000 | 500.000 |
| 8 | Lyse Tele | Noruega | Utility | FTTH | 180.000 | 250.000 |

Tabla 7. Principales operadores europeos por número de clientes de servicios sobre plataformas NGA. Fuente: IDATE

El panorama europeo arroja una imagen heterogénea, donde tanto las soluciones adoptadas, como los principales agentes involucrados, así como los ritmos de despliegue son muy diversos. El principal elemento impulsor de los despliegues de NGA en la mayoría de países europeos ha sido y continua siendo la dinámica competitiva entre los diferentes agentes del mercado. No obstante, la diversidad de los mercados con circunstancias diferentes en cuanto a distribución de la población, arquitectura de la red *legacy*, condiciones competitivas, las diferencias en los enfoques regulatorios y las diferencias en la capacidad inversora de los distintos

agentes, dibujan un escenario desigual de desarrollo de las redes de próxima generación en Europa.

Las principales dinámicas que han impulsado los planes de despliegue hasta el momento se han basado en: (i) una fuerte presión competitiva del cable (Países Bajos, Portugal o Suiza), (ii) de *utilities* públicas regionales (Alemania, Dinamarca, Noruega o Países Bajos) o (iii) por el impulso de las políticas públicas (Suecia). Mientras, aquellos países donde dichas dinámicas no existen o son más leves han presentado despliegues más tardíos y limitados (por ejemplo en Francia, Italia, Reino Unido o España). En dichos casos, la existencia de futuros planes de inversión relevantes despliegue estará ligada a: (i) el establecimiento de un modelo regulatorio que promueva la inversión; (ii) la existencia de políticas públicas que impulsen y ayuden los despliegues en zonas no rentables; (iii) al establecimiento de modelos de negocio sostenible por parte de los operadores; y (iv) a la presencia de plataformas alternativas de banda ancha que impulsen la dinámica competitiva (Vergara, Pérez, & Moral, 2008). A continuación se presentan la situación del despliegue de redes NGA en Francia, Alemania, Italia, Países Bajos, Portugal, Reino Unido y España.

2.4.3.1 Francia

Francia se situó a finales de 2008 como la principal referencia Europea en términos de dinámica competitiva basada en competencia en infraestructuras. Los principales operadores del país, France Telecom, Iliad, SFR (anteriormente Neuf Cegetel) y el operador de cable Numericable anunciaron importantes inversiones en línea con los objetivos del gobierno de alcanzar a finales de 2012 una cobertura de 10 millones de hogares pasados y 4 millones de usuarios.

Asimismo, los planes de los operadores fueron acompañados con una importante actividad regulatoria destinada principalmente a fomentar la compartición del último tramo de acceso en función del tipo de zona, garantizando el derecho de los operadores de acceder a los edificios. Por su parte, el gobierno ha puesto en marcha diversas iniciativas facilitadora (como el acceso al sistema de alcantarillado de París).

No obstante, y pese al entorno facilitador, a junio de 2010 se habían alcanzado unos 5,8 millones de hogares pasados (1,4 mediante redes FTTH/B y el resto mediante HFC/DOCSIS 3.0 de Numericable) y unos 370.000 usuarios (100.000 FTTH/B y 270.000 DOCSIS 3.0), muy lejos de los objetivos planteados por operadores y gobierno.

El retraso de los planes de los operadores se ha debido a: (i) las dificultades para establecer el modelo regulatorio de acceso a los edificios, con severas discrepancias entre Free y France Telecom; (ii) dificultades por parte de los operadores a la hora de realizar las instalaciones verticales por problemas técnicos y de acuerdos con las comunidades de vecinos; y (iii) falta de claridad sobre modelos de negocio sostenibles que justifiquen la inversión en nuevas redes.

Como medida de reacción, el gobierno anunció en junio de 2010 el inicio de un plan de fomento al desarrollo de infraestructuras que tiene como objetivo alcanzar la cobertura del 100% del país mediante redes de banda ultra-ancha antes del 2025.

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

El plan cuenta con 2.000 millones de euros que se centrarán principalmente en soportar iniciativas público-privadas locales en las zonas menos densamente pobladas.

Por su parte, tras la aprobación definitiva del entorno regulador en Francia, France Telecom ha confirmado su voluntad de seguir adelante con el despliegue de FTTH, con un objetivo de alcanzar una cobertura de 10 millones de hogares en 2015 y 20 millones de hogares en 2020, mediante una inversión aproximada de 2.000 millones de euros entre 2010 y 2015¹⁰⁷. Para ello, el operador plantea la cooperación con otros operadores según el marco regulador francés mediante soluciones de compartición de la inversión. Asimismo, en aquellas regiones que no han sido explícitamente marcadas como objetivo, Orange adoptará un enfoque de cooperación con las autoridades locales con el objetivo de alcanzar soluciones intermedias de fibra hasta el nodo.

2.4.3.2 Alemania

En Alemania el despliegue de redes NGA ha estado originado principalmente por la presión competitiva en el mercado de DSL, protagonizada por los operadores alternativos basados en desagregación de bucle. Dicha presión llevó al operador incumbente a iniciar en 2006 el despliegue de una red FTTN/VDSL con un objetivo de cobertura de 10 millones de hogares y 3.300 millones de hogares. En junio de 2010 el despliegue está cerca de finalizar al haber alcanzado 9,2 millones de hogares y más de 800.000 usuarios sobre la nueva red.

Por su parte, los operadores locales de redes de transporte, y empresas subsidiarias de *utilities* eléctricas han protagonizado el principal despliegue de redes FTTH en determinadas ciudades del país. M-net en Múnich ha alcanzado los 120.000 hogares pasados y 13.000 clientes, y planea cubrir el 60% de la población de la ciudad a finales de 2011, alcanzando 40.000 edificios conectados en 2012. Mientras, NetCologne en la ciudad de Colonia, alcanzó los 170.000 hogares pasados y más de 70.000 clientes, con un objetivo de cubrir unos 450.000 hogares para finales de 2012 extendiéndose a otros municipios de la región. Finalmente, Wilhelm Tel una subsidiaria de una empresa energética que opera en Nordestead y las cercanías de Hamburgo cuenta con 200.000 hogares pasados y unos 37.000 clientes de FTTH/B.

Asimismo, los principales operadores de cable, Kabel Deutschland, Unitymedia y Kable BW comenzaron a principios de 2010 a actualizar sus coberturas a la tecnología DOCSIS 3.0, alcanzando en junio de 2010 cerca de 7 millones de hogares pasados, cifra que asciende hasta los 14,5 millones a finales de 2010. De esta forma, los operadores de cable se sitúan como uno de los principales agentes compitiendo por los clientes de servicios más avanzados, incrementando la presión competitiva sobre el operador incumbente.

El éxito de los operadores locales y el rápido despliegue de los operadores de cable llevaron a Deutsche Telekom a anunciar en mayo de 2010 el despliegue 4 millones de accesos FTTH antes de 2012 que complementarán su red FTTN/VDSL. La

¹⁰⁷ Tactics estima que los objetivos de cobertura planteados por el operador requerirían entre 6.000 y 7.000 millones así como la colaboración de al menos dos operadores alternativos.

localización de los despliegues se basará en criterios de eficiencia económica y tanto los plazos como las zonas a cubrir serán adoptados por el operador de forma dinámica.

2.4.3.3 Italia

Italia ha contado desde 2004 con una red FTTH de 2 millones de hogares en la zona de Milán desplegada por Fastweb como mecanismo para competir con Telecom Italia. Sin embargo, desde dicho despliegue los operadores italianos no han llegado a establecer una estrategia clara de despliegue.

Por una parte Telecom Italia, tras distintos enfoques estratégicos y el lanzamiento de pilotos FTTN/VDSL y FTTB en Milán, y FTTH en Roma, planteo un plan de despliegue con el objetivo de cubrir 1,3 millones de hogares mediante FTTH en 2012. La primera fase del despliegue se centraría en las 14 principales ciudades del país con una propuesta para lanzar servicios de 100 Mbps y de desconectar la red de cobre en Milan en 2015. La segunda fase alcanzaría los 10 millones de hogares cubiertos en 2018, y requerirá de compartición de infraestructuras con otros operadores o el apoyo público. Asimismo, TI plantea el desmantelamiento de la red de cobre en otras 3 grandes ciudades para dicha fecha.

Mientras, por otra parte, FastWeb, Vodafone Italia, Wind y Tiscali, anunciaron un proyecto para desplegar mediante inversión conjunta una única red FTTH punto a punto en Italia. El plan consideraba dos fases, la primera, de 5 años de duración con un objetivo de 4 millones de hogares en las 15 principales ciudades Italianas mediante una inversión conjunta de 2.500 millones de euros. La segunda fase se extendería a todas las ciudades de más de 20.000 habitantes, alcanzando el 50% de la población Italiana mediante una inversión total de 8.500 millones de euros. El plan se abrió a entidades públicas y privadas, incluyendo a Telecom Italia, interesadas en formar parte del despliegue conjunto. TI afirmó estar dispuesta a discutir escenarios de inversión conjunta, pero no a compartir la propiedad de las redes desplegadas.

Sin embargo, tras la presión del gobierno para que se unificasen ambos planes de despliegue en una única iniciativa que evitase la duplicación de costes, consiguiendo que en noviembre de 2010, los principales operadores italianos firmaran un memorándum de entendimiento para la creación de una compañía, de capital público privado y dirigida por un comité ejecutivo formado por el Ministro de Industria y un representante de cada uno de los siete operadores firmantes del acuerdo, que llevará a cabo el despliegue de una red única de fibra óptica para proporcionar servicios de banda ultra ancha. El acuerdo firmado por Telecom Italia, Fastweb, Wind, Vodafone Itaia, Tiscali, BT Italia y 3 Italia permitirá coordinar el despliegue de la nueva red evitando la duplicación de infraestructuras.

De esta forma, en los próximos meses el comité establecerá el modelo de negocio y el esquema de gobernanza de la compañía, lo que determinará la permanencia de los firmantes en el proyecto.

2.4.3.4 Países Bajos

El mercado de acceso a Internet presenta una dinámica competitiva muy intensa en los Países Bajos en los últimos años debido a la relevante presencia de los operadores de cable tanto en términos de cobertura disponible como de cuota de mercado. Los principales operadores de cable UPC y Ziggo alcanzaron en junio de 2010 coberturas de DOCSIS 3.0 de 3,3 y 3,1 millones de hogares respectivamente, cubriendo cerca del 84,7% de los hogares del país. Asimismo, alcanzaron 375.000 usuarios de servicios avanzados sobre la nueva tecnología, lo que representa más del 46% de los accesos NGA del país.

Los despliegues de FTTH están liderados prácticamente en exclusiva por Reggefiber, *joint venture* entre KPN y la compañía de inversión Reggeborgh, que proporciona acceso abierto a todos los operadores a su red. Reggefiber despliega una red de fibra punto a punto con dos fibras por hogar, una empresa subsidiaria realiza las activaciones y finalmente los ISP proporcionan servicios a través del bucle de fibra de Reggefiber. De esta forma, a finales de junio de 2010 se alcanzaron los 560.000 hogares cubiertos, de los cuales 186.000 han activado servicios con algún operador (26.000 con KPN y el resto con operadores alternativos). Reggefiber tiene como objetivo cubrir entre 1,1 y 1,3 millones de hogares antes de 2012 (16% de cobertura del país) a un ritmo de entre 250.000 y 300.000 por año con una inversión anual de entre 250 a 300 millones de euros por año.

Por su parte, el operador incumbente KPN ha desarrollado una estrategia que combina la actualización de su red a VDSL desde las centrales con la conexión de accesos FTTH a través de Reggefiber, y que se centra en la provisión de servicios de banda ancha y de IPTV como mecanismo para competir con los operadores de cable. Desde la segunda mitad del 2008 hasta finales de 2009, KPN desarrolló una experiencia basada en 10 pilotos comerciales de tecnologías FTTH (sobre la red de Reggefiber) y FTTC/VDSL con el objetivo de probar aspectos operacionales y comerciales. La experiencia presentó problemas de escalabilidad en los accesos FTTC, lo que unido a la falta de sinergias con la estrategia de despliegue FTTH a través de Reggefiber llevó a KPN a anunciar en junio de 2010 el abandono de los despliegues FTTH/VDSL, y la apuesta por el modelo mixto de despliegue de accesos FTTH a través de Reggefiber y la actualización de toda su planta de cobre a la tecnología VDSL reutilizando las centrales disponibles.

En junio de 2010 contaba con unos 465.000 hogares con cobertura VDSL desde las centrales (a los que puede ofrecer servicios de hasta 30 Mbps), 185.000 clientes de dichos servicios, así como 16.000 clientes de los pilotos FTTH/VDSL. En relación a los accesos FTTH, KPN había activado 26.000 hogares sobre la red de Reggefiber, lo que representa tan solo un 14% de los hogares conectados en dicha red. Asimismo, cuenta con cobertura de IPTV en el 80% de su red de cobre y de HDTV en el 70%, lo que le ha permitido alcanzar los 193.000 usuarios de servicios de televisión. KPN tiene como objetivo finalizar la actualización de su planta de cobre a VDSL a mediados de 2011, y alcanzar en 2012 entre 600.000 y 800.000 clientes sobre ambos tipos de redes, lo que supone aproximadamente un 10% de los hogares del país.

2.4.3.5 Portugal

Portugal se sitúa como uno de los países más activos de Europa en términos de despliegue de redes NGA como consecuencia de la regulación, orientada al acceso a los conductos, y al papel activo del gobierno al establecer objetivos de cobertura nacional, apoyados por créditos para facilitar la inversión así como fomentar la inversión conjunta de los operadores. En 2010 el gobierno anunció el objetivo de cubrir el 100% de los hogares del país con redes de fibra óptica, para lo que ha comenzado a establecer subvenciones para el despliegue en zonas rurales.

De esta forma el entorno competitivo está formado principalmente por el operador incumbente, Portugal Telecom, por el principal operador de cable, Zon Multimedia, así como por los operadores alternativos Oni Communications y Sonaecom, que en 2009 firmaron un acuerdo conjunto con el objetivo de compartir infraestructuras y alcanzar 1,5 millones de hogares pasados por redes NGA de forma conjunta.

En junio de 2010 el objetivo de cobertura se cumplió al alcanzarse cerca de 1,47 millones hogares¹⁰⁸ con cobertura FTTH/B (37,3% del total de hogares), así como 2,8 millones de hogares (71,1% del total) bajo la cobertura de la red totalmente actualizada a DOCSIS 3.0 del operador de cable ZON Multimedia. En términos de clientes, en junio de 2010 había menos de 150.000 y la penetración del servicio se situaba en niveles cercanos al 7% sobre el total de banda ancha.

2.4.3.6 Reino Unido

El despliegue de redes FTTH y FTTC/VDSL en Reino Unido está protagonizado por British Telecom a través de Openreach, la división encargada de la red de acceso. El plan del operador es alcanzar en 2012 una cobertura de 10 millones de hogares pasados, lo que representa el 40% de los hogares totales, de los cuales el 25% serán mediante accesos FTTH con tecnología GPON y el resto mediante FTTN/VDSL. Asimismo, para finales de 2015 tiene el objetivo de ampliar esa cobertura hasta el 66% de los hogares de Reino Unido. A fecha de junio de 2010 se ha alcanzado un despliegue de 1,5 millones de hogares pasados por FTTN/VDSL y 40.000 por FTTH correspondientes a diversos pilotos. Mediante este despliegue BT pretende ofrecer servicios de hasta 40 Mbps en las zonas de cobertura FTTN/VDSL y de 100 Mbps en las zonas de cobertura FTTH.

Por su parte, Virgin Media, el principal operador de cable del país ha actualizado 12 millones de hogares en su área de cobertura (aproximadamente el 42% de los hogares totales de Reino Unido) para ofrecer servicios de 50 Mbps mediante DOCSIS 3.0, consiguiendo un total de 74.000 usuarios a finales de junio de 2010. Asimismo, tiene planes para actualizar toda su cobertura (unos 14 millones de hogares) para proporcionar servicios de 100 Mbps a mediados de 2012, así como ampliar su área de cobertura utilizando el acceso a los conductos y postes de BT (obligación impuesta en Octubre de 2010). En marzo de 2011 el operador anunció haber alcanzado una cobertura de 1 millón de hogares para sus servicios de 100 Mbps.

¹⁰⁸ De los que 1 millón pertenecen al operador incumbente, cumpliendo así sus objetivos planteados en 2009 con un ligero retraso.

Finalmente, el operador Fibercity, propiedad de la empresa i3 group, especialistas en el despliegue de fibra oscura a través de sistemas de alcantarillado, dispone de una red de acceso FTTH en la ciudad de Bournemouth donde alcanza los 80.000 hogares pasados y ha comenzado un proyecto para dar cobertura a 68.000 hogares de la ciudad de Dundee. Fibercity proporciona dos categorías de servicios, por una parte servicios de triple play de pago con conexiones de 100 Mbps, y por otra parte servicios locales (como televisión de la comunidad o municipio) y de teleasistencia de hasta 40 Mbps financiados por las instituciones públicas locales, para lo que despliega dos fibras hasta cada hogar. En mayo de 2010 anunció su intención de desplegar en otras 13 ciudades en los próximos 5 años con una inversión aproximada de entre 16 y 2 millones de euros para pasar un millón de hogares. Sin embargo, el operador ha encontrado reticencia por parte de los gestores de los sistemas de alcantarillado de las ciudades de Bournemouth y Dundee por motivos técnicos y contractuales que podrían retrasar o limitar sus futuros planes de despliegue.

2.4.3.7 España

En España el despliegue de redes NGA ha estado marcado por la política de esperar y ver de operador incumbente, que pese a haber anunciado en 2009 planes para alcanzar el 25% de los hogares con un despliegue FTTH antes de 2012, no ha impulsado el despliegue de infraestructuras debido a las incertidumbres sobre la demanda, entorno regulatorio y situación económica del país. Sin embargo, en las últimas fechas, Telefónica ha iniciado el despliegue de redes FTTH en las principales capitales de provincia, comercializando servicios *doble y triple play* de 50 Mbps. De esta forma, en junio de 2010 se alcanzaron los 350.000 hogares pasados y 20.000 accesos contratados, incrementando dicha cifra hasta más de medio millón de hogares pasados a finales de 2010¹⁰⁹ y 49.200 accesos contratados, lo que demuestra una rápida progresión en los primeros meses de comercialización del servicio. Mientras que en el primer trimestre de 2011, Telefónica ha alcanzado los 63.950 accesos, lo que supone más del 89% de las líneas FTTH del país¹¹⁰.

Asimismo, Telefónica está actualizando a VDSL la tecnología ofrecida desde las centrales, lo que ha permitido al operador la comercialización de servicios *triple play* de 10 y 25 Mbps en un ámbito de cobertura de unos 2 millones de hogares (que incluye las zonas cubiertas por FTTH y por VDSL desde las centrales).

Por su parte, los principales operadores de cable han profundizado en el proceso de actualización de sus redes a la tecnología DOCSIS 3.0. ONO anunció su intención de actualizar la totalidad de su cobertura (7 millones de hogares) para ofrecer servicios de más de 30 Mbps, habiendo alcanzado los 2 millones de hogares pasados en junio de 2010, los 4 millones en octubre de ese mismo año y el 100% a principios de 2011. Asimismo, el resto de operadores regionales también han procedido a actualizar sus redes para proporcionar servicios avanzados. Si bien no se disponen de datos concretos sobre la adopción de servicios mayores de 30 Mbps

¹⁰⁹ La cifra disponible para hogares pasados por redes FTTH a finales de 2010 es la publicada por la CMT en su Informe anual 2010 (CMT, 2011d) de 524.370 accesos FTTH instalados. Sin embargo dicha cifra engloba todos los despliegues, no solo el de Telefónica, que es el más relevante.

¹¹⁰ El resto de líneas se reparten entre los operadores TeleCable, Adamo y Colt que operan principalmente sobre los despliegues de ámbito municipal de ASTURCON, @22 o en Viladecans.

para todos los operadores, a finales de año, la cifra de accesos activos de banda ancha que pertenecían a un nodo con disponibilidad de DOCSIS 3.0 alcanzó los 1.517.469 accesos¹¹¹. Cabe señalar que la velocidad activa en estos accesos depende de la velocidad de la oferta contratada por los consumidores y que la mayor parte de estos accesos todavía disfrutaban de una velocidad de conexión inferior a 30 Mbps. En el desglose de estos accesos por operador, Ono alcanzó el mayor número de accesos activos (con 1.032.697, de los cuales 200.000 corresponden a servicios de más de 30 Mbps (Martínez, 2011)), seguido de Euskaltel (221.056), R (142.715) y TeleCable (110.062).

Mientras, los principales operadores alternativos han elegido estrategias distintas en cuanto a su evolución a las NGA. Jazztel ha optado por la actualización de su red ADSL a la tecnología VDSL (mediante colocación y acceso desagregado a los bucles de Telefónica), permitiendo ofertar servicios de 30 Mbps a los usuarios que más cerca estén de las centrales. A fecha de junio de 2010, el operador ha actualizado el 60% de su red de acceso, y tiene como objetivo alcanzar el 80% de las centrales, lo que permitiría al 40%¹¹² de los hogares sus zonas de cobertura acceder los nuevos servicios. Por su parte, Orange ha ensayado diversos pilotos FTTH en zonas específicas de Madrid (unos 4.000 hogares) y Barcelona (2.600 hogares), tanto con despliegue de red propia (a través del uso del acceso mayorista a los conductos de Telefónica), como mediante acuerdos con empresas eléctricas, o participando en redes municipales abiertas (Viladecans). No obstante, aún no ha especificado su estrategia a nivel nacional respecto al despliegue de NGA.

Asimismo, en España se han llevado a cabo un conjunto de despliegues regionales de redes NGA basados en subvenciones públicas y con modelos de operación de operadores neutros de infraestructuras. Los dos despliegues más significativos son la red Asturcón (Red Astur de Comunicaciones Ópticas Neutras) en Asturias, y el despliegue @22 en Barcelona.

La red Asturcón es una red de acceso FTTH/GPON desplegada en la Cuenca Minera del Principado de Asturias. El despliegue realizado involucra 22 poblaciones con un total de 640.00 habitantes y 7 centros industriales o de negocio. El presupuesto de la red fue de 19.5 m€ financiados por el gobierno regional. El GIT se encarga actualmente de la gestión y operación de la red desde un rol de operador neutro de infraestructuras, garantizando su carácter neutro, transparente y abierto a operadores de servicio, entre los que se encuentran actualmente Adamo y TeleCable que proporcionan servicios *triple play* de banda ancha minoristas. En una segunda fase de despliegue, la red Asturcón se planteó un objetivo de 56.000 hogares pasados mediante la inversión de 20 millones de euros adicionales hasta el 2011. Asimismo, el GIT estima que la penetración del servicio aumentará del 14% actual al 30% a finales de 2010, valor que permite que los ingresos por servicios mayoristas soporten los costes operativos de la red. Mediante dicho despliegue, la práctica totalidad de poblaciones por encima de los 1.000 habitantes cuentan con al menos dos infraestructuras de banda ancha, la de Telefónica y la de Asturcón o Telecable.

¹¹¹ Información disponible en (CMT, 2011d)

¹¹² Hogares suficientemente cercanos a la central como para beneficiarse de los servicios de 30 Mbps.

Por su parte, la iniciativa @22 Barcelona destaca por ofrecer a las empresas una red de fibra oscura que permite la libre contratación de operador por parte de las empresas y la posibilidad de enlaces punto a punto dentro del distrito. Actualmente, los operadores que ofrecen servicios de telecomunicaciones a través de esta red a 22@Barcelona son: Al-Pi, Colt, Ono, Adamo y Jazztel.

2.4.4 Europa Central y del Este

Europa Central y del Este se ha situado como la cuarta región del mundo por número de accesos NGA, alcanzando en junio de 2010 4,9 millones de usuarios de dichas redes, y un total de 18,5 millones de hogares pasados. La región ha experimentado un rápido crecimiento en los últimos años impulsada principalmente por Rusia, Lituania, Eslovaquia y Eslovenia, que suponen los principales referentes en cuanto a despliegue NGA. Uno de los principales elementos diferenciales con los países de Europa Occidental es el menor desarrollo del mercado de acceso a Internet de banda ancha en años anteriores, lo que ha propiciado una alta adopción y penetración de los despliegues realizados, principalmente por operadores incumbentes.

En los países bálticos, el desarrollo de redes FTTH/B se está realizando con bastante rapidez impulsado principalmente por los operadores incumbentes. **Lituania** se sitúa como el país de referencia de la región, con una penetración de los accesos NGA sobre el total de banda ancha del 43,7%. El operador incumbente TEO ha desplegado una combinación de accesos FTTH y FTTB a más de 350.000 hogares alcanzando los 85.000 usuarios. TEO tiene intención de ampliar su cobertura en las principales ciudades (Vilnius, Klaipeda, Kaunas, etc.) hasta alcanzar los 570.000 hogares pasados. Asimismo distintos operadores locales y de cable han desplegado redes FTTH/B en el país, alcanzando un total de 439.000 hogares pasados y en torno a los 200.000 clientes. En **Estonia**, el operador incumbente Elio es el principal agente desplegando redes NGA, y tiene como objetivo cubrir la totalidad del país (unos 540.000 hogares) antes de finales de 2015. En junio de 2010 disponía de una plataforma mixta VDSL y FTTH con una cobertura de 128.000 y 50.000 hogares pasados respectivamente, y una adopción de 31.000 y 28.000 clientes respectivamente. Mientras, en **Letonia**, el incumbente Lattelecom Group comenzó en 2008 a sustituir su red de cobre por accesos FTTH. Hasta el momento el despliegue ha alcanzado a 220.000 hogares, de entre los que dispone de 32.000 clientes. El operador planea alcanzar a finales de 2012 los 546.000 hogares pasados (más del 60% del total del país) así como 150.000 usuario

Los países de Europa del Este presentan asimismo un rápido crecimiento en este momento, siendo Bulgaria y Rumanía los países pioneros en la región en comenzar con los despliegues de redes NGA. En **Bulgaria** el principal agente involucrado en el despliegue de redes NGA es Blizoo, operador de TV por cable que comenzó en 2001 el despliegue de una infraestructura FTTB que en junio de 2010 alcanzaba un millón de hogares pasados (aproximadamente el 34% del país) y contaba con unos 100.000 clientes de servicios avanzados. Asimismo, la falta de disponibilidad de accesos DSL del incumbente llevó a múltiples micro-despliegues de FTTx/LAN de empresas y particulares con coberturas de barrios o edificios, dichas iniciativas han alcanzado cerca de 50.000 accesos activos. Por su parte, en **Rumanía**, el principal

operador de servicios de banda ancha, el cablero RCS&RDS se ha centrado en los despliegues FTTx/LAN como plataforma para proporcionar accesos de banda ancha, alcanzando una cobertura de 410.000 hogares y unos 200.000 usuarios. Asimismo, existen más de 300 operadores locales ofreciendo servicios sobre redes FTTB, que cuentan en su conjunto con unos 120.000 hogares conectados. El operador incumbente, Romtelecom, basa su estrategia de NGA en FTTN/VDSL, aunque hasta el momento los despliegues han sido muy reducidos y no ha anunciado planes a largo plazo.

En otras partes de Europa del Este el despliegue de redes NGA se ha situado como uno de los principales elementos de la dinámica competitiva. En **Eslovenia**, el operador alternativo T-2 comenzó el despliegue de una red FTTH en 2006 para proporcionar servicios de triple play y de acceso simétrico a Internet de alta velocidad. La agresiva estrategia le ha llevado a alcanzar una cobertura de unos 310.000 hogares (aproximadamente un 41% del total de hogares) y 50.000 clientes (lo que representa un 8% del total de accesos de banda ancha del país). Ante dicha presión, el operador incumbente Telekom Slovenije, se ha visto forzado a iniciar un despliegue mixto FTTH y VDSL para cubrir el 70% de los hogares del país (unos 434.000) antes de 2015 con un presupuesto de 450 millones de euros. En junio de 2010 se había alcanzado una cobertura FTTH de 110.000 hogares pasados y 25.000 conectados, mientras que el despliegue de VDSL se extendía a 15.500 hogares pasados y 9.200 conectados. Asimismo, el operador de cable Telemach, propiedad de UPC/Liberty Global ha comenzado a actualizar su red de cable a la tecnología DOCSIS 3.0 alcanzando los 250.00 hogares de cobertura.

Por su parte, en **Eslovaquia** se ha producido una importante competencia en infraestructuras entre la filial de Orange en el país, Orange SK, el operador incumbente Slovak Telecom (propiedad de Deutsche Telekom) y otros operadores regionales. En total el país cuenta con 827.000 hogares pasados por redes FTTH y FTTB (la mayoría FTTH), lo que representa casi el 50% de los hogares del país. Tanto Orange SK como Slovak Telecom comenzaron el despliegue a finales de 2006 alcanzando coberturas de 301.000 y 350.000 hogares pasados respectivamente, y 45.000 y 24.000 hogares conectados respectivamente a los que proporcionan servicios de acceso a Internet de entre 20 y 80 Mbps con posibilidad de servicios de televisión. Asimismo, más de un centenar de operadores locales han estado involucrados en el despliegue de redes FTTB, alcanzando en su conjunto más de 180.000¹¹³ hogares pasados y unos 120.000 hogares conectados. De esta forma, Eslovaquia se sitúa como segundo país de la región en términos de penetración de las redes NGA, al suponer estas cerca de un 30% del total de accesos de banda ancha del país.

Finalmente, **Rusia** se sitúa como una de las regiones más relevantes por su gran mercado potencial, donde ya se han alcanzado más de 12 millones de hogares pasados por redes NGA y 3,36 millones de hogares conectados, situándose como el país de la región con mayor número de usuarios (y también si se compara con los países de Europa Occidental). El despliegue en Rusia está protagonizado por el

¹¹³ Cifra referida a los tres principales operadores, Antik Telecom, SWAN y Slovanet, la cifra total de hogares pasados por los operadores locales es sin duda mayor que la presentada según los datos disponibles.

2.4 Situación actual de los despliegues de redes de acceso de próxima generación

operador incubente, Vimpelcom, y por el principal operador de cable, ER-telecom. Vimpelcom ha desplegado una red FTTB con la que proporciona servicios de 100 y 30 Mbps a 1,2 millones de hogares, con una cobertura total de 8,3 millones de hogares pasados en 47 ciudades. El operador tiene previsto ampliar dicha red hasta 300 ciudades aunque no ha publicado los detalles de su estrategia. Por otra parte, el operador de cable ER-telecom ha implementado DOCSIS 3.0 en 3,6 millones de hogares, conectando a 2,16 millones a servicios de 100 Mbps. El mercado ruso de NGA se encuentra en un nivel de adopción del 27,9%, no obstante es previsible que continúe su crecimiento de una forma relevante en los próximos años.

CAPÍTULO 3. REGULACIÓN, POLÍTICAS PÚBLICAS Y NEUTRALIDAD DE RED

3.1 Introducción

El despliegue de las redes de acceso de próxima generación se ha situado como una de las principales prioridades políticas y estratégicas de la mayor parte de las regiones desarrolladas del mundo. Como consecuencia, un elevado número de regiones ha adoptado medidas y planes de fomento de despliegue de las NGA con el objetivo de posicionarse de forma ventajosa ante un escenario de salida de la crisis, impulsar el crecimiento económico sostenible y la creación de empleo.

En Europa, parte de esas medidas se incluyen en la iniciativa de la Agenda Digital para Europa (European Commission, 2010g), que propone como objetivos en materia de acceso ultra rápido a internet que, para 2020 (i) todos los europeos tengan acceso a unas velocidades de internet por encima de los 30 Mbps, y (ii) que el 50 % o más de los hogares europeos estén abonados a conexiones de internet por encima de los 100 Mbps.

Estos objetivos imponen una presión relevante sobre los planes de despliegue de los operadores, al impulsarles desde las instituciones y administración pública a realizar inversiones relevantes en zonas donde la recuperación es más incierta, ya sea por una menor demanda, mayores costes unitarios o por la existencia de otros factores que limiten o dificulten el despliegue. Asimismo, el objetivo de alcanzar más de un 50% de penetración de estos servicios constituye un reto, no solo para los operadores, sino para el conjunto de la sociedad. Como se presentó en el apartado 2.4, la situación actual de despliegue, y sobre todo de adopción distan aun de los objetivos plasmados en la Agenda Digital.

Para poder avanzar hacia dichos objetivos, resulta imprescindible el establecimiento de un marco regulador que ofrezca claridad y seguridad a los inversores, proporcione incentivos para una inversión eficiente e impulse una competencia efectiva, así como un conjunto de planes y políticas públicas de incentivo que impulsen no solo el despliegue de infraestructuras, sino también la creación de valor en todas las capas del ecosistema de Internet, fomentando la adopción de los nuevos servicios.

En el presente capítulo se analiza el contexto regulatorio y de políticas públicas europeas relativas a las redes de acceso de próxima generación, estudiando las principales opciones consideradas en los debates internacionales, el enfoque tomado por la Comisión Europea, y las estrategias y modelos implementados por los principales países de Europa. Ello permite analizar las principales problemáticas actuales en relación a la aplicación de regulación y políticas públicas específicas sobre las redes NGA, parte de las cuales serán estudiadas en mayor profundidad para el caso específico de España. Finalmente, el capítulo estudia el impacto que el debate sobre la neutralidad de red tiene sobre los incentivos para la inversión en redes NGA.

3.2 Regulación sectorial de las redes de acceso de próxima generación

El modelo regulatorio aplicable a las redes de acceso de próxima generación se sitúa como uno de los elementos clave para el desarrollo de los despliegues por parte de los distintos agentes, al influir sobre los incentivos para invertir e impulsar o frenar la capacidad competitiva de los distintos agentes mediante la fijación de obligaciones.

A diferencia de las regiones líderes en despliegues NGA como Japón o Estados Unidos, donde operan un número limitado y concentrado de operadores¹¹⁴, y se han establecido modelos regulatorios claros y estables en relación a las redes NGA que fomentan su despliegue¹¹⁵, en Europa hay al menos 150 grandes operadores que afrontan una competencia de múltiples operadores pequeños basada principalmente en el acceso regulado¹¹⁶, y asimismo, ha afrontado un largo (y aun no finalizado) debate sobre el modelo regulador aplicable a las nuevas redes. De esta forma, la regulación sectorial se ha situado como un elemento clave que debe defender la eficiencia, sostenibilidad y competitividad del sistema de telecomunicaciones en su conjunto, frente a los intereses puntuales de usuarios, operadores o administraciones públicas, pues un buen funcionamiento del sistema redundaría en beneficio del interés general (GAPTEL, 2008). Para ello, se deberá buscar un equilibrio entre diferentes objetivos de política pública, como son fomentar la inversión eficiente en redes de acceso de próxima generación, promover la competencia sostenible, fomentar la adopción de servicios, asegurar el beneficio de

¹¹⁴ En Estados Unidos se pueden contabilizar 7 u 8 grandes operadores con una fuerte competencia entre plataformas protagonizada por el cable, mientras que en Japón, la mayor parte de los despliegues en redes NGA ha sido realizado por NTT, que tiene en torno a un 75% de cuota en accesos sobre fibra, más del doble que sobre ADSL.

¹¹⁵ En el caso de Estados Unidos, la FCC inició en 2004 un proceso desregulador que ha eliminado las obligaciones de acceso desagregado sobre las inversiones en nuevas infraestructuras. En el caso de Japón, el gobierno facilitó el despliegue de redes mediante importantes ayudas públicas en forma de beneficios fiscales, que permitieron a NTT realizar despliegues FTTH hasta el 90% de la población. No obstante, previamente al inicio de las inversiones, el gobierno clarificó el modelo regulador, que obligaba a NTT a facilitar acceso a la red de fibra pero con precios fijados por el regulador que eran suficientemente altos para garantizar retornos adecuados para NTT e impedir que los competidores limitasen el precio minorista de NTT (el precio por un acceso mayorista se sitúa en el orden de los 55 dólares por mes, entre cuatro y cinco veces superior al precio mayorista del acceso sobre la red de cobre) (Beardsley, Enriquez, Güvendi, & Sandoval, 2011).

¹¹⁶ En Europa se contabilizan aproximadamente unos 2.000 operadores (A. Renda, 2010a).

los usuarios en términos de capacidad de elección, calidad y precios, así como contribuir al desarrollo del mercado único europeo mediante medidas armonizadas y consistentes entre los distintos Estados Miembros.

La dificultad para establecer incentivos adecuados a la inversión en NGA bajo el marco regulador de 2002, basado en la aplicación de la escalera de inversión sobre las redes de cobre, motivó un intenso debate sobre la posibilidad de iniciar un proceso orientado a la disminución de obligaciones, o vacaciones regulatorias, sobre las nuevas inversiones. Este enfoque fue rechazado oficialmente por la Comisión Europea en 2006 dando paso a un debate sobre las opciones regulatorias en Europa. Este proceso ha tenido como protagonistas, por un lado a las ANR de los diferentes Estados Miembros que bajo las distintas revisiones de los mercados relevantes han ido fijando las condiciones regulatorias que afectan a los despliegues, y por otro a la Comisión Europea, quien desde 2007 ha estado inmersa en un proceso para establecer una Recomendación que permitiese reducir las divergencias en los enfoques reguladores de los distintos Estados Miembros.

A continuación se presentan los procesos que fija el Marco Europeo para el establecimiento de la regulación de las redes NGA, las principales opciones regulatorias presentes en el europeo, el enfoque adoptado por la Comisión Europea en su Recomendación de 2010, un análisis de las opciones implementadas en los principales países europeos, y las problemáticas abiertas que serán tratadas en la Tesis.

3.2.1 Marco Regulador europeo

El Marco Regulador europeo *inter alia* obliga a las ANR, según el *Artículo 8 (5)(d)* de la Directiva Marco revisada (2002/21/EC), a fomentar la inversión eficiente y a promover la competencia. Cuando esto último no es efectivo, las ANR podrán imponer medidas regulatorias destinadas a resolver los fallos de mercado detectados tras realizar un exhaustivo análisis de mercado de acuerdo con el *Artículo 7* de la Directiva Marco.

El proceso de análisis de mercado se compone de tres etapas: en primer lugar, la definición de los mercados susceptibles de necesitar regulación *ex ante*; en segundo lugar, el análisis del mercado y la identificación de operadores con poder significativo de mercado (PSM); y en tercer lugar, la imposición de obligaciones¹¹⁷ sobre el operador PSM, tales como la transparencia, no discriminación, separación contable, obligaciones de acceso, fijación de precios (incluyendo la orientación a costes) o separación funcional. Las obligaciones impuestas deben basarse en la naturaleza del problema identificado, siendo estas proporcionadas, justificadas y limitadas a los elementos no replicables o cuellos de botella siguiendo la doctrina de las infraestructuras básicas (*essential facility*)¹¹⁸.

En relación al primer paso, un mercado será susceptible de regulación *ex ante* si se cumplen los siguientes criterios: (i) existen barreras significativas de entrada; (ii) la

¹¹⁷ La Directiva de Acceso (2002/19/EC) define el conjunto de obligaciones posibles, y permite su aplicación con flexibilidad para ajustarse a la realidad nacional del mercado en cuestión.

¹¹⁸ Ver (A. Renda, 2010b) para una revisión de la aplicación de la doctrina de *essential facility* en el Marco Europeo.

estructura del mercado no permite la competencia efectiva en un horizonte temporal relevante; y (iii) la aplicación de la ley de competencia por sí misma no puede solventar de forma eficaz los fallos de mercado. De acuerdo con estos principios, la Comisión Europea definió en 2003 (European Commission, 2003) (actualizados en 2007 (European Commission, 2007)) un conjunto de mercados relevantes que las ANR deben analizar periódicamente por ser susceptibles de necesitar regulación *ex ante*. Entre dichos mercados relevantes se encuentran los relacionados con el despliegue de las redes de banda ancha y redes de acceso de próxima generación, ya que se considera que, por el momento, los servicios NGA son sustitutivos de los servicios de banda ancha tradicional, por lo que se trata del mismo mercado. Estos mercados de referencia son el mercado 4, de acceso a la infraestructura de red en una ubicación fija, y el mercado 5, de acceso mayorista de banda ancha.

3.2.2 Principales opciones regulatorias

A continuación se presentan las principales opciones regulatorias que han conformado el debate sobre la regulación de las NGA y que están siendo adoptadas en diferente medida por las diversas ANRs europeas. Sin embargo, al analizar las distintas opciones es necesario considerar que no son mutuamente excluyentes y que no es probable que la aplicación de ninguna de estas medidas permita, por sí sola, una solución al problema regulatorio, siendo necesario una combinación de las mismas que se adapte a la situación específica de cada mercado (Pietrunti, 2008) y región (Amendola & Pupillo, 2008).

3.2.2.1 *Obligaciones de acceso: la nueva escalera de inversión en el entorno NGA*

La aplicación de obligaciones de acceso sobre las infraestructuras de red de los operadores PSM en distintos niveles para generar incentivos a la inversión de terceros operadores es conocida como la escalera de inversión (M. Cave, 2006). Este principio supone la base de la regulación impuesta sobre la red de cobre en el pasado y, tras el proceso de consultas públicas llevado a cabo por la Comisión Europea, se ha mantenido (aunque con modificaciones) para la regulación de las redes de acceso de próxima generación. Sin embargo, las diferentes plataformas y topologías de red que constituyen las NGA obligan a una modificación de los distintos "peldaños" de la escalera de inversión (M. Cave, 2010), (BEREC, 2010) ya que no en todos los casos se puede mantener la escalera anterior.

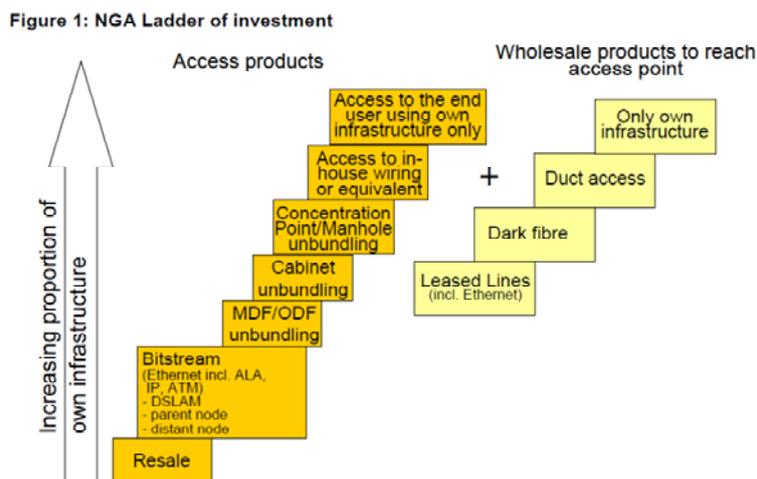


Figura 24. Escalera de inversión para el entorno NGA. Fuente: (ERG, 2009)

La Figura 24 presenta la escalera de inversión para las redes NGA (ERG, 2009). La parte de la izquierda representa los distintos productos de acceso (vinculados a distintos puntos de acceso de la red física) para los despliegues de redes de fibra (FTTH/B) y mixtos fibra/cobre (FTTx). Según los operadores alternativos avanzan por la escalera la inversión en infraestructura propia aumenta. En la parte derecha de la figura se presentan distintos productos *backhaul* que los operadores alternativos podrían utilizar para alcanzar los distintos puntos de acceso a la red del operador PSM (sobre la que se prestan los servicios de acceso al cliente final) desde sus respectivos puntos de presencia. Una descripción más detallada de los diferentes productos de acceso asociados a la escalera de inversión se ha incluido en el anexo B.

Sin embargo, no todos los niveles están disponibles para las distintas plataformas NGA, ya que esto depende de la arquitectura, topología y tecnologías desplegadas por el operador que ofrece el producto de acceso. La siguiente tabla recoge la viabilidad de los diferentes productos identificados para el caso de despliegues FTTH/PON, FTTH/GPON y FTTN/VDSL.

| | FTTN/VDSL | FTTH-PON | FTTH-P2P |
|--|--|--|----------|
| Acceso a la acometida final | No | Sí | Sí |
| Desagregación desde el punto de distribución intermedio | No | Sí (desde el último nivel de división) | Sí |
| Desagregación desde los armarios intermedios | Sí (pero se ha demostrado que no es viable económicamente) | No | No |
| Desagregación del bucle desde la central | No | Sí (solo mediante tecnologías WDM) | Sí |
| Acceso activo | Sí | Sí | Sí |
| Acceso a conductos | Sí | Sí | Sí |
| Fibra oscura | Sí | Sí | Sí |
| Líneas alquiladas | Sí | Sí | Sí |

Tabla 8. Posibles combinaciones de productos de acceso y de *backhaul* en función de la arquitectura desplegada por el operador PSM. Fuente: Elaboración propia

El tipo de obligaciones de acceso impuestas sobre los operadores PSM, junto con los mecanismos de fijación de precios escogidos constituirán las bases de la regulación sectorial de las NGA.

Una vez descartada por la CE la opción de la desregulación para el caso de los nuevos despliegues NGA, el debate europeo ha considerado dos enfoques principales, el mantenimiento de la escalera de inversión mediante la obligación de acceso a todos los niveles, o la promoción de la competencia al nivel más profundo posible mediante un enfoque gradual de obligaciones de acceso basado en la compartición de las infraestructuras de obra civil del operador PSM.

El primer enfoque supone la replicación del modelo regulatorio aplicado sobre las redes de cobre al considerar necesaria la apertura desde los niveles de inversión más bajos (*bitstream*) hasta los niveles de mayor inversión (desagregación de la acometida final o despliegue de infraestructura propia mediante el acceso a la infraestructura de obra civil del operador PSM) mediante orientación a costes. La presencia de un producto *bitstream* de precio regulado que refleje las capacidades tecnológicas inherentes de las redes NGA disminuye los incentivos de terceros operadores en invertir en red propia (pudiendo impulsar a los actuales operadores basados en desagregación de bucle a “descender” un peldaño renunciando al despliegue de infraestructura propia), así como limita la capacidad competitiva de operadores con infraestructura propia (como el cable), al tener que competir bajo la presión de un producto regulado que impactará en el precio (M. Cave & Shortall, 2010).

Este enfoque incentiva, por tanto, a que múltiples operadores alternativos¹¹⁹ compitan en la provisión de servicios minoristas con pequeñas inversiones, dificultando la tarea de los reguladores de fijación de precios para incentivar la escalada en la nueva escalera de inversión. Por su parte, la existencia de obligaciones de acceso en todos los niveles puede detraer a los operadores PSM de realizar la inversión, ya que la adecuación de sus redes para facilitar todos los puntos de acceso requeridos supone un incremento en los costes¹²⁰, y a que la fijación de precios mayoristas conlleva menor flexibilidad en los precios minoristas, limitando la capacidad de los operadores de extraer valor bajo la curva de demanda, afectando a los ya de por sí inciertos modelos de negocio. Para evitar esta disminución de los incentivos este enfoque se completa con la aplicación de diferentes técnicas para considerar el riesgo adicional en la fijación de precios que se presentan en el apartado 3.2.2.4.

El segundo enfoque se basa en la aplicación gradual de obligaciones de acceso a aquellos elementos considerados como infraestructuras básicas (*essential facilities*) no replicables, siendo el elemento principal el acceso orientado a costes a la obra

¹¹⁹ Dificultando por tanto la consolidación de los operadores europeos, al no requerir mayores inversiones para la entrada en el mercado, y dificultando la sostenibilidad de la competencia a largo plazo (A. Renda, 2010a).

¹²⁰ La fijación de algunas medidas de acceso, como el acceso desde puntos de distribución intermedios (ver anexo B), puede implicar la necesidad de que el regulador determine la posición o arquitectura de algunos elementos de red (ver por ejemplo el caso de Francia en el apartado 3.2.4.1).

civil del operador PSM¹²¹. Este enfoque tiene como objetivo impulsar el despliegue de infraestructuras alternativas en aquellas zonas donde sea viable, impulsando una competencia entre infraestructuras más sostenible (Huigen & Cave, 2008), y fomentando la consolidación del mercado interno al exigir un mayor nivel de inversión y compromiso a los operadores que quieran competir en la prestación de servicios de banda ultra-ancha (A. Renda, 2010a). Este incentivo al despliegue de infraestructuras se complementaría con obligaciones de acceso a servicios activos en base comercial, orientados al valor y no al coste, y sujetos a una regulación de competencia *ex post*.

3.2.2.2 Mercados geográficos y diferenciación geográfica de la regulación

Es conocido que las condiciones geográficas determinan en gran medida la viabilidad y alcance de las inversiones en redes fijas de acceso¹²². No se deben de esperar despliegues homogéneos de alcance nacional, ni en tecnologías ni en servicios prestados, ya que los operadores buscarán las soluciones más eficientes en términos de coste y rentabilidad para las distintas áreas geográficas (ERG, 2007). El establecimiento de mercados de ámbito regional, o la diferenciación geográfica de las obligaciones regulatorias en un mismo mercado pueden permitir una mejor adaptación de la regulación a la situación competitiva presente y futura de las distintas zonas. Estos mecanismos, analizados por el ERG (ERG, 2008), la OCDE (OCDE., 2010) y considerados en el Marco Regulador europeo (European Commission, 2007) han sido ya implementados en diversos mercados¹²³.

En el caso de las redes de acceso de próxima generación, esta diversidad geográfica pone en duda la viabilidad de una regulación homogénea para todo el territorio nacional (Amendola & Pupillo, 2008), planteando la necesidad de un modelo regulatorio que diferencie la imposición de obligaciones en aquellas zonas cuyas características socio-geográficas permitan una mayor dinámica competitiva, evitando enfoques de *“una medida sirve para todos los casos”*¹²⁴. Por su parte, (M. Cave, 2008) y (Noam, 2010) sugieren distinguir entre tres tipos de regiones: (i) aquellas dónde es viable una competencia efectiva entre plataformas NGA, denominadas zonas 2.5¹²⁵ o negras¹²⁶; (ii) aquellas zonas donde solo es viable el

¹²¹ Es ampliamente reconocido (GAPTEL, 2008)(GAPTEL, 2008; GAPTEL, 2009), (European Commission, 2010f), (European Commission, 2010e) que las infraestructuras de obra civil (canalizaciones, conductos, postes, etc.) suponen el principal elemento no replicable para los futuros despliegues NGA.

¹²² El impacto de los factores socio-demográficos sobre la viabilidad de las inversiones y la disponibilidad de banda ancha ha sido estudiado en profundidad por (Greenstein, 2004) y (Hu & Prieger, 2007) para el caso del despliegue de ADSL y de cable en Estados Unidos. En el caso de las redes de próxima generación, es de esperar un impacto similar o mayor, por ejemplo, en relación a los costes de despliegue (Analysys Mason, 2008a) muestra estos se aceleran a partir del 60% de cobertura, siendo las zonas rurales y remotas las más costosas. Por ejemplo, en un escenario de cobertura de red FTTH/GPON del 100% el último del 7% de hogares representa cerca del 23% de los costes totales, mientras que el último 32% representa casi el 60% de la inversión total.

¹²³ Por ejemplo, Reino Unido distingue para el mercado 5, cuatro mercados geográficos diferenciados inferiores al nacional en función de la situación competitiva, estando uno de ellos desregulado.

¹²⁴ One-size-fits-all

¹²⁵ Según la terminología utilizada habitualmente en EEUU, las zonas 2.5 soportan la competencia de al menos dos plataformas alternativas (habitualmente la red de pares de cobre o de fibra del operador de telecomunicaciones y la red de cable), así como plataformas móviles (por ello el .5). De igual forma, en las zonas 1.5 está presente un único operador con infraestructura propia y las redes móviles, mientras que en las zonas 0.5 solo están presentes los operadores móviles.

¹²⁶ Esta terminología corresponde a la empleada por la Comisión Europea para definir las diferentes zonas donde se permiten las ayudas de estado al despliegue de redes NGA.

despliegue de una única red NGA, denominadas zonas 1.5 o grises; y (iii) aquellas zonas donde no es viable, desde un enfoque comercial, el despliegue de ninguna red NGA, denominadas zonas 0.5 o blancas.

En las primeras, se plantea una menor regulación *ex ante*, centrada en evitar la aparición de cuellos de botella (por lo que puede ser necesario garantizar el acceso a los conductos del operador incumbente o mecanismos simétricos para garantizar el acceso al segmento final en los edificios) y en promover principios de apertura bajo base comercial, dejando la supervisión de prácticas anticompetitivas a la regulación *ex post*.

En el segundo caso, es necesaria una regulación que garantice la competencia, pero que a su vez impulse el despliegue de redes NGA por los operadores que lo encuentren viable (generalmente solo uno, y que puede optar por no invertir hasta que se reduzcan las incertidumbres). Según (M. Cave & Hatta, 2009) y (M. Cave, 2010), en la ausencia de ayudas públicas, existe un conflicto irreconciliable entre los objetivos de promover la inversión y de mantener un régimen de acceso abierto orientado a costes. Por ello, además de facilitar el despliegue de terceros operadores para tratar de generar una dinámica competitiva suficiente, será importante la adopción de medidas para impulsar los despliegues, como mejoras del precio de los servicios mayoristas mediante primas de riesgo, mecanismos de compartición de riesgo, fomento de los despliegues conjuntos o mecanismos de colaboración público-privado.

Mientras, en las zonas blancas, el despliegue de plataformas NGA tendrá que estar impulsado por algún tipo de ayudas o despliegues públicos, por lo que es previsible una mayor regulación que permita la compartición en régimen abierto de las infraestructuras desplegadas.

3.2.2.3 Regulación simétrica

La utilización de obligaciones simétricas independientes de la existencia de PSM sobre el acceso a determinados elementos de la red, como la infraestructura del interior de los edificios, los conductos y obra civil, o el tramo de acceso desde el último nodo intermedio han sido contempladas por las ANR como un mecanismo para evitar la aparición de cuellos de botella en el proceso de despliegue de las nuevas redes. El ERG (ERG, 2007), (ERG, 2009) ha planteado la necesidad de que el marco regulador disponga de un conjunto de medidas simétricas para su implementación por las ANR. Dichas medidas permitirán obligar a los operadores a negociar la compartición de infraestructuras¹²⁷ bajo condiciones razonables. Por su parte, la Recomendación de la Comisión Europea sobre acceso regulado a las NGA contempla la aplicación de medidas simétricas como un complemento a la regulación asimétrica. En relación a dicho carácter complementario, la CE ha llegado a plantear dudas sobre el modelo regulatorio francés, donde el acceso compartido al último tramo de despliegue se basa exclusivamente en medidas simétricas.

¹²⁷ Verticales, como en Francia y España, u horizontales, como en el caso de los conductos en Portugal, o del último tramo de acceso en las zonas menos densas en Francia.

3.2.2.4 Fijación de precios

Los mecanismos de fijación de precios mayoristas se han situado como uno de los grandes debates actuales sobre la regulación de las NGA. En este sentido, la mayoría de ANRs europeas utilizan mecanismos de orientación a costes (mecanismo sugerido por la Comisión Europea para regular los productos mayoristas de operadores PSM) basados en el uso de técnicas LRIC¹²⁸ para la fijación de precios mayoristas sobre las redes actuales, siendo probable la utilización de estos mismos mecanismos para la fijación de los precios mayoristas sobre las redes NGA¹²⁹.

El tipo de mecanismo de fijación de precios supondrá uno de los elementos clave de la regulación de las nuevas redes de acceso. Dicho precio deberá alcanzar un equilibrio que permita, por un lado, la existencia de incentivos para el despliegue de las nuevas redes a través de una correcta valoración del riesgo asumido por el agente que despliega, mientras que por otro, promueva la competencia efectiva y sostenible. Durante el proceso de debate abierto por la CE, se ha alcanzado un amplio consenso sobre la necesidad de reflejar en los precios mayoristas el riesgo¹³⁰ presente en la inversión de las nuevas redes, permitiendo a los operadores regulados una adecuada recuperación de la inversión realizada en caso de verse obligados a proporcionar acceso mayorista a sus infraestructuras.

Sin embargo, dicha valoración del riesgo puede alcanzarse mediante diferentes alternativas, que van desde: (i) la opción recogida por la Comisión Europea en su Recomendación final (European Commission, 2010b) de incluir una prima de riesgo en el cálculo del coste del capital (WACC) empleado en la fijación de los precios mayoristas¹³¹; (ii) la opción de una mayor flexibilidad en los precios¹³², de forma que estos reflejen el valor y no el coste de los servicios subyacentes¹³³, mediante la libre fijación según el mercado y bajo los principios de equivalencia y no discriminación, y sometido a la regulación de competencia *ex post* para evitar abusos de posición dominante (Williamson, 2008); y (iii), la utilización de

¹²⁸ Long Run Incremental Cost

¹²⁹ No obstante, el debate sobre los mecanismos de fijación de precios mayoristas se extiende a los estándares para la determinación de los costes. Este debate no afecta únicamente a las redes NGA, sino que afecta también a las redes de cobre, al estar relacionados los precios mayoristas ULL con la adopción y precios de los servicios sobre redes NGA reguladas. Recientemente, tanto ETNO (PLUM, 2011), como ECTA (WIK-Consult, 2011) y Vodafone (Frontier Economics, 2011) han publicado sendos estudios referidos a la aplicación de diferentes metodologías de costes para distintos tipos de despliegues, en lo que se presenta como un enfrentamiento entre diferentes posturas sectoriales (operadores incumbentes y alternativos principalmente).

¹³⁰ El riesgo se debe a la existencia de múltiples factores de incertidumbre, los principales son (EC Recommendation 2010): (i) incertidumbre sobre la demanda minorista y mayorista; (ii) incertidumbre sobre los costes de despliegue; (iii) incertidumbre sobre la evolución tecnológica; (iv) incertidumbre sobre la situación competitiva del mercado; y (v) incertidumbre sobre el entorno macro-económico.

¹³¹ El cálculo de la prima de riesgo será realizado por las ANRs atendiendo a los distintos riesgos identificados, y considerando los factores que puedan reducir dichos riesgos, tales como la existencia de economías de escala, altas cuotas de mercado, control sobre los activos esenciales, ahorros de OPEX, etc. Los factores anteriores pueden cambiar con el tiempo, por lo que las ANR deberán realizar análisis periódicos para ajustar la prima de riesgo en función de la variación de los distintos factores.

¹³² Por ejemplo, este enfoque ha sido empleado por OFCOM (OFCOM, 2010) para la fijación del precio del servicio VULA, dejando libertad a BT para establecer el precio del producto mediante acuerdos comerciales (considerando que estos estarán condicionados indirectamente por la competencia existente de servicios de banda ultra-ancha y de banda ancha), bajo los principios de precio justo y razonable, y sometido a la regulación de competencia *ex post*.

¹³³ (Williamson, 2008) plantea la existencia de productos básicos (*anchor products*) como la telefonía o el acceso de banda ancha a velocidades actuales que sí estarían sometidos a una orientación a costes.

mecanismos menos restrictivos que la orientación a costes y que permiten una mayor flexibilidad (como *Price cap* o *retail minus*).

3.2.2.5 *Compartición de riesgo: diferenciación de tarifas e inversión conjunta*

Dada la elevada incertidumbre que rodea la inversión en NGA, la incorporación de mecanismos que reduzcan el riesgo en que incurre un operador inversor mediante la compartición de dicho riesgo con los operadores alternativos que van a hacer uso de su red¹³⁴, puede dar respuesta a parte de los distintos objetivos de política pública, como es: (i) proporcionar incentivos suficientes para desbloquear y ampliar la inversión; (ii) asegurar una rápida penetración y uso de las redes NGA; y (iii) permitir el establecimiento de competencia por parte de terceros operadores.

Los mecanismos de compartición del riesgo pueden tomar varias formas, desde la diferenciación de las tarifas por el acceso activo mayorista según el compromiso, y por tanto el riesgo, asumido por los operadores entrantes, hasta la compartición directa de la inversión mediante la inversión y despliegue conjunto de infraestructuras entre varios operadores. En ambos casos, una parte del riesgo es transferida desde el operador inversor al operador entrante, permitiendo que los operadores inversores vean reducido el riesgo del despliegue, mientras que los operadores entrantes podrán beneficiarse una estructura de costes más similar a los últimos niveles de la escalera de inversión, permitiendo una mayor flexibilidad en las estrategias tarifarias mejorando su posición competitiva¹³⁵.

La compartición del riesgo a través de la diferenciación de tarifas propuesta por los operadores incumbentes (Deutsche Telekom AG, 2008) se basa en la existencia de compromisos vinculantes de largo plazo (entre 5 y 10 años), según los cuales los operadores alternativos adquieren un volumen significativo de conexiones (probablemente *bitstream*) para un área geográfica dada bajo unas condiciones fijas. Esta estructura de costes simula los costes hundidos del operador inversor, y permiten asimismo, la diferenciación de tarifas finales para una recuperación más rápida de la inversión. Este tipo de acuerdos se llevarían a cabo en una fase inicial antes de realizar los despliegues, en la que el operador inversor anunciaría sus planes de despliegue para una región dada, y los operadores alternativos son libres de realizar dichos acuerdos de compartición de riesgo. Una vez realizado el despliegue, el acceso a la red por parte de terceros operadores se permitirá en base a acuerdos de corta duración, de un mayor precio unitario, que irá disminuyendo según se reduzca el riesgo inversor. Asimismo, bajo este modelo se podrá desarrollar un mercado secundario de los derechos de acceso de largo plazo.

¹³⁴ No confundir con los mecanismos de prima de riesgo presentados en el apartado anterior, ya que estos no conllevan una disminución del riesgo. En (Never, 2008), se analiza el caso de las primeras fases de penetración de los nuevos servicios, donde los costes unitarios son muy elevados y los operadores inversores están obligados a sufrir pérdidas mientras que los operadores alternativos que acceden mediante un precio regulado pueden obtener beneficios desde el primer momento. Según Never, esta situación supone una subvención *de facto* del operador inversor hacia los operadores entrantes a través de precios mayoristas más bajos que el coste unitario en dicha fase. Situación que se vuelve más grave según la incertidumbre sobre la demanda es mayor, y no se solventa mediante mecanismos de prima de riesgo, siendo necesario la aplicación de mecanismos de compartición del riesgo.

¹³⁵ Existe una demanda por parte de los operadores alternativos para modificar la estructura de los precios mayoristas *bitstream*, de forma que, para el mismo coste medio por línea se disminuya el coste marginal. Para ello, se propone (Towerhouse Consulting, 2011) la división del coste de los servicios en términos fijos, semi-fijos y variables, representando más adecuadamente el coste de los recursos utilizados para la prestación del servicio.

No obstante, estos planteamientos no encajan con la Recomendación de la CE ya que plantea la orientación a costes de todos los productos mayoristas (con prima de riesgo en algunos casos), si bien incluye mecanismos de flexibilización de los precios en forma de descuentos por duración y volumen de los contratos. Hasta el momento no es posible encontrar muchos ejemplos de este tipo de acuerdos, si bien en la literatura se recogen distintas aproximaciones a estos modelos planteando su capacidad para incentivar el despliegue de redes NGA en contraposición al modelo regulatorio clásico (Fredebeul-Krein & Knoblen, 2010; Never, 2008; Siciliani, 2010).

La inversión conjunta en el despliegue de redes NGA por varios agentes supone un mecanismo claro de compartición del riesgo que puede facilitar la viabilidad de los despliegues debido a las sinergias y economías de escala que se pueden llegar a alcanzar¹³⁶, suponiendo un mecanismo válido para racionalizar la inversión privada y fomentar despliegues más rápidos y extensos en áreas comercialmente viables. Algunos ejemplos de dichos acuerdos son el caso Suizo de cooperación horizontal entre Swisscom y las utilities regionales¹³⁷, el plan de inversión conjunta de los principales operadores alternativos italianos¹³⁸, o el despliegue conjunto de una red FTTH en Portugal por Sonaecom y Vodafone¹³⁹. No obstante, cuando el operador PSM está involucrado en el despliegue conjunto, puede ser necesaria la aprobación de dicho despliegue (o sociedad) por parte de las Agencias Nacionales de Competencia (ANC), que pueden imponer obligaciones de acceso abierto para evitar el bloqueo de la entrada de terceros operadores en el mercado y para evitar un abuso de posición dominante¹⁴⁰.

¹³⁶ La Recomendación de la Comisión relativa al acceso regulado a las redes de acceso de próxima generación (European Commission, 2010b) plantea en el preámbulo 27 que *“la coinversión en redes NGA puede reducir tanto los costes como los riesgos de una empresa inversora, favoreciendo así un despliegue más amplio de la FTTH”* refiriéndose a los despliegues de redes multifibra. Asimismo, favorece la inversión conjunta en redes multi-fibra, al considerar en el preámbulo 28, y en el apartado 28, que las zonas cubiertas por dicho tipo de despliegues pueden justificar la definición de un mercado distinto, lo que puede llevar a la retirada de las obligaciones si no se identifica PSM.

¹³⁷ El caso de Suiza supone un ejemplo paradigmático de esquema de compartición de infraestructuras. El operador incumbente, Swisscom, sigue desde 2008 un modelo de despliegue multifibra de cuatro fibras por hogar en el tramo de acceso (según un modelo punto a punto), de forma que dispone de una para uso propio y de tres adicionales para operadores alternativos según cuatro modelos de acceso mayorista: (i) modelo de intercambio según el cual cada uno de los socios del acuerdo despliegan una red multifibra en una región diferente, proporcionando al resto el acceso a una fibra en cada una de las regiones, si las regiones son equivalentes no es necesaria compensación económica; (ii) aquellos operadores sin infraestructuras invierten conjuntamente con Swisscom para desplegar la red y ganar acceso exclusivo a una de las fibras; (iii) alquiler de la una de las fibras como fibra oscura, Swisscom ofrece asimismo acceso a sus centrales locales para la ubicación de equipos, así como a puntos de distribución donde los operadores alternativos podrían instalar splitters en caso que deseen un despliegue PON; y (iv) contratación de acceso indirecto en forma de servicios bitstream. (Swisscom, 2008).

¹³⁸ El proyecto de coinversión de mayor alcance anunciado en Europa es el protagonizado por los operadores alternativos italianos FastWeb, Vodafone Italia, Wind y Tiscali, que plantean una inversión conjunta de 2.500 millones de euros para desplegar una red FTTH de 4 millones de hogares de cobertura en los próximos 5 años y un total de 8.500 millones para alcanzar al 50% de la población italiana.

¹³⁹ Sonaecom (actualmente Optimus) y Vodafone Portugal, firmaron un acuerdo para la creación de una joint venture al 50% que desplegará, gestionará y mantendrá la red NGA sobre la que ambas empresas podrán prestar servicios de próxima generación y competir en el mercado minorista.

¹⁴⁰ Para un análisis más detallado de las implicaciones regulatorias y de competencia de los acuerdos horizontales en el despliegue de redes NGA se recomienda la lectura de (ERG, 2009) y de (Machado, 2010), artículo en que el autor concluye que si cualquiera de los agentes inmersos en un acuerdo de coinversión no fuesen capaces de entrar en el mercado desplegando su propia plataforma NGA en un

3.2.2.6 Separación funcional

La separación funcional se ha recogido en la revisión del Marco Regulador¹⁴¹ de 2009 como una medida extrema¹⁴² que puede ser impuesta por las ANR en caso de que el resto de obligaciones contempladas en el Marco no permitiesen alcanzar una competencia efectiva y que continúen existiendo problemas relevantes o fallos de mercado en relación a la provisión de servicios mayoristas. En el contexto del despliegue de las redes de acceso de próxima generación, el debate sobre la aplicación de la separación funcional ha girado en torno a diferentes aspectos:

En primer lugar, sobre la existencia o no de economías de alcance en los entornos multi-servicio bajo tecnología todo IP que caracterizan a las redes NGA. En caso de importantes economías de alcance, la separación funcional implicaría una pérdida de eficiencia significativa que afectaría a los costes finales. Sobre este tema existen posturas encontradas¹⁴³, por un lado, la separación entre la plataforma de conectividad y los servicios y la utilización de mecanismos best-effort en el transporte implica según (Gonçalves & Nascimento, 2009) y (Ganuza et al., 2011) una reducción de las economías de alcance. Mientras, por otro lado, (Amendola, Castelli, & Serdengeci, 2007), consideran que en un entorno NGA existen economías de alcance en la diferenciación de productos por parte de operadores integrados debido a las sinergias entre las tecnologías empleadas y el tipo de servicio y calidades ofrecidas. En ese sentido (Goncalves & Nascimento, 2010) plantean¹⁴⁴ que la no existencia de economías de alcance supone una condición necesaria pero no suficiente para implementar la separación funcional.

En segundo lugar, sobre el impacto que dicha medida tendría sobre los incentivos a invertir de los diferentes agentes del mercado. Bajo un escenario de separación funcional la literatura pone de manifiesto el peligro de una menor inversión por parte de los operadores incumbentes y alternativos (Teppayayon & Bohlin, 2010), quedando la inversión de redes NGA restringida a la entidad separada, que también podría ver reducidos sus incentivos, ya que los planes actuales de despliegue se basan en la existencia de entidades integradas y un proceso de separación funcional retrasaría inevitablemente los proyectos de inversión en NGA varios años (Pupillo, Waverman, & Dasgupta, 2009). No obstante esta última conclusión no es

corto periodo de tiempo en ausencia del acuerdo, salvo circunstancias excepcionales este será considerado pro competitivo.

¹⁴¹ La separación funcional está recogida en el *Artículo 13a* de la Directiva de Acceso (2002/19/EC).

¹⁴² La separación funcional y estructural se han considerado como medidas de carácter irreversible y de costosa implementación, que pueden tener un efecto negativo sobre los incentivos a invertir tanto de los incumbentes como de los entrantes. Sin embargo, permiten una mayor transparencia reduciendo los incentivos para la discriminación de los operadores alternativos y para dar un trato preferencial a la división minorista del incumbente. Algunos ejemplos de procesos de separación funcional para los casos de Suecia, Italia y Reino Unido se pueden encontrar en (Doyle, 2008; A. Nucciarelli & Sadowski, 2010; Teppayayon & Bohlin, 2010) respectivamente.

¹⁴³ El debate sobre la separación de empresas integradas verticalmente se ha vivido en otros sectores, principalmente en el sector ferroviario y eléctrico. Una revisión de la literatura de dichos debates, y que puede servir de referencia para el debate sobre los operadores de telecomunicaciones, puede ser encontrada en (Goncalves & Nascimento, 2010).

¹⁴⁴ En su artículo, Ricardo Gonçalves y Álvaro Nascimento (2010) proponen tres preguntas para evaluar la oportunidad de imposición de la separación funcional en un mercado dado, siendo necesario para ello que las tres sean afirmativas. Esas tres preguntas son: (i) si hay PSM en la provisión de servicios de acceso NGA (considerando en dicho análisis el papel de las infraestructuras alternativas como el cable); (ii) si existen pocas sinergias en la integración vertical en la provisión de servicios; y (iii) si la separación funcional es mejor herramienta que cualquier otro remedio.

unánime, al respecto, (Doyle, 2008) sostiene que el mayor énfasis en la diversidad de servicios plantea la importancia de concentrar el esfuerzo en el segmento minorista y sospecha que las empresas podrían encontrar hasta beneficioso especializarse y separar sus actividades minoristas de sus actividades de la red al por mayor conforme la naturaleza de los productos finales se vuelva más sofisticada.

Considerando los elementos anteriores las ANR deberán valorar si, en ausencia de grandes planes públicos de inversión que pudiesen llevar a despliegues amplios con apoyo público¹⁴⁵, la separación funcional supone una medida proporcionada y ajustada a la problemática relacionada con la inversión en redes NGA, teniendo en cuenta que en algunos mercados europeos los principales despliegues de accesos NGA están siendo protagonizados por los operadores de cable.

3.2.3 Enfoque de la Comisión Europea

La divergencia en las medidas tomadas por los Estados Miembros en los últimos años motivó a la Comisión Europea, en base al *Artículo 19* de la Directiva Marco¹⁴⁶, a iniciar un proceso de consulta pública para el establecimiento de una Recomendación sobre el acceso regulado a redes NGA. El proceso ha necesitado de dos versiones borrador hasta la versión final de 2010, durante el cual se ha producido un cambio en la orientación de las medidas planteadas por la Comisión.

3.2.3.1 Primer borrador

El primer borrador, publicado en septiembre de 2008 para consulta pública (European Commission, 2008b), se centró en asegurar el acceso de terceros operadores al nivel más bajo posible de la red del operador PSM, esto es acceso a conductos y a fibra oscura en aquellos casos donde los conductos no estuviesen disponibles. Por su parte, el acceso activo se mantenía en aquellos casos donde los remedios "pasivos" no fuesen suficientes, bajo una prima de riesgo. De esta forma, bajo el primer borrador la Comisión trataba de incentivar la competencia en infraestructuras mediante obligaciones de acceso graduales. Por su parte, los despliegues de redes FTTN/VDSL son considerados como una modernización de las redes tradicionales formando parte de la cadena de sustitución, por lo que no se aplicaría ninguna prima de riesgo a los productos de acceso mayorista a los servicios sobre dichas redes.

3.2.3.2 Segundo borrador

El segundo borrador, publicado en julio de 2009 para consulta pública (European Commission, 2009a), modificó notablemente el enfoque planteado en la primera versión. Si bien se mantuvieron las medidas relativas al acceso a conductos y obra civil, estas dejaron de ser el principio básico de la Recomendación para retomar el

¹⁴⁵ Como ha sido el caso en Australia o Nueva Zelanda, donde los planes públicos de inversión han ido asociados a un proceso de separación de las infraestructuras de los operadores incumbentes.

¹⁴⁶ "Cuando la Comisión constate que las divergencias en la ejecución por las autoridades nacionales de reglamentación de las tareas reguladoras especificadas en la presente Directiva y en las Directivas específicas pueden crear un obstáculo al mercado interior, podrá presentar, teniendo en cuenta en la mayor medida posible el dictamen del ORECE, una recomendación o decisión sobre la aplicación armonizada..."

principio de “escalera de inversión”, manteniendo obligaciones de acceso activas y pasivas en todos los niveles de la red y áreas donde se encontrase PSM. Otra novedad fueron la incorporación de excepciones a las obligaciones en casos de despliegues multifibra¹⁴⁷ o inversiones conjuntas que buscaban fomentar las inversiones en zonas menos densas mediante el despliegue de una red única multifibra. En el segundo borrador, los productos de acceso activo de los despliegues FTTN/VDSL son perceptivos de la aplicación de primas de riesgo.

3.2.3.3 La Recomendación final

Finalmente, la Recomendación final aprobada en 2010 (European Commission, 2010b), propone la utilización de medidas consistentes con la regulación actual (perfilada para el acceso a las redes de pares de cobre) en los contextos de los mercados 4 (acceso mayorista a las infraestructuras de red) y 5 (acceso mayorista de banda ancha). El objetivo de esta Recomendación es asegurar que los operadores entrantes o alternativos tienen un acceso mayorista *ex ante*, orientado a costes, a los distintos niveles de infraestructura y recursos de red de los operadores designados con peso significativo de mercado.

Las principales medidas propuestas son: (i) acceso a los conductos y obra civil de los operadores con peso significativo de mercado (PSM), permitiendo a los operadores alternativos el despliegue de sus propias redes de fibra, cobre o cable coaxial; (ii) acceso al segmento final de fibra en los edificios (en el caso de despliegues FTTH por parte del operador PSM), permitiendo a los operadores alternativos el despliegue de sus propias redes hasta el punto de distribución habilitado para la conexión al segmento final, dicho punto deberá contener un número suficiente de hogares para hacer viable el modelo de negocio de los operadores alternativos que se conecten a él; (iii) acceso desagregado al bucle de fibra óptica en caso de FTTH desde un punto de presencia metropolitano, así como medidas que garanticen la viabilidad de la colocación y el *backhaul*. Esta obligación será independiente del tipo de tecnología, arquitectura o topología empleada por el operador PSM, y será puesta en práctica tan pronto existan mecanismos viables de desagregación, mientras, el operador PSM deberá ofrecer productos alternativos de acceso; (iv) acceso al sub-bucle en caso de despliegues FTTN; y (v) acceso mayorista de banda ancha, para todas las arquitecturas de NGA desplegadas, con distintos productos que reflejen las capacidades físicas de la infraestructura desplegada.

Las medidas anteriores siguen un modelo de precios con orientación a los costes, si bien, con el objetivo de incentivar la inversión de los operadores PSM, incluyen mecanismos de consideración del riesgo en forma de prima de riesgo, y de flexibilización de los precios en forma de descuentos por duración y volumen de los contratos. Dichos mecanismos se aplicarán sobre los puntos (ii), (iii) y (v)

¹⁴⁷ La Comisión denomina despliegues multifibra a aquellos en los que el operador despliega más fibras de las que necesita en los tramos de alimentación y acometida de forma que puede dar acceso a otros operadores a dicha infraestructura física y que sean ellos los que las gestionen. Dichos despliegues pueden ser tanto punto a punto (P2P) como punto a multipunto (PON), por lo que la Comisión considera que al recomendar u obligar estos despliegues no se está incumpliendo el principio de neutralidad tecnológica.

mencionados anteriormente, mientras que las medidas (i) y (iv) no dispondrán de dichos mecanismos de incentivo.

La Recomendación incluye asimismo un conjunto de medidas destinadas a establecer la diferenciación geográfica de las obligaciones propuestas, permitiendo la definición de mercados infra nacionales con diferencias significativas en las condiciones competitivas. De esta forma, en aquellas zonas con presencia de varios operadores con infraestructuras propias, las ANR podrán eliminar la obligación de desagregación del bucle de fibra óptica. Mientras, en aquellas zonas donde las medidas de acceso al mercado 4, especialmente el acceso desagregado al bucle, sean efectivas, la obligación de acceso mayorista de banda ancha (mercado 5) podrá ser eliminada.

La Recomendación también fomenta los despliegues multifibra mediante inversión conjunta de múltiples operadores al plantear la posibilidad de que dichas situaciones se consideren como un mercado separado sin PSM si se cumplen ciertas condiciones. Finalmente, la Recomendación mantiene el plazo mínimo de 5 años, en ausencia de acuerdo entre las partes, para la migración de las centrales hacia estructuras FTTH.

3.2.4 Regulación de los principales países europeos

3.2.4.1 Francia

El modelo regulador adoptado por Francia se ha basado en dos niveles de acceso, el acceso asimétrico a los conductos, determinado según los procedimientos de revisión de mercados, y el acceso simétrico a la acometida final, determinado por la Ley de modernización de la economía de 2008¹⁴⁸.

En primer lugar, y como producto de la revisión de los mercados 4 y 5 iniciado en 2007 y publicado a mediados de 2008, ARCEP determinó que France Telecom tenía PSM en las infraestructuras pasivas, imponiendo la obligación de acceso a sus conductos. No obstante, ARCEP no ha impuesto obligaciones asimétricas de acceso desagregado al bucle óptico ni de acceso activo a las nuevas infraestructuras NGA. Si bien esto último contradice la Recomendación de la Comisión, el regulador francés considera que el estado incipiente de los despliegues desaconseja la imposición de dichas medidas asimétricas.

En segundo lugar, y como elemento más relevante del modelo francés, se han establecido obligaciones simétricas de acceso para todos los operadores que realicen despliegues de fibra óptica en el interior de los edificios. Estas obligaciones derivan de la Ley de modernización de la economía de 2008, y las condiciones específicas han sido desarrolladas posteriormente por ARCEP mediante procesos de consultas públicas durante los años 2009 y 2010, entrando en vigor el modelo completo este mismo año. El modelo distingue dos situaciones, en zonas de alta densidad de población, correspondientes a 148 municipios con un total de 5,54

¹⁴⁸ Loi n° 2008-776 du 4 août 2008 de modernisation de l'économie.

millones de hogares ¹⁴⁹, donde se estima que es viable que más de un operador despliegue redes de fibra óptica hasta los edificios, y el resto de zonas, donde no resulta viable que varios operadores desplieguen sus redes tan cercanas a los usuarios finales.

En las primeras, aquellos operadores que deseen realizar el despliegue de redes FTTH deberán comunicar su intención, de forma que el resto de operadores puedan solicitar la instalación de una fibra dedicada desde el punto de acceso (por lo que se desplegará una red multifibra), que deberá estar situado en el interior de los edificios si estos contienen más de 12 viviendas, o conectado al sistema de alcantarillado independientemente del número de viviendas. Los operadores que soliciten dicha instalación tendrán que afrontar el pago de la fibra dedicada y un porcentaje de los costes comunes.

En el caso de las zonas menos densas, el modelo establece la compartición de un tramo mayor de red de acceso, localizando el punto de acceso en un punto intermedio de forma que se cubran al menos 300 conexiones, siendo 1000 el número recomendable. En este caso el operador que despliegue deberá conectar todos los edificios en dicha área, y proporcionar acceso a los operadores que lo soliciten, sin necesidad de desplegar una fibra dedicada por cada uno de ellos. Asimismo, los despliegues en las áreas menos densas cuentan con el apoyo de planes de inversión públicos (ver apartado 3.3.3.1)

3.2.4.2 Alemania

El modelo alemán se ha centrado en el desarrollo de medidas que permitan la reducción de los riesgos, la promoción de la inversión y la transparencia. El mercado alemán ha visto durante 2009 y 2010 varios proyectos de cooperación en el despliegue de redes NGA, principalmente basadas en el acceso compartido a infraestructuras pasivas. En ese sentido, el regulador BNetzA, ha dado preferencia a las medidas regulatorias que permitan la inversión conjunta de varios agentes, y la creación de un mercado mayorista basado en el mercado y en los acuerdos comerciales más que en obligaciones regulatorias.

Para el caso de los despliegues de redes VDSL, el regulador ha establecido obligaciones de desagregación del sub-bucle, ubicación en armarios, y acceso a conductos entre la central y el armario intermedio, todas ellas orientadas a costes. Mientras que para el caso del acceso activo, no existe un control de precios *ex ante* de los productos mayoristas VDSL, fomentando la inversión del operador incumbente.

En el caso de los despliegues FTTH, el regulador ha impuesto obligaciones de acceso desagregado al bucle óptico y de acceso activo, sin embargo, no se ha regulará *ex ante* los precios de los productos mientras los operadores PSM ofrezcan de forma voluntaria precios razonables de forma no discriminatoria. Esto permite modelos tarifarios más innovadores que permiten la implementación de mecanismos de compartición del riesgo o de inversión conjunta.

¹⁴⁹ Compuestas por los municipios de más de 250.000 habitantes donde más del 50% de los edificios contengan 12 viviendas o donde más del 20% de los edificios contengan 12 viviendas y al menos un operador haya anunciado su intención de desplegar redes FTTH.

3.2.4.3 Países Bajos

El modelo regulatorio desarrollado en los Países Bajos ha estado marcado por la evolución de los planes de despliegue de KPN. La adquisición de Reggefiber, así como la estrategia de mantener el despliegue FTTH/P2P abierto a terceros ha permitido el establecimiento de obligaciones de acceso al bucle óptico desde las centrales FTTH desplegadas por KPN y Reggefiber, estableciendo un régimen de acceso desagregado que apoya el propio operador. Los precios mayoristas varían en función de la zona, ya que se han calculado en base a mecanismos de orientación a costes *price cap* multianuales, dependientes del retorno de la inversión y del CAPEX en distintas áreas.

Asimismo, el modelo ha establecido la obligación de acceso activo (bitstream), aunque sin una regulación de tarifas *ex ante*, fomentando la utilización de productos mayoristas de desagregación frente a los de acceso activo, y centrando la competencia entre la plataforma de cobre o FTTH, donde operan varios agentes, y la plataforma de cable.

3.2.4.4 Portugal

El modelo regulatorio establecido en Portugal ha estado impulsado por las iniciativas legislativas tomadas por el gobierno desde 2008, y amplificadas por iniciativas de política económica.

El principal instrumento, la Ley 32/2009 del 9 de Julio, regula: (i) el acceso de los operadores a los conductos y otras infraestructuras válidas para el despliegue de redes de fibra óptica, propiedad de entidades públicas; (ii) la creación de una base de datos central de conductos e infraestructuras; (iii) un marco regulador del despliegue de conductos e infraestructuras con énfasis en la coordinación entre operadores; (iv) reglas para el despliegue de infraestructuras de conductos en zonas de nueva construcción; y (v) la obligación simétrica para proporcionar acceso a los despliegues de fibra en el interior de los edificios (Bourreau, Cambini, & Hoernig, 2010).

Asimismo, el regulador ANACOM determinó la obligación de Portugal Telecom de ofrecer acceso orientado a costes a sus conductos. De esta forma, el modelo portugués pone a disposición de los operadores alternativos el acceso a infraestructura pasiva (tanto de Portugal Telecom, como de empresas públicas) y establece medidas simétricas en el acceso a la acometida final. Estas medidas, unidas a los compromisos de inversión de los agentes privados y los subsidios en zonas rurales (ver 3.3.3.4) han permitido a Portugal situarse como uno de los países más activos de Europa en el despliegue de redes FTTH desde 2009, alcanzando a mediados de 2010 una cobertura FTTH del 37,3% de los hogares del país.

Por otra parte, el regulador retrasó en 2009 la toma de otras medidas asimétricas como la desagregación del bucle óptico o el establecimiento de obligaciones de acceso activo sobre las redes FTTH de los operadores PSM, hasta la publicación de la Recomendación definitiva, por lo que actualmente ninguna de dichas medidas está disponible.

3.2.4.5 Reino Unido

En Marzo de 2009, Ofcom presentó las líneas generales de la regulación para el desarrollo de las NGA centradas en el fomento de la inversión (y en especial la inversión temprana que derive en despliegues rápidos y extensos) como en la competencia entre infraestructuras hasta la profundidad de la red que permita el establecimiento de una competencia efectiva y sostenible. Considerando la situación competitiva del país y los planes de despliegues de BT y de Virgin, Ofcom estimó que los productos de acceso activo supondrán un elemento clave para alcanzar rápidamente un nivel de competencia extenso en aquellas localizaciones donde BT hubiese actualizado su red (en torno a los dos tercios del país en 2015), mientras que los productos de acceso pasivo, como el acceso a conductos o la desagregación del sub-bucle, tendrían su uso para aquellas empresas que quisiesen aprovechar oportunidades de mercado adelantándose a BT o en zonas susceptibles de recibir financiación pública.

De esta forma, el regulador se ha centrado en el desarrollo de soluciones activas que puedan sustituir el papel cubierto por la desagregación del bucle en la actual generación de servicios de banda ancha. El objetivo es mantener la capacidad de los operadores alternativos de desarrollar servicios innovadores y proporcionar un grado de control similar al alcanzado mediante la desagregación física. Para ello estudio el desarrollo de un producto, inicialmente denominado ALA¹⁵⁰ basado en Ethernet que debería cumplir con cinco características: acceso local, soporte de múltiples servicios (agnóstico al servicio), capacidad dedicada al usuario final, un nivel suficiente de control de acceso y un nivel suficiente de control del terminal CPE del usuario.

El marzo de 2010, Ofcom presentó la revisión de los mercados 4 y 5, centrando las principales medidas relativas al desarrollo de las NGA en el mercado 4. Entre dichas medidas estaban: (i) la obligación de BT de proporcionar un servicio de acceso desagregado virtual (denominado VULA¹⁵¹) a las líneas NGA (tanto FTTH/B) en toda su área de cobertura, dicho servicio se prestará sin control de precios *ex ante* permitiendo flexibilidad por áreas geográficas o por volumen; (ii) proporcionar acceso a sus postes y conductos (denominado PIA¹⁵²) con orientación a costes; y (iii) mantener el acceso desagregado al sub-bucle.

Otros productos de acceso mencionados en la Recomendación de la Comisión como el acceso a la infraestructura interior de los edificios o la desagregación física de los bucles no están contemplados en el modelo regulador de Reino Unido. Estos elementos, junto a la no imposición de la orientación a costes de los servicios VULA han generado las críticas de la Comisión.

3.2.4.6 España

El enfoque regulador tomado en España trata de incentivar la inversión y la competencia en infraestructuras mediante la puesta a disposición de los operadores alternativos de productos de acceso pasivos orientados a costes. Concretamente, la

¹⁵⁰ Active Line Access

¹⁵¹ Virtual Unbundled Local Access

¹⁵² Physical Infrastructure Access

CMT ha impuesto sobre Telefónica la obligación de proporcionar acceso a sus conductos e infraestructuras pasivas, así como a fibra oscura en caso de escasez de espacio en los conductos. La regulación española no contempla la desagregación del bucle óptico.

Asimismo, se han establecido medidas simétricas de acceso a los despliegues de fibra en el interior de los edificios, de forma que el primer operador en desplegar deberá atender las solicitudes razonables de acceso y ofrecer el uso de los elementos de red involucrados a un precio razonable.

En cuanto al acceso activo, la CMT ha impuesto la obligación sobre Telefónica de proporcionar un acceso mayorista a nivel nacional sobre cualquier infraestructura limitado a 30 Mbps, al considerar que los servicios de banda ultra ancha no son sustitutivos de los servicios actuales de banda ancha. Los operadores alternativos que quieran ofrecer servicios de más de 30 Mbps deberán recurrir a los productos del mercado 4 para ello.

3.2.5 Problemáticas abiertas

Pese a la publicación de la Recomendación por parte de la Comisión Europea en 2010, el debate regulatorio en Europa no se puede considerar cerrado. Las ANR se enfrentan al reto de desarrollar el conjunto de herramientas planteadas por la Comisión, adaptando dichos enfoques regulatorios a la realidad de los distintos mercados, para impulsar la inversión eficiente y la competencia efectiva en el entorno de las redes de acceso de próxima generación.

Asimismo, en la actualidad las medidas regulatorias vigentes en algunos Estados Miembros difieren en mayor o menor medida de la Recomendación de la Comisión¹⁵³, y será necesario esperar a las próximas revisiones de los mercados 4 y 5 para ver si las distintas ANR revisan la regulación establecida hacia el enfoque homogéneo propuesto por la Comisión¹⁵⁴, o si por el contrario deciden mantener los enfoques actuales por considerar que están mejor adaptados a las problemáticas y políticas nacionales.

Por otra parte, no está claro que el enfoque planteado por la Comisión permita resolver los problemas de incentivo de las NGA. (A. Renda, 2010a) considera la Recomendación no captura el nuevo paradigma, al reiterarse en la aplicación del

¹⁵³ La divergencia con la Recomendación sobre acceso regulado a las NGA ha motivado en algunos casos las críticas de la Comisión Europea. Por ejemplo, en relación a las obligaciones de acceso activo a las nuevas redes, ni España (donde la obligación solo existe para servicios de menos de 30 Mbps) (European Commission, 2008a) ni Francia (donde no se ha impuesto ninguna obligación de acceso activo) (European Commission, 2010c) cumplen con la Recomendación. En relación a la orientación a costes, tanto Alemania (European Commission, 2011a) como Reino Unido (European Commission, 2010d) han considerado mecanismos de regulación *ex post* para los productos de desagregación (o desagregación virtual en el caso de Reino Unido) y de acceso activo sobre las redes NGA desplegadas por los operadores PSM.

¹⁵⁴ En ese sentido, el Artículo 19 de la Directiva Marco considera en relación a las Recomendaciones que "Los Estados miembros velarán por que las autoridades nacionales de reglamentación tengan en cuenta en la mayor medida posible estas recomendaciones en el desempeño de sus tareas. Cuando una autoridad nacional de reglamentación decida no seguir una recomendación, deberá informar de ello a la Comisión, motivando su posición". Asimismo, la Comisaria Neelie Kroes ha puesto de manifiesto la intención de la Comisión de abrir una segunda fase de investigación bajo el supuesto contemplado en el Artículo 7 de la Directiva Marco en aquellos casos de desviación de la aplicación consistente de obligaciones (European Commission, 2011e).

enfoque de escalera de inversión frente a enfoques que fomenten una competencia en infraestructuras y mayores compromisos de inversión de los operadores alternativos, no atender a la necesidad de un enfoque más integrado del ecosistema de Internet (ver apartado 3.4), y no fomentar la consolidación industrial en el mercado europeo. Por su parte (M. Cave & Shortall, 2010) consideran que la Recomendación obtendrá poco resultado en términos de armonización¹⁵⁵, que favorece la competencia frente a la inversión¹⁵⁶ al abandonar los principios mantenidos en el primer borrador de abrir las "infraestructuras esenciales" por el mantenimiento del *status quo* que representa la escalera de inversión, y que el largo proceso hasta su publicación final y el cambio respecto al primer borrador han dificultado los objetivos de certidumbre regulatoria.

En el segmento industrial, las reacciones de los principales operadores europeos (ETNO, 2010) han sido de insatisfacción, considerando la imposición de orientación de costes en todos los niveles de productos mayoristas, a pesar de las consideraciones de riesgo, como una carga desproporcionada sobre unas infraestructuras aun no existentes, que pueden reducir los incentivos para su despliegue y limitar el establecimiento de un modelo competitivo sostenible. Por su parte, los operadores de cable consideran que la Recomendación infravalora el rol de las redes de cable y que la regulación debería fomentar de una forma más clara la competencia en infraestructuras (Cable Europe, 2010). Mientras, los operadores alternativos han agradecido la imposición de obligaciones de acceso y de orientación a costes (ECTA, 2010).

En este contexto, las principales problemáticas abiertas consideradas en este trabajo de investigación se centran en: (i) el modelo regulador establecido y la posibilidad de diferenciación geográfica de las medidas regulatorias en función de la situación competitiva y de la viabilidad del establecimiento de una competencia en infraestructuras; (ii) la consideración de mecanismos de reducción del riesgo y de inversión conjunta que permitan incrementar los incentivos al despliegue y mejorar la efectividad de la competencia; y (iii) el establecimiento de un marco regulador que integre asimismo el papel de las políticas públicas de ayuda y una visión más completa sobre la cadena de valor de la plataforma de Internet.

3.3 Políticas públicas

Pese a la tendencia a que los protagonistas de los despliegues de redes sean los agentes económicos en un contexto liberalizado y competitivo, la intervención de

¹⁵⁵ En términos de armonización, el impacto de la Recomendación ha sido bajo, dado que durante el largo proceso hasta la definición de la Recomendación final múltiples ANRs han realizado revisiones de los distintos mercados afectados, tomando como referencia distintos borradores de la Recomendación, por lo que el resultado en Europa es heterogéneo.

¹⁵⁶ Al considerar que los mecanismos de orientación a costes y prima de riesgo resultan muy intrusivos para las estrategias de los distintos operadores, dificultando la capacidad de innovación y libertad para desarrollar nuevos modelos competitivos en el ecosistema de Internet. El enfoque actual puede garantizar la estructura competitiva en el corto y medio plazo, pero puede verse debilitada en el largo plazo, tanto en estructura como en profundidad, al enfrentarse los operadores alternativos basados en desagregación del bucle a un proceso de "descenso" en la escalera de inversión hacia soluciones de acceso activo.

los estados y gobiernos a través del establecimiento de políticas públicas facilitadoras ha continuado jugando un papel clave en los últimos años para permitir la extensión de las redes de banda ancha a zonas donde la inversión privada no estaba prevista o donde se desarrollaba con retraso (Bauer, 2009; Cava-Ferreruela & Alabau-Munoz, 2006). Asimismo, el despliegue de redes de banda ancha genera un conjunto de beneficios públicos que no pueden ser recogidos en su totalidad por los agentes de mercado salvo que se provean los incentivos adecuados a través de la intervención pública (R. D. Atkinson, 2007; Bauer, 2010; Picot & Wernick, 2007; Teppayayon & Bohlin, 2008).

Países como Japón (Ida, 2006), Corea (Chung, 2006) o los países Nórdicos (Eskelinen, Frank, & Hirvonen, 2008) presentan claros ejemplos de cómo la aplicación de un marco adecuado de política pública ha contribuido en el pasado a alcanzar una mayor penetración y adopción de la banda ancha. Sin embargo, si bien las políticas públicas pueden influir positivamente en los incentivos para el despliegue (oferta) y la adopción (demanda), son otros los factores que, mayoritariamente, conducen a la inversión de los agentes privados y a la contratación de los servicios por parte de los usuarios. Asimismo, las diferencias económicas, sociales, geográficas y políticas entre los diferentes países, hacen que no sea fácil la traslación de políticas de éxito, siendo necesario el desarrollo de políticas que encajen con la situación real de cada mercado.

El papel de las políticas públicas en el despliegue de redes NGA puede suponer un cambio en las tendencias de política pública, retomando esta un papel más activo en el impulso y participación en los despliegues (Luis Gomez-Barroso & Feijoo, 2010). Sin embargo, el estado incipiente de los despliegues, las diferentes barreras existentes (de índole económica, regulatoria, de competencia, etc.) para incentivar la inversión por parte de los agentes privados y el impacto que estas redes tienen sobre el ecosistema de Internet formado por usuarios, redes, servicios, aplicaciones y contenidos, requieren de un nuevo enfoque, que no solo se centre en políticas de oferta, sino que integre en una visión amplia factores de oferta y de demanda, el impacto y relaciones con el ecosistema de Internet, así como que se adapte a la realidad local de los diferentes mercados y regiones a través de estrategias integradas de banda ancha.

Las experiencias de participación pública en el despliegue de redes de próxima generación en el mundo son diversas en cuanto a su motivación, alcance e implementación¹⁵⁷. Entre las razones esgrimidas para llevar a cabo estas inversiones se encuentran criterios de equidad en el acceso a las nuevas tecnologías, la falta de inversión por parte de los operadores privados o la necesidad de invertir en un sector con importantes repercusiones a nivel de producción y consumo. Asimismo, estas redes han representado una alternativa a la que dirigir los recursos públicos destinados a la recuperación económica. No obstante, no existe un consenso generalizado sobre la necesidad u oportunidad de impulsar la próxima generación de redes de la misma forma que se impulso la

¹⁵⁷ Para una mayor discusión sobre los motivos y mecanismos de inversión pública en redes NGA se recomienda la lectura de (M. Cave & Martin, 2010) y de (Ruhle, Brusica, Kittl, & Ehrler).

primera generación de banda ancha¹⁵⁸, y es necesario considerar que el establecimiento de políticas públicas específicas depende en gran medida de la doctrina económica seguida por los responsables políticos¹⁵⁹.

No obstante, es necesario que los esfuerzos públicos estén coordinados y en equilibrio con las iniciativas privadas, permitiendo el establecimiento de un clima favorable a la inversión y que se maximice los beneficios generados por la combinación de ambos. Asimismo, se debe evitar la pérdida de tiempo, energía y dinero público en "carreras para desplegar primero" entre el sector público y privado, centrándose en aquellas zonas donde la iniciativa privada no alcanza, y fomentando el desarrollo de una competencia sostenible (Vergara, Moral, & Pérez, 2011). Asimismo, las políticas públicas deberán conjugarse con la situación económica actual y con las políticas de reducción del déficit aplicadas por la mayoría de países europeos. De esta forma, no es previsible el establecimiento de planes públicos que tengan como objetivo el despliegue nacional de redes FTTH mediante fondos públicos, siendo necesarias estrategias más flexibles en términos de plataformas y modelos de negocio para distintas zonas, en función de la estructura de costes, situación de mercado y características particulares que se afronte en cada una de ellas.

En los siguientes apartados se presentan los principales mecanismos de política pública considerados en el debate de las NGA, el enfoque que plantea la Comisión Europea en relación a la política pública, las estrategias y planes nacionales de banda ancha de los principales países europeos y las problemáticas abiertas que serán tratadas en la Tesis.

3.3.1 Principales mecanismos de política pública

Los Estados pueden adoptar distintos mecanismos de intervención pública para impulsar el despliegue y adopción de redes de próxima generación, generalmente se distingue entre mecanismos de estímulo de la oferta y de estímulo de la demanda.

En relación a los mecanismos de fomento de la oferta, en algunas regiones o países los gobiernos han asumido un rol inversor, y el despliegue de la red se ha realizado o se está realizando con fondos mayoritariamente públicos. Algunos ejemplos son Australia o Nueva Zelanda (Albon, 2010; Funston & Middleton, 2010; Given, 2010; Mitchel, 2010) donde ha primado la posición de que el mercado no sería capaz de invertir lo suficiente para alcanzar los requisitos buscados por el gobierno, llevando a procesos de inversión pública muy relevantes y a la separación de la infraestructura de la prestación de servicios.

¹⁵⁸ Por ejemplo, en (Kenny, 2010) se realiza un completo análisis del valor incremental para los usuarios generado por diferentes niveles de desarrollo de las infraestructuras de banda ancha (medidos en función de la capacidad prestada y la cobertura alcanzada), concluyendo que el enfoque más efectivo pasa por la universalización de la banda ancha normal (en el orden de los 15 Mbps), frente a despliegues de 50 o 100 Mbps en menores coberturas. Mientras, en (Kenny & Kenny, 2011) se pone en cuestión la validez de los argumentos de distintos estudios sobre los beneficios de las redes FTTH, argumentando que varios de los beneficios descritos pueden ser alcanzados mediante redes de banda ancha tradicional.

¹⁵⁹ En ese sentido, en (R. D. Atkinson, 2011) se presenta una comparativa de la respuesta ante problemáticas de competencia e banda ancha, neutralidad de red, privacidad y propiedad intelectual de las doctrinas neoclásicas conservadora y liberal, neo-keynesiana y de innovación.

En este sentido, los países europeos tratan de limitar la inversión pública a aquellas zonas donde no se espera una respuesta del mercado, prefiriendo en general el establecimiento de incentivos a la inversión privada. En aquellas zonas donde los gobiernos (nacionales, regionales o locales) deciden realizar una inversión directa, se suelen buscar mecanismos de colaboración público-privada¹⁶⁰ que permitan compartir la inversión, propiedad y operación de las redes desplegadas (Falch & Henten, 2010; Luis Gomez-Barroso & Feijoo, 2010). Algunos ejemplos de colaboración público-privada a nivel local en Europa se han dado en Italia, Francia o los Países Bajos (A. Nucciarelli, Sadowski, & Achard, 2010).

Asimismo, han surgido situaciones en las que el gobierno se presenta como proveedor de ayudas o subsidios generalmente con el objetivo de extender la banda ancha o ultra ancha en zonas no rentables, disminuyendo la brecha digital, como en el caso de Francia o Alemania (ver más adelante). Estas subvenciones pueden tomar la forma de financiación mediante créditos de bajo interés (Duroyon, 2009), subvención directa u otro tipo de ayudas fiscales a los operadores que realicen los despliegues. Asimismo, la subvención puede destinarse de forma genérica al despliegue de redes de acceso, o de forma más específica a elementos que actúen de barreras de entrada, y que puedan ser compartidos de forma abierta por distintos operadores (tales como el tramo final de acceso a los edificios, o tramos de *backhole* en zonas rurales).

En otros casos las medidas impulsadas no se centran en el despliegue o la financiación directa de redes, sino en la disminución de otras barreras, la coordinación de intervenciones de obra civil, la puesta a disposición de derechos de paso o disminución de tasas e impuestos directos relacionados con el despliegue, que en su conjunto permiten una disminución de los costes de despliegue.

Mientras, desde el lado de la demanda, las principales medidas se centran en la promoción de la formación digital, la subvención de ordenadores y terminales, el fomento de las políticas para la adopción de servicios de banda ancha en pequeñas y medianas empresas, el fomento del comercio electrónico mediante el desarrollo de un marco regulatorio que de una mayor seguridad y confianza a los usuarios o la prestación de servicios públicos relevantes de forma electrónica (entre ellos servicios de formación o de tele-asistencia). Estas políticas impulsan la adopción temprana de las tecnologías, permitiendo despliegues más eficientes en términos de coste unitario¹⁶¹. En relación al despliegue de redes de próxima generación, varios estudios (R. D. Atkinson et al., 2008; Berkman Center for Internet & Society, 2010; Kim et al., 2010), han recomendado la aplicación de políticas de fomento de la demanda como parte integral de los planes de banda ancha.

3.3.2 Enfoque de la Comisión Europea

La estrategia seguida por la Comisión Europea para el despliegue de redes de acceso de próxima generación se enmarca en la Estrategia Europa 2020 y la

¹⁶⁰ Más conocidos como PPP (*Public Private Partnerships*).

¹⁶¹ El principal ejemplo del efecto de las políticas de fomento de la demanda se puede encontrar en Corea, donde dichas políticas hicieron posible una adopción de servicios significativamente superior al resto de países (que se comportaron según una curva en S) ((Kim, Kelly, & Raja, 2010).

iniciativa lanzada en mayo de 2010 de la Agenda Digital. Dichas iniciativas marcan unos objetivos que se sitúan en alcanzar la universalización de la banda ancha en 2013 y que en 2020 se disponga de una cobertura universal de 30 Mbps, y que al menos el 50% de los hogares europeos estén abonados a servicios de más de 100 Mbps. Para ello, la Comisión estima una inversión necesaria entre los 38.000 y 58.000 millones de euros para el primer objetivo, y entre 181.000 y los 268.000 millones de euros para el segundo.

No obstante, la Comisión reconoce que no podrán alcanzarse los objetivos perseguidos sin una utilización inteligente de los fondos públicos y sin la aplicación de medidas públicas concretas y coordinadas. Para ello, la Comisión está guiando el debate sobre la intervención pública mediante la reciente Comunicación "*European Broadband: investing in digitally driven growth*" y mediante las Directrices comunitarias para la aplicación de ayudas de estado para el despliegue de redes de banda ancha (European Commission, 2010f).

Las Directrices dividen el territorio en tres tipos de regiones en función de los despliegues NGA previstos en los próximos tres años. De esta forma, en función de las características de las zonas geográficas (densidad de población, dispersión, renta, tipo de vivienda, etc.) y del propio mercado, un país puede dividirse en tres tipos de áreas: (i) regiones de baja rentabilidad y alto riesgo que no soportan el despliegue NGA sostenible por parte de la industria privada (zona blancas); (ii) regiones de alta rentabilidad que pueden soportar el despliegue de varias redes NGA (zonas negras); y (iii) regiones intermedias, en las que habitualmente solo es viable el despliegue de una única infraestructura NGA (zonas grises). Las directrices autorizan la inversión pública en el despliegue de infraestructuras en las zonas blancas y en las zonas grises (bajo un conjunto de restricciones mayor).

Por su parte, la Comunicación plantea los mecanismos más relevantes para mejorar el despliegue de nuevas redes. La Comisión aboga porque los Estados Miembros desarrollen planes nacionales de banda ancha que incluyan un conjunto de medidas balanceadas que permitan: (i) la reducción de los costes de despliegue de las nuevas redes mediante la coordinación de los despliegues, la modificación de las autorizaciones de construcción de viviendas para obligar a la instalación de infraestructuras interiores de comunicaciones o la simplificación de los procesos administrativos; (ii) la introducción de mayor competencia mediante la financiación pública de despliegues de redes NGA de acuerdo a las Directrices de ayudas de estado; (iii) promoción del uso estratégico de las tecnologías inalámbricas, y la capacidad de los Estados para fomentar un rápido despliegue como requisito para la asignación de las licencias; y (iv) reforzar el uso de los fondos disponibles y desarrollar instrumentos de financiación a nivel comunitario.

El marco propuesto puede derivar en una mayor inversión privada en redes NGA suponiendo que se consigue la reducción de los costes y las barreras al despliegue. Asimismo, proporciona a los agentes privados una libertad suficiente para elegir las plataformas desplegadas en función de las condiciones de mercado. Sin embargo, si las políticas públicas y los presupuestos disponibles se centran en el lado de la oferta, mediante el despliegue de redes públicas en aquellas zonas donde no se

espere inversión privada en el corto plazo¹⁶², puede producir un incremento en la presión sobre los operadores para desplegar y modificar su estrategia en el corto plazo. Esto podría derivar en una distorsión relevante de aquellos operadores que tienen que enfrentarse en el corto plazo a reformas estructurales de sus modelos de negocio.

3.3.3 Estrategias de política pública de los principales países europeos

La mayoría de Estados Miembros han tomado iniciativas, medidas o publicado “planes nacionales de banda ancha” destinados a la promoción activa de la próxima generación de banda ancha. La mayoría de medidas tratan de contribuir al cumplimiento de los objetivos fijados por la Comisión Europea, estableciendo objetivos nacionales de cobertura y velocidad en un determinado periodo (ver Figura 25). Las velocidades fijadas como objetivo van desde los 2 Mbps en Reino Unido a los más de 100 Mbps planteados en los Dinamarca. Sin embargo, la mayoría de Estados han planteado objetivos de entre 50 y 100 Mbps, superiores al objetivo de la Agenda Digital de alcanzar una cobertura de 30 Mbps en el 100% de los hogares en 2020 (BEREC, 2011). Asimismo, la mayoría de Estados han fijado una cobertura objetivo superior al 90% (en algunos casos el 100%). Algunas excepciones han sido Suecia (40%), Grecia (50%) o Italia (50%), así como Noruega que no ha especificado sus objetivos. No obstante, ambos países nórdicos se encuentran entre los más avanzados en términos de cobertura y penetración de redes NGA.

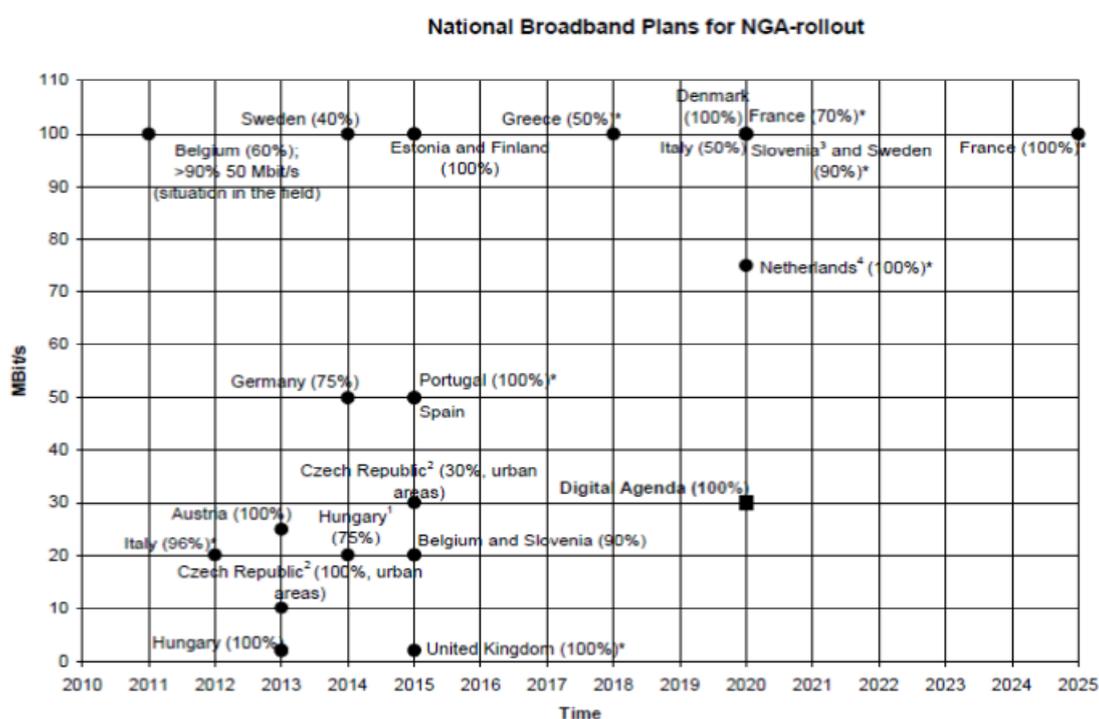


Figura 25. Planes nacionales de banda ancha. Fuente: (BEREC, 2011)

¹⁶² Si bien las Directrices de la CE establecen el marco para el respeto a la inversión privada, el plazo establecido de 3 años posibilita la inversión pública en la mayor parte de las zonas.

No obstante, uno de los principales problemas para el cumplimiento de los planes presentados es la distancia notable entre los ritmos de despliegue y los ritmos de adopción del servicio (*take-up*), que según los objetivos de la Agenda Digital deben alcanzar el 50% de los hogares. Según (BEREC, 2011) es necesario que los planes e iniciativas nacionales tengan en cuenta factores de demanda, como la baja disposición de los usuarios a contratar servicios de banda ultra ancha, siendo necesario un ajuste de las expectativas y objetivos planteados.

3.3.3.1 Francia

El plan nacional de banda ancha francés tiene como objetivo alcanzar un 100% de cobertura de redes de banda ultra ancha en 2025, con especial énfasis en las zonas menos densamente pobladas. El Plan estará apoyado por 4.500 millones de euros del Fondo Nacional para la Sociedad de la Información (FSN¹⁶³), de los que 2.000 millones se destinarán íntegramente al desarrollo de infraestructuras de alta capacidad.

El plan, publicado en 2010, se divide en dos fases: (i) una primera fase de lanzamiento destinada al establecimiento de pilotos que permitan ensayar la viabilidad de las medidas regulatorias establecidas y de los esquemas de colaboración publico-privados; y (ii) una segunda fase de desarrollo de los despliegues con dos objetivos, (A) la estimulación de la inversión por parte de los operadores en las zonas que sean rentables, y (B) el apoyo al desarrollo de iniciativas públicas locales en el resto de zonas.

Por su parte, la primera parte de la fase de desarrollo (A), centrada en la estimulación de los despliegues en zonas rentables, comenzará en 2011. En función de los planes de despliegue recibidos se realizará una agrupación de proyectos que permitan delimitar las áreas de acceso compartido, y aquellos operadores que estén interesados en los despliegues conjuntos deberán comprometerse a realizarlos en un plazo inferior a los cinco años. Los proyectos podrán contar ayudas financieras en forma de créditos de larga duración.

Finalmente, la segunda parte de la fase de desarrollo (B), centrada en el soporte de iniciativas públicas locales en el resto de zonas (las no rentables y que no esperen inversión privada), comenzará en paralelo a la primera fase. En dicha fase se estudiarán los proyectos planteados por las administraciones públicas y su complementariedad con los de la fase A. Para que los proyectos puedan acceder a los fondos previstos deberán cumplir con todos los requisitos de la normativa comunitaria.

3.3.3.2 Alemania

El gobierno federal alemán presentó en febrero de 2009 su estrategia nacional de banda ancha, y en noviembre de 2010 la estrategia para las tecnologías de la información y las comunicaciones.

El plan nacional de banda ancha planteaba como objetivos la universalización de la banda ancha a finales de 2010, y alcanzar una cobertura de 50 Mbps en el 75% de

¹⁶³ Fonds national pour la Société Numérique (FSN)

los hogares en 2014. Para ello se estableció una estrategia basada en cuatro pilares: (i) la disminución de los costes y barreras al despliegue mediante la explotación de las sinergias en el despliegue de infraestructuras a través del uso compartido, una mayor coordinación y el desarrollo de un atlas de infraestructuras (públicas y privadas) viables para el despliegue de redes NGA; (ii) el establecimiento de una política de espectro que permita la utilización de las bandas GSM para la prestación de servicios de datos (mediante el refarming de dicha banda) así como la puesta a disposición de los operadores del espectro derivado del dividendo digital; (iii) el establecimiento de un modelo regulatorio que proporcionase incentivos a la inversión, la reducción de riesgos y los despliegues conjuntos; y (iv), el establecimiento de un fondo de 150 millones de euros para la financiación de despliegues de redes NGA en zonas no rentables.

La estrategia para las tecnologías de la información y las comunicaciones de 2010 reafirma los objetivos y pilares presentados por el plan de banda ancha, centrándose en: (i) implementación y seguimiento del plan nacional de banda ancha; (ii) la introducción de medidas en el marco regulador para aumentar la seguridad jurídica de los inversores (como alargar de dos a tres años los plazos entre revisiones de mercado, tener en cuenta riesgos específicos en decisiones sobre el establecimiento de tarifas reguladas o introducción en el marco regulador de mecanismos para la inversión conjunta); (iii) política de espectro; (iv) gobernanza de internet; y (v) desarrollo de las redes para servicios públicos.

Finalmente, el órgano regulador estableció en mayo de 2010 un foro de alto nivel, denominado NGA Forum, compuesto por representantes del organismo regulador, operadores, suministradores, gobierno federal y gobiernos locales, con el objetivo de mejorar el diálogo entre las partes y avanzar en la solución de barreras y problemáticas. Los principales temas que el NGA Forum trata son: (i) desarrollo de una definición común del término "acceso abierto"; (ii) problemáticas técnicas y operativas del acceso a redes de fibra óptica desde una perspectiva de neutralidad tecnológica; (iii) aspectos prácticos de la compartición de infraestructuras; (iv) evaluación de diferentes modelos de inversión conjunta; y (v) solicitud a los operadores de sus intenciones de despliegue cada 2 años.

3.3.3.3 Países Bajos

Las principales iniciativas públicas relativas al despliegue de redes NGA en los Países Bajos comenzaron a implementarse en el año 2002, y han tenido en la mayoría de los casos un carácter municipal basado en el desarrollo de proyectos público-privados para el despliegue de infraestructuras locales.

En 2004 el gobierno inició el desarrollo de un plan nacional de banda ancha (*Nederland Breedbandland*) con el objetivo de alcanzar el liderazgo mundial en 2010. Dicho plan puso el énfasis en el desarrollo del I+D+i, así como en la estimulación de la inversión privada en zonas menos rentables mediante consorcios público-privados, sin embargo, la falta de consenso en la implementación de un fondo de garantía truncó el desarrollo del plan (A. Nucciarelli et al., 2010).

Desde entonces, el desarrollo de iniciativas privadas se ha centrado en proyectos municipales con financiación local y en algunos casos nacional. Los principales ejemplos son los desarrollados en Almere, Eindhoven o Amsterdam desde 2006.

Actualmente, el Ministerio de Economía ha publicado un documento para ayudar a las municipalidades a encontrar su rol para estimular el desarrollo de las redes NGA, desde la facilitación de los despliegues o la agregación de demanda, hasta la participación comercial en despliegues NGA. No obstante, no hay medidas económicas relevantes en marcha actualmente.

3.3.3.4 Portugal

La estrategia pública seguida por el gobierno portugués se determinó en julio de 2008 mediante la publicación de unas líneas estratégicas basadas en: (i) mejora de la confianza de los inversores mediante el fomento de un modelo de competencia en infraestructuras; (ii) promoción de un mercado competitivo y la eliminación de barreras de entrada para todos los operadores; y (iii) asegurar el acceso a productos y servicios avanzados de comunicaciones para la mayoría de los ciudadanos.

Acompañando a estas directrices, el gobierno firmó en enero de 2009 un acuerdo de compromisos mutuos para acelerar el despliegue de infraestructuras con los principales operadores mediante cooperación y compartición de infraestructuras. De esta forma el Gobierno se comprometió a impulsar los cambios legislativos así como a facilitar una línea de créditos de 800 millones de euros (conseguido en mayo de 2009). Por su parte, los operadores se comprometieron a invertir 1.000 millones de euros para desplegar redes NGA hasta alcanzar una cobertura de 1.5 millones de hogares.

De esta forma, una nueva legislación fue publicada en 2009 que implementaba el acceso no discriminatorio a conductos y otras infraestructuras pasivas independientemente del propietario y la reducción de las barreras al despliegue en el interior de los edificios.

Asimismo, en julio de 2009 el gobierno inició un concurso público para proporcionar 156,5 millones de euros en subsidios para el despliegue y operación de redes NGA en cinco áreas rurales, para un total de un millón de ciudadanos. Como requisitos, los proyectos deberían permitir la prestación de servicios de más de 40 Mbps, cumplir con las directrices comunitarias de ayudas de estado proporcionando al menos acceso mayorista a nivel de acceso activo y de infraestructura, y no siendo obligatorio prestar servicios minoristas. En las cinco regiones las propuestas fueron lideradas por compañías de ingeniería civil mientras que la prestación de servicios minoristas estaba subcontratada a operadores nacionales. Los concursos de tres de las cinco zonas han sido resueltos y los ganadores deben de solicitar la financiación de la Unión Europea y notificar dichos proyectos a la Comisión para certificar el cumplimiento de las Directrices de Ayudas de Estado.

3.3.3.5 Reino Unido

La estrategia nacional de Reino Unido se centra en fomentar la inversión privada en redes de banda ancha y ultra ancha. Dicha estrategia será implementada por el *Broadband Delivery UK* (BKUD), una entidad dependiente del *Department Culture, Media and Sport*, mediante un presupuesto de 530 millones de libras en los próximos cuatro años. El objetivo principal enunciado por el plan consiste en

asegurar que el Reino Unido cuenta con la mejor red europea de banda ultra ancha en 2015. Para ello, el plan se centra en los siguientes elementos:

- Desarrollar un panel de indicadores¹⁶⁴ que permita medir la situación de la banda ancha en Reino Unido y su posición relativa en Europa.
- Fomentar los despliegues en zonas rurales¹⁶⁵ mediante la instalación de puntos de presencia que proporcionen la conectividad *backhaul* necesaria. Para ello se involucrará a las comunidades y agentes locales.
- Colaboración del BDUK con distintos organismos y grupos industriales para desarrollar estándares y buenas prácticas para el desarrollo de redes y servicios de próxima generación.
- Desarrollo de iniciativas para reducir los costes de despliegue basándose en: (i) reducir las trabas administrativas a nivel local al despliegue de nuevas infraestructuras; (ii) incorporar nuevas técnicas de microzanjas en la normativa de urbanismo de las administraciones locales; (iii) fomentar la coordinación de la obra civil (tanto pública como privada); (iv) colaborar con los organismos correspondientes para analizar posibles modificaciones al nivel de impuestos sobre los operadores de telecomunicaciones; (v) analizar una posible separación de los procesos derechos de paso para el despliegue de la compensación económica con el objetivo de reducir los plazos del despliegue de redes; (vi) revisión de la normativa para facilitar el uso de infraestructura de otros agentes (tales como empresas eléctricas, alcantarillado, etc.) para el despliegue de redes de próxima generación cada seis meses a partir de junio de 2011; (vii) reutilización de las redes públicas de comunicación del gobierno (por ejemplo redes de conexión entre sedes) para proporcionar servicios de *backhaul* en zonas rurales; (viii) desarrollo de especificaciones y guías de buenas prácticas en la instalación de infraestructura compatible con los despliegues de próxima generación en edificios de nueva construcción; (ix) programas de fomento de la demanda y (x) desarrollo de servicios de banda ancha móvil.
- Colaboración con Ofcom en el desarrollo del marco regulador más apropiado para la evolución de las redes de banda ultra ancha en el país. Asimismo, el BDUK colaborará con el BIS y la Comisión Europea en el desarrollo de un marco para las inversiones y/o ayudas públicas al desarrollo de redes de próxima generación en Reino Unido.
- Desarrollo de pilotos iniciales, de entre 5 y 10 millones de libras por piloto, para analizar distintas situaciones: despliegue de redes de acceso por agentes locales, evaluación de dificultades operativas, colaboración entre BT openreach con comunidades locales en el despliegue de soluciones de FTTC, etc. Se invertirán 50 millones de libras adicionales en una segunda oleada de proyectos piloto.

¹⁶⁴ Velocidad, cobertura, precio y elección de los usuarios

¹⁶⁵ La estrategia del Gobierno considera que hasta tres cuartas partes del país podrán ser cubiertas por la iniciativa privada, por lo que el mayor esfuerzo del programa se centrará en las zonas restantes.

3.3.3.6 España

La estrategia española relativa al despliegue de las redes NGA se enmarca en el Plan Avanza 2, que en julio de 2010 presentó la estrategia 2011 – 2015. La estrategia plantea dos objetivos principales en relación a las NGA.

En primer lugar, alcanzar en el año 2015 una cobertura de 10 Mbps de al menos el 80% de la población, un 70% cubierta con servicios de más de 50 Mbps, y un 50% con disponibilidad de servicios de 100 Mbps, adelantándose a los objetivos propuestos por la Comisión Europea. Para ello, la estrategia plantea las siguientes medidas:

- Generar un entorno de confianza en las empresas sobre el que se pueda obtener un adecuado retorno de las inversiones, que sirva para estimular el despliegue de redes de banda ancha de alta velocidad.
- Apoyo a la colaboración público-privada del despliegue de infraestructuras de acceso y troncales en aquellas zonas en las que existen fallos de mercado.
- Facilitar el despliegue de redes, dentro de un marco legal que respetando las reglas de la competencia favorezca la inversión privada de los operadores;
- Acelerar la introducción de las tecnologías más novedosas y el conocimiento de los servicios de telecomunicación en los entornos rurales (o insuficientemente dotados) para disminuir la diferencia de uso.
- Accesibilidad y disponibilidad de espectro radioeléctrico para el despliegue de redes ultrarrápidas.

Para avanzar en dicha línea, en 2010 se abrió una convocatoria pública para impulsar la extensión del despliegue de redes NGA capaces de ofrecer servicios de banda ancha superiores a los 50 Mbps, financiando 75,78 millones de euros para un total de 54 proyectos en áreas no competitivas donde no se esperan despliegues por parte del mercado en los próximos tres años. Asimismo se prevé la apertura de una nueva convocatoria en 2011 de 200 millones de euros.

La segunda línea relativa al despliegue de NGAs se centra en la actualización de la normativa de infraestructuras comunes de telecomunicaciones de los edificios, a los requisitos de las redes ultrarrápidas. Esto fue alcanzado el pasado marzo mediante la publicación de un nuevo reglamento que incorpora como infraestructura adicional en los edificios la fibra óptica y el cable coaxial. La medida facilitará el despliegue de redes NGA en los nuevos edificios o en aquellos que acometan reformas o rehabilitaciones. Mediante la nueva ICT los operadores podrán conectar a los usuarios de una forma rápida, económica y pro competitiva, disminuyendo la barrera que supone el tramo final de acceso. Asimismo, el gobierno tiene prevista la aprobación de un decreto que regule la instalación de canalizaciones en carreteras e infraestructuras ferroviarias para el despliegue de redes NGA.

3.3.4 Problemáticas abiertas

No existe un enfoque universal que permita el desarrollo de políticas públicas de fomento a las NGA que funcionen bien en todas las regiones o países. Por ello, las decisiones sobre política pública deberán realizarse considerando las características

geográficas y de dinámica competitiva de las distintas regiones y mercados. En las zonas negras, la financiación de despliegues NGA debe evitarse, y los esfuerzos públicos deben centrarse en la reducción de los costes de despliegue y de las distintas barreras. Mientras, en las zonas blancas, los programas de financiación de redes de acceso, o tramos específicos como el backhaul, así como el impulso a los despliegues móviles mediante un adecuado uso de la política de espectro pueden resultar muy beneficiosos. Finalmente, las zonas grises presentan el principal reto para las políticas públicas, al existir un delicado equilibrio entre inversión y competencia. En dichas situaciones las soluciones deben venir a través de la colaboración entre agentes de la industria e instituciones públicas, tratando de maximizar la inversión conjunta alcanzada mediante dichas políticas (Vergara et al., 2011).

Para ello, es necesario que las políticas públicas consideren un enfoque conjunto con la regulación sectorial y con el resto del ecosistema, considerando simultáneamente elementos de oferta y demanda, así como definiendo planes nacionales de banda ancha flexibles que permitan impulsar la inversión privada, combinando los requisitos de corto plazo con objetivos de cobertura y penetración de medio y largo plazo.

En este sentido, el dialogo y consenso entre los diferentes agentes, especialmente con los operadores incumbentes se presenta como uno de los requisitos imprescindibles para la elaboración de dichas políticas públicas. Si dichas acciones públicas no se desarrollan en coordinación con los agentes privados y con claridad en sus objetivos, el resultado podría ser la creación de pequeñas redes locales sin posibilidades reales de viabilidad en el medio plazo, lo que podría llevar a un proceso de consolidación suponiendo una carga adicional sobre el sector.

3.4 El impacto del debate de neutralidad de red

La evolución de la dinámica competitiva en el ecosistema de Internet tiende hacia el desarrollo de plataformas¹⁶⁶, lideradas por los principales agentes del sector (Google, Apple, Microsoft, Intel, operadores de telecomunicaciones, etc.), que compiten por conseguir el liderazgo del mercado, controlar el sistema alrededor del cual otras compañías desarrollan aplicaciones y servicios, y obtener el control de los usuarios.

Esta "plataformización" del entorno genera una dinámica altamente innovadora y competitiva, donde los agentes tratan de construir modelos de negocio alrededor de un conjunto de funcionalidades cruciales que controlan¹⁶⁷, para extender ese

¹⁶⁶ En su definición más técnica, una plataforma TIC se refiere a una combinación de infraestructura de conectividad, hardware, sistema operativo o software sobre el que se ejecutan un conjunto de servicios o aplicaciones asociadas. En el plano económico, una plataforma permite la mediación y coordinación entre varios proveedores de servicios y aplicaciones y los usuarios finales, lo que lo caracteriza como un mercado bilateral en el que el propietario de la plataforma busca maximizar los beneficios obtenidos en el conjunto de mercados atendidos (Cortade, 2006).

¹⁶⁷ Por ejemplo, la capacidad de gestión de la red en el caso de los operadores de telecomunicaciones, las plataformas de servicios o tiendas de aplicaciones (Apple Store), motores de búsqueda (Google), sistemas operativos (Android o Apple iOS), dispositivos terminales, etc.

3.4 El impacto del debate de neutralidad de red

control sobre el resto de elementos de la cadena, añadiendo y capturando un valor significativo en el proceso¹⁶⁸. El éxito de plataformas¹⁶⁹ lideradas por agentes como Google, Apple, Microsoft, etc. sugiere que además de las plataformas de acceso los operadores de telecomunicación (sometidas a regulación sectorial *ex ante*), pueden surgir otras plataformas de diferentes partes de la cadena de valor, y que por tanto puede existir un abuso de las posiciones de mercado en más capas del ecosistema (Ballon & Van Heesvelde, 2011).

En este contexto de competencia entre plataformas, las redes de los operadores se sitúan como intermediarios entre los oferentes, como los proveedores de aplicaciones y contenidos, y los demandantes, los usuarios finales¹⁷⁰. La posición central de los operadores, unida a su capacidad para gestionar el tráfico que circula por sus redes, y por tanto ofrecer servicios con distintas calidades, discriminar unos frente a otros o establecer discriminación de tarifas, ha situado a los ISP en el centro del debate de la neutralidad de red.

Según la Comisión Europea (European Commission, 2011c), "La esencia de la neutralidad de la red y las cuestiones fundamentales del debate se refieren, ante todo, a la mejor manera de mantener la apertura de esta plataforma y de garantizar que pueda seguir prestando servicios de alta calidad a todo el mundo y facilitando la innovación, al tiempo que contribuye al disfrute de los derechos fundamentales, tales como la libre expresión y la libre actividad empresarial, y al respeto de los mismos", de forma que "Buena parte del debate sobre la neutralidad de la red se centrará en la gestión del tráfico y en las condiciones en que resulta razonable. Se acepta generalmente que los operadores de redes tienen que adoptar ciertas prácticas de gestión del tráfico para garantizar un uso eficiente de sus redes y [de] ciertos servicios IP [...]. Sin embargo, el hecho de que algunos operadores, por razones que nada tienen que ver con la gestión del tráfico, puedan bloquear o degradar servicios legales (en particular los de voz sobre IP) que compiten con sus propios servicios puede considerarse contrario al carácter abierto de internet. La transparencia constituye asimismo una parte esencial del debate sobre la neutralidad de la red. Una información adecuada sobre las posibles limitaciones o sobre la gestión del tráfico permite a los consumidores elegir con conocimiento de causa. Es necesario abordar estas cuestiones de la gestión del tráfico, el bloqueo y la degradación, la calidad del servicio y la transparencia."

Asimismo, el éxito de Internet ha venido acompañado de un crecimiento muy significativo del tráfico, con unas previsiones de crecimiento anual del 35% (European Commission, 2011c). Sin embargo, este incremento del tráfico por hogar no se refleja en el incremento de ingresos por hogar, que permanece plano o con

¹⁶⁸ Para una revisión de la literatura sobre la competencia de plataformas en el ecosistema de Internet se recomienda la lectura de (Ballon & Van Heesvelde, 2011) y de (A. Renda, 2010c).

¹⁶⁹ (Ballon, 2009) identifica cuatro tipos de plataformas: (i) plataformas neutrales, que no controlan la relación con el cliente y se basan en activos de terceros para generar valor (ej. Google, Paypal); (ii) plataformas facilitadoras, que no controlan la relación con el cliente y se basan en activos propios para generar valor (ej. Intel, IMS); (iii) plataformas bróker, que controlan la relación con el cliente y se basan en activos de terceros para generar valor (ej. Facebook, eBay); y (iv) plataformas integradoras, que controlan la relación con el cliente y se basan en activos propios para generar valor (ej. iPhone, Microsoft).

¹⁷⁰ Esta situación es denominada en la literatura económica como mercado de externalidades cruzadas o mercados bilaterales (Rochet & Tirole, 2004).

pequeños descensos del ARPU. Además del crecimiento del volumen consumido, se ha incrementado la asimetría del tráfico de interconexión entre los operadores, fruto del crecimiento de los contenidos y su distribución asimétrica, de forma que bajo los acuerdos tradicionales de *peering*, en los que se supone un tráfico simétrico y no se realizan intercambios económicos, los operadores de acceso están afrontando un coste de las redes cada vez mayor sin que dichos incrementos de tráfico asimétrico se reflejen en nuevos ingresos. Esta situación de desacople entre costes (relacionados con el tráfico) e ingresos pone en duda la viabilidad de la inversión en redes NGA que permitirán velocidades mucho mayores, siendo necesario que los modelos de negocio evolucionen para ofrecer nuevos servicios y nuevos modelos de tarificación que permitan incrementar la sostenibilidad de Internet. Sin embargo, la evolución de dichos elementos puede estar limitada por el debate de neutralidad de red, siendo su resultado de gran importancia para la inversión y despliegue de la próxima generación de redes de acceso.

3.4.1 El debate de neutralidad de red y su relación con el despliegue de redes NGA

Este debate¹⁷¹, que ha recogido en Europa y Estados Unidos muchas de las cuestiones planteadas respecto a las relaciones entre los distintos agentes del ecosistema de Internet, se ha centrado en la necesidad y, en su caso, los términos concretos de un modelo de regulación aplicable sobre los operadores de redes que garantice el carácter abierto de Internet, preservando el acceso libre y no discriminatorio a contenidos, servicios y aplicaciones. El debate sobre la neutralidad de red puede dividirse en dos dimensiones, una primera donde se ha alcanzado un mayor consenso entre los agentes, y que se centra principalmente en mantener el carácter abierto de Internet, y una segunda donde el debate sigue abierto y que se centra no solo en las relaciones entre los operadores y usuarios, sino también en las relaciones entre los operadores y proveedores de contenidos, aplicaciones y servicios, y que afecta a la evolución y sostenibilidad de sus respectivos modelos de negocio, y a la viabilidad de inversiones futuras.

En relación esta segunda dimensión, las principales problemáticas identificadas son: (i) la posibilidad de que los operadores puedan distinguir comercialmente diferentes tipos de servicios de acceso a Internet en términos de calidad, perfil de usuario o precio, tanto a los usuarios finales¹⁷² como a los operadores de aplicaciones y

¹⁷¹ Una minuciosa descripción del debate de neutralidad de red, sus orígenes y evolución en Estados Unidos y Europa puede encontrarse en (Pérez, 2011).

¹⁷² Existe un cierto consenso entre los agentes sobre los beneficios de la diferenciación de distintos tipos de tráfico con distintos requisitos (tales como videoconferencia, streaming de video, navegación web, correo electrónico, etc.), en los servicios de acceso a Internet a los usuarios (Berners-Lee, 2011; Sahel, 2011). Sin embargo, el foco del debate se traslada a la necesidad de prevenir las prácticas anticompetitivas, y la no discriminación en función del proveedor de los servicios, sino solo en base a la clase de tráfico o a las cláusulas del contrato libremente pactado entre las partes, así como que la prestación de dichos servicios diferenciados quede sujeta al deseo explícito de los usuarios, estando disponible en caso contrario un servicio de acceso a Internet en modalidad *best effort*. Por su parte, los operadores consideran que dicha diferenciación permitiría dar respuesta a las diferentes necesidades de los usuarios y los diferentes requisitos de las aplicaciones (Verizon, 2010), así como relacionar más adecuadamente los niveles de uso y, por tanto, los costes de prestación de los servicios, con las tarifas aplicadas a los usuarios (Peña, 2007). Asimismo, consideran que debe ser la propia capacidad de elección de los usuarios, en un mercado en competencia y con la suficiente información, la que determine finalmente el mejor equilibrio entre las diferentes modalidades de servicio (Faulhaber & Farber, 2011).

3.4 El impacto del debate de neutralidad de red

contenidos¹⁷³; (ii) la posibilidad de que los operadores apliquen una tarifa de terminación a los proveedores de servicios o aplicaciones en función del tráfico entregado a los usuarios finales¹⁷⁴; y (iii) la convivencia entre los servicios gestionados y los servicios de acceso a Internet¹⁷⁵.

Sin embargo, la capacidad de los operadores de proporcionar servicios diferenciados a usuarios y a proveedores de contenidos y aplicaciones se presenta como una oportunidad para incrementar los ingresos relacionados con el despliegue de las redes de acceso de próxima generación (Gonçalves & Nascimento, 2010) y para realizar un uso más eficiente de los recursos al permitir la transmisión de señales tarifarias que permitan establecer un equilibrio entre el tráfico cursado y los costes de la infraestructura (Becker & Carlton, 2010). Los operadores perciben esta posibilidad como una forma de dar respuesta a los necesarios incrementos de capacidad en las redes de acceso, permitiendo alcanzar un modelo más sostenible en el que no todos los costes e inversiones sean asumidos únicamente a partir de las cuotas de servicio de los usuarios finales¹⁷⁶, sino que se realice una compartición de dichos costes entre los agentes de la cadena de valor que obtienen beneficios de su explotación¹⁷⁷ (Faulhaber & Farber, 2009). Dos estudios han analizado recientemente el impacto de nuevos modelos de calidad de servicio y de tarificación en relación con la sostenibilidad de las nuevas inversiones en infraestructura de acceso.

En primer lugar, un estudio realizado por AT&T (AT&T, 2010) encargado por los principales operadores incumbentes europeos, analiza cuatro modelos de

¹⁷³ Más enfrentadas se encuentran las posturas respecto a la posibilidad de que los operadores puedan diferenciar los servicios que ofrecen a los proveedores de contenidos y aplicaciones, mediante servicios priorizados en base a acuerdos bilaterales. Por su parte, los operadores consideran que los nuevos servicios podrían suponer un incentivo económico al despliegue de redes de mayor capacidad, así como permitir la innovación por parte de los proveedores de contenidos y aplicaciones, especialmente los más pequeños, al poner a su disposición una solución para la prestación de servicios con calidad a los usuarios finales (Verizon, 2010). Mientras, los agentes de Internet advierten que el establecimiento de servicios priorizados podría generar comportamientos anticompetitivos por parte de los ISP, reforzando la posición de dominio de los agentes con mayores recursos económicos, distorsionando la capacidad de innovación de los nuevos agentes (Van Schewick, 2007).

¹⁷⁴ Este debate está relacionado con la evolución de los modelos económicos de interconexión IP y con la presión sobre los costes que genera el rápido crecimiento del tráfico y la asimetría del mismo.

¹⁷⁵ Si bien existe un consenso general sobre la legitimidad de los operadores para ofrecer dichos servicios (tales como la televisión sobre IP), así como de los beneficios para los usuarios y para el fomento de la inversión e innovación, la convivencia de ambos sobre la capacidad de las redes de acceso de los operadores genera incertidumbres sobre los posibles usos anticompetitivos, tales como la degradación del servicio prestado por la competencia o la limitación de la capacidad reservada para el servicio de acceso a la Internet pública.

¹⁷⁶ Los ISP consideran que la prohibición de cobrar a los proveedores de contenidos y aplicaciones por el tráfico generado o por cualquier tipo de servicio mejorado, es equivalente al establecimiento de una regulación de precios, según la cual se fijaría en cero el precio a pagar por los proveedores de contenidos y aplicaciones y se traslada completamente la recuperación de los costes de prestación de los servicios a los usuarios, lo que puede limitar los precios mínimos de los servicios de acceso a Internet, así como dificultar la viabilidad de los despliegues de redes NGA frente a un modelo de pago compartido (Verizon, 2010). El establecimiento de dicha medida es entendido por algunos autores partidarios de la neutralidad de red como una subvención a los proveedores de contenidos y aplicaciones a costa del precio minorista del acceso a Internet para mantener el nivel de innovación y creatividad de Internet, y mantener bajas las barreras de entrada al ecosistema Internet (Lee & Wu, 2009).

¹⁷⁷ Esta posibilidad es percibida por los agentes de Internet como una amenaza a directa sus modelos de negocio, al pretender que se asuma parte del coste de red que conlleva el envío de tráfico a sus usuarios, alterando así el modelo de costes que han disfrutado hasta ahora, y probablemente perjudicando gravemente la sostenibilidad de aquellos agentes que utilizan la plataforma de Internet para la distribución masiva de contenidos sin soportar todos los costes de red derivados de su negocio hasta ahora asumidos por los usuarios finales.

negocio¹⁷⁸ que incluyen la posibilidad de diferenciación de tarifas por volumen y calidad de servicio, para hacer frente a la necesidad de inversión adicional producto del incremento del tráfico en el segmento de acceso fijo entre 2010 y 2014, evaluada en 9.800 millones de euros para el conjunto de Europa. El informe concluye considerando necesaria una combinación de los diferentes modelos para permitir alcanzar los ingresos adicionales requeridos, y que una limitación *ex ante* de dichos modelos podría evitar la aparición de modelos innovadores que fomenten la competencia y la sostenibilidad en el ecosistema de Internet.

El segundo informe (Friederiszick, Kalunzny, Kohnz, Grajek, & Röller, 2011), desarrollado por el ESMT y encargado por Deutsche Telekom, analiza diferentes modelos de negocio¹⁷⁹, sus efectos sobre el bienestar social¹⁸⁰ (teniendo en cuenta los efectos sobre la congestión, precios y utilización de usuarios finales, precios y utilización de proveedores de contenidos y aplicaciones, incentivos para la inversión en infraestructuras, coste regulatorio *ex ante* y *ex post*, e interoperabilidad), y la viabilidad de los mismos en función de diferentes grados de aplicación de la neutralidad de red. El informe concluye poniendo de manifiesto la necesidad de aplicar una política de “esperar y ver” y de vigilancia ante posibles comportamientos anticompetitivos, evitando así limitar a priori (fruto del establecimiento de medidas *ex ante*) la evolución de nuevos modelos de negocio y relaciones entre agentes que pueden generar una mayor inversión en redes NGA, competencia y sostenibilidad en el ecosistema de Internet.

Asimismo, la industria de telecomunicaciones¹⁸¹ considera necesario para mejorar la sostenibilidad del ecosistema de Internet, y para ampliar el alcance de las

¹⁷⁸ El estudio analiza cuatro opciones principales que podrían permitir un incremento de los ingresos: (i) la modificación de las tarifas minoristas hacia un precio orientado al volumen consumido, permitiendo la segmentación de aquellos usuarios que hacen un uso intensivo de la red y consumen más recursos, de aquellos usuarios que hacen un uso más moderado y por lo tanto pueden acceder a tarifas de menor precio; (ii) la modificación de los modelos de tarificación mayorista de interconexión para reflejar el impacto sobre los costes de los operadores generado por el incremento de tráfico, en este modelo los pagos se realizarían en cadena desde los proveedores de contenidos y aplicaciones hasta los operadores de acceso en función del tráfico transmitido y recibido; (iii) el desarrollo de productos estandarizados de calidades de servicio mejoradas extremo a extremo que podrían ser adquiridos por los proveedores de contenidos y aplicaciones que lo deseen, existiendo la opción de transmisión *best-effort* sin costes adicionales; y (iv) el desarrollo de acuerdos bilaterales entre proveedores de contenidos y aplicaciones y operadores de acceso para la entrega de ciertos contenidos o servicios con calidades aseguradas

¹⁷⁹ El informe identifica cuatro modelos: (i) un modelo basado en periodos de congestión, según el cual los ISP aplican tarifas superiores a los proveedores de contenidos y aplicaciones por el tráfico cursado en picos de congestión; (ii) un modelo *best effort plus*, que mantiene una estructura *best effort* para la Internet tradicional, pero que incluye elementos de flexibilidad mediante acuerdos bilaterales para la prestación de calidad de servicio garantizada para servicios innovadores; (iii) un modelo en el que se establecen diferentes clases de servicio adecuadas a los requisitos de distintas aplicaciones, y los proveedores de contenidos y aplicaciones eligen y pagan; y (iv), un modelo con diferentes clases de servicios elegidos (y pagados) por los usuarios.

¹⁸⁰ Para ello emplea un conjunto de premisas económicas: (i) los recursos comunes se caracterizan por la congestión y por niveles de inversión sub óptimos; (ii) la diferenciación de productos incrementa el beneficio total; (iii) la discriminación de precios incrementa el bienestar social; (iv) un incremento del precio a los proveedores de contenidos disminuye los precios para los usuarios finales; (v) la diferencia en las expectativas de beneficios con y sin inversión/innovación afecta a los incentivos para invertir e innovar; (vi) las industrias en red se favorecen de la interoperabilidad; y (vii), las decisiones económicas implican soluciones de compromiso.

¹⁸¹ Desde febrero de 2011 (European Commission, 2011d) la Comisión Europea está en contacto con las 35 empresas principales del sector de las telecomunicaciones, contenidos, servicios, proveedores y fabricantes, para analizar diferentes problemáticas relacionadas con el desafío de la inversión en redes de banda ancha para el cumplimiento de los objetivos de la Agenda Digital. Para ello se han establecido 3 grupos de trabajo centrados en (i) estudio de nuevos modelos de negocio para el Internet del futuro;

inversiones y despliegues en redes NGA, que el modelo regulatorio contemple la existencia de negocios bilaterales basados en acuerdos comerciales bajo el respeto de los principios de apertura y de no discriminación anticompetitiva, así como que se apoye la diferenciación en la gestión del tráfico como mecanismo para promover la innovación y nuevos servicios.

3.4.2 Enfoque europeo

En el caso europeo, los principales temas de debate asociados a la neutralidad de red vienen determinados por las previsiones del marco regulador europeo de las comunicaciones electrónicas y el marco general de defensa de la competencia.

En relación al primero, el marco regulador realiza una vigilancia sobre los mercados de comunicaciones electrónicas pudiendo imponer una regulación *ex ante* según el proceso de análisis de mercados. Además, el marco incorpora salvaguardias ante cualquier forma de discriminación en las redes de comunicaciones, fijando obligaciones de transparencia con los clientes. Estas salvaguardias se han visto incrementadas en la última revisión del marco regulador europeo, aprobada en 2009, introduce nuevas medidas sobre la capacidad de elección y protección de los derechos de los usuarios. Concretamente obliga a las ANR a promover la capacidad de los usuarios finales para acceder y distribuir la información o ejecutar las aplicaciones y los servicios de su elección, introduce la obligación de transparencia en los servicios proporcionados por los operadores de red, y permite a las ANR imponer unos niveles mínimos de calidad en caso de degradación del servicio de acceso a Internet. Asimismo, permite el cambio de operador en un plazo de un día hábil, incrementando la facilidad de los usuarios para elegir.

En relación a la normativa de defensa de la competencia, es empleada como un complemento a la regulación sectorial, permitiendo la intervención *ex post* y la corrección de situaciones de fallo de mercado o de prácticas anticompetitivas que pudieran haber surgido. De esta forma los agentes europeos que operan en el mercado de las comunicaciones electrónicas están sujetos tanto a la regulación sectorial como a las leyes de defensa de la competencia (A. Renda, 2010b), lo que permite el tratamiento de situaciones complejas que pueden surgir entre los diferentes agentes de la cadena de valor de Internet, sobre los que la regulación sectorial *ex ante* es difícilmente aplicable¹⁸², como el bloqueo de aplicaciones, la discriminación o degradación intencionada de la calidad del servicio o los acuerdos verticales (A. Renda, 2008).

La combinación del marco regulador y las salvaguardias incluidas en su última revisión, junto con la normativa de defensa de la competencia y la situación competitiva del mercado de banda ancha han llevado a diferentes autores a plantear que no existe una necesidad real de una regulación específica sobre

(ii) interoperabilidad y estandarización para la provisión de contenidos digitales; y (iii) marco para fomentar la inversión en redes NGA. Los grupos de trabajo presentaron el pasado día 13 de julio de 2011 un conjunto de propuestas concretas, entre las que se incluyen las presentadas en el texto de esta tesis.

¹⁸² Como ejemplo de esta situación se puede mencionar el caso Wanadoo (COMP/38.233, Wanadoo Interactive, 16 July 2003.), donde la Comisión reconoció que las actividades en el mercado minorista del acceso de banda ancha podrían ser analizadas mejor desde las leyes de defensa de la competencia que desde la aplicación de medidas *ex ante* específicas.

neutralidad de red (M. E. Cave et al., 2009; M. Cave & Crocioni, 2007; Marsden & Cave, 2007; Marsden, 2007; A. Renda, 2008).

No obstante, la Comisión Europea presentó a finales de 2009 una declaración de principios sobre neutralidad de Internet (European Commission, 2009b) en la que mostraba su compromiso de monitorizar cómo la implementación de la revisión del marco permite mantener el carácter abierto y neutral de Internet, informando al Parlamento Europeo y al Consejo sobre si estas reglas pueden ser consideradas herramientas suficientes y efectivas para lograr ese propósito. Esto ha llevado a un proceso de debate y de consulta pública entre el 30 de junio y el 30 de septiembre de 2010 que arrojó un amplio consenso sobre la validez del actual marco regulador para tratar con los posibles problemas de competencia identificados en el nivel de los operadores de red mediante la combinación de regulación *ex ante* y de competencia (European Commission, 2011c).

Por su parte, algunos Estados Miembros han iniciado procesos de consultas públicas o debates parlamentarios sobre la necesidad de incluir la neutralidad de red en la legislación de telecomunicaciones o de establecer medidas voluntarias para garantizar el acceso de los usuarios a los contenidos de su elección. Resulta relevante el caso de los Países Bajos, que se han convertido en el primer país europeo, segundo en el mundo tras Chile, en introducir en su legislación nacional la necesidad de una completa protección de la neutralidad de la red, medida que ha contado con el rechazo de KPN, Vodafone y T-Mobile.

3.4.3 Problemáticas abiertas

La evolución del ecosistema de Internet se sitúa como uno de los grandes motores de desarrollo económico, social y cultural de las próximas décadas. Resulta difícil de prever cuáles serán los servicios, dispositivos y aplicaciones del futuro, sin embargo, dicha evolución pasará por mantener la plataforma de Internet como un medio abierto, centrado en el usuario y con la capacidad de continuar con la innovación y la inversión en nuevas redes y servicios mediante la sostenibilidad de los modelos de negocio en todos los niveles de la cadena de valor.

En un contexto de convergencia entre redes fijas y móviles, de integración entre los servicios de telecomunicaciones y las aplicaciones en Internet fruto del avance hacia redes todo IP (lo que conlleva la convergencia entre las capas de infraestructura y las capas superiores), y de convergencia entre la industria de contenidos y el mundo de Internet, los diferentes agentes compiten por el control de los usuarios empleando los recursos críticos disponibles. Si bien las redes de acceso suponen un elemento crítico de control del ecosistema, otros elementos tales como motores de búsqueda, portales, redes sociales, tiendas de aplicaciones o plataformas de pago pueden captar la atención y el tiempo de los usuarios.

En este entorno, es importante que exista una competencia dinámica y que se evite la acumulación de poder de mercado mediante la oportuna aplicación de la regulación sectorial y de competencia. Sin embargo, la asimetría en el tratamiento regulatorio a agentes situados en diferentes niveles de la cadena de valor puede generar una relevante distorsión de la competencia, y debería ser evitado salvo que se justifique su necesidad para eliminar fuentes de poder irreversible de mercado o

de negación de servicio de activos indispensables. Este es el caso de las redes de acceso de próxima generación, dónde el enfoque regulador en Europa se ha centrado en la extensión del marco existente sobre las redes de cobre a las nuevas redes. Esto es, a diferencia del resto de agentes con los que compiten en el ecosistema de Internet, regulación sectorial *ex ante* basada en la obligación de acceso a los niveles 1 y 2, y de forma general, orientación a costes.

Asimismo, el establecimiento de regulación adicional *ex ante* sobre neutralidad de red, únicamente sobre los operadores de telecomunicaciones, no solo limita su capacidad para establecer nuevos modelos de negocio, dificultando por tanto las posibilidades de viabilidad de las inversiones en redes NGA, sino que resulta una política cortoplacista que deja fuera otros elementos muy relevantes para el futuro del ecosistema de Internet.

Por lo tanto, la evolución del marco regulador (*ex ante* y de competencia) deberá tomar un enfoque que considere las distintas capas involucradas y que sea consistente con el objetivo de asegurar la competencia sostenible en todas ellas, ofreciendo asimismo incentivos a la inversión y despliegue de redes NGA, que suponen un pilar básico para el avance hacia los objetivos de la Agenda Digital Europea. Para ello, no solo es necesario analizar el debate de la neutralidad de red, sino también el de cómo se estructura las reglas de competencia para atender una estructura futura en capas, considerando la provisión de contenidos sobre diferentes plataformas, discriminación en “nubes” públicas y privadas, neutralidad de las búsquedas, y la protección de los contenidos y datos personales sobre las distintas plataformas.

CAPÍTULO 4. MODELO TECNO-ECONÓMICO DE DESPLIEGUE DE REDES NGA

A continuación se describen los modelos tecno-económicos empleados para el dimensionamiento y valoración de las diferentes plataformas de acceso NGA consideradas, el análisis geográfico realizado y los geotipos considerados para el análisis de España, así como los escenarios de mercado utilizados y principales suposiciones empleadas en la realización de los análisis.

4.1 Modelo tecno-económico

Los modelos tecno-económicos empleados derivan del proyecto COSTA, el cual está formado por un conjunto de modelos tecno-económicos que calculan el CAPEX, OPEX, el coste mensual y la viabilidad del despliegue de diferentes plataformas de acceso de próxima generación para diferentes escenarios geográficos y niveles de penetración. Los modelos desarrollados permiten el análisis de las principales plataformas NGA. Para el caso de las redes FTTH se dispone de la tecnología GPON (ITU G.984) y Ethernet punto a punto (IEEE 802.3ah). Mientras, para las redes FTTN se ha implementado la tecnología VDSL2 (ITU G.993.2). Y para el caso de las redes HFC la tecnología DOCSIS 3.0.

Los modelos desarrollados emplean para las distintas plataformas una metodología homogénea para el diseño de los escenarios de mercado, de la planta externa y para el dimensionamiento de equipos e infraestructuras. Esto permite mejorar la capacidad de comparación entre los mismos al reducir las diferencias generadas por disparidad del modelado. A diferencia de los modelos y estudios tecno-económicos más recientes (ver apartado 1.3), el modelo COSTA considera de forma simultánea las tres plataformas principales en competencia en el mercado fijo de acceso de próxima generación FTTH, FTTN y HFC, permitiendo un análisis más profundo del impacto de la competencia entre plataformas.

El modelo se basa en la metodología tecno-económica desarrollada en el proyecto ECOSYS, combinado con la estructura de acceso desarrollada en los proyectos TONIC y MUSE (MUSE, 2005), y con el enfoque jerárquico del proyecto BREAD (BREAD, 2006). Las fuentes de datos empleadas en la definición de los modelos

4.1 Modelo tecno-económico

han sido obtenidas de proyectos europeos de investigación, informes de organismos y consultoras, y resoluciones de organismos reguladores. El modelo COSTA sigue un enfoque de modelado *bottom-up* a precios corrientes, según el cual se diseña una red de acceso NGA para la provisión de servicios de banda ancha para un nivel de penetración y de uso dados, calculando los costes totales (CAPEX y OPEX) y el coste anualizado del despliegue. Los diferentes elementos de coste considerados se presentan en la siguiente tabla.

| Elemento de coste | Ejemplos |
|---------------------------------|---|
| Infraestructuras | Plataforma canalización, conducto canalizado, subconductos canalización, cámaras y arquetas, zanjas, tritubos fibra, tubo pares, postes, repartidor óptico modular (ROM), caja terminal, armarios de interconexión, cabina ubicación ONU, splitters, caja de terminación óptica, etc. |
| Portadores | Fibra óptica, cable coaxial, cable de par de cobre, acometidas, etc. |
| Nodos específicos | OLT-Bastidor, OLT-Line Card GPON, ONU VDSL2-Bastidor, ONU VDSL2-Subrack, ADM, Equipo NOT, CMTS DOCSIS 3.0, Cable Router Management System, etc. |
| Equipo cliente | Terminal STB IP-TV, ONT, Router Inalámbrico, Teléfono IP, Modem cable, etc. |
| Transporte | Equipos de conmutación, Backhaul, core network, etc. |
| Plataformas de servicios | Coste de provisión de servicios específicos como telefonía o IPTV |
| Minoristas | Costes comerciales, coste de adquisición de clientes, etc. |
| Otros costes | Costes de capital, costes indirectos, costes de operación y mantenimiento |

Tabla 9. Elementos de coste considerados en el modelo tecno-económico

Los modelos realizan el dimensionado de la infraestructura y el cálculo de los costes asociados a la prestación de servicios, desde una única cabecera de red, para un área geográfica y un nivel de adopción. El modelo optimiza el dimensionamiento del despliegue para alcanzar la máxima ocupación de los elementos activos y pasivos proporcionando cobertura a todos los hogares del área geográfica y para conectar un número de hogares, distribuidos de manera uniforme. El modelo realiza de esta manera un análisis detallado del tramo de red de acceso, específico para cada plataforma considerada, mientras que el tramo de red de metropolitana o *backhaul* y de red de núcleo es dimensionado de la misma forma para las diferentes plataformas en función del tráfico cursado y de los usuarios conectados.

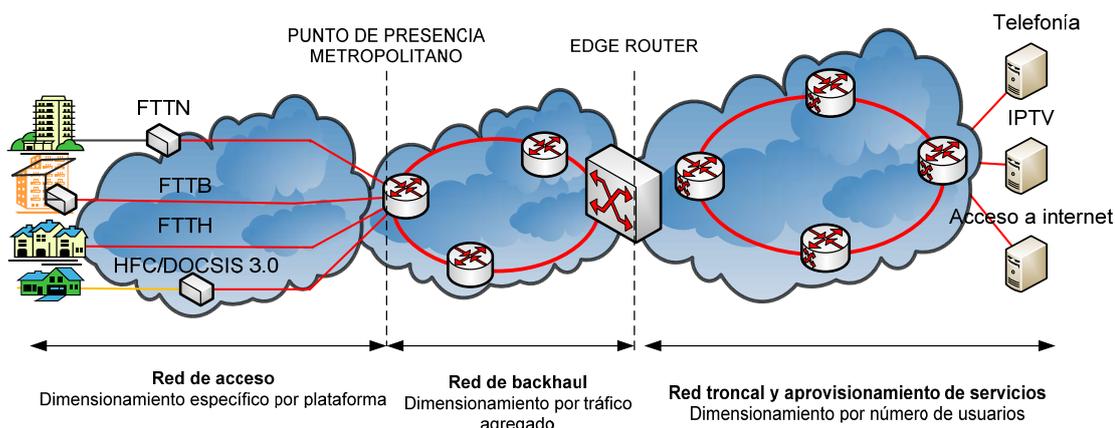


Figura 26. Dimensionamiento aplicado a los distintos tramos de red NGA para la prestación de servicios. Fuente: Elaboración propia

Una vez dimensionada la red de acceso, los modelos permiten variar los niveles de adopción del servicio entre el 0% y el 100%, obteniendo la función de costes para un escenario dado. Asimismo, el modelo permite el cálculo de la inversión necesaria (CAPEX), los costes operativos (OPEX), la cuota de mercado necesaria para la viabilidad del modelo de negocio, así como los indicadores de viabilidad VAN y TIR. Estos análisis se realizan bajo un enfoque estático que considera que los despliegues se completan en el primer año bajo análisis, y que la red NGA ha sustituido a la red *legacy*.

Los modelos permiten una definición flexible de las áreas cubiertas mediante la configuración de diferentes parámetros, siendo los principales: (i) densidad de viviendas y locales por kilómetro cuadrado; (ii) valor de los distintos niveles de la estructura jerárquica; y (iii) porcentajes de superficie no poblada en cada uno de los niveles de la estructura jerárquica y separación entre edificios. Mediante esos tres conjuntos de parámetros el modelo permite definir distintas configuraciones de áreas geográficas, desde entornos rurales dispersos, hasta entornos urbanos densos pasando por diferentes configuraciones de dispersión en el terreno. Si bien por defecto el modelo COSTA implementa cinco escenarios geográficos definidos en el proyecto MUSE¹⁸³, para el desarrollo de esta tesis se ha realizado un análisis más detallado de la estructura geográfica española. Los escenarios geográficos por defecto cubren un área de 65.536 hogares, no obstante, los escenarios menos densos pueden cubrir un menor número de hogares debido a las limitaciones de alcance de distintas tecnologías para cubrir zonas muy extensas.

El funcionamiento general del modelo se presenta en la Figura 27, y se describe en más detalle en los próximos apartados.

Figura 27. Estructura del modelo COSTA. Fuente: Elaboración propia

¹⁸³ Urbano denso (7,187 hogares/km²), urbano (3,116 hogares/km²), suburbano (1,043 hogares/km²), rurales (177 hogares/km²) y rurales dispersos (8 hogares/km²).

4.1.1 Cálculo de la demanda de servicios

En primer lugar, el modelo calcula la demanda de tráfico en función de los parámetros de los servicios proporcionados y de los escenarios de mercado planteados. El resultado de esta etapa de modelado permite el posterior diseño de la red de acceso al calcular los requisitos de capacidad en la red de acceso y en la red de backhaul, así como los requisitos de servicio que la red debe satisfacer. La Tesis Doctoral está centrada en el análisis del mercado de las comunicaciones fijas, por lo que se consideran los principales servicios prestados por las redes de acceso de próxima generación, telefonía, acceso a Internet de banda ultra-ancha, y servicios de televisión. Para el cálculo del tráfico de cada servicio, y por tanto los requisitos que estos servicios imponen sobre la red, se emplean diferentes parámetros.

En el caso de los servicios de telefonía, se ha supuesto el uso de tecnologías de telefonía IP, que permiten en un contexto de redes de próxima generación todo IP proporcionar dichos servicios a bajo coste y con un bajo impacto sobre los requisitos de las redes fijas. Mientras, en relación al servicio de acceso de banda ultra-ancha a Internet se han considerado diferentes categorías en función de las velocidades de subida y bajada. Finalmente, en relación a los servicios de televisión IP se han considerado dos categorías de servicio, calidad estándar y alta definición.

Para el dimensionado de la red se considera, además de las velocidades máximas proporcionadas en la bajada y subida, parámetros de porcentaje de tráfico garantizado, que se corresponde con el porcentaje de velocidad de bajada y subida garantizada en el dimensionado de la red, parámetros de concurrencia, que representa el porcentaje de usuarios que utilizan el servicio de datos de forma simultánea para los que se realiza el dimensionado de la red, así como el número de sesiones simultáneas de cada servicio que tienen lugar durante la hora cargada. Variando dichos parámetros se pueden establecer diferentes escenarios de demanda de tráfico, con el consiguiente impacto en el dimensionamiento de la red. Los parámetros empleados en el estudio se presentan en el apartado 4.3.

Una vez seleccionado el mercado objetivo, y el tipo de servicios prestados, se debe realizar una estimación realista sobre el número de clientes que se deberán atender. Al tratarse de un modelo estático, el dimensionado de la demanda de tráfico se realiza para un dato fijo de adopción de los servicios NGA considerados. Dicha adopción depende de la penetración de la banda ancha, la adopción de las redes NGA y la cuota de mercado de los diferentes agentes. Para la estimación de dichos parámetros se ha aplicado un enfoque geográfico, distinguiendo los mismos en función del geotipo y de la presencia de diferentes tipos de agentes.

4.1.2 Modelado geométrico

En segundo lugar, el modelo realiza el diseño de la planta externa de la red a desplegar a partir de un modelado geométrico, basado en el establecimiento de niveles jerárquicos, en función de las características del área de despliegue (densidad de hogares), así como de diversas consideraciones sobre la topología de la red (topología física, estructura jerárquica, etc.).

El modelo geométrico tiene como objetivo la estimación de la infraestructura necesaria para interconectar cada hogar con su cabecera (o nivel que se decida) mediante la subdivisión en cuadrados¹⁸⁴ de la superficie a cubrir, teniendo en cuenta los diferentes niveles de agregación configurados, las zonas no pobladas y la no linealidad de las distancias euclídeas en la unión directa entre dos puntos.

Este modelado es común para todas las infraestructuras de acceso consideradas, y posee las siguientes características básicas:

- Es un modelo aplicable de forma homogénea a cualquiera de las tecnologías desarrolladas. Esto favorece que la comparación entre ellas sea más equilibrada, de manera que las diferencias en los resultados no sean causadas por la disparidad del modelado.
- El modelo se puede configurar con una serie de datos de entrada que pueden simular las características de la región de despliegue. Se puede especificar: el número de hogares por planta, las plantas por edificios, la separación entre edificios, la relación de superficie poblada frente a superficie total. Asimismo se adapta a la densidad de población, realiza el cálculo de distancias cuadráticas, se pueden aplicar factores multiplicativos de la distancia por niveles y tipos de densidades, y se puede aplicar un factor de no linealidad del cable en la acometida (efecto de la curvatura).
- El modelo permite la configuración de diversos niveles de agrupación o concentración de infraestructuras. Esta configuración es posible realizarla tanto en número de niveles como en tipos de niveles (esto depende de la tecnología de acceso).
- El modelo simula tres tipos básicos de despliegue de infraestructuras: estrella, anillo y bus. Estas configuraciones son seleccionables en cada nivel.

Para la definición de estos modelos geométricos, el área de cobertura, la cual es asumida con forma cuadrada, es dividida recursivamente en sub-áreas, también con forma cuadrada, para los diferentes niveles de agregación que conforman la red de agregación. El modelo divide el área cubierta en ocho niveles consecutivos que representan diferentes nodos de agregación (AN), desde la cabecera de la red (AN₇), hasta el hogar del cliente (AN₀). Cada nodo AN_n contiene un número configurable de nodos inferiores AN_{n-1} a los que está conectado a través de un enlace de agregación AL_n, configurado mediante una topología de bus, anillo o estrella. De esta forma se consideran dos tipos de elementos, los nodos de agregación (AN), que contienen equipamiento activo, de agregación o de cliente, y los enlaces de agregación (AL) que están formados por infraestructuras y portadores.

La base de clientes (viviendas y locales) se distribuye uniformemente sobre áreas cuadradas que tienen el nivel superior AN_n situado en su punto central. El modelo conecta consecutivamente dicho nivel con nodos inferiores que contienen sub-áreas

¹⁸⁴ Los motivos de la elección de este tipo de modelo geométrico son: (i) los cuadrados simulan una estructura basada en calles, como la mayoría de los pueblos y ciudades, frente a una estructura basada en distancias euclídeas que infravalorarían las infraestructuras; y (ii), la utilización de cuadrados ayudan a que la representación matemática de las distancias tenga una formulación fácilmente calculable.

4.1 Modelo tecno-económico

menores, que finalmente contienen los edificios AN₂, las plantas AN₁ y los hogares AN₀. La Figura 28 muestra la subdivisión recursiva en niveles cuadrados.

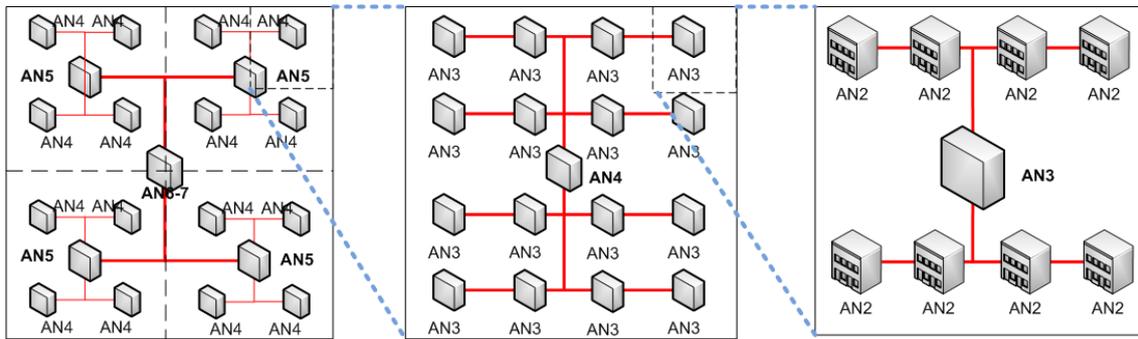


Figura 28. Subdivisión recursiva en niveles cuadrados realizada por el modelo COSTA.
Fuente: Elaboración propia

Mientras, la siguiente figura presenta un ejemplo de la distribución de los AN y AL para un escenario urbano.

| AN | Nivel | Número de nodos | Hogares por nivel | AL | Enlace | AN _{n-1} / AN _n |
|-----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| AN ₀ | Hogar | 65,536 | 1 | AL ₁ | AN ₀ - AN ₁ | 4 |
| AN ₁ | Planta | 16,384 | 4 | AL ₂ | AN ₁ - AN ₂ | 8 |
| AN ₂ | Edificio | 2,048 | 32 | AL ₃ | AN ₂ - AN ₃ | 8 |
| AN ₃ | Cabina | 256 | 256 | AL ₄ | AN ₃ - AN ₄ | 16 |
| AN ₄ | Distrito | 16 | 4,096 | AL ₅ | AN ₄ - AN ₅ | 4 |
| AN ₅ | Barrio | 4 | 16,384 | AL ₆ | AN ₅ - AN ₆ | 4 |
| AN ₆ | Localidad | 1 | 65,536 | AL ₇ | AN ₆ - AN ₇ | 1 |
| AN ₇ | Cabecera o central local | 1 | 65,536 | | | |

Tabla 10. Ejemplo de la distribución de nodos de agregación y de enlaces de agregación

El diseño de la red de acceso permite calcular las distancias de los distintos AL para su posterior uso en el dimensionamiento posterior de las infraestructuras. Para ello se distingue entre la planta externa, que dimensiona desde la cabecera de la red hasta el edificio, de la acometida, que es un modelo en altura que dimensiona los cables de la acometida desde la entrada del edificio hasta cada hogar en dos etapas, hogar-planta y planta-edificio. El modelo calcula la longitud del lado del nivel superior según la ecuación (1), y el resto de forma recursiva según (2).

$$S_7 = \sqrt{\frac{HH}{HH_{density}}} \quad (1)$$

$$S_{i-1} = \frac{S_i}{\sqrt{AL_i}} \quad (2)$$

Donde S_i representa el lado del nivel i-esimo, HH representa el número total de viviendas y locales, HH_{density} la densidad de viviendas y locales del geotipo, y AL_i el número de niveles NA_{i-1} contenidos en el nivel superior i. Una representación gráfica se encuentra en la Figura 29.

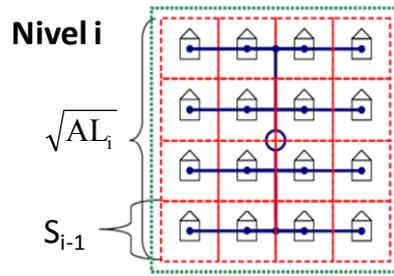


Figura 29. Cálculo de las dimensiones de la estructura geométrica. Fuente: Elaboración propia

Asimismo, el modelo permite considerar la inclusión de un factor de superficie no poblada aplicable a los distintos niveles de la estructura jerárquica, lo que simula diferentes zonas de concentración de la población frente a zonas despobladas.

4.1.3 Dimensionamiento de los equipos e infraestructuras

En tercer lugar, el modelo calcula el número de elementos de infraestructuras y equipamientos de red necesarios para cumplir con los requisitos de cobertura y nivel de servicio del escenario planteado. Así pues, el resultado de esta fase es un listado de todos los equipamientos e infraestructuras que deben ser instalados para proporcionar la funcionalidad requerida a partir del cual es posible calcular los costes reales de la solución.

Para ello se calcula la cantidad de infraestructuras y portadores (en kilómetros) necesarios para dar cobertura al área de estudio. Dichas infraestructuras conforman los enlaces de agregación (AL), pudiendo realizarse tres tipos de tendido en función del escenario geográfico, canalizado¹⁸⁵, en zanja¹⁸⁶ o aéreo¹⁸⁷. Para el cálculo de dichas distancias el modelo emplea un conjunto de ecuaciones en función de la topología seleccionada basadas en (BREAD, 2006) y los cálculos de las distancias geométricas descritas en el apartado 4.1.2 Las ecuaciones (3) – (8) incluidas en la Tabla 11 presentan los cálculos de infraestructuras y portadores para el nivel jerárquico i en función de la topología, y donde S_{i-1} representa el lado del nivel $i-1$, AL_i el número de niveles NA_{i-1} contenidos en el nivel superior i , y AN_i el número de nodos de nivel i existentes. Asimismo, el modelo incluye un factor de no linealidad que incrementa la longitud considerada para simular la dificultad de un despliegue real que conecte los nodos mediante líneas rectas, así como parámetros de protección, multiplexación y diversificación para incrementar la robustez del despliegue.

¹⁸⁵ Esta infraestructura se utiliza frecuentemente en áreas urbanas. Es la infraestructura más cara y la más segura al estar más protegida físicamente ante posibles averías. Está formada por la plataforma de canalización, conductos y las cámaras y/o arquetas.

¹⁸⁶ Esta infraestructura está formada únicamente por la plataforma donde se ubican de manera enterrada los cables portadores. En el modelo se utilizará un único precio por Km de zanja para albergar cualquier tipo de portador. Se utiliza en áreas urbanas y rurales.

¹⁸⁷ La infraestructura de postes está formada por una sucesión de postes ubicados a una distancia media de 50 metros y fabricados actualmente con hormigón (anteriormente de madera). Para simplificar el modelo se va a considerar una única línea de postes por tramo, y un precio por Km de postes, sin tener en cuenta las limitaciones del número de cables soportados. Se utiliza en áreas rurales y en las acometidas en áreas urbanas. Es la más económica y la que está en mayor desuso actualmente, aunque particularmente en España existen muchos Km de esta infraestructura.

| Topología | Infraestructuras (Km) | Portadores (Km) |
|-----------------|---|---|
| Anillo | $AL_i \cdot S_{i-1} \cdot AN_i$ (3) | $AL_i \cdot S_{i-1} \cdot AN_i$ (6) |
| Bus | $(AL_i - 1) \cdot S_{i-1} \cdot AN_i$ (4) | $(AL_i - 1) \cdot S_{i-1} \cdot AN_i$ (7) |
| Estrella | $(AL_i - 1) \cdot S_{i-1} \cdot AN_i$ (5) | $\frac{AL_i^{3/2}}{2} \cdot S_{i-1} \cdot AN_i$ (8) |

Tabla 11. Ecuaciones para el cálculo de las infraestructuras y portadores

En segundo lugar, se calcula el número de unidades de equipamiento de red necesario para prestar los servicios en el escenario planteado y para un nivel de adopción del servicio dado. El equipamiento de red se sitúa siempre en un nodo de agregación (AN), la naturaleza, cantidad y posición de los equipos es específica de cada plataforma, así como de las limitaciones de distancia y capacidad de las tecnologías implementadas.

Finalmente, el modelo dimensiona otros elementos empleados para la prestación del servicio como los enlaces de Ethernet para el tramo de acceso de backhaul.

En los siguientes sub-apartados se detallan las infraestructuras y equipamientos específicos considerados para cada tipo de despliegue.

4.1.3.1 Plataforma FTTN/VDSL

La plataforma FTTN/VDSL se compone de dos segmentos diferenciados, la red de alimentación compuesta por un tramo de acceso de fibra óptica basado en tecnología GPON sobre fibras dedicadas, y las redes de distribución y de acometida formadas por cable de pares de cobre basados en tecnología VDSL2. La siguiente figura presenta la arquitectura considerada.

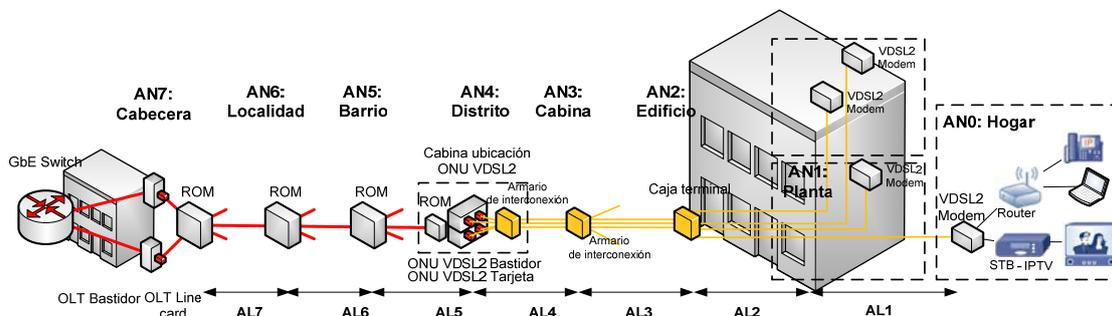


Figura 30. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma FTTN/VDSL. Fuente: Elaboración propia

El nivel en el que se ubiquen los equipos ONU VDSL2 depende de los requisitos de servicio demandados, calculándose a partir del balance de enlace, y de las limitaciones por capacidad. Asimismo, la posición del equipamiento GPON en la cabecera deberá cumplir con los requisitos de alcance y de capacidad para el escenario dado. Una vez determinada la posición del nodo intermedio, que denominaremos AN_j se puede realizar el dimensionado de los equipamientos e infraestructuras del escenario bajo análisis.

En relación a las infraestructuras que componen los enlaces de agregación, los niveles AL_1 a $AL_{i(i<j)}$ están formados por una acometida de pares de cobre y una red de distribución de pares de cobre punto a punto. Dicha red forma parte de las actuales redes de telefonía, desplegadas en un elevado porcentaje de los hogares

españoles, por lo que para el estudio se considera que los tramos de infraestructuras de pares de cobre (marcados en la Tabla 12 con un *) están amortizados, y por tanto no se despliegan específicamente para la prestación del servicio. De esta forma, dicho tramo no se considera en el cálculo de la inversión necesaria (CAPEX) pero sí en el de los costes operativos derivados del mantenimiento de las mismas (OPEX).

Mientras, en el tramo de red de fibra $AL_{i(i>j)}$, los enlaces de agregación están formados por una red de acceso de fibra punto a punto que conecta los equipos OLT de la cabecera, con los ONU situados en el nodo intermedio mediante tecnología GPON. La cantidad necesaria de infraestructuras y portadores se obtiene de la aplicación de las formulas de cálculo de distancias en función de la topología (3) a (8). La siguiente tabla resume los elementos de infraestructura en los enlaces de agregación considerados en el proceso de dimensionamiento.

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|---------------|-----------------------|------------------|---|
| AL_1 | Planta - Hogar | Portadores | Acometida pares* |
| AL_2 | Edificio - Planta | Portadores | Acometida pares* |
| $AL_{i(i<j)}$ | Enlace intermedio < j | Portadores | Cable de pares (canalizado, zanja o poste)* |
| | | Infraestructuras | Plataforma de canalización, conducto, cámaras y arquetas* Zanja, cable zanja* Postes* |
| $AL_{i(i>j)}$ | Enlace intermedio > j | Portadores | Cable de fibra óptica (canalizado, zanja o poste) |
| | | Infraestructuras | Plataforma de canalización, conducto, subconducto, cámaras y arquetas Zanja, tritubo zanja Postes |

Tabla 12. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma FTTH/VDSL

En relación al equipamiento considerado, el nodo AN_0 incluye el equipamiento de cliente, en la base de los edificios (AN_2) se ubica una caja terminal para conectar los mazos de pares entrantes con la acometida del edificio. Los nodos de agregación siguientes $AN_{i(i\neq j)}$ están compuestos por armarios de interconexión para el tramo de pares de cobre o por repartidores ópticos modulares para el tramo de fibra, al igual que en el caso de las infraestructuras, los elementos correspondientes al tramo de pares de cobre se consideran amortizados (marcados con un *).

El nodo intermedio contiene los equipos ONU VDSL2 que permiten la conversión de la señal óptica a eléctrica y la transmisión mediante tecnología VDSL2. Los equipos ONU VDSL2 se dividen en equipos de bastidores, subrack y tarjetas, dimensionándose un puerto ONU VDSL2 por cada hogar conectado. Asimismo, el nodo intermedio contiene un equipo ROM y un armario para realizar las interconexiones correspondientes y la cabina donde se ubica el equipo. Además, se han añadido al dimensionado la valoración de los costes de las conexiones y las pruebas de usuario, en este caso en el ONU (a diferencia de FTTH que se hace en el hogar).

Finalmente, en el nodo de cabecera (AN_7) se ubican los equipos OLT, compuestos de equipos de bastidor y tarjetas de línea, cuyo dimensionado corresponde a un

4.1 Modelo tecno-económico

puerto OLT para cada grupo de 64 hogares conectados (ratio máximo de división GPON). Asimismo, también se consideran equipos Gigabit Ethernet Switch para la conexión de los OLT con la red de datos central del operador (con un dimensionamiento acorde con el realizado para la capacidad de transporte backhaul), los repartidores ópticos modulares necesarios para la gestión y conexión de las ODN, así como el alquiler del espacio ocupado por los OLT. La siguiente tabla resume los elementos considerados en el dimensionamiento de los nodos de agregación para la plataforma FTTN/VDSL.

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|
| AN₀ | Hogar | Equipamiento de cliente | Terminal STB IP-TV Modem VDSL2 Router Inalámbrico Teléfono IP |
| AN₁ | Planta | - | - |
| AN₂ | Edificio | Infraestructuras | Caja terminal* |
| AN_{i(i<j)} | Nodo intermedio < j | Infraestructuras | Armario de interconexión* |
| AN_j | Nodo intermedio | Nodos específicos | ONU VDSL2-Bastidor ONU VDSL2-Subrack ONU VDSL2-Tarjeta VDSL2 |
| | | Infraestructuras | ROM Armario de interconexión Cabina ubicación ONU VDSL2 Conexión por cliente ONU VDSL2 Pruebas por cliente ONU VDSL2. |
| AN_{i(i>j)} | Nodo intermedio > j | Infraestructuras | ROM |
| AN₇ | Cabecera | Nodos específicos | OLT-Bastidor OLT-Line Card GPON (B+/C+) |
| | | Conmutación | Gigabit Ethernet Switch |
| | | Infraestructuras | ROM Alquiler espacio bastidor del OLT |

Tabla 13. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma FTTN/VDSL

4.1.3.2 Plataforma FTTH/GPON

La Figura 31 presenta la arquitectura considerada para el dimensionamiento de las infraestructuras y equipamientos de la plataforma FTTH/GPON. La figura muestra una arquitectura genérica donde los *splitters* pueden ser ubicados en cualquiera de los nodos intermedios desde la cabecera hasta la base del edificio, en cualquiera de sus configuraciones posibles. Sin embargo, en la ejecución de los modelos se ha implementado una configuración de ratio de división 64 mediante dos niveles de *splitters*, un primer nivel de división 4x situado en un nodo intermedio entre la cabecera y los hogares (AN₄ o AN₅), y un nivel de división 16x situado en la base de los edificios (AN₂) en las zonas más densas, o en el nivel de cabina (AN₃) en las zonas menos densas.

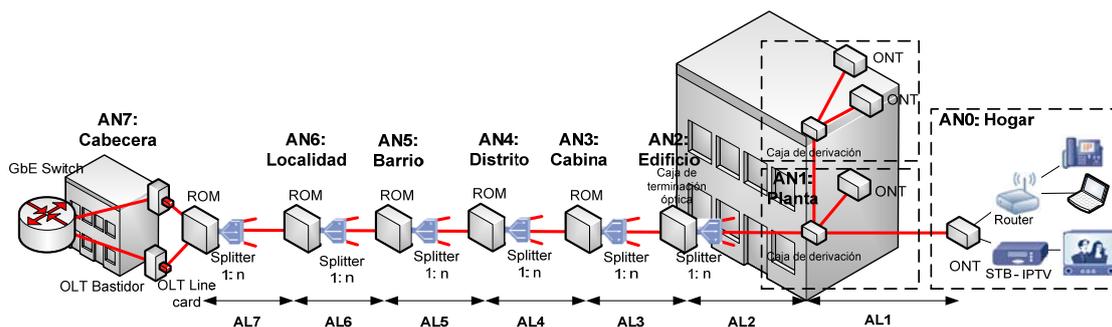


Figura 31. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma FTTH/GPON. Fuente: Elaboración propia

Dada la configuración de splitters y los parámetros de servicio configurados, la posición seleccionada para los OLT deberá cumplir con los requisitos de alcance y capacidad.

En relación a las infraestructuras que componen los enlaces de agregación, los niveles AL_1 y AL_1 están formados por una acometida de fibra óptica. El resto de enlaces de agregación están formados por la red de fibra óptica de distribución y de alimentación que conecta, mediante una estructura en árbol dividida por *splitters* los equipos OLT de la cabecera, con los ONT situados en los hogares de los clientes. El modelo calcula la cantidad necesaria de infraestructuras y portadores mediante la aplicación de las formulas de cálculo de distancias en función de la topología (3) a (8), y mediante el análisis del número de fibras ópticas necesarias en cada nivel de enlace en función de la estructura de *splitters* dispuesta y de la estructura jerárquica, cuyo dimensionamiento se puede resumir como el cociente entre el número de hogares cubiertos por ese nivel de agregación y el ratio de división total de los splitters en los niveles de agregación inferiores. La siguiente tabla resume los elementos de infraestructura en los enlaces de agregación considerados en el proceso de dimensionamiento.

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|--------|-----------------------|------------------|---|
| AL_1 | Planta - Hogar | Portadores | Acometida de fibra óptica |
| AL_2 | Edificio - Planta | Portadores | Acometida de fibra óptica |
| AL_i | Enlace intermedio | Portadores | Cable de fibra óptica (canalizado, zanja o poste) |
| | | Infraestructuras | Plataforma de canalización, conducto, subconducto, cámaras y arquetas Zanja, tritubo zanja Postes |

Tabla 14. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma FTTH/GPON

En relación al equipamiento considerado, el nodo AN_0 incluye el equipamiento de cliente, así como la valoración de los costes de las conexiones y las pruebas de usuario. En las plantas (AN_1) se utilizan cajas de derivación mientras en la base de los edificios (AN_2) se ubicará una caja de terminación óptica, así como splitters en algunos escenarios. El dimensionamiento de los nodos de agregación siguientes (AN_i) hasta la Cabecera es repetitivo, splitters y ROM, cuyo número y configuración viene dado por la estructura de *splitters* seleccionada y por el número de fibras ópticas que atiende dicho nodo.

4.1 Modelo tecno-económico

Finalmente, en el nodo de cabecera (AN₇) se ubican los equipos OLT, compuestos de equipos de bastidor y tarjetas de línea. En el caso de redes PON, el número de puertos implementados por el modelo en la cabecera se corresponde con el número de hogares pasados y no hogares con servicio¹⁸⁸. Asimismo, también se consideran equipos Gigabit Ethernet Switch para la conexión de los OLT con la red de datos central del operador (con un dimensionamiento acorde con el realizado para la capacidad de transporte backhaul), los repartidores ópticos modulares necesarios para la gestión y conexión de las ODN, así como el alquiler del espacio ocupado por los OLT. La siguiente tabla resume los elementos considerados en el dimensionamiento de los nodos de agregación para la plataforma FTTH/GPON.

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|--|
| AN ₀ | Hogar | Equipamiento de cliente | Terminal STB IP-TV ONT Router Inalámbrico, Teléfono IP |
| | | Infraestructuras | Pruebas y conexión por cliente FTTH |
| AN ₁ | Planta | Infraestructuras | Caja de derivación |
| AN ₂ | Edificio | Infraestructuras | Caja de Terminación Óptica Splitters |
| AN _i | Nodo intermedio | Infraestructuras | ROM Splitters |
| AN ₇ | Cabecera | Nodos específicos | OLT-Bastidor OLT-Line Card GPON (B+/C+) |
| | | Conmutación | Gigabit Ethernet Switch |
| | | Infraestructuras | ROM Splitters Alquiler espacio bastidor del OLT |

Tabla 15. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma FTTH/GPON

4.1.3.3 Plataforma FTTH/P2P

La siguiente figura muestra la arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma FTTH/P2P.

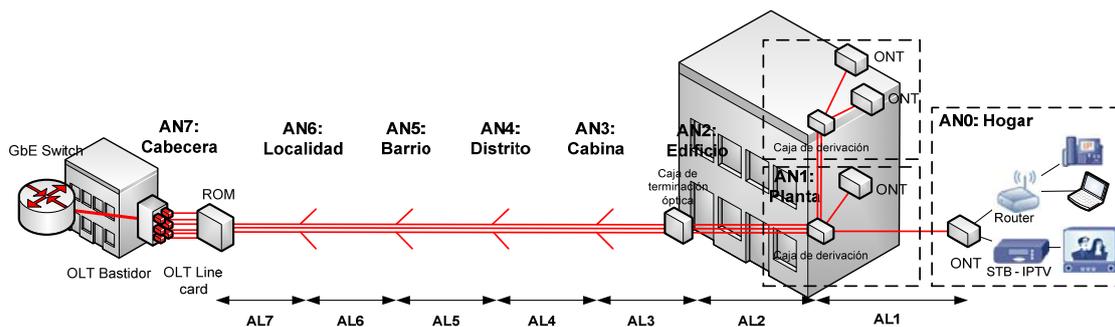


Figura 32. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma FTTH/P2P. Fuente: Elaboración propia

¹⁸⁸ Al suponer una distribución uniforme de los usuarios todos los árboles ópticos van a tener usuarios activos, siendo necesario el despliegue de un puerto por ODN. Sin embargo, en la práctica, es posible optimizar el número de equipamientos activos desplegado en redes PON mediante una distribución más eficiente de los ODN que implica la conexión y desconexión de las distintas ramas de los ODN en los diferentes puntos intermedios. No obstante, por sencillez no se ha considerado dicho elemento de ahorro de costes.

En relación a las infraestructuras que componen los enlaces de agregación, los niveles AL_1 y AL_1 están formados por una acometida de fibra óptica. El resto de enlaces de agregación están formados por la red de fibra óptica de distribución y de alimentación que conecta, mediante una estructura punto a punto los puertos OLT de la cabecera, con los ONT situados en los hogares de los clientes. El modelo calcula la cantidad necesaria de infraestructuras y portadores mediante la aplicación de las formulas de cálculo de distancias en función de la topología (3) a (8) considerando los enlaces dedicados punto a punto. La siguiente tabla resume los elementos de infraestructura en los enlaces de agregación considerados en el proceso de dimensionamiento.

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|--------|-----------------------|------------------|---|
| AL_1 | Planta - Hogar | Portadores | Acometida de fibra óptica |
| AL_2 | Edificio - Planta | Portadores | Acometida de fibra óptica |
| AL_i | Enlace intermedio | Portadores | Cable de fibra óptica (canalizado, zanja o poste) |
| | | Infraestructuras | Plataforma de canalización, conducto, subconducto, cámaras y arquetas Zanja, tritubo zanja Postes |

Tabla 16. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma FTTH/P2P

En relación al equipamiento considerado, el nodo AN_0 incluye el equipamiento de cliente, así como la valoración de los costes de las conexiones y las pruebas de usuario. En las plantas (AN_1) se utilizan cajas de derivación mientras en la base de los edificios (AN_2) se ubicará una caja de terminación óptica, así como splitters en algunos escenarios. Mientras, los nodos intermedios entre la cabecera y los edificios no contienen ningún equipo ni infraestructura al tratarse de un despliegue punto a punto y no ser necesarios puntos de flexibilidad.

Finalmente, en el nodo de cabecera (AN_7) se ubican los equipos OLT, compuestos de equipos de bastidor, chasis, supervisor, tarjetas de línea Fast Ethernet o Gigabit Ethernet y los transceptores apropiados. En el caso de las redes P2P, el número de puertos (transceptores) implementados por el modelo en la cabecera se corresponde con el número de hogares con servicio. Asimismo, también se consideran equipos Gigabit Ethernet Switch para la conexión de los OLT con la red de datos central del operador (con un dimensionamiento acorde con el realizado para la capacidad de transporte backhaul), los repartidores ópticos modulares necesarios para la gestión y conexión de las fibras, así como el alquiler del espacio ocupado por los OLT y los ROM. La siguiente tabla resume los elementos considerados en el dimensionamiento de los nodos de agregación para la plataforma FTTH/P2P.

4.1 Modelo tecno-económico

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|--|
| AN ₀ | Hogar | Equipamiento de cliente | Terminal STB IP-TV ONT (Fast Ethernet) Router Inalámbrico Teléfono IP |
| | | Infraestructuras | Conexión por cliente FTTH Pruebas por cliente FTTH |
| AN ₁ | Planta | Infraestructuras | Caja de derivación |
| AN ₂ | Edificio | Infraestructuras | Caja de Terminación Óptica |
| AN ₇ | Cabecera | Nodos específicos | OLT-Bastidor OLT-Chasis OLT-Supervisor OLT-Line Card OLT-Transceptor |
| | | Conmutación | Gigabit Ethernet Switch |
| | | Infraestructuras | ROM Alquiler espacio bastidor del OLT Alquiler espacio bastidor del ROM |

Tabla 17. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma FTTH/P2P

4.1.3.4 Plataforma HFC/DOCSIS 3.0

La siguiente figura muestra la arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma HFC/DOCSIS 3.0, compuesta de dos segmentos diferenciados, la red de alimentación basada en el acceso a través de fibra óptica, las redes de distribución y de acometida formadas por cable coaxial hasta los hogares.

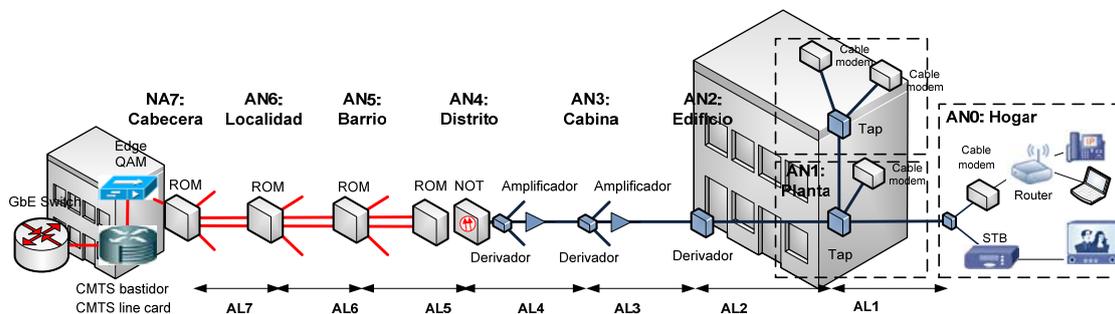


Figura 33. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma HFC/DOCSIS 3.0. Fuente: Elaboración propia

El nivel en el que se ubiquen los equipos NOT, y el número de ellos depende de los requisitos de servicio demandados, calculándose a partir del balance de enlace y de las limitaciones por capacidad. Asimismo, el dimensionamiento del número de equipos CMTS en la cabecera deberá cumplir con los requisitos de capacidad para el escenario dado. Una vez determinada la posición del nodo intermedio, que denominaremos AN_j se puede realizar el dimensionado de los equipamientos e infraestructuras del escenario bajo análisis.

En relación a las infraestructuras que componen los enlaces de agregación, los niveles AL₁ a AL_{i(i<j)} están formados por una acometida de cable coaxial. Mientras, en el tramo de red de fibra AL_{i(i>j)}, los enlaces de agregación están formados por una red de acceso de fibra punto a punto que conecta los equipos CMTS de la cabecera, con los NOT situados en el nodo intermedio. La cantidad necesaria de

infraestructuras y portadores se obtiene de la aplicación de las formulas de cálculo de distancias en función de la topología (3) a (8). La siguiente tabla resume los elementos de infraestructura en los enlaces de agregación considerados en el proceso de dimensionamiento.

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|-------------------------|-----------------------|------------------|---|
| AL ₁ | Planta Hogar - | Portadores | Acometida coaxial |
| AL ₂ | Edificio Planta - | Portadores | Acometida coaxial |
| AL _{i(i<j)} | Enlace intermedio < j | Portadores | Cable coaxial (canalizado, zanja o poste) |
| | | Infraestructuras | Plataforma de canalización, conducto, cámaras y arquetas Zanja Postes |
| AL _{i(i>j)} | Enlace intermedio > j | Portadores | Cable de fibra óptica (canalizado, zanja o poste) |
| | | Infraestructuras | Plataforma de canalización, conducto, subconducto, cámaras y arquetas Zanja, tritubo zanja Postes |

Tabla 18. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma HFC/DOCSIS 3.0

En relación al equipamiento considerado, el nodo AN₀ incluye el equipamiento de cliente, mientras en las plantas (AN₁) se sitúan taps para realizar la distribución de la señal, y en la base de los edificios (AN₂) se instala un equipo derivador a las distintas plantas. Los nodos de agregación siguientes AN_{i(i≠j)} están compuestos por amplificadores y derivadores para el cable coaxial o por repartidores ópticos modulares para el tramo de fibra.

El nodo intermedio contiene los equipos NOT que permiten la conversión de la señal óptica a eléctrica. Asimismo, el nodo intermedio contiene derivadores, amplificadores, un equipo ROM y se incluye el coste del alquiler por el espacio del NOT.

Finalmente, en el nodo de cabecera (AN₇) se ubican los equipos CMTS, compuestos de equipos de bastidor, tarjetas, y equipos de control y gestión¹⁸⁹, cuyo dimensionado depende de la demanda de tráfico planificada. Asimismo, también se consideran equipos Gigabit Ethernet Switch para la conexión de los CMTS con la red de datos central del operador (con un dimensionamiento acorde con el realizado para la capacidad de transporte backhaul), y los repartidores ópticos modulares necesarios para la gestión y conexión de la red de distribución de fibra, así como el alquiler del espacio ocupado por los CMTS. La siguiente tabla resume los elementos considerados en el dimensionamiento de los nodos de agregación para la plataforma HFC/DOCSIS 3.0.

¹⁸⁹ Para DOCSIS 3.0 el modelo se ha basado en la implementación ofrecida por CISCO (CISCO, 2010). En dicha solución existe una separación en equipos diferenciados dedicados a la modulación (Edge QAM), a la gestión (Timing and Control Card) y al *bonding channel* (Wideband SPA y SPI). Asimismo se ha considerado un equipamiento de gestión de la red de cable (Cable Router Management System)

4.1 Modelo tecno-económico

| Nivel | Descripción del nivel | Clasificación | Elementos considerados |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------------|---|
| AN₀ | Hogar | Equipamiento de cliente | Terminal STB Modem DOCSIS 3.0 Router Inalámbrico Teléfono IP |
| AN₁ | Planta | Infraestructuras | Tap |
| AN₂ | Edificio | Infraestructuras | Derivador |
| AN_{i(i<j)} | Nodo intermedio < j | Infraestructuras | Derivador Amplificador |
| AN_j | Nodo intermedio | Nodos específicos | Equipo NOT |
| | | Infraestructuras | Derivador Amplificador ROM Alquiler espacio NOT |
| AN_{i(i>j)} | Nodo intermedio > j | Infraestructuras | ROM |
| AN₇ | Cabecera | Nodos específicos | Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Bastidor |
| | | | Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Line Card |
| | | | Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Wideband SPA |
| | | | Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Wideband SPI |
| | | | Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Timing and Control Card |
| | | | Equipo Edge QAM Device DOCSIS 3.0 - Bastidor |
| | | | Equipo Edge QAM Device DOCSIS 3.0 - Unidad |
| | | | Equipo Cable Router Management System |
| | | Conmutación | Gigabit Ethernet Switch |
| | | Infraestructuras | ROM Alquiler espacio bastidor del OLT |

Tabla 19. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma HFC/DOCSIS 3.0

Asimismo, el modelo considera el despliegue de redes DOCSIS 1.1 y 2.0, permitiendo la evaluación de aquellos casos en los que el operador ya tiene desplegada infraestructura previa, permitiendo considerar aquellos elementos ya desplegados como parcialmente amortizados, disminuyendo los costes involucrados en el despliegue de DOCSIS 3.0 en aquellas zonas con cobertura previa de cable.

4.1.4 Estimación de los costes

En cuarto lugar, a partir del dimensionado de los equipos y de las infraestructuras, el modelo realiza una valoración de las inversiones y de los costes de operación asociados. Para la estimación de los costes asociados a un despliegue de red normalmente se suelen distinguir dos tipos de costes diferentes: costes de capital (denominados CAPEX, *CAPital EXpenditures*), que hacen referencia a la inversión en equipamiento así como a los costes para el diseño e implementación de la infraestructura de red, adquisición de emplazamientos, trabajo civil, etc.; y costes operativos (OPEX, *OPerational EXpenditures*), que representan todos aquellos gastos en los que incurre la compañía como resultado de la operación normal de sus actividades, y suelen dividirse entre costes relacionados con la red (operación y mantenimiento, costes de transmisión, alquiler de emplazamientos, etc.) y costes relacionados con el negocio (costes de adquisición de los clientes, marketing, costes

comerciales, políticas de subvención de terminales, comisiones a las cadenas de distribución, costes de personal y servicios, etc.).

El modelo COSTA realiza un análisis estático de los costes de despliegue con el objetivo de comparar diferentes plataformas para un geotipo y nivel de penetración dados, centrándose en la obtención de la función de costes para un escenario fijo. Para ello, el modelo simula que el despliegue de la infraestructura se realiza en un geotipo en el año 0 y que se tiene una base de clientes estática. Bajo dichas circunstancias es posible obtener la función de costes de la plataforma considerando los distintos elementos de coste, que son: (i) amortización de la inversión; (ii) gastos operativos de red; y (iii) gastos operativos no de red.

La estimación del CAPEX total de red se realiza según la ecuación (9) en base a los precios unitarios¹⁹⁰ de los distintos elementos y al número de infraestructuras y equipos dimensionados conforme al apartado anterior. Por su parte, el cálculo de los costes de amortización y costes de capital necesarios para obtener la función de costes, se calculan mediante la anualización de las inversiones como se presenta en la ecuación (10).

$$\text{CAPEX}_{\text{Total}} = \sum_i M_i \cdot c_i^{\text{capex}} \quad (9)$$

$$\text{CAPEX}_{\text{Anualizado}} = \sum_i M_i \cdot c_i^{\text{capex}} \cdot \frac{\text{WACC}}{1 - (1 + \text{WACC})^{-V_i}} \quad (10)$$

Donde $i \in \{\text{cada uno de los activos considerados}\}$, $\text{CAPEX}_{\text{Total}}$ representa la inversión total a realizar en un geotipo para proporcionar unos niveles de servicio dados, M_i representa el número de elementos del tipo i desplegados, c_i^{capex} representa el coste unitario de cada uno de dichos elementos, $\text{CAPEX}_{\text{Anualizado}}$ representa la amortización anual de la inversión total, WACC representa el coste de capital para el operador y proyecto de despliegue dados y V_i la vida útil del elemento i .

Por su parte, el OPEX se calcula: (i) a partir de los precios unitarios de los equipos como un porcentaje anual; (ii) mediante costes anuales correspondientes al alquiler de equipamiento, espacio o capacidad concretos; (iii) un coste por usuario asociado a la prestación de servicios concretos (por ejemplo telefonía, televisión); y (iv) un coste por usuario asociado a gastos comerciales derivados de la gestión de dicho cliente. La ecuación (11) presenta el cálculo del OPEX realizado.

$$\text{OPEX} = \sum_i N_i \cdot c_i^{\text{capex}} \cdot c_i^{\text{opex}} + \sum_j L_j \cdot c_j^{\text{gasto}} + \sum_k U_k \cdot c_k^{\text{servicio}} + U_T \cdot c^{\text{comercial}} \quad (11)$$

Donde $i \in \{\text{cada uno de los activos operados}\}$, $j \in \{\text{cada uno de los activos alquilados}\}$, y $k \in \{\text{cada uno de los servicios adicionales prestados}\}$. OPEX representa los costes anuales derivados de la operación y mantenimiento de la red para proporcionar unos niveles de servicio en un geotipo dado, así como los costes asociados al negocio. N_i representa el número de elementos del tipo i operados, c_i^{opex} representa el porcentaje del CAPEX que se considera para obtener los costes anuales asociados a la energía, gestión y mantenimiento de dicho elemento, L_j

¹⁹⁰ Los precios empleados proceden de estudios tecno-económicos previos, así como de precarios públicos y datos publicados por operadores, fabricantes de equipamientos y autoridades nacionales de regulación.

4.1 Modelo tecno-económico

representa el número de elementos del tipo j alquilados, y c_j^{gasto} representa el coste anual del alquiler del elemento j . Mientras, U_k representa el número de usuarios del servicio k , c_k^{ser} representa el coste anual del servicio k , U_T representa el número total de usuarios, $c^{\text{comercial}}$ representa el coste anual por servicios comerciales y de gestión del cliente por usuario.

Finalmente, se considera el conjunto de costes indirectos a los que hace frente el operador para prestar servicios, tales como gastos de administración, gastos financieros, gastos de estructura, resto de inmuebles, etc. Dichos costes anuales se obtienen a través de la aplicación de un mark-up sobre la suma del OPEX y de la amortización del CAPEX, como se presenta en la ecuación (12).

$$\text{Costes}_{\text{overhead}} = (\text{CAPEX}_{\text{Anualizado}} + \text{OPEX}) \cdot (1 + c^{\text{overhead}}) \quad (12)$$

Donde $\text{Costes}_{\text{overhead}}$ representa los costes anuales comunes, y c^{overhead} representa el porcentaje que se aplica sobre el CAPEX anualizado y sobre el OPEX.

A partir de los valores anteriores se calcula la función de costes como el coste mensual por usuario según la expresión (13). Y a partir de dicha función de costes se pueden realizar análisis sencillos de viabilidad, de evaluación de la dinámica competitiva, de evaluación del alcance de los despliegues de las diferentes plataformas o del impacto de diferentes medidas regulatorias o de política pública. Asimismo, el modelo permite obtener otros indicadores relevantes como el CAPEX por hogar pasado, CAPEX por hogar conectado o CAPEX por usuario.

$$\text{Costes}_{\text{mensuales}} = \frac{(\text{CAPEX}_{\text{Anualizado}} + \text{OPEX} + \text{Costes}_{\text{overhead}})}{12 \cdot U_T} \quad (13)$$

A continuación se presentan los parámetros de coste de los diferentes equipamientos e infraestructuras considerados en el dimensionado de las distintas plataformas de acceso de próxima generación.

La siguiente tabla presenta los parámetros de coste de los portadores.

| Elemento | Modularidad | CAPEX | Vida útil | OPEX | Plataforma | Fuente |
|---|-------------|----------|-----------|-------|-----------------------|-------------------|
| Cable Fibra Óptica (Km) | 12 | 2.117 € | 20 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| | 24 | 2.221 € | | | | |
| | 48 | 2.414 € | | | | |
| | 96 | 3.020 € | | | | |
| | 192 | 4.033 € | | | | |
| Cable de pares (Km) | 25 | 1.942 € | 20 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| | 50 | 3.501 € | | | | |
| | 100 | 5.571 € | | | | |
| | 200 | 10.250 € | | | | |
| | 400 | 13.100 € | | | | |
| | 600 | 18.776 € | | | | |
| | 800 | 24.113 € | | | | |
| | 1200 | 37.679 € | | | | |
| | 1800 | 51.997 € | | | | |
| | 2400 | 67.822 € | | | | |
| Cable coaxial (Km) | 2 | 7.000 € | 20 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| | 8 | 7.000 € | | | | |
| Acometida de fibra por cliente - material | | 40 € | 20 | 5,00% | FTTH/GPON FTTH/P2P | (IDATE, 2007) |
| Acometida de fibra por cliente – mano de obra | | 160 € | 5 | 0,00% | FTTH/GPON FTTH/P2P | (IDATE, 2007) |
| Acometida coaxial (km) | | 7.000 € | 20 | 5,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (Analysys, 2007c) |
| Acometida pares de cobre (km) | | 1.942 € | 20 | 5,00% | FTTN/VDSL | (Analysys, 2007c) |

Tabla 20. Parámetros de coste de los elementos tipo portadores

La siguiente tabla presenta los parámetros de coste de las infraestructuras.

| Elemento | Modularidad | CAPEX | Vida útil | OPEX | Plataforma | Fuente |
|--|-------------|----------|-----------|-------|------------|--------------------|
| Plataforma Canalización (Km) | | 39.907 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| Plataforma Canalización Alquilada-Mensual (Km) | | 1.840 € | 0 | 0,00% | Todas | (Telefónica, 2011) |
| Plataforma Canalización Alquilada-Inicial (Km) | | 1.095 € | 40 | 2,00% | Todas | (Telefónica, 2011) |
| Conducto Canalizado (Km) | | 2.988 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| Subconductos canalización (Km) | | 3.000 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| Cámaras y Arquetas | 2 | 1.563 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| | 4 | 2.345 € | | | | |
| | 6 | 2.931 € | | | | |
| | 8 | 3.419 € | | | | |
| | 12 | 4.274 € | | | | |
| | 16 | 4.987 € | | | | |
| Zanja (Km) | | 3.421 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |

4.1 Modelo tecno-económico

| | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|----------|----|--------|-----------------------|--------------------------|
| Tritubo fibra zanja (Km) | | 5.000 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| Tubo pares zanja (Km) | | 4.000 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| Postes (Km) | | 4.700 € | 40 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| ROM | 12 | 661 € | 20 | 2,00% | Todas | (Analysys, 2007c) |
| | 24 | 781 € | | | | |
| | 48 | 1.502 € | | | | |
| | 96 | 2.554 € | | | | |
| Caja Terminal | | 865 € | 15 | 10,00% | FTTN/VDSL | (Analysys, 2007c) |
| Armarios interconexión de | 400 | 6.450 € | 15 | 10,00% | FTTN/VDSL | (Analysys, 2007c) |
| | 1000 | 7.389 € | | | | |
| | 2000 | 9.405 € | | | | |
| | 10000 | 24.281 € | | | | |
| Alquiler anual por bastidor del OLT | Geotipo rural bajo (1-3) | 840 € | 0 | 0,00% | Todas | Idealista ¹⁹¹ |
| | Geotipo rural (4-6) | 1.080 € | | | | |
| | Geotipo suburbano(7-9) | 1.344 € | | | | |
| | Geotipo urbano (10-12) | 1.680 € | | | | |
| | Geotipo urbano denso (13-15) | 2.520 € | | | | |
| Conexión por cliente ONU VDSL2 | | 113 € | 5 | 5,00% | FTTN/VDSL | (IDATE, 2007) |
| Pruebas por cliente ONU VDSL2 | | 27 € | 5 | 5,00% | FTTN/VDSL | (IDATE, 2007) |
| Cabina ubicación ONU VDSL2 | | 12.000 € | 10 | 9,00% | FTTN/VDSL | (IDATE, 2007) |
| Splitters | 4 | 80 € | 20 | 5,00% | FTTH/GPON | (IDATE, 2007) |
| | 8 | 160 € | | | | |
| | 16 | 320 € | | | | |
| | 32 | 640 € | | | | |
| | 64 | 1.280 € | | | | |
| Conexión por cliente FTTH | | 11300 € | 5 | 5,00% | FTTH/GPON FTTH/P2P | (IDATE, 2007) |
| Pruebas por cliente FTTH | | 27 € | 5 | 5,00% | FTTH/GPON FTTH/P2P | (IDATE, 2007) |
| Caja de derivación | | 10 € | 5 | 5,00% | FTTH/GPON FTTH/P2P | (IDATE, 2007) |
| Caja de Terminación Óptica | 2 | 8 € | 5 | 5,00% | FTTH/GPON FTTH/P2P | Mercado |
| | 4 | 11 € | | | | |
| | 12 | 113 € | | | | |
| | 24 | 150 € | | | | |
| Derivador | 4 | 10 € | 20 | 5,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| | 8 | 20 € | | | | |
| | 16 | 30 € | | | | |
| Taps | 4 | 10 € | 20 | 5,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| | 8 | 20 € | | | | |
| Amplificador distribución | | 428 € | 10 | 5,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |

Tabla 21. Parámetros de coste de los elementos tipo infraestructuras

¹⁹¹ Se han calculado en base a los precios medios de alquiler por metro cuadrado en Orense provincia (rural bajo), Palencia provincia (rural), Guadalajara capital (suburbano), Sevilla capital (urbano) y Madrid capital (urbano denso) considerando un incremento del 40% en el precio por tratarse de un operador. Fuente: www.idealista.com.

La siguiente tabla presenta los parámetros de coste de los nodos específicos.

| Elemento | Modularidad | CAPEX | Vida útil | OPEX | Plataforma | Fuente |
|--|------------------|----------|-----------|--------|----------------|--------------------------------------|
| ONU VDSL2-Bastidor | 12 subracks | 12.000 € | 5 | 10,00% | FTTN/VDSL | (IDATE, 2007) |
| ONU VDSL2-Subrack | 9 tarjetas | 3.500 € | 5 | 10,00% | FTTN/VDSL | (IDATE, 2007) |
| ONU VDSL2-Tarjeta VDSL2 | 12 puertos | 1.600 € | 5 | 10,00% | FTTN/VDSL | (IDATE, 2007) |
| OLT-Bastidor | 32 tarjetas | 3.000 € | 10 | 7,00% | FTTH/GPON | (Analysys Mason, 2009a) |
| OLT-Line Card GPON B+ | 64 usuarios máx. | 2.914 € | 10 | 7,00% | FTTH/GPON | (Analysys Mason, 2009a) |
| OLT-Line Card GPON C+ | 64 usuarios máx. | 4.021 € | 10 | 7,00% | FTTH/GPON | (Lange, Breuer, & Huelsermann, 2009) |
| OLT-Bastidor | 3 chasis | 1.000 € | 10 | 7,00% | FTTH/P2P | (González, 2010) |
| OLT-Chasis | 8 tarjetas | 4.250 € | 10 | 7,00% | FTTH/P2P | (González, 2010) |
| OLT-Line Card Fast Ethernet | 48 transceptores | 2.250 € | 10 | 7,00% | FTTH/P2P | (González, 2010) |
| OLT-Line Card Gigabit Ethernet | 48 transceptores | 5.500 € | 10 | 7,00% | FTTH/P2P | (González, 2010) |
| OLT-Transceptor Fast Ethernet | | 70 € | 10 | 7,00% | FTTH/P2P | (González, 2010) |
| OLT-Transceptor Gigabit Ethernet | | 140 € | 10 | 7,00% | FTTH/P2P | (González, 2010) |
| OLT-Supervisor | 72 Mbps | 5.750 € | 10 | 7,00% | FTTH/P2P | (González, 2010) |
| | 102 Mbps | 6.500 € | | | | |
| | 250 Mbps | 7.750 € | | | | |
| Equipo NOT | | 13.365 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Bastidor | | 14.400 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Line Card | | 25.920 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Wideband SPI | | 25.920 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Wideband SPA | | 25.920 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo CMTS DOCSIS 3.0 - Timing and Control Card | | 25.920 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo Edge QAM Device DOCSIS 3.0 - Bastidor | | 14.400 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo Edge QAM Device DOCSIS 3.0 - Unidad | | 25.920 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |
| Equipo Cable Router Management System | | 22.000 € | 10 | 7,00% | HFC/DOCSIS 3.0 | (BREAD, 2006) |

Tabla 22. Parámetros de coste de los elementos tipo nodos específicos

Finalmente, la Tabla 23 presenta los parámetros de coste de otros elementos considerados, tales como equipos de cliente, conmutación, transporte y servicios, o costes comerciales.

4.1 Modelo tecno-económico

| | Elemento | Modularidad | CAPEX | Vida útil | OPEX | Plataforma | Fuente |
|-------------------------------|---|-------------|---------|-----------|--------|-----------------|------------------------------|
| Equipos de cliente | Terminal STB IP-TV | | 60 € | 5 | 0,00 % | Todas | Mercado |
| | Teléfono IP | | 20 € | 5 | 0,00 % | Todas | Mercado |
| | Router Inalámbrico | | 60 € | 5 | 0,00 % | Todas | Mercado |
| | ONT | | 93 € | 5 | 0,00 % | FTTH/GPON | (Analysys Mason, 2009a) |
| | Módem VDSL2 | | 50 € | 5 | 0,00 % | FTTN/VDSL | (IDATE, 2007) |
| | Módem cable DOCSIS 3.0 | | 100 € | 5 | 0,00 % | HFC/D OCSIS 3.0 | Mercado |
| | CPE Fast Ethernet | | 100 € | 5 | 0,00 % | FTTH/2P | (González, 2010) |
| | CPE Gigabit Ethernet | | 200 € | 5 | 0,00 % | FTTH/2P | (González, 2010) |
| Conmutación | Gigabit Ethernet Switch | 10 Gbps | 2.914 € | 10 | 9,00 % | Todas | (Analysys Mason, 2009a) |
| Transporte y servicios | Lineas Ethernet de backhaul / (coste anual / Mbps dimensionado) | Hasta 2 Km | 14,4 € | 0 | 0,00 % | Todas | (CMT, 2011a) ¹⁹² |
| | | Hasta 12 Km | 20,2 € | | | | |
| | | Hasta 35 Km | 27,6 € | | | | |
| | | > 35 Km | 44,8 € | | | | |
| | Coste de la red de nucleo por usuario | | 1,46 € | 0 | 0,00 % | Todas | (European Commission, 2011b) |
| | Coste del servicio de telefonía por usuario | | 3 € | 0 | 0,00 % | Todas | (European Commission, 2011b) |
| | Coste del servicio de IPTV por usuario | | 6 € | 0 | 0,00 % | Todas | (Alcatel-Lucent, 2007) |
| Costes minoristas | Costes minoristas por adquisición de clientes, ventas, marketing, gestión de clientes y facturación por usuario | | 5 € | 0 | 0,00 % | Todas | (WIK-Consult, 2010) |
| Costes overhead | Porcentaje de costes overhead aplicado sobre el resto de elementos de coste | | 4,2% | -- | -- | Todas | Modelo COSTA |

Tabla 23. Parámetros de coste de los elementos tipo equipos de cliente, conmutación, transporte y servicios, comercial.

4.1.5 Análisis de la viabilidad económica

Finalmente, el modelo permite la obtención de indicadores de viabilidad económica a partir del modelo de costes desarrollados y de los ingresos generados por el escenario de mercado simulado.

Estos cálculos de rentabilidad están basados habitualmente en el método de flujos de caja descontados, que se basa en la suma de los flujos de caja netos anuales descontados desde el comienzo del proyecto mediante una tasa que refleja el coste de capital aportado y el riesgo del proyecto. Por tanto, se suele estimar un flujo de

¹⁹² Valores obtenidos a partir de la Oferta de Referencia de Líneas Alquiladas (ORLA) como coste anual por Mbps de enlace. Calculado como el coste la suma del coste anual del alquiler de líneas Gigabit Ethernet y del servicio de conexión, más la amortización de la cuota de alta a 10 años considerando un descuento por volumen del 31% (máximo considerado en la ORLA).

caja descontado (FCD) donde los flujos de caja futuros en un periodo de tiempo t son estimados y descontados para darles un valor actual, a partir de los cuales es posible el cálculo de los indicadores de valor actual neto, la tasa interna de retorno y el periodo de retorno de la inversión.

El valor actual neto (VAN) representa un método estándar para evaluar la viabilidad financiera de proyectos de larga duración. Corresponde con la suma de los flujos de caja descontados a la largo del periodo de tiempo considerado de acuerdo con la ecuación (14):

$$VAN = \sum_{t=0}^N \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (14)$$

Donde t es el tiempo del flujo de caja, N es el número total de periodos de tiempo, r es la tasa de descuento y FC_t son los flujos de caja en el periodo t . Como resultado, el VAN es un indicador de cuanto valor añade la inversión o el proyecto a la compañía de manera que el proyecto tendría sentido si el VAN es positivo mientras que sería económicamente no viable si el VAN es negativo.

La tasa interna de retorno (TIR) determina en cambio la rentabilidad de la inversión realizada en lugar del valor o magnitud especificado por el VAN. El TIR se define como la tasa de descuento para la cual el VAN es cero y se calcula mediante la ecuación siguiente, tomando el parámetro TIR como el valor desconocido.

$$\sum_{t=0}^N \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (15)$$

Generalmente, el TIR se utiliza como un índice complementario para decidir sobre la viabilidad general del proyecto (junto con el VAN) más que como el índice definitivo puesto que no puede ser utilizado para comparar proyectos con diferentes duraciones o con patrones de flujos de caja muy diferentes.

Mientras, el periodo de retorno de la inversión que se refiere al periodo de tiempo necesario para que el retorno de una inversión pueda pagar la suma de la inversión original. Así, este parámetro se puede estimar de acuerdo con la ecuación (17) siguiente (en su versión descontada):

$$\text{Periodo de retorno de la inversión} = n : \sum_{t=0}^{n-1} \frac{FC_t}{(1+r)^t} < 0, \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+r)^t} \geq 0 \quad (16)$$

Como es de esperar, periodo de retorno de la inversión más cortos son preferidos a los más largos. Sin embargo, al igual que el TIR, es un parámetro complementario más que el utilizado como definitivo.

El modelo COSTA realiza el cálculo de los indicadores de viabilidad anteriores bajo un enfoque estático, en el que las inversiones se realizan en el año 0 y se cuenta con un número fijo de usuarios durante todo el periodo de análisis.

4.2 Análisis geográfico de España

Con el objetivo de disponer de una aproximación adecuada de la realidad territorial y geográfica de España, para poder llevar a cabo los análisis de carácter geográfico planteados en los apartados 1.6, se ha realizado una segmentación de los municipios españoles en geotipos en función de las características territoriales que más impactan en los costes de despliegue de las infraestructuras fijas consideradas. La metodología empleada en el análisis geográfico se presentó en el apartado 1.5.3, mientras la Figura 34 presenta el proceso seguido para la obtención de los geotipos representativos.



Figura 34. Proceso seguido en la obtención de los geotipos representativos

En primer lugar, y dada la diversidad existente en los parámetros analizados, se ha realizado una división de los 8.112 municipios considerados en el estudio en función de cinco bandas de población, cuyas características se presentan en la Tabla 24. El análisis de k-medias posterior se ejecutará por separado para las diferentes franjas consideradas, aislando los resultados obtenidos para cada franja, y evitando que se produzcan distorsiones de los resultados obtenidos al tratar de agrupar de forma simultánea muestras tan diferenciadas.

| Franja | Municipios | Población | Superficie (HA) | Superficie urbana (HA) | Viviendas y locales | Edificios de viviendas |
|--------------|------------|------------|-----------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| <1K | 59,9% | 3,2% | 38,2% | 9,8% | 5,6% | 12,8% |
| 1K<10K | 30,8% | 17,9% | 41,9% | 33,6% | 19,1% | 34,5% |
| 10K<50K | 7,5% | 26,4% | 14,4% | 29,1% | 25,7% | 28,8% |
| 50K<250K | 1,6% | 28,9% | 4,5% | 18,9% | 26,7% | 16,1% |
| >250K | 0,2% | 23,6% | 1,1% | 8,6% | 22,9% | 7,7% |
| Total | 8.112 | 46.746.807 | 50.458.805 | 1.098.767 | 22.650.687 | 8.624.310 |

Tabla 24. Características de las franjas empleadas para la división de los municipios por población

En segundo lugar se ha realizado la caracterización de los diferentes municipios mediante un conjunto de variables características. Para ello se consideraron un total de 25 variables, presentadas en la Tabla 25, de las cuales se han empleado para los análisis de agrupación un sub-conjunto que varía en función de la franja de población analizada, y que se presenta en la Tabla 26.

Capítulo 4. Modelo tecno-económico de despliegue de redes NGA

| Variable | Definición | Fuente |
|---|--|---|
| Número de entidades (N_ENT) | Número de entidades singulares y colectivas que conforman el municipio | INE (2009) |
| Población (POB) | Población del municipio en 2009 | INE (2009) |
| Superficie (SUP) | Superficie del municipio (HA) | INE (2009); Registro Fiscal de la Riqueza Territorial de Navarra (2010) |
| Superficie urbana (SUP_U) | Superficie urbana y urbanizable del municipio (HA) | Catastro (2009); Registro Fiscal de la Riqueza Territorial de Navarra (2010); Departamento economía y hacienda País Vasco (200) |
| Superficie urbana no edificada (SUP_UN) | Superficie de las parcelas urbanas y urbanizables del municipio no edificadas (HA) | Catastro (2009) |
| Superficie urbana construida (SUP_UC) | Superficie de las parcelas urbanas y urbanizables del municipio edificadas (HA) | Catastro (2009) |
| Viviendas y locales (VIV_LOC) | VIV+LOC | |
| Viviendas (VIV) | Número total de viviendas de un municipio (solo se han contabilizado las viviendas principales, secundarias, vacías, y otras) | INE (2009) |
| Viviendas principales (hogares) (VIV_P) | Número total de viviendas principales de un municipio | INE (2009) |
| Viviendas secundarias (VIV_S) | Número total de viviendas secundarias de un municipio | INE (2009) |
| Viviendas vacías (VIV_V) | Número total de viviendas vacías de un municipio | INE (2009) |
| Locales (LOC) | Número de locales (solo se contabilizan los locales comerciales, oficinas e industriales) | INE (2009) |
| Edificios (EDI) | Número de edificios dedicados principalmente a viviendas | INE (2009) |
| Densidad de población (D_POB) | Habitantes / superficie total (hab/km2) | Indicador de densidad de población (Riley & Dravitzki, 2004) |
| Densidad de población urbana (D_POB_U) | Habitantes no diseminados / superficie urbana construida: $POB*(1-R_POB_D)/SUP_UC$ (hab/km2) | Indicador de densidad de población (Riley & Dravitzki, 2004) |
| Densidad urbana de viviendas y locales (D_VIV_LOC) | Viviendas + locales / superficie VIV_LOC/SUP (Unidades/km2) | |
| Densidad urbana de viviendas y locales (D_VIV_LOC_U) | Viviendas + locales / superficie urbana construida: $(VIV+LOC)*(1-R_POB_D)/SUP_UC$ (Unidades/km2) | Indicador de densidad de unidades habitacionales (Riley & Dravitzki, 2004) |
| Densidad de edificios urbanos (D_EDI_U) | Edificios / superficie urbana construida: $EDI*(1-R_POB_D)/SUP_UC$ (Edificios/km2) | Indicador de accesibilidad: (Ewing et al., 2002; Riley & Dravitzki, 2004) |
| Ratio de población diseminada (R_POB_D) | Mide la población fuera de los núcleos de población: Población diseminada del municipio / población total (%) | Indicador de diseminación, obtenido a partir de datos del nomenclátor. INE (2009) |
| Ratio de superficie urbana frente a total (R_SUP_U) | Mide el grado de concentración del territorio en los núcleos urbanos (%). Superficie urbana construida / superficie total (SUP_UC/SUP) | Indicador de territorio no construido |
| Ratio de viviendas secundarias (R_VIV_S) | VIV_S/VIV (%) | Medida del uso (principal/secundario del municipio) |
| Ratio de centralidad (R_CEN) | Mide la distancia relativa de la población a la capital del municipio, 0 para población centralizada, valores altos para población muy descentralizada en núcleos externos de la capital. Para los cálculos asume superficie circular. $SUMATORIO[(DISTANCI Ai / radio "circular")*(POBi/POBTOTAL)]$ | Indicador de centralidad (Riley & Dravitzki, 2004) |
| Ratio de viviendas y locales por edificio (R_VIV_LOC_EDI) | Número medio de plantas por edificio: VIV_LOC/EDI | INE (2009) |
| Número medio de plantas por edificio (R_PLA_EDI) | Parámetro disponible directamente en el censo | INE (2009) |
| Distancia a la central ORLA de cobertura tipo A más cercana (DIS_ORLA) | Km | (CMT, 2011a) |

Tabla 25. Variables consideradas para el análisis geográfico

4.2 Análisis geográfico de España

| Franja | Geotipos | VARIABLES EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS K-MEDIAS |
|----------|----------|--|
| <1K | 1 - 3 | VIV_LOC; D_VIV_LOC_U; R_POB_D; R_CEN; DIS_ORLA |
| 1K<10K | 4 - 6 | VIV_LOC; D_VIV_LOC_U; R_POB_D; R_CEN; VIV_S; R_VIV_LOC EDI; DIS_ORLA |
| 10K<50K | 7 - 9 | VIV_LOC; D_VIV_LOC_U; R_POB_D; R_CEN; R_VIV_LOC EDI; R_VIV_S |
| 50K<250K | 10 - 12 | VIV_LOC; D_VIV_LOC_U; R_VIV_LOC EDI |
| >250K | 13 - 15 | D_VIV_LOC_U; R_VIV_LOC EDI |

Tabla 26. Variables empleadas para el análisis geográfico por franja de población

Posteriormente se realiza el análisis de K-medias para cada una de las franjas consideradas para las variables presentadas en la Tabla 26. Este método de análisis de conglomerados realiza la agrupación de casos en función de las distancias existentes entre ellos para un conjunto de variables.

Una vez seleccionado el número K de geotipos que van a representar cada franja de población, el método comienza seleccionando los K casos más distantes entre sí, y a continuación se inicia la lectura secuencial de los distintos casos, asignando cada caso al centro más próximo y actualizando el valor de los centros a medida que se van incorporando nuevos casos. Una vez que todos los casos han sido asignados a uno de los K conglomerados, se inicia un proceso iterativo para calcular los centroides finales de esos K conglomerados. La Tabla 27 presenta los valores de los centroides de los conglomerados obtenidos, dichos centroides representan al municipio medio dentro de cada geotipo identificado, y a partir de sus características se establece, en la Tabla 29, la estructura del área de cobertura de una cabecera para un geotipo determinado.

| Geotipo | POB | SUP (HA) | SUP_U (HA) | VIV_LO C | EDI | D_VI V_LO C | D_VIV_ LOC_U | R_SU P_U | R_VIV_ LOC_ED I | DIS_ ORLA |
|---------|-----------|----------|------------|----------|--------|-------------|--------------|----------|-----------------|-----------|
| 1 | 270 | 4.929 | 18 | 265 | 233 | 7,6 | 2.991 | 0,5% | 1,12 | 52,35 |
| 2 | 277 | 2.878 | 25 | 188 | 165 | 11,1 | 1.867 | 1,4% | 1,14 | 21,85 |
| 3 | 491 | 4.744 | 24 | 452 | 384 | 19,1 | 4.735 | 0,9% | 1,18 | 24,31 |
| 4 | 2.854 | 14.603 | 110 | 1.719 | 1.247 | 22,4 | 3.242 | 1,4% | 1,38 | 51,97 |
| 5 | 3.386 | 6.678 | 160 | 1.644 | 1.192 | 61,9 | 2.479 | 5,6% | 1,39 | 17,60 |
| 6 | 5.591 | 3.087 | 150 | 3.290 | 824 | 362,8 | 4.212 | 11,4% | 4,54 | 12,80 |
| 7 | 18.478 | 12.295 | 734 | 8.680 | 4.617 | 144,8 | 2.466 | 11,0% | 1,98 | 16,87 |
| 8 | 18.861 | 13.497 | 456 | 7.939 | 3.850 | 279,2 | 3.626 | 12,6% | 2,39 | 15,50 |
| 9 | 28.276 | 5.945 | 555 | 17.052 | 4.447 | 1.357 | 6.707 | 24,1% | 5,85 | 8,57 |
| 10 | 86.580 | 20.974 | 1.662 | 37.376 | 10.925 | 584,0 | 4.533 | 19,8% | 3,89 | 2,91 |
| 11 | 162.395 | 7.300 | 1.710 | 69.932 | 6.355 | 1.466 | 6.611 | 33,7% | 11,50 | 0,00 |
| 12 | 152.992 | 6.992 | 1.224 | 78.166 | 13.750 | 2.554 | 11.156 | 33,0% | 6,76 | 1,62 |
| 13 | 429.250 | 42.272 | 5.606 | 192.410 | 36.536 | 876,1 | 6.086, | 20,6% | 5,86 | 0,00 |
| 14 | 1.805.402 | 32.354 | 11.665 | 842.209 | 72.459 | 3.274 | 12.246 | 34,1% | 13,94 | 0,00 |
| 15 | 897.594 | 8.215 | 3.165 | 458.608 | 39.656 | 6.768 | 18.507 | 44,6% | 11,79 | 0,00 |

Tabla 27. Características principales de los geotipos obtenidos

De esta forma, cada uno de los municipios españoles se va a caracterizar mediante los parámetros de uno de los 15 geotipos representativos. La siguiente figura muestra mediante un mapa de colores la distribución de los geotipos en un mapa de España.



Figura 35. Distribución de geotipos en España

La siguiente tabla muestra los valores acumulados que representan los distintos geotipos del total de municipios, población, superficie, viviendas y locales y edificios de viviendas.

| Geotipo | Municipios | Población | Superficie (HA) | Superficie urbana (HA) | Viviendas locales | y Edificios de viviendas |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 1.860 | 502.616 | 9.168.643 | 32.954 | 492.909 | 434.053 |
| 2 | 2.205 | 610.633 | 6.345.179 | 55.248 | 413.872 | 364.158 |
| 3 | 795 | 390.102 | 3.766.023 | 19.325 | 358.581 | 304.705 |
| 4 | 605 | 1.726.957 | 8.834.703 | 66.780 | 1.040.038 | 754.186 |
| 5 | 1.792 | 6.067.931 | 11.967.160 | 287.580 | 2.946.842 | 2.135.676 |
| 6 | 105 | 586.677 | 323.330 | 15.240 | 344.892 | 89.438 |
| 7 | 122 | 2.254.307 | 1.500.018 | 89.575 | 1.059.014 | 563.331 |
| 8 | 380 | 7.167.338 | 5.128.933 | 173.166 | 3.016.841 | 1.462.918 |
| 9 | 103 | 2.912.426 | 612.292 | 57.167 | 1.756.397 | 458.028 |
| 10 | 96 | 8.311.716 | 2.013.509 | 159.539 | 3.588.099 | 1.048.775 |
| 11 | 15 | 2.435.918 | 109.507 | 25.650 | 1.048.973 | 95.331 |
| 12 | 18 | 2.753.849 | 125.850 | 22.036 | 1.406.994 | 247.493 |
| 13 | 11 | 4.721.750 | 464.988 | 61.661 | 2.116.510 | 401.899 |
| 14 | 2 | 3.610.804 | 64.708 | 23.330 | 1.684.417 | 144.917 |
| 15 | 3 | 2.692.783 | 24.646 | 9.494 | 1.375.825 | 118.967 |
| Total | 8.112 | 46.746.807 | 50.458.805 | 1.098.767 | 22.650.687 | 8.623.875 |

Tabla 28. Valores acumulados de municipios, población, superficie, superficie urbana, viviendas y locales, y edificios para los diferentes geotipos identificados.

Finalmente, para realizar el modelado de la red de acceso es necesario adaptar los geotipos obtenidos para su utilización en el modelo COSTA, mediante la

4.3 Escenarios de mercado considerados

consideración de áreas de cobertura de 65.536 viviendas y locales, desde las que se dará servicio desde una única central¹⁹³. Para ello, es necesario generar la estructura jerárquica de 8 niveles, junto con los valores de densidad de viviendas por kilómetro cuadrado y de superficie no poblada, que permiten la ejecución de los modelos tecno-económicos para cada uno de los geotipos.

| Geotipo | Estructura jerárquica | | | | | | | | Superficie no poblada | | | | | Densidad |
|---------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-------|-----|-----|----------|
| | NA7 | NA6 | NA5 | NA4 | NA3 | NA2 | NA1 | NA0 | NA7 | NA6 | NA5 | NA4 | NA3 | |
| 1 | 2 | 8 | 1 | 4 | 64 | 1 | 1 | 1 | 0% | 0% | 99,5% | 15% | 0% | 8 |
| 2 | 2 | 8 | 1 | 4 | 64 | 1 | 1 | 1 | 0% | 0% | 99,0% | 15% | 15% | 11 |
| 3 | 2 | 8 | 1 | 8 | 64 | 1 | 1 | 1 | 0% | 0% | 99,5% | 15% | 0% | 19 |
| 4 | 1 | 4 | 2 | 8 | 64 | 1 | 2 | 1 | 0% | 0% | 99,2% | 15% | 0% | 22 |
| 5 | 2 | 8 | 2 | 8 | 32 | 2 | 2 | 1 | 0% | 0% | 97,1% | 15% | 0% | 62 |
| 6 | 1 | 8 | 2 | 8 | 32 | 2 | 2 | 1 | 0% | 0% | 90,0% | 15% | 20% | 363 |
| 7 | 1 | 4 | 16 | 16 | 16 | 1 | 2 | 1 | 0% | 0% | 87,0% | 15% | 50% | 145 |
| 8 | 1 | 4 | 4 | 8 | 16 | 4 | 4 | 1 | 0% | 0% | 91,0% | 15% | 0% | 279 |
| 9 | 1 | 4 | 4 | 16 | 8 | 8 | 4 | 1 | 0% | 0% | 76,0% | 15% | 0% | 1357 |
| 10 | 1 | 2 | 8 | 16 | 16 | 4 | 4 | 1 | 0% | 0% | 85,0% | 15% | 0% | 584 |
| 11 | 1 | 1 | 8 | 16 | 16 | 8 | 4 | 1 | 0% | 0% | 73,9% | 15% | 0% | 1467 |
| 12 | 1 | 1 | 8 | 16 | 16 | 8 | 4 | 1 | 0% | 0% | 73,1% | 15% | 0% | 2554 |
| 13 | 1 | 1 | 8 | 16 | 16 | 8 | 4 | 1 | 0% | 0% | 83,1% | 15% | 0% | 876 |
| 14 | 1 | 1 | 8 | 16 | 8 | 16 | 4 | 1 | 0% | 0% | 68,5% | 15% | 0% | 3275 |
| 15 | 1 | 1 | 8 | 16 | 8 | 16 | 4 | 1 | 0% | 0% | 57,0% | 15% | 0% | 6768 |

Tabla 29. Estructura jerárquica de los geotipos empleados

4.3 Escenarios de mercado considerados

El análisis tecno-económico realizado modela la prestación de servicios de telecomunicaciones de banda ultra ancha a viviendas y locales mediante el despliegue *brownfield* de las principales redes de acceso fijas de próxima generación. Las simulaciones realizadas consideran diferentes parámetros en función de la plataforma desplegada y del agente que realiza la inversión. Los principales parámetros dependientes del tipo de agente que realiza el despliegue están relacionados con su capacidad de reutilización de infraestructuras previas, la utilización de infraestructuras de terceros mediante el alquiler de las mismas, el coste de capital, o los parámetros de ARPU y cuota de mercado. Asimismo, los parámetros de mercados empleados para el análisis estático se corresponden con estimaciones realizadas para el año 2020, de forma que el análisis estático permitirá caracterizar la estructura competitiva en dicho marco temporal.

Los casos de despliegue considerados son: (i) el despliegue de red FTTH/GPON por parte del operador incumbente; (ii) el despliegue de red FTTN/VDSL por parte del operador incumbente; (iii) el despliegue de red HFC/DOCSIS 3.0 por parte de un operador nacional de cable ya establecido en determinadas regiones del país; (iv) el

¹⁹³ Las áreas de servicio serán menores aquellas zonas donde la distancia máxima entre la cabecera y los hogares sea superior a los límites marcados por el balance de enlace. Por ejemplo, para el caso de FTTH/GPON, los geotipos 1 y 2 cubren 4.096 hogares, los 3 y 4 cubren 8.192, mientras que del 5 al 8 cubren 32.768, y a partir del geotipo 9, la estructura es la misma que la presentada.

despliegue de red FTTH/GPON por parte de un operador alternativo que utiliza los productos de acceso mayorista a las infraestructuras de operador incumbente; y (v), el despliegue de red FTTH/P2P por parte de un operador alternativo que utiliza los productos de acceso mayorista a las infraestructuras de operador incumbente. La siguiente tabla resume los parámetros empleados para los distintos escenarios de despliegue considerados.

| Plataforma | Agente | Reutilización o alquiler de red | WACC |
|-----------------------|-------------|--|--------|
| FTTN/VDSL2 | Incumbente | Reutilización de la red de distribución y de acometida Reutilización parcial de canalizaciones y conductos en red de alimentación | 10,82% |
| FTTH/GPON | Incumbente | Reutilización parcial de canalizaciones y conductos en red de distribución y de alimentación | 12,5% |
| HFC/DOCSIS 3.0 | Cablero | Reutilización de infraestructuras, portadores y equipos en los geotipos con presencia previa del operador (10 al 15) | 12,5% |
| FTTH/GPON | Alternativo | Acceso mayorista a las canalizaciones y conductos del operador incumbente | 12,5% |
| FTTH/P2P | Alternativo | Acceso mayorista a las canalizaciones y conductos del operador incumbente | 12,5% |

Tabla 30. Plataformas modeladas

El modelado de costes y viabilidad se realiza de forma independiente para las plataformas y agentes presentados anteriormente y para el conjunto de los quince geotipos considerados, según los modelos descritos en el apartado 4.1. Los diferentes geotipos reflejan las diferencias en los costes de despliegue derivadas de la distinta densidad, distribución geográfica de la población, distancia de la red de concentración (backhaul) y modelos de despliegue de infraestructuras utilizados. De esta forma se analiza de forma individual la viabilidad de la competencia entre plataformas en las distintas regiones geográficas. Un resumen de las características principales de los geotipos empleados se presenta en la próxima tabla en la que se han ordenado los geotipos por su pertenencia a zonas de mayor población y densidad de población.

4.3 Escenarios de mercado considerados

| Geotipo | Franja de población | Densidad de potenciales clientes/km ² | Potenciales clientes | Potenciales clientes acumulados (%) | Cabeceras o centrales locales ¹⁹⁴ | Cabeceras o centrales locales acumuladas (%) |
|---------|--|--|----------------------|-------------------------------------|--|--|
| 15 | Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Valencia | 6.768 | 1.375.825 | 6,1% | 21 | 2,7% |
| 14 | Bilbao, Madrid | 3.275 | 1.684.417 | 13,5% | 26 | 6,1% |
| 13 | Resto > 250k | 876 | 2.116.510 | 22,9% | 33 | 10,3% |
| 12 | 50k < 250k | 2.554 | 1.406.994 | 29,1% | 22 | 13,1% |
| 11 | 50k < 250k | 1.467 | 1.048.973 | 33,7% | 17 | 15,3% |
| 10 | 50k < 250k | 584 | 3.588.099 | 49,5% | 55 | 22,4% |
| 9 | 10k < 50k | 1.357 | 1.756.397 | 57,3% | 27 | 25,9% |
| 8 | 10k < 50k | 279 | 3.016.841 | 70,6% | 47 | 32,0% |
| 7 | 10k < 50k | 145 | 1.059.014 | 75,3% | 33 | 36,2% |
| 6 | 1k < 10k | 363 | 344.892 | 76,8% | 11 | 37,6% |
| 5 | 1k < 10k | 62 | 2.946.842 | 89,8% | 90 | 49,2% |
| 4 | 1k < 10k | 22 | 1.040.038 | 94,4% | 127 | 65,6% |
| 3 | <1k | 19 | 358.581 | 96,0% | 44 | 71,3% |
| 2 | <1k | 11 | 413.872 | 97,8% | 102 | 84,4% |
| 1 | <1k | 8 | 492.909 | 100% | 121 | 100% |

Tabla 31. Resumen de los geotipos considerados

En el caso de despliegue por parte del operador incumbente, se ha considerado que este puede tener acceso a un conjunto de conductos y canalizaciones libres ya existentes, lo que reduce la inversión necesaria en infraestructura pasiva y obra civil. Los parámetros empleados para valorar el porcentaje de conductos han sido obtenidos de un conjunto de auditorías y evaluaciones realizadas sobre la red de canalizaciones de British Telecom por parte del organismo regulador OFCOM (Analysys Mason, 2009b), y que se han considerado válidos para la aplicación en el caso de España.

| Tramo de la red de acceso | Reutilización aplicada a conductos, cámaras y arquetas |
|--------------------------------------|--|
| AL ₃ (Edificios-Cabinas) | 30,00% |
| AL ₄ (Cabinas-Distrito) | 50,00% |
| AL ₅ (Distrito/Barrio) | 80,00% |
| AL ₆ (Barrios -Localidad) | 80,00% |
| AL ₇ (Localidad-Cabecera) | 80,00% |

Tabla 32. Porcentajes de reutilización de infraestructuras aplicado al despliegue del operador incumbente

Asimismo, en el caso del despliegue de FTTH/VDSL, se ha considerado que el operador incumbente dispone del tramo de distribución y acometida de par de cobre desplegado para la prestación de servicios de telefonía, y que lo puede reutilizar para la prestación de servicios de banda ultra-ancha. En dicha situación se ha incluido en el modelo un coste adicional por la necesidad de adecuación de los mazos de pares de cobre a la nueva arquitectura de red. En ambos casos se

¹⁹⁴ Dicho valor se ha calculado para el caso de un despliegue FTTH/GPON, con los valores indicados en la nota. Para otras plataformas el número de cabeceras necesarias puede variar para los geotipos menos densamente poblados.

considera que las infraestructuras empleadas están completamente amortizadas, por lo que no tienen impacto alguno en el cálculo del CAPEX, sin embargo, sí son tenidas en cuenta para el cálculo del OPEX de mantenimiento.

Por su parte, en el caso del despliegue de redes de cable, en base a (CMT, 2011e) se han identificado los principales municipios con un despliegue previo de cable en España (un total de 9,4 millones de accesos, presentados en la Figura 36), así como estimado la cobertura de cable en dichos geotipos¹⁹⁵ (cobertura media del 71%), obteniéndose el porcentaje de viviendas y locales de cada geotipo donde se considera un despliegue *brownfield* (presentado en la Tabla 33), que permite la reutilización de diversos elementos, principalmente infraestructuras pasivas y de obra civil, que se consideran amortizadas al 50% (WIK-Consult, 2010). El cálculo de los elementos reutilizados se realiza mediante la aplicación de los modelos de DOCSIS 1.1 para un escenario de servicios de banda ancha convencional de servicios de 6/1 Mbps. En las zonas sin cobertura se considera un despliegue *Greenfield*.

| Geotipo | Municipios con cable | Municipios (% sobre el total de municipios del geotipo) | Viviendas y Locales totales en los municipios con cable | Cobertura estimada del cable en los municipios con cable | Accesos HFC previamente existentes | Viviendas y locales con acceso de cable (% sobre el total) |
|--------------|----------------------|---|---|--|------------------------------------|--|
| 15 | 3 | 100,0% | 1.375.825 | 55,8% | 768.311 | 55,8% |
| 14 | 2 | 100,0% | 1.684.417 | 53,5% | 901.523 | 53,5% |
| 13 | 11 | 100,0% | 2.116.510 | 78,0% | 1.651.125 | 78,0% |
| 12 | 14 | 77,8% | 1.173.954 | 70,0% | 822.343 | 58,4% |
| 11 | 14 | 93,3% | 993.421 | 72,0% | 715.542 | 68,2% |
| 10 | 79 | 82,3% | 2.984.218 | 72,1% | 2.152.463 | 60,0% |
| 9 | 52 | 50,5% | 813.024 | 81,7% | 664.050 | 37,8% |
| 8 | 129 | 33,9% | 1.107.261 | 82,5% | 912.944 | 30,3% |
| 7 | 49 | 40,2% | 432.423 | 79,3% | 342.886 | 32,4% |
| 6 | 63 | 60,0% | 167.468 | 92,8% | 155.383 | 45,1% |
| 5 | 120 | 6,7% | 265.297 | 83,5% | 221.397 | 7,5% |
| 4 | 17 | 2,8% | 61.298 | 79,2% | 48.528 | 4,7% |
| 3 | 4 | 0,5% | 1.327 | 88,6% | 1.176 | 0,3% |
| 2 | 8 | 0,4% | 2.255 | 94,1% | 2.122 | 0,5% |
| 1 | 0 | 0,0% | 0 | - | 0 | 0,0% |
| TOTAL | 565 | | 13.178.698 | 71,0% | 9.359.793 | 41,3% |

Tabla 33. Cobertura previa de despliegue de cable

¹⁹⁵ Cobertura estimada para el total provincial y aplicada a todos los municipios de una misma provincia

4.3 Escenarios de mercado considerados

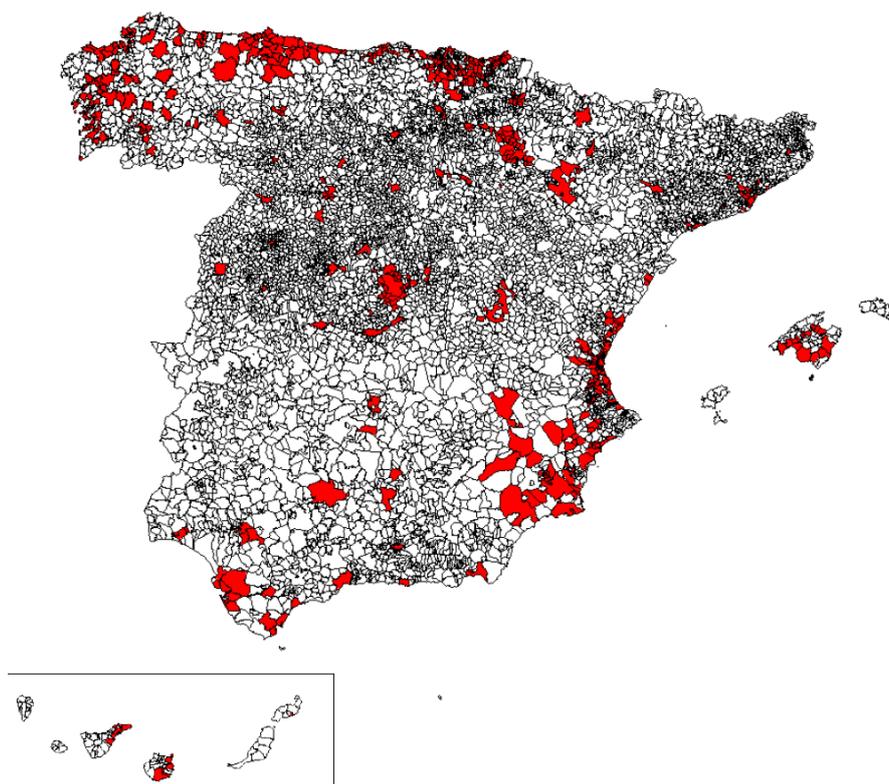


Figura 36. Cobertura previa de cable considerada

Se ha considerado que los servicios de telefonía IP y de televisión sobre IP se provisionan en todos los casos como complemento al servicio de banda ancha en paquetes de doble y triple *play*. Las características sobre la demanda de los servicios considerados se presentan en la siguiente tabla.

| Categoría de servicio | Velocidad bajada | Velocidad subida | Tráfico garantizado | Concurrencia | Sesiones simultaneas en hora cargada | Tráfico por usuario en hora cargada (kbps) | Plataforma |
|-----------------------|------------------|------------------|---------------------|--------------|--------------------------------------|--|--------------------|
| Telefonía IP | 0,15 Mbps | 0,15 Mbps | 100% | 10% | 1 | 15/15 | Todas |
| BA Legacy | 20 Mbps | 1 Mbps | 20% | 40% | 1 | 1.600 / 80 | Todas |
| BA NGA 30 | 30 Mbps | 3 Mbps | 20% | 40% | 1 | 2.400 / 240 | Todas |
| BA NGA 50 | 50 Mbps | 5 Mbps | 20% | 40% | 1 | 4.000 / 400 | Todas |
| BA NGA 50 premium | 50 Mbps | 10 Mbps | 40% | 40% | 1 | 8.000 / 1.600 | FTTN/VDSL |
| BA NGA 100 | 100 Mbps | 10 Mbps | 20% | 40% | 1 | 8.000 / 800 | FTTH DOCSIS 3.0 |
| BA NGA 100 Premium | 100 Mbps | 50 Mbps | 40% | 40% | 1 | 16.000 / 8.000 | FTTH |
| IPTV SD | 4 Mbps | 0 Mbps | 100% | 60% | 1,3 | 3.120 / 0 | FTTN/VDSL |
| IPTV HDTV | 10 Mbps | 0 Mbps | 100% | 60% | 1,3 | 7.800 / 0 | FTTH DOCSIS 3.0 |

Tabla 34. Parámetros de dimensionamiento de los servicios considerados. Fuente: Elaboración propia a partir de (OASE, 2010a), (K. Casier, 2009) y ofertas de operadores

La distribución de los servicios anteriores en los paquetes de *doble play* y *triple play* se considera diferente para cada plataforma y geotipo, lo que se ha representado mediante la combinación de dos parámetros: (i) la adopción de servicios NGA sobre servicios de banda ancha, que representa la demanda de dichos servicios y que varía en función de la zona geográfica (siendo el valor complementario hasta el 100% el porcentaje de clientes con servicios *legacy* sobre la plataforma NGA); y (ii), la distribución de los clientes entre los diferentes paquetes, que se considera fija para todos los geotipos.

Para el primer parámetro se han considerado tres escenarios de adopción, alto, medio y bajo, que se presentan en la Tabla 35. Estos valores representan un estado avanzado de la penetración de nuevos servicios.

| Geotipo | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Adopción NGA alta | 65% | 65% | 65% | 60% | 60% | 60% | 45% | 50% | 50% | 45% | 40% | 35% | 30% | 30% | 30% |
| Adopción NGA media | 55% | 55% | 55% | 50% | 50% | 50% | 35% | 40% | 40% | 35% | 30% | 25% | 20% | 20% | 20% |
| Adopción NGA baja | 45% | 45% | 45% | 40% | 40% | 40% | 25% | 30% | 30% | 25% | 20% | 15% | 10% | 10% | 10% |

Tabla 35. Adopción de servicios NGA sobre el total de accesos de banda ancha. Fuente: Elaboración propia a partir de (ISDEFE, 2009)

Mientras, la siguiente tabla presenta la distribución entre los servicios considerados para las categorías *legacy* y NGA. En ella se ha considerado que el 40% de usuarios contratan servicios de *triple play* para el caso del operador incumbente y alternativos, mientras que para el operador de cable este valor alcanza el 60%.

| Categoría de servicio | Cuota para plataforma FTTH | Cuota para plataforma HFC/DOCSIS 3.0 | Cuota para plataforma FTTN/VDSL |
|---------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| 2P legacy | 60% | 40% | 60% |
| 3P legacy | 40% | 60% | 40% |
| 2P NGA 30 | 15% | 10% | 15% |
| 3P NGA 30 | 10% | 15% | 10% |
| 2P NGA 50 | 36% | 24% | 36% |
| 3P NGA 50 | 24% | 36% | 24% |
| 3P NGA 50 premium | - | - | 15% |
| 2P NGA 100 | 6% | 6% | - |
| 3P NGA 100 | 4% | 9% | - |
| 3P NGA 100 premium | 5% | - | - |

Tabla 36. Distribución de los servicios entre las categorías *legacy* y NGA. Fuente: Elaboración propia a partir de (OASE, 2010a), (K. Casier, 2009), (ISDEFE, 2009) y (Sigurdsson, 2007)

Asimismo, se ha considerado un valor promedio de la penetración de la banda ancha fija del 70,3 % sobre el total de viviendas y locales¹⁹⁶, ya que se asume que no el 100% de viviendas y locales van a contratar una conexión. Dicho parámetro no se considera uniforme para todos los geotipos, ya que la penetración de la

¹⁹⁶ Este nivel de penetración equivale, según el modelo contemplado, a niveles de 34,1 accesos por cada 100 habitantes o a una penetración de la banda ancha del 112,2% sobre hogares. Si bien dichos valores representan una clara mejoría sobre la situación en junio de 2011, con penetraciones de un 48,1% sobre viviendas y locales, 23,2 accesos por cada 100 habitantes, y 76,8% sobre hogares, los parámetros empleados están en línea con los utilizados por estudios tecno-económicos similares como (WIK Vodafone) con un 70%, (Analysys 2010) con un 80%, (Soria 2010) con un 80% o (CMT - ISDEFE) con un 82%.

4.3 Escenarios de mercado considerados

banda ancha en la sociedad varía entre zonas urbanas y rurales y en función de parámetros sociológicos y económicos. Por tanto, se ha empleado una estimación del nivel de penetración de la banda ancha en los diferentes geotipos, obtenida a partir de los datos actuales de penetración a nivel municipal¹⁹⁷, que se presenta en la siguiente figura.

| Geotipo | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Penetración de la banda ancha sobre el total de viviendas y locales | 75% | 85% | 80% | 70% | 75% | 80% | 60% | 80% | 80% | 65% | 65% | 40% | 20% | 20% | 20% |

Tabla 37. Penetración de la banda ancha por geotipo. Elaboración propia a partir de (La CAIXA, 2011)

Los niveles de penetración de banda ancha y de adopción de servicios NGA empleados se han adaptado para representar, en el caso del escenario medio, una situación en el que el 50% de los hogares españoles contratan accesos de banda ultra-ancha entre 30 y 100 Mbps a través de conexiones a redes NGA. Dichos parámetros permiten analizar la viabilidad del despliegue de estas redes bajo condiciones de demanda equivalentes a los objetivos de la Agenda Digital Europea.

Los ingresos considerados por el modelo tecno-económico estático provienen de las tarifas de cada uno de los servicios considerados, que en función del geotipo y del nivel de adopción de los servicios NGA configura ARPUs distintos. La siguiente tabla presenta las tarifas consideradas en el estudio.

| Ingresos por categoría de servicio | FTTH Incumbente | FTTH alternativo | HFC/DOCSIS 3.0 | FTTN/VDSL incumbente |
|------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------------|
| 2P legacy | 36 € | 30,2 € | 36,0 € | 36,0 € |
| 3P legacy | 49 € | 41,2 € | 49,0 € | 49,0 € |
| 2P NGA 30 | 51 € | 42,8 € | 51,0 € | 41,0 € |
| 3P NGA 30 | 64 € | 53,8 € | 64,0 € | 54,0 € |
| 2P NGA 50 | 61 € | 51,2 € | 61,0 € | 51,0 € |
| 3P NGA 50 | 74 € | 62,2 € | 74,0 € | 64,0 € |
| 3P NGA 50 premium | - | - | - | 74,0 € |
| 2P NGA 100 | 76 € | 63,8 € | 76,0 € | - |
| 3P NGA 100 | 89 € | 74,8 € | 89,0 € | - |
| NGA 100 premium | 104 € | 87,4 € | - | - |

Tabla 38. ARPU considerado para las diferentes plataformas. Fuente: Elaboración propia a partir de (K. Casier, 2009), (CMT, 2011b), ofertas de operadores.

A partir de dichas tarifas y de la adopción considerada se obtienen los distintos ARPUs por plataforma, geotipo y tipo de operador para el nivel de adopción medio.

¹⁹⁷ Para la estimación se han empleado los datos de número de accesos de banda ancha para los municipios de más de 1000 habitantes correspondientes a enero de 2009, extraídos del anuario económico de la Caixa 2010.

| Geotipo | FTTH/GPON Incumbente | FTTH/GPON Alternativo | FTTH/P2P Alternativo | HFC/DOCSIS 3.0 | FTTN/VDSL Incumbente |
|---------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| 15 | 55,44 € | 46,56 € | 46,56 € | 57,41 € | 49,54 € |
| 14 | 55,44 € | 46,56 € | 46,56 € | 57,41 € | 49,54 € |
| 13 | 55,44 € | 46,56 € | 46,56 € | 57,41 € | 49,54 € |
| 12 | 54,15 € | 45,48 € | 45,48 € | 56,18 € | 48,79 € |
| 11 | 54,15 € | 45,48 € | 45,48 € | 56,18 € | 48,79 € |
| 10 | 54,15 € | 45,48 € | 45,48 € | 56,18 € | 48,79 € |
| 9 | 50,26 € | 42,21 € | 42,21 € | 52,46 € | 46,51 € |
| 8 | 51,56 € | 43,30 € | 43,30 € | 54,29 € | 47,27 € |
| 7 | 51,56 € | 43,30 € | 43,30 € | 54,29 € | 47,27 € |
| 6 | 50,26 € | 42,21 € | 42,21 € | 53,10 € | 46,51 € |
| 5 | 48,97 € | 41,13 € | 41,13 € | 51,91 € | 45,75 € |
| 4 | 47,67 € | 40,04 € | 40,04 € | 50,72 € | 44,99 € |
| 3 | 46,38 € | 38,95 € | 38,95 € | 49,53 € | 44,23 € |
| 2 | 46,38 € | 38,95 € | 38,95 € | 49,53 € | 44,23 € |
| 1 | 46,38 € | 38,95 € | 38,95 € | 49,53 € | 44,23 € |

Tabla 39. ARPU empleado en el análisis del caso base

Asimismo, para representar el alcance de los despliegues en el escenario español es necesario fijar unas condiciones de cuota de mercado para poder contrastar las cuotas de mercado críticas obtenidas. A partir de los datos de la CMT para 2010 se han obtenido¹⁹⁸ las cuotas de mercado medias de los principales operadores para los diferentes geotipos. Asimismo, se han distinguido dos tipos de regiones para cada geotipo, una donde existe cobertura previa de cable y donde se concentra la cuota de mercado de dicho agente, y otra donde existe una cobertura de cable más residual, y donde la cuota de este es menor. Para representar esta división de las zonas se ha considerado que en los principales municipios, los incluidos en los geotipos 13 a 15 (de más de 250.000 habitantes), los operadores de cable tienen un 80% de sus clientes en las zonas con mayor cobertura (despliegue *brownfield*) y el 20% restante en las zonas con menor cobertura (despliegue *greenfield*), gracias al uso de servicios de acceso mayorista sobre par de cobre, y a que se ha considerado que la cobertura del cable no es completamente homogénea, habiendo zonas con cobertura parcial. Mientras, en el resto de geotipos el porcentaje de base de clientes cambia hasta el 90% - 10%. En base a las estimaciones anteriores se ha elaborado un conjunto de cuotas de mercado, que se presentan en la Tabla 40, y que permitirán un primer análisis de las posibles combinaciones de despliegues de redes NGA en España. Debido al impacto que dichas cuotas de mercado tienen sobre el análisis competitivo del despliegue de redes NGA, así como a la posible variación en el medio plazo fruto de la competencia en los diferentes geotipos, se realizará un análisis de sensibilidad sobre las mismas para estudiar su impacto sobre los resultados obtenidos.

¹⁹⁸ Para el cálculo de las cuotas de mercado se han considerado los valores presentados en (CMT, 2010) para Barcelona y Madrid como los valores de los geotipos 15 y 14 respectivamente. Mientras, para el resto de los geotipos se ha utilizado los valores de cuota de mercado presentados por la CMT en función de las franjas de población de los mismos. La distribución de las cuotas de mercado de los operadores alternativos se ha realizado considerando la distribución nacional obtenida de (CMT, 2011d) del 40,6% para Orange, 30,9% para Jazztel, 26,9% para Vodafone y un 1,6% para otros operadores.

| Geo tipo | Franja de población | Cuotas medias | | | Cob. cable | Cuotas zona cable | | | | | Cuotas zonas sin cable | | | | |
|----------|--|---------------|--------|--------|------------|-------------------|--------|---------|----------|--------|------------------------|--------|---------|----------|--------|
| | | Tef. | Alt. | Cable | | Tef. | Orange | Jazztel | Vodafone | Cable | Tef. | Orange | Jazztel | Vodafone | Cable |
| 15 | Barcelona, Hospitalet de Llobregat, Valencia | 46,80% | 44,80% | 8,40% | 55,80% | 44,63% | 17,34% | 13,22% | 11,48% | 12,65% | 49,54% | 19,25% | 14,67% | 12,74% | 3,04% |
| 14 | Bilbao, Madrid | 50,30% | 40,20% | 9,50% | 53,50% | 47,29% | 15,34% | 11,70% | 10,15% | 14,92% | 53,76% | 17,44% | 13,30% | 11,54% | 3,27% |
| 13 | Resto >250k | 38,30% | 32,50% | 29,20% | 78,00% | 37,08% | 12,77% | 9,74% | 8,45% | 31,45% | 42,61% | 14,68% | 11,19% | 9,71% | 21,24% |
| 12 | 50k < 250k | 41,60% | 27,50% | 30,90% | 58,40% | 30,26% | 8,12% | 6,19% | 5,37% | 49,74% | 57,52% | 15,43% | 11,77% | 10,22% | 4,46% |
| 11 | 50k < 250k | 46,30% | 27,90% | 25,80% | 68,20% | 40,21% | 9,83% | 7,50% | 6,51% | 35,56% | 59,36% | 14,52% | 11,07% | 9,61% | 4,87% |
| 10 | 50k < 250k | 51,00% | 28,30% | 20,70% | 60,00% | 43,46% | 9,79% | 7,46% | 6,48% | 32,43% | 62,32% | 14,04% | 10,70% | 9,29% | 3,11% |
| 9 | 10k < 50k | 62,10% | 23,20% | 14,70% | 37,80% | 46,19% | 7,00% | 5,34% | 4,64% | 36,56% | 71,77% | 10,88% | 8,30% | 7,20% | 1,42% |
| 8 | 10k < 50k | 62,10% | 23,20% | 14,70% | 30,30% | 39,60% | 6,00% | 4,58% | 3,97% | 45,60% | 71,88% | 10,90% | 8,31% | 7,21% | 1,27% |
| 7 | 10k < 50k | 62,10% | 23,20% | 14,70% | 32,40% | 41,75% | 6,33% | 4,83% | 4,19% | 42,65% | 71,85% | 10,90% | 8,31% | 7,21% | 1,30% |
| 6 | 1k < 10k | 74,40% | 17,90% | 7,70% | 45,10% | 67,67% | 6,61% | 5,04% | 4,37% | 16,05% | 79,93% | 7,81% | 5,95% | 5,17% | 0,84% |
| 5 | 1k < 10k | 77,40% | 17,40% | 5,20% | 7,50% | 28,43% | 2,59% | 1,98% | 1,72% | 65,17% | 81,37% | 7,42% | 5,66% | 4,91% | 0,34% |
| 4 | 1k < 10k | 80,40% | 16,90% | 2,70% | 4,70% | 38,01% | 3,24% | 2,47% | 2,15% | 54,00% | 82,49% | 7,04% | 5,37% | 4,66% | 0,17% |
| 3 | <1k | 87,30% | 12,50% | 0,20% | 0,30% | 32,66% | 1,90% | 1,45% | 1,26% | 62,67% | 87,46% | 5,08% | 3,88% | 3,36% | 0,01% |
| 2 | <1k | 87,30% | 12,50% | 0,20% | 0,50% | 54,58% | 3,17% | 2,42% | 2,10% | 37,60% | 87,46% | 5,08% | 3,88% | 3,36% | 0,01% |
| 1 | <1k | 87,30% | 12,50% | 0,20% | 0,00% | 87,47% | 5,08% | 3,88% | 3,37% | 0,00% | 87,46% | 5,08% | 3,88% | 3,36% | 0,01% |

Tabla 40. Cuotas de mercado estimadas. Fuente: Elaboración propia a partir de (CMT – Situación competitiva), (CMT – Informe anual

CAPÍTULO 5. PRINCIPALES RESULTADOS DEL ANÁLISIS TECNO-ECONÓMICO

En este capítulo se analiza el alcance de la competencia entre infraestructuras alternativas de acceso de próxima generación en España con el objetivo de caracterizar el mercado resultante de banda ultra ancha en términos del tipo y número de despliegues viables para las diferentes zonas geográficas del país en un marco temporal a medio/largo plazo en el año 2020.

Para ello se emplearán los modelos descritos en el capítulo Capítulo 4 para realizar el modelado de las plataformas presentadas en la Tabla 30, considerando un despliegue brownfield para los casos de las plataformas FTTH/GPON y FTTN/VDSL del operador incumbente, así como para la plataforma HFC/DOCSIS 3.0 según se presentó en el apartado 4.3. Los parámetros de demanda están fijados por el nivel de penetración de banda ancha de la Tabla 37, una adopción de servicios NGA de nivel intermedio presentada en la Tabla 35, la distribución de servicios de la Tabla 36 y un nivel de ARPU presentado en la Tabla 38. En todos los casos se ha considerado la cobertura del 100% de los hogares de la zona desplegada, y se ha analizado la evolución de los distintos indicadores con el nivel de *take-up*. Asimismo, en el cálculo de los costes se han incluido los equipos de usuario incluyendo los terminales STB para aquellos usuarios de paquetes *triple play*.

El núcleo del análisis realizado se basa en un modelado estático, bajo el cual la condición de viabilidad se establece para aquellos despliegues cuyo coste medio es inferior al ingreso medio o ARPU. En función de la cuota de mercado necesaria para cada combinación de plataforma y agente en cada geotipo, es posible establecer el tipo de competencia viable en cada zona geográfica

En los siguientes apartados se presentan los principales resultados del análisis en términos del alcance de los despliegues y cuotas de mercado mínimas, así como los costes e inversiones necesarias. El análisis anterior se complementa con un estudio de sensibilidad de diferentes parámetros, que permite explorar los resultados para variaciones del escenario base presentado en el apartado 4.3, así como con el análisis del caso de inversión conjunta entre varios operadores. El capítulo concluye con una discusión de los resultados obtenidos donde se analiza la posible estructura de mercado resultante considerando la realidad corporativa de los agentes presentes en el mercado español de banda ancha.

5.1 Alcance de los despliegues y cuotas de mercado críticas

En primer lugar se ha analizado la cuota de mercado mínima que requiere un operador para prestar servicios de forma que el coste mensual por usuario sea igual o menor que el ARPU para un geotipo dado, a este nivel se le ha denominado cuota de mercado crítica. La cuota de mercado se calcula como el nivel de *take-up* de la red (número de hogares conectados entre total de hogares pasados para una cabecera) para la que se cumple la condición anterior dividido entre la penetración de banda ancha de dicho geotipo, lo que representa el porcentaje del total de hogares que contratan banda ancha, esto es, la cuota de mercado.

La tabla siguiente muestra las cuotas de mercado mínimas para las diferentes plataformas consideradas (aquellos casos en los que el despliegue no es viable se indican en rojo). En el caso del operador incumbente solo se han considerado en el modelo de ingresos los servicios minoristas, al estar el análisis centrado en la delimitación de las diferentes zonas por su potencial para establecer competencia entre infraestructuras alternativas de acceso.

| Geotipo | FTTH/GPON Incumbente | FTTH/GPON Alternativo | FTTH/P2P Alternativo | HFC/DOCSIS 3.0 Greenfield | HFC/DOCSIS 3.0 Brownfield | FTTN/VDSL Incumbente |
|---------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| 15 | 13,33% | 17,33% | 17,33% | 16,00% | 10,67% | 13,33% |
| 14 | 12,94% | 15,29% | 17,65% | 16,47% | 10,59% | 12,94% |
| 13 | 20,00% | 20,00% | 26,25% | 25,00% | 16,25% | 16,25% |
| 12 | 20,00% | 22,86% | 25,71% | 21,43% | 14,29% | 17,14% |
| 11 | 20,00% | 22,67% | 28,00% | 24,00% | 14,67% | 17,33% |
| 10 | 28,75% | 31,25% | 63,75% | 41,25% | 26,25% | 32,50% |
| 9 | 30,00% | 36,67% | 80,00% | 41,67% | 26,67% | 41,67% |
| 8 | 36,25% | 42,50% | >100% | 52,50% | 31,25% | 40,00% |
| 7 | 96,25% | 93,75% | >100% | >100% | >100% | >100% |
| 6 | 47,69% | 63,08% | >100% | 50,77% | 29,23% | 53,85% |
| 5 | 87,69% | >100% | >100% | >100% | 66,15% | >100% |
| 4 | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% |
| 3 | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% |
| 2 | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% |
| 1 | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% |

Tabla 41. Cuotas mínimas de mercado para el escenario base

La plataforma HFC/DOCSIS 3.0 se sitúa como líder en costes con la menor cuota de mercado crítica para los geotipos en los que cuenta con un despliegue previo de infraestructura de red. En dichas circunstancias la cuota de mercado mínima para ofrecer servicios de banda ultra-ancha varía entre el 10,59% en el geotipo 14 y el 26,67% en el geotipo 9, lo que sitúa a dicho agente como una plataforma alternativa que estará presente en dichas regiones si alcanza dichas cuotas de mercado. En otros geotipos la cuota de mercado mínima asciende hasta el 29,23% (geotipo 6), 31,25% (geotipo 8) y 66,15% (geotipo 5), donde se dificulta la presencia de plataformas DOCSIS 3.0. En los geotipos 1 al 4 y en el geotipo 7, no resulta en general viable la actualización desde redes HFC/DOCSIS 1.1 tradicionales a DOCSIS 3.0.

En el caso de regiones donde el operador de cable no cuenta con un despliegue previo, este requiere de cuotas de mercado mayores que en el caso *brownfield*, del orden del 16% en los geotipos 14 y 15, y del orden del 22% al 25% en los geotipos 11, 12 y 13. La cuota mínima asciende hasta el orden de los 41 puntos para los geotipos 9 y 10, y a los 50 en el 6 y 8. De esta forma, solo en algunos geotipos con bajas cuotas críticas se podrá producir la expansión de las redes de cable HFC/DOCSIS 3.0 a zonas sin cobertura previa.

Por su parte, el operador incumbente se sitúa en la mayor parte de geotipos como la segunda plataforma con la menor cuota crítica para las plataformas valoradas, FTTH/GPON y FTTN/VDSL. El despliegue de la plataforma FTTN/VDSL presenta menores cuotas de mercado críticas que FTTH/GPON para los escenarios de mayor densidad de población (geotipos del 11 al 15). Sin embargo la diferencia entre ambas plataformas en término de cuota de mercado es del 3,75% en el mayor de los casos (geotipo 13), e igual en los geotipos más densamente poblados. Esto es debido a que la necesidad de situar los armarios exteriores a distancias inferiores a los 400 – 600 metros para respetar el perfil de velocidad de los usuarios obliga al despliegue de un tramo considerable de la red de acceso, que aunque permite ahorros en la red de distribución y acometida, no genera mucha diferencia en términos de cuota crítica frente a la capacidad de generar mayores ingresos de un despliegue FTTH/GPON. Mientras que en escenarios menos densamente poblados, la ventaja en costes que supone la reutilización de la red de distribución y acometida se ve superada por los costes de implementación de los armarios, que deben ser compartidos por menos usuarios al disminuir la densidad de población, por lo que en los geotipos 6 al 10, el despliegue de red FTTN/VDSL requiere cuotas de mercado mayores que el despliegue de FTTH/GPON.

En el caso del despliegue de plataforma FTTH/GPON por parte del operador incumbente, los geotipos 9 al 15 presentan cuotas de mercado críticas inferiores al 30% en el escenario base, siendo inferiores al 13,5% para los geotipos 14 y 15, e iguales al 20% en los geotipos 11 al 13. Por su parte, en los geotipos 8, 9 y 10, la cuota crítica varía entre el 36,25% y el 28,75%, siendo cuotas que, en general, alcanza el operador incumbente. De esta forma, el despliegue de esta plataforma podría alcanzar hasta el 70,6% de las viviendas y locales españoles, que es lo que representan dichos geotipos. Mientras, el geotipo 6 requiere de una cuota de mercado del orden del 50%, y los geotipos 7 y 5 de cuotas entre el 90% y 100%, por lo que el despliegue de una red NGA en estas zonas requeriría la compartición de la red por todos los operadores para poder alcanzar las cuotas de mercado requeridas. Por su parte, para los geotipos 1 al 4 resulta inviable el despliegue de plataformas NGA por el operador incumbente.

Finalmente, en el caso de los operadores alternativos, la Tabla 41 muestra como el despliegue de plataformas FTTH/P2P requiere de la misma cuota crítica que el despliegue de redes FTTH/GPON en el caso del geotipo 15, entre 2,35 y 6,25 puntos porcentuales más de cuota en los geotipos 11 a 14, y entre 32,5 y 43,33 puntos adicionales en los geotipos 9 y 10, siendo inviable en el resto de geotipos. Esto hace que para escenarios donde no se contemple la compartición de infraestructuras el despliegue de redes FTTH/GPON por parte de operadores alternativos sea preferible en todos los geotipos. En el caso de esta plataforma, la cuota de mercado crítica evoluciona de forma similar a la del caso del despliegue de

5.1 Alcance de los despliegues y cuotas de mercado críticas

plataforma FTTH/GPON del operador incumbente, siendo entre 1,18 y 12,31 puntos porcentuales superior en los geotipos 6, 8, 9, 11, 12, 14 y 15, mientras que en el geotipo 10 requiere la misma cuota de mercado crítica y en los geotipos 13 y 7 requiere cuotas de mercado menores en 1,25 y 2,5 puntos porcentuales respectivamente.

Considerando las estimaciones de cuota de mercado presentadas en el apartado 4.3 y las cuotas de mercado críticas presentadas en la Tabla 41 se muestran a continuación los despliegues viables para los distintos geotipos en las zonas con cobertura de cable previa, que representan un 41,3% de la cobertura del país. Se observa que el operador incumbente podrá desplegar bien una plataforma FTTH/GPON o una FTTN/VDSL en los geotipos 6 y del 8 al 15. Por su parte, el operador de cable prestará servicios DOCSIS 3.0 de forma viable en la gran mayoría de sus zonas de cobertura previa (geotipos del 8 al 15), y de los operadores alternativos, solo Orange cumpliría los requisitos de cuota de mercado para desplegar en los geotipos 14 y 15.

| Geotipo | Viviendas y locales | FTTH/GPON Incumbente | FTTN/VDSL Incumbente | FTTH/GPON Alternativo | FTTH/P2P Alternativo | HFC/DOCSIS 3.0 (brownfield) | Nº plataformas |
|---------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------|
| 15 | 767.710 | Sí | Sí | Sí (Orange) | Sí (Orange) | Sí | 3 |
| 14 | 901.163 | Sí | Sí | Sí (Orange) | - | Sí | 3 |
| 13 | 1.650.878 | Sí | Sí | - | - | Sí | 2 |
| 12 | 821.684 | Sí | Sí | - | - | Sí | 2 |
| 11 | 715.400 | Sí | Sí | - | - | Sí | 2 |
| 10 | 2.152.859 | Sí | Sí | - | - | Sí | 2 |
| 9 | 663.918 | Sí | Sí | - | - | Sí | 2 |
| 8 | 914.103 | Sí | Sí | - | - | Sí | 2 |
| 7 | 343.121 | - | - | - | - | - | 0 |
| 6 | 155.546 | Sí | Sí | - | - | - | 1 |
| 5 | 221.013 | - | - | - | - | - | 0 |
| 4 | 48.882 | - | - | - | - | - | 0 |
| 3 | 1.076 | - | - | - | - | - | 0 |
| 2 | 2.069 | - | - | - | - | - | 0 |
| 1 | 0 | - | - | - | - | - | 0 |

Tabla 42. Plataformas viables en el caso base en las regiones con cobertura previa de cable.

Mientras, en las zonas con menor cobertura previa de cable (un 58,7% de la cobertura del país), el operador incumbente podrá acometer el despliegue de plataformas FTTH/GPON o FTTN/VDSL en los geotipos 6, 8-15, la cuota de mercado del operador alternativo Orange permite el despliegue de red FTTH/GPON en los geotipos 14 y 15, y por su parte, el operador de cable podrá ampliar la cobertura hasta el 100% del geotipo 13 (los 465.632 viviendas y locales restantes) mediante despliegue greenfield de red HFC/DOCSIS 3.0.

| Geotipo | Viviendas y locales | FTTH/GPON Incumbente | FTTN/VDSL Incumbente | FTTH/GPON Alternativo | FTTH/P2P Alternativo | HFC/DOCSIS 3.0 (greenfield) | Nº plataformas |
|---------|---------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------|----------------|
| 15 | 608.115 | Sí | Sí | Sí (Orange) | Sí (Orange) | - | 2 |
| 14 | 783.254 | Sí | Sí | Sí (Orange) | - | - | 2 |
| 13 | 465.632 | Sí | Sí | - | - | Sí | 2 |
| 12 | 585.310 | Sí | Sí | - | - | - | 1 |
| 11 | 333.573 | Sí | Sí | - | - | - | 1 |
| 10 | 1.435.240 | Sí | Sí | - | - | - | 1 |
| 9 | 1.092.479 | Sí | Sí | - | - | - | 1 |
| 8 | 2.102.738 | Sí | Sí | - | - | - | 1 |
| 7 | 715.893 | - | - | - | - | - | 0 |
| 6 | 189.346 | Sí | Sí | - | - | - | 1 |
| 5 | 2.725.829 | - | - | - | - | - | 0 |
| 4 | 991.156 | - | - | - | - | - | 0 |
| 3 | 357.505 | - | - | - | - | - | 0 |
| 2 | 411.803 | - | - | - | - | - | 0 |
| 1 | 492.909 | - | - | - | - | - | 0 |

Tabla 43. Plataformas viables en el caso base en las regiones sin cobertura previa de cable.

De esta forma, en el escenario base el 7,4% de las viviendas y locales podrán estar atendidas por tres plataformas paralelas (FTTH/GPON o FTTN/VDSL del operador incumbente, FTTH/GPON del operador alternativo Orange y la plataforma HFC/DOCSIS 3.0 del operador de cable), mientras que el 38,7% podrán disfrutar del despliegue de dos plataformas NGA, siendo estas la del operador incumbente y la plataforma de cable en 7,38 millones de viviendas y locales, y la plataforma del operador incumbente y un despliegue protagonizado por Orange en 1,39 millones de viviendas y locales. Por su parte, para 5,89 millones de viviendas y locales (un 26% de la cobertura total) las condiciones competitivas y de despliegue solo permitirían el despliegue viable de una única plataforma, de forma que el operador incumbente disfrutaría de un monopolio en cuanto al acceso fijo a redes NGA. Finalmente, en el escenario base un total de 6,31 millones de viviendas y locales (27,9% respecto al total) no estarían en condiciones de recibir servicios de banda ultra ancha mediante plataformas de acceso fijo. La Figura 37 ilustra la distribución de regiones en función del tipo de competencia en infraestructuras.

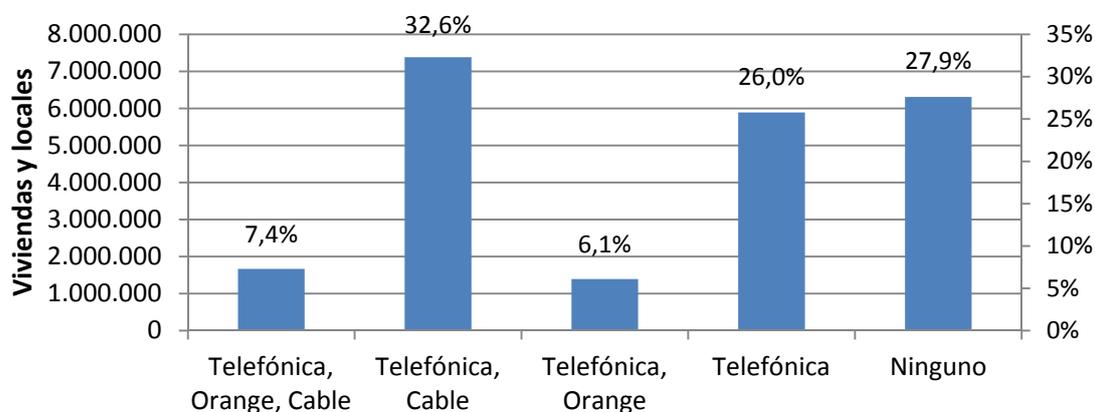


Figura 37. Regiones identificadas en el caso base según la viabilidad de competencia en infraestructuras

5.2 Comparativa del coste mensual

La Tabla 44 presenta el alcance de las distintas infraestructuras viables en el caso del escenario base.

| Agente | Plataforma | Cobertura máxima (viviendas y locales) | Porcentaje cobertura |
|-------------------|----------------|--|----------------------|
| Telefónica | FTTH/GPON | 16.338.948 | 72,1% |
| Cable | HFC/DOCSIS 3.0 | 9.053.348 | 40,0% |
| Orange | FTTH/GPON | 3.060.242 | 13,5% |
| Jazztel | - | 0 | 0,0% |
| Vodafone | - | 0 | 0,0% |

Tabla 44. Alcance de los despliegues de redes NGA los distintos operadores en el escenario base

No obstante, las condiciones presentadas anteriormente para la viabilidad del despliegue de redes NGA permiten que un número mayor de operadores lleguen a competir en infraestructuras. Estrategias ofensivas por parte de los operadores alternativos que permitan un incremento de su cuota de mercado, o un proceso de consolidación de dichos operadores podría llevar a un cambio en el escenario resultante, aumentando las regiones donde existe una competencia efectiva entre plataformas.

5.2 Comparativa del coste mensual

A continuación se presenta el coste mensual por usuario para cada plataforma y geotipo para un nivel de *take-up* del 25%, la figura muestra asimismo el ARPU y beneficio para cada uno de los casos indicando la viabilidad del despliegue en dichas condiciones. El *take-up* elegido representa un nivel de madurez medio de adopción de la red como puede ser el conseguido por Verizon en 7 años en su red FioS. Evidentemente la estructura competitiva y de penetración de banda ancha prevista para el mercado español no permite que todas las plataformas estén operando con dicho nivel de *take-up* de forma simultánea en una misma zona, pero la comparativa de las mismas permite observar cual sería su nivel de costes para una situación de adopción media en cada una de ellas.

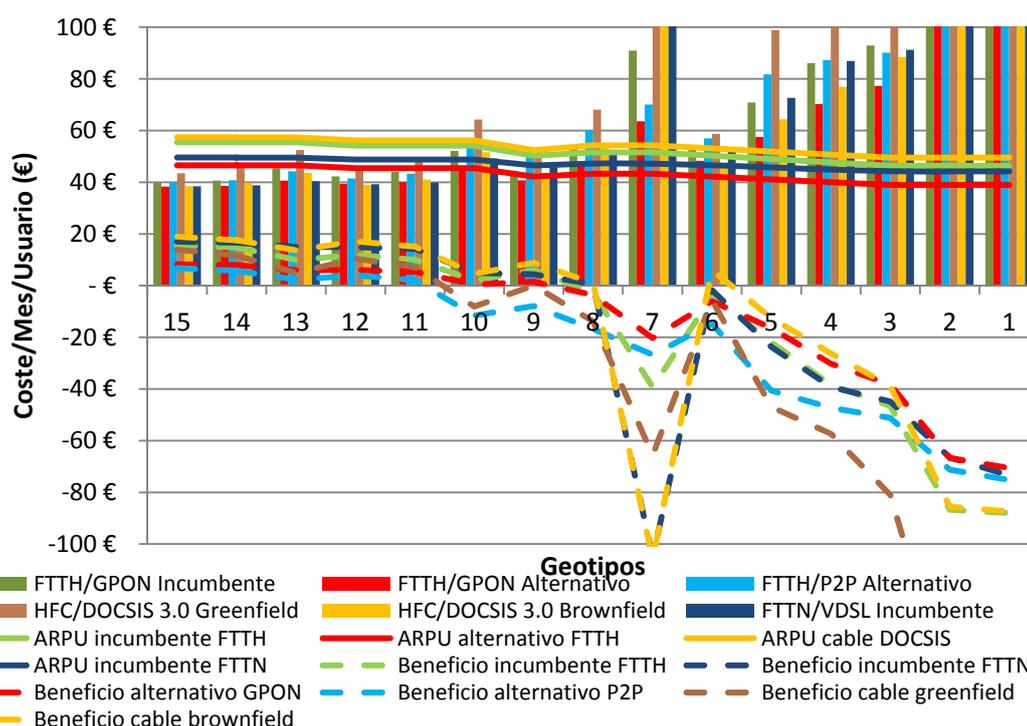


Figura 38. Coste y beneficio mensual por usuario para un take-up del 25%

Se puede observar como los costes mensuales por usuario están claramente relacionados con la densidad de población del geotipo, siendo los geotipos con mayor densidad de viviendas por kilómetro cuadrado los que alcanzan costes más bajos. Para los niveles de *take-up* empleados en la gráfica todas las plataformas salvo el despliegue P2P por parte de un alternativo serían viables para los geotipos 9 al 15, mientras que para los geotipos de menor densidad de viviendas solo el cable en condiciones de despliegue *brownfield* sería viable en los geotipos 8 y 6, siendo el resto de plataformas inviables en el resto de geotipos, donde los costes mensuales medios por usuario superan los niveles de ARPU, alcanzando cifras superiores a los 100 € mensuales para los geotipos más rurales. Los despliegues más rentables en términos de beneficio mensual por usuario son los del operador de cable en las zonas con cobertura previa y los llevados a cabo por el operador incumbente, tanto con FTTN/VDSL como con FTTH/GPON.

En el caso de los geotipos más densos los menores costes por usuario corresponden a los despliegues FTTN/VDSL y al despliegue de HFC/DOCSIS 3.0 *brownfield*, ya que la mayor reutilización de activos previos permite obtener precios mensuales inferiores. El porcentaje de ahorro en los costes mensuales por reutilización en el caso de los despliegues HFC varía entre en los geotipos más densos (del 9 al 15) entre un 11,25% y un 19,7%¹⁹⁹.

Asimismo, el coste mensual del despliegue de red FTTH/GPON para operadores alternativos se sitúa entre los más bajos debido al ahorro que supone el acceso

¹⁹⁹ Si bien esta cifra puede parecer baja debido a la gran cantidad de activos que se reutilizan en la evolución de DOCSIS 1.1 a DOCSIS 3.0, es necesario recordar que se ha considerado una amortización del 50% de los activos reutilizados.

5.2 Comparativa del coste mensual

mayorista a las canalizaciones del operador incumbente, siendo en todos los casos inferior al despliegue FTTH/GPON de dicho operador. Para las mismas condiciones (*take-up* del 25%) el coste de producción del operador alternativo es, en los geotipos 9 al 15, entre un 3,8% y un 13,7% inferior a la del operador incumbente. Esta diferencia se justifica por: (i) una disminución en el coste de capital al reducirse la inversión necesaria por disponer de acceso a conductos (contabilizados como OPEX y no como CAPEX); (ii) la diferencia en el modelo COSTA entre los costes de las infraestructuras para el caso de acceso mayorista, en los que se utiliza los precios de la oferta española MARCO que derivan de la contabilidad de costes de Telefónica, y los costes para el caso del despliegue directo, en los que se utilizan precarios públicos que difieren frente a los costes reales de Telefónica; y (iii) la necesidad del operador incumbente de instalar espacio adicional de reserva en las canalizaciones desplegadas, a diferencia de los operadores alternativos, que al utilizar el acceso mayorista no tienen que hacer frente a dicha necesidad.

Por otra parte, el coste mensual de las plataformas P2P por parte de un operador alternativo se sitúan entre un 3,9% y un 26,6% (para los geotipos 9 al 15) superior al caso de un despliegue GPON, desaconsejando dicha arquitectura salvo en escenarios de despliegues conjuntos donde se prevea que varios operadores van a emplear la red mediante desagregación física del bucle óptico. En términos de variación de los costes mensuales por usuario, la siguiente figura muestra la función de costes para las diferentes plataformas consideradas para el rango de cuotas de mercado viables en función de la penetración de banda ancha en los geotipos 14, 12, 8 y 4.

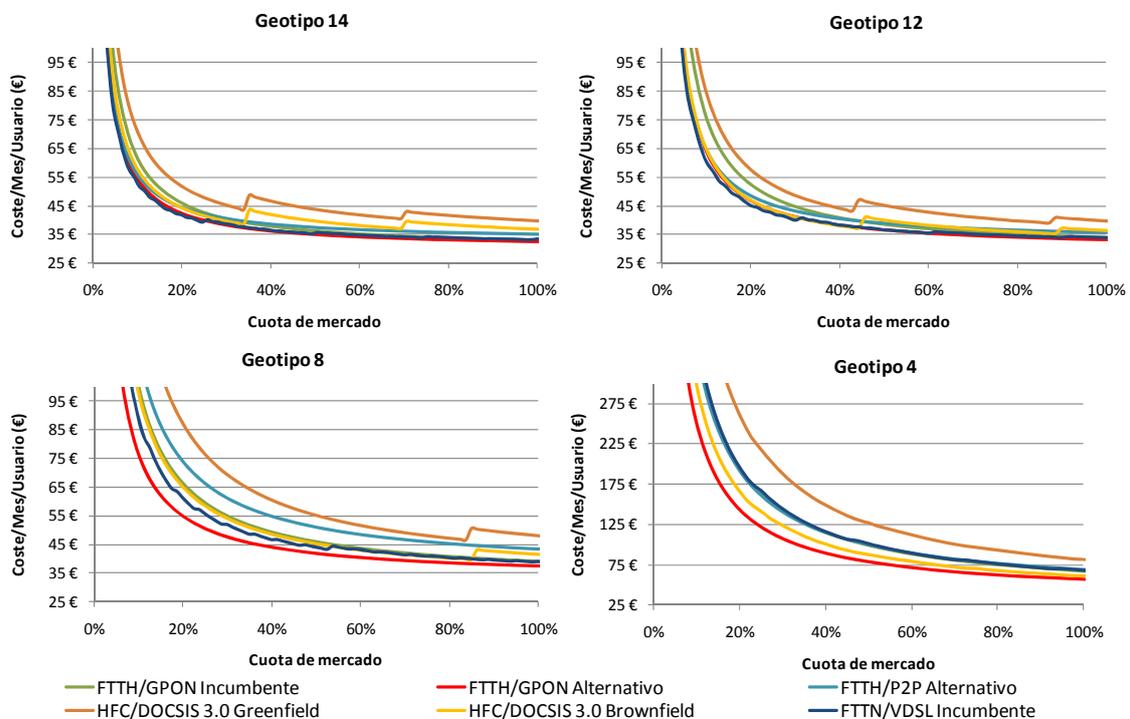


Figura 39. Función de costes para los geotipos 14, 12, 8 y 4

En términos de distribución del coste mensual, la Figura 40 presenta el caso para los geotipos 14, 12, 8 y 4 para un *take-up* del 25%. Los costes se han distribuido en siete categorías principales identificadas en la Tabla 9.

El coste asociado a la amortización de la infraestructura representa el principal componente del coste mensual, siendo creciente conforme la densidad de viviendas del geotipo disminuye. En el caso de las plataformas con mayor reutilización de infraestructuras, como en el despliegue *brownfield* de las redes de cable o en el despliegue de red FTTN/VDSL por parte del operador incumbente, el porcentaje que representan las infraestructuras es menor que los nodos específicos en los geotipos más urbanos, pero no así en zonas menos densas. Asimismo, el coste de los portadores es creciente conforme el despliegue se localiza en geotipos con menor densidad de viviendas.

En el caso específico de las redes de cable, se puede observar la existencia de una mayor necesidad de nodos específicos frente al caso de las redes FTTH, ya que esta última tiene un mejor comportamiento de sus costes frente a la velocidad ofrecida, mientras que la tecnología DOCSIS ofrece un comportamiento más elástico con el tráfico, obteniendo un mejor resultado en escenarios con una menor calidad asegurada (analizado en el apartado 5.4.4).

Por su parte, se observa que las principales diferencias entre el despliegue GPON del operador incumbente y del operador alternativo radican en las infraestructuras, por los motivos presentados anteriormente. Asimismo, los costes asociados a la prestación de servicios, tanto los relacionados con los servicios de telefonía e IPTV, como los relacionados con los costes comerciales y de gestión del cliente, representan entre un 26% - 30% de los costes en los geotipos más urbanos y un 12% - 16% en las zonas menos densas. Asimismo, los costes asociados al transporte (red de *backhaul*, red troncal y equipos de conmutación) representan un porcentaje cercano al 15% en los distintos escenarios, dichos costes están relacionados con el tráfico garantizado, y aumentan en función de la distancia de los municipios a las principales centrales ORLA, por lo que suponen una carga mayor para los geotipos más remotos.

5.2 Comparativa del coste mensual

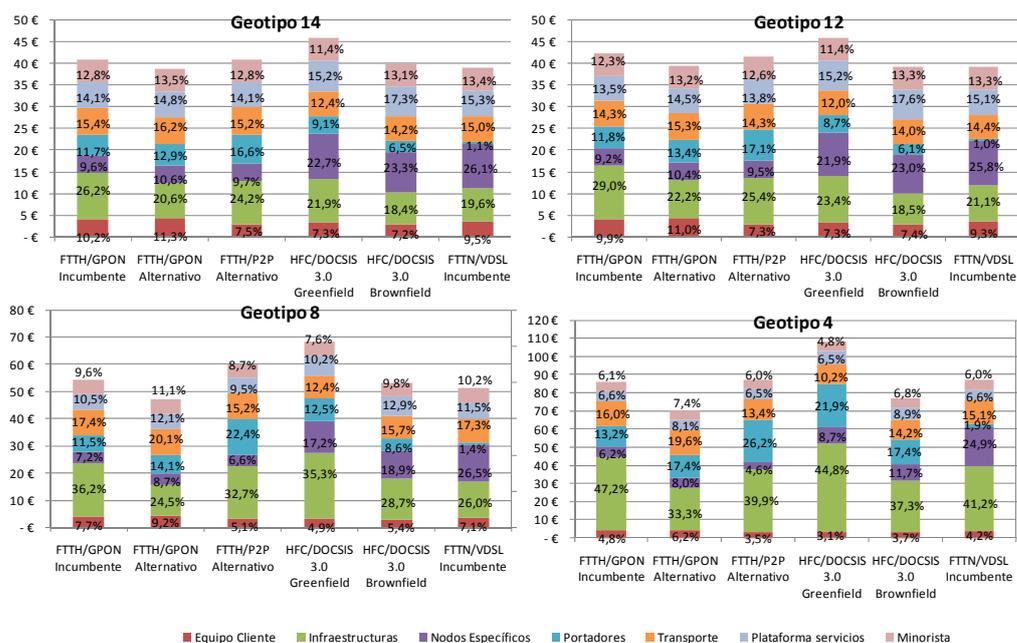


Figura 40. Distribución de los costes mensuales para los geotipos 14, 12, 8 y 4 con un take-up del 25%

Finalmente, se presenta la distribución coste/beneficio mensual de los despliegues identificados como viables en el apartado 5.1 para la situación actual en el caso de España. Las siguientes figuras muestran la distribución los ingresos por usuario (ARPU) entre costes mensuales y los beneficios restantes. Dicho margen es un indicador de la presión competitiva que los distintos agentes podrían generar en el mercado mediante un descenso de los precios finales, así como de la rentabilidad generada por la inversión realizada.

En el caso de las regiones con cobertura previa de cable, se puede observar como es dicha plataforma la que obtiene los márgenes superiores en los geotipos 8, 11 y 12 (con beneficios mensuales por cliente de entre los 6,65€ y los 15,56€). Mientras, el operador incumbente obtiene un mayor beneficio en el resto de geotipos, acentuado principalmente en los geotipos 14 y 15 donde el operador de cable disfruta de una menor penetración. No obstante, en los geotipos donde es el operador incumbente el líder en coste/beneficio, el operador de cable mantiene una relación coste beneficio suficiente (con beneficios mensuales por cliente en el rango de los 3,3€ a los 7,3€) para mantener la presión competitiva. En cuanto al despliegue de una tercera plataforma en los geotipos 14 y 15, se puede observar como el margen de beneficio es mínimo en las regiones donde existe cable previamente.

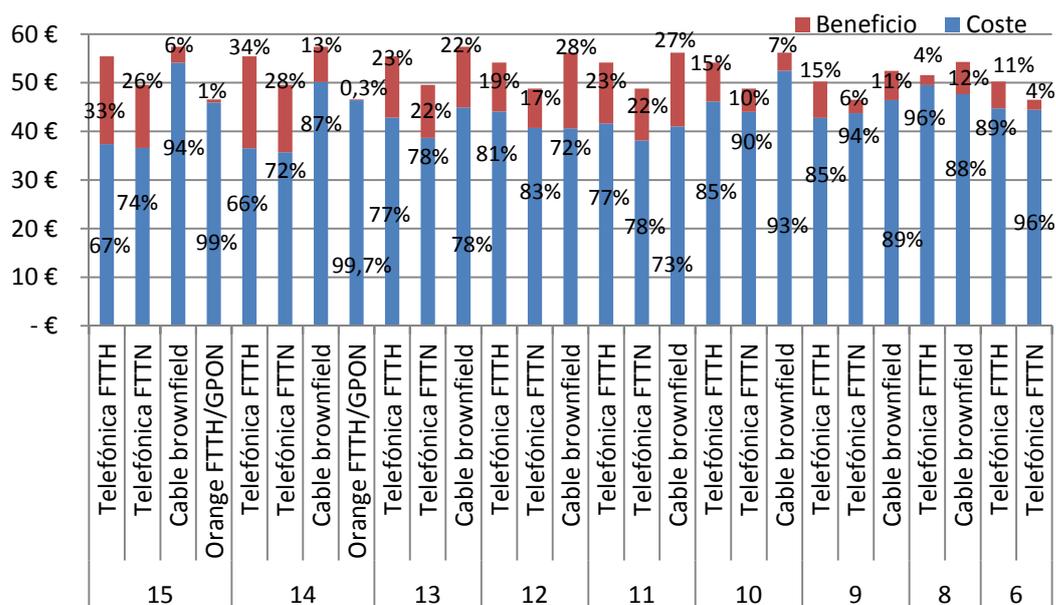


Figura 41. Coste y beneficio de los despliegues viables en las regiones con cobertura previa de cable según el escenario base

En el caso de las regiones sin cobertura previa de cable, los despliegues alternativos tanto el que podría llevar a cabo Orange en los geotipos 14 y 15, como el incremento de cobertura del operador de cable en el geotipo 13, tendrían unos márgenes del entorno del 2% al 4% (con unos beneficios mensuales por cliente de 1,3€ y 1,7€ para el caso de Orange, y de 1€ para el operador de cable). Mientras, el operador incumbente mantendría un margen de beneficios sobre costes de entre el 9% y el 34%.

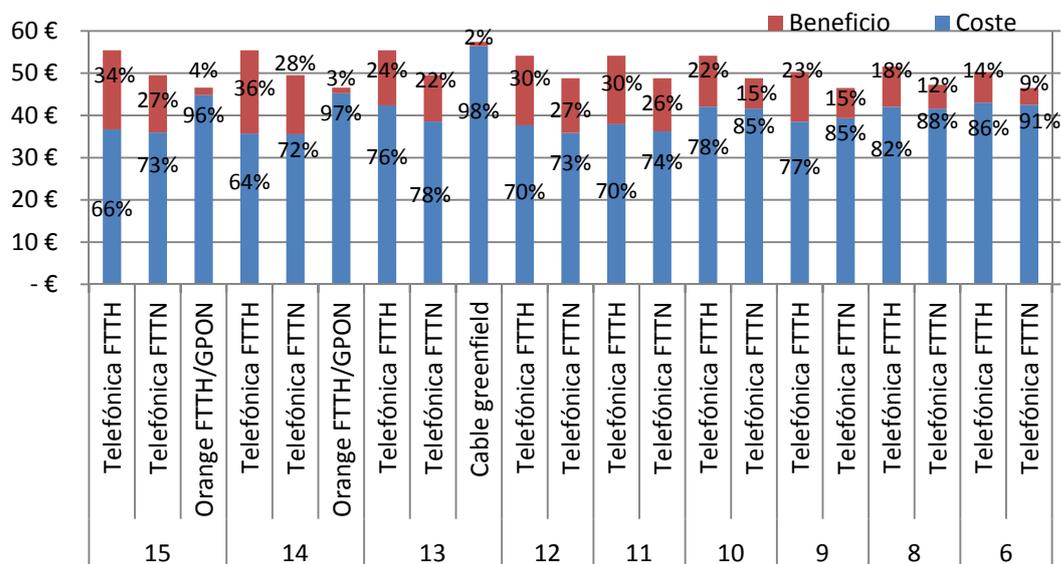


Figura 42. Coste y beneficio de los despliegues viables en las regiones sin cobertura previa de cable según el escenario base

5.3 Inversión requerida

En este apartado se analiza la inversión requerida para un despliegue de ámbito nacional de las diferentes plataformas consideradas. La siguiente figura muestra la inversión por hogar conectado necesaria para dotar de cobertura²⁰⁰ a los diferentes geotipos bajo un nivel de *take-up* del 25%, dicho valor representa un nivel de adopción intermedio, y en determinados geotipos en los que existan hasta tres plataformas en competencia puede representar un valor cercano al máximo en condiciones de competencia²⁰¹.

Las plataformas con una mayor reutilización (como el caso del despliegue HFC *brownfield* o el despliegue FTTH por parte del operador incumbente) o de acceso a infraestructuras (el caso de los operadores alternativos) son las que presentan unos menores niveles de inversión necesaria, mientras que los despliegues FTTH/GPON por parte del operador incumbente o un despliegue *greenfield* del operador de cable acarrearían las mayores inversiones.

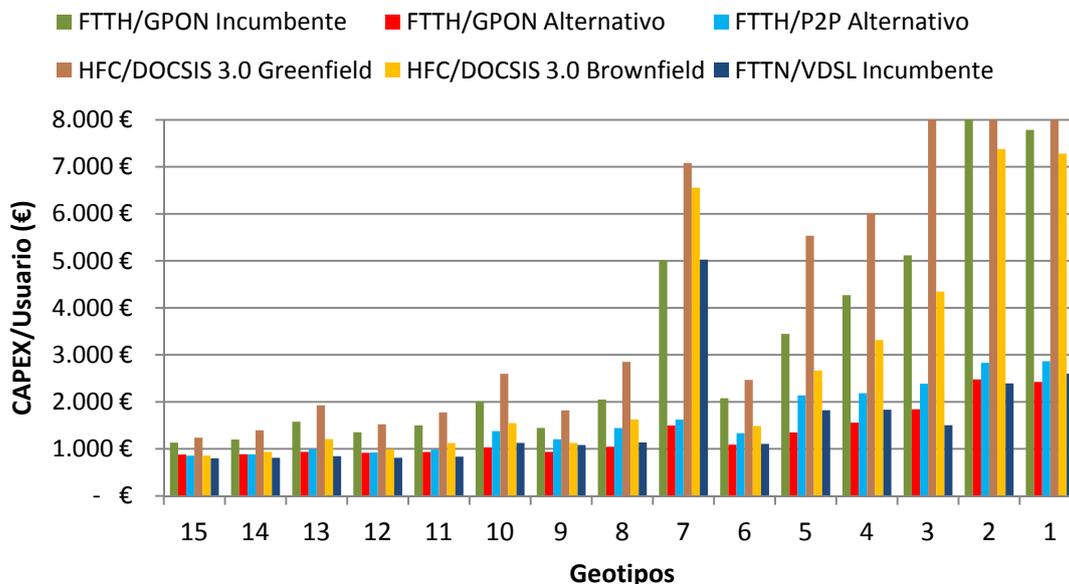


Figura 43. CAPEX por usuario para un *take-up* del 25%

Ordenando los geotipos por el valor ascendente²⁰² del CAPEX medio entre las diferentes plataformas consideradas, se puede obtener la inversión acumulada para el despliegue de las plataformas NGA en el ámbito nacional, que se presenta en la siguiente figura.

²⁰⁰ La inversión calculada solo incluye el tramo de red de acceso, no incluyendo la inversión en las redes de *backhaul* y troncal, ni el coste de las plataformas de servicios (telefonía e IPTV), dichos costes se han considerado en la sección 5.2, pero no en esta.

²⁰¹ Por ejemplo en una zona con tres despliegues NGA coincidentes en cobertura, y con una penetración de banda ancha del 75% sobre el total de viviendas y locales, si los tres agentes tuviesen la misma cuota de mercado alcanzarían niveles de *take-up* del 25%.

²⁰² Dicho orden, del geotipo de menor inversión al de mayor inversión por usuario, es: 15, 14, 12, 11, 13, 9, 6, 10, 8, 5, 4, 3, 7, 1 y 2.

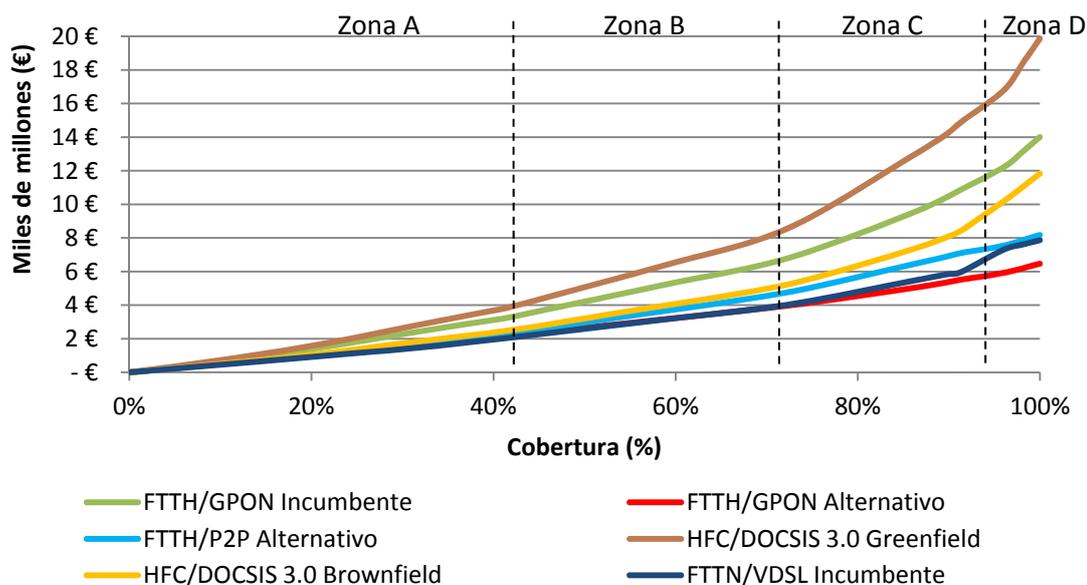


Figura 44. Inversión acumulada del despliegue de ámbito nacional para un take-up del 25%

Para las distintas plataformas se puede observar que existe una proporción significativa de geotipos donde la curva de costes acumulados permanece relativamente lineal (con CAPEX por hogar conectado aproximadamente constante), seguido de regiones de un mayor gradiente, y finalmente una última región con un crecimiento significativo en el último porcentaje de población. Estas secciones se asemejan a las distintas zonas geográficas, siendo la región A la correspondiente a las zonas urbanas (geotipos 9 y 11-15), la región B las zonas suburbanas (geotipos 6, 8 y 10), C las zonas rurales (geotipos 3-5 y 7), y D las zonas remotas (geotipos 1 y 2). Bajo el escenario de competencia presentado en el apartado 5.1, un porcentaje de la zona A soportaría competencia entre 3 plataformas, mientras que el resto de la zona A, y la zona B soportarían competencia entre el operador incumbente y el operador de cable en aquellas zonas con cobertura previa de cable. Mientras, las zonas C y D no soportarían ningún despliegue de redes NGA.

La inversión necesaria para completar un despliegue de ámbito nacional se sitúa entre los 6.473 y 8.177 millones de euros para las plataformas con acceso a las infraestructuras del operador incumbente (los despliegues FTTH de los operadores alternativos). Por su parte, los despliegues con un elevado porcentaje de reutilización, FTTN y HFC *brownfield*, se sitúan en niveles de inversión de 7.863 y 11.824 millones de euros respectivamente, que en el caso del cable se elevaría a los 19.861 millones en un escenario *greenfield*. Mientras, la cifra de inversión necesaria para el despliegue FTTH/GPON por el operador incumbente se sitúa en los 14.007 millones de euros. Para despliegues de coberturas inferiores a la nacional, la inversión total necesaria disminuye hasta los 3.415 y 6.766 millones para las zonas A y B respectivamente en el caso de un despliegue FTTH/GPON por parte del operador incumbente, alcanzando el 72,1% de las viviendas y locales del país.

Un nivel de *take-up* mayor implica lógicamente una mayor inversión, ya que se requiere la instalación de una mayor cantidad de elementos activos, así como de infraestructura asociada a la conexión de nuevas viviendas y un mayor número de

5.3 Inversión requerida

equipamiento de cliente. No obstante, la elevada proporción de costes fijos en el CAPEX hace que el nivel de adopción tenga un impacto relevante en la inversión por hogar conectado. De esta forma, un incremento en los niveles de adopción genera una disminución en los costes por usuario, facilitando la recuperación de la inversión. Las plataformas con un mayor nivel de despliegue de infraestructuras son en las que más repercute dicho efecto, la Figura 45 muestra para cada plataforma modelada la variación del CAPEX medio de las diferentes regiones en función del nivel de *take-up*.

Por ejemplo, en el caso de los despliegues FTTH/GPON por parte del operador incumbente, un incremento del 5% en el *take-up*, genera una disminución de los costes de inversión por usuario de entre el 10,4% en la zona A, hasta un 15,6% en la zona D, con una disminución en la media nacional de un 13,1%. Si el incremento de adopción es del 15% hasta alcanzar un 40% los ahorros se sitúan entre un 23,3% y un 35%, siendo en media para un despliegue nacional del 29,6%. Mientras, en el caso de los operadores con acceso a infraestructuras dicho ahorro es menor, estando entre el 7,2% y el 13,1% para un incremento del 5%, y entre el 16,1% y el 29,4% en caso de un incremento de un 15%.

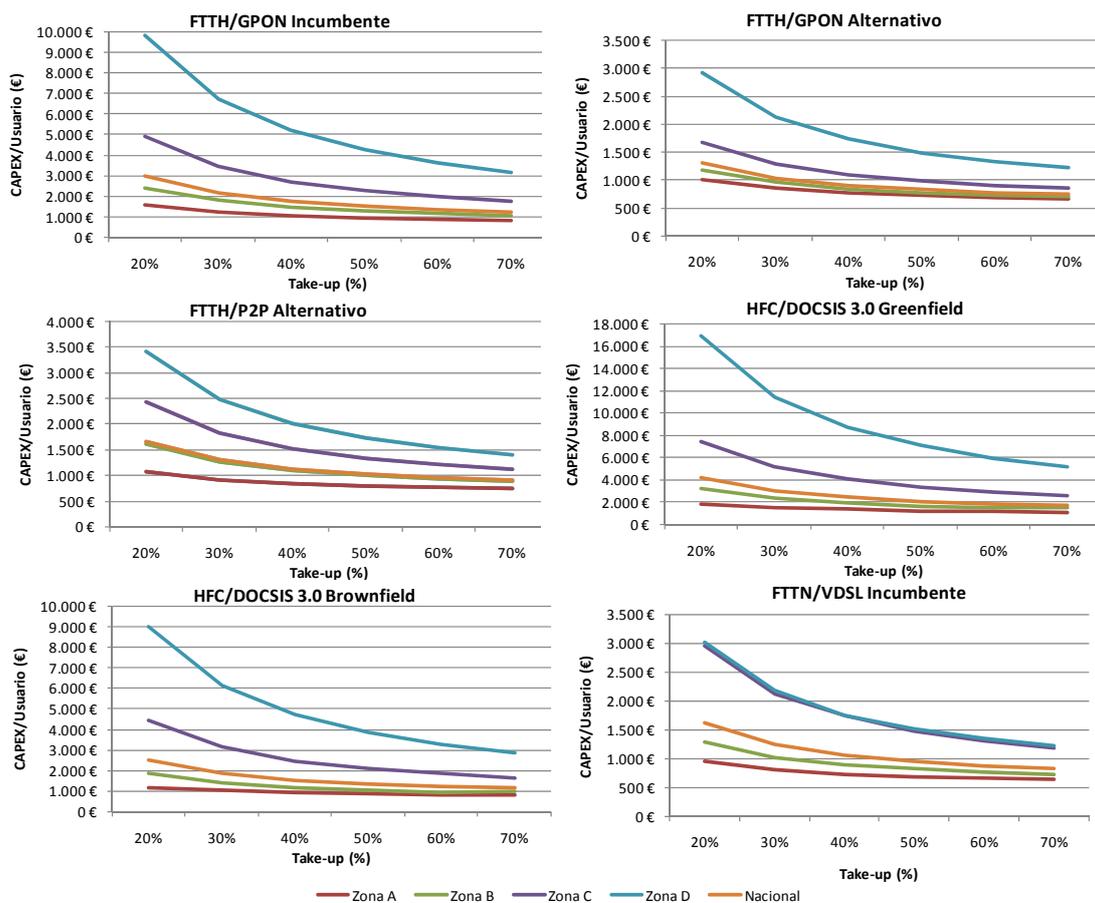


Figura 45. Evolución del CAPEX por hogar conectado en función del take-up de la red

Para el conjunto de despliegues viables en el escenario competitivo actual identificado en el apartado 5.1, se presenta en la Figura 46 el CAPEX por usuario de cada una de las plataformas viables. En dicha figura se puede observar como para los geotipos 14 y 15 Telefónica presenta menores requisitos de CAPEX que el resto de agentes debido a su mayor cuota de mercado y al efecto de disminución del CAPEX con el *take-up*. Mientras, en el resto de geotipos con cobertura previa de cable, es dicho operador el que disfrutaría de menores requisitos de inversión. Por su parte, el despliegue de Orange en los geotipos 14 y 15 tendría un CAPEX por usuario entre los 1.160 y 1.222 euros, superior a los niveles de CAPEX de Telefónica debido a la importante diferencia en la cuota de mercado.

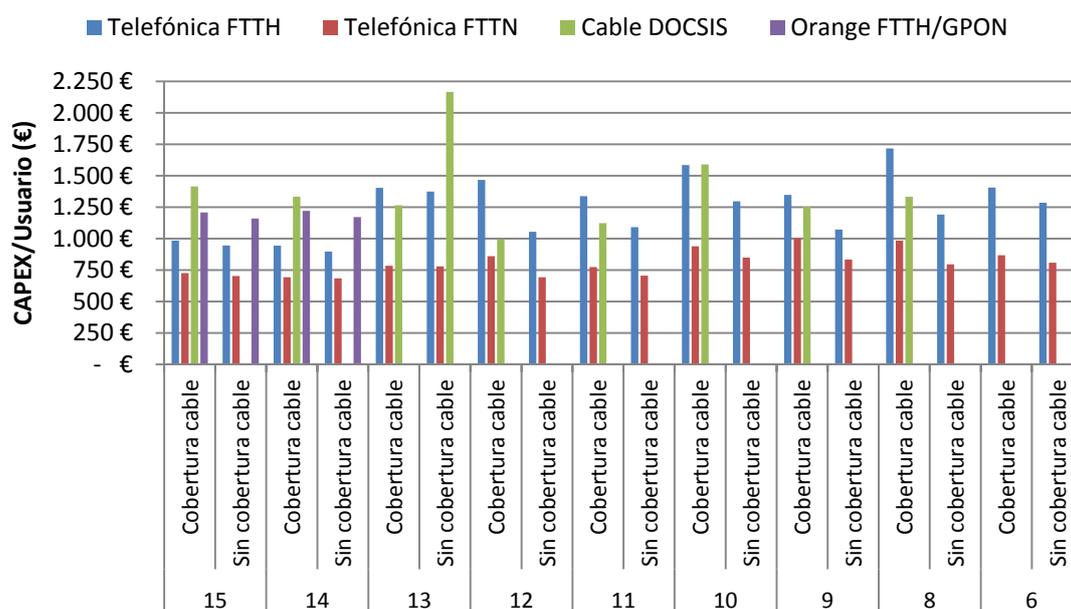


Figura 46. CAPEX por usuario para despliegues viables bajo la situación competitiva actual

De esta forma, los niveles de inversión requeridos junto a las coberturas alcanzadas se presentan en la siguiente tabla.

| Plataforma | Inversión requerida | Cobertura (% España) | Nº Accesos | CAPEX/Usuario |
|-----------------------------------|---------------------|----------------------|------------|---------------|
| Telefónica FTTH | 8.036.352.679 € | 72,10% | 6.409.493 | 1.254 € |
| Telefónica FTTN | 5.214.872.456 € | 72,10% | 6.409.493 | 814 € |
| Cable DOCSIS²⁰³ | 2.886.741.793 € | 40,0% | 2.122.645 | 1.360 € |
| Orange FTTH/GPON | 502.189.257 € | 13,50% | 421.245 | 1.192 € |

Tabla 45. Niveles de inversión, cobertura y CAPEX por usuario medio de los despliegues viables bajo la situación competitiva actual

²⁰³ Los valores de inversión requerida y de CAPEX por usuario medio se refieren a suma de la inversión no amortizada de las infraestructuras existentes y a la inversión incremental necesaria. En términos de inversión incremental estos valores se reducen hasta un total de 1.151 millones de euros resultando en un CAPEX de 542 euros por usuario.

5.4 Análisis de sensibilidad

Con el objetivo de analizar los factores de mayor impacto en el resultado de los modelos, así como estudiar diferentes escenarios de adopción y de situación competitiva, se han realizado un conjunto de análisis de sensibilidad que se presentan a continuación.

5.4.1 Impacto de la cuota de mercado

La variación en la estructura competitiva actual mediante el crecimiento o decrecimiento de las cuotas de mercado de los operadores involucrados en el despliegue puede tener importantes consecuencias en cuanto a la viabilidad de despliegue de las plataformas NGA. Para llevar a cabo dicho estudio se han variado las condiciones competitivas consideradas como escenario base en el apartado 5.1, analizando la estructura resultante en términos del distinto tipo de competencia en infraestructuras que las diferentes regiones pueden afrontar. Los escenarios considerados se presentan en la Tabla 46.

A partir de la simulación de los escenarios presentados, se ha obtenido la estructura competitiva resultante en los escenarios anteriores, tanto en términos del número de plataformas NGA viables en cada geotipo o región (Figura 47), como en términos de la cobertura alcanzable por cada agente (Figura 48).

| Escenario | Descripción | Variable | Modificación |
|---|--|--------------------|--|
| 1.- Incremento de la presión competitiva alternativos (I) | Incremento de la cuota de los operadores alternativos en base a mejores ofertas. | Cuota alternativos | Incrementa un 5% en todos los geotipos |
| | | Cuota cable | Se mantiene |
| | | Cuota incumbente | Disminuye un 5% en todos los geotipos |
| 2.- Incremento de la presión competitiva alternativos (II) | Incremento de la cuota de los operadores alternativos en base a mejores ofertas. | Cuota alternativos | Incrementa un 10% en todos los geotipos |
| | | Cuota cable | Se mantiene |
| | | Cuota incumbente | Disminuye un 10% en todos los geotipos |
| 3.- Consolidación del mercado (I) | Consolidación de Vodafone y Jazztel, incrementando asimismo un 2% su cuota de mercado | Cuota alternativo | Fusión Vodafone y Jazztel con un incremento adicional del 2%. Orange se mantiene |
| | | Cuota cable | Se mantiene |
| | | Cuota incumbente | Disminuye un 2% |
| 4.- Consolidación del mercado (II) | Consolidación de Orange y Jazztel, incrementando asimismo un 2% su cuota de mercado | Cuota alternativo | Fusión Orange y Jazztel con un incremento adicional del 2%. Vodafone se mantiene |
| | | Cuota cable | Se mantiene |
| | | Cuota incumbente | Disminuye un 2% |
| 5.- Incremento de la presión competitiva cable (I) | Incremento de la cuota de los operadores de cable en base al despliegue de DOCSIS 3.0 y a su rápida acogida. | Cuota alternativos | Se mantienen |
| | | Cuota cable | Incremento del 5% en los geotipos con cuotas inferiores al 20%, incremento del 2,5% en el resto. |
| | | Cuota incumbente | Disminución de entre el 2,5% y el 5% |
| 6.- Incremento de la presión competitiva cable (II) | Incremento de la cuota de los operadores de cable en base al despliegue de DOCSIS 3.0 y a su rápida acogida. | Cuota alternativos | Se mantienen |
| | | Cuota cable | Incremento del 10% en los geotipos con cuotas inferiores al 20%, incremento del 5% en el resto. |
| | | Cuota incumbente | Disminución de entre el 5% y el 10% |

| | | | |
|---|---|--------------------|---|
| 7.- Estrategia defensiva de Telefónica (I) | Escenario defensivo en el que Telefónica recupera cuota de mercado en base a mejores ofertas. | Cuota alternativos | Disminución del 40% de la cuota recuperada por Telefónica en las zonas con cable, y entre el 80% y el 100% en las zonas sin cable. |
| | | Cuota cable | Disminución del 60% de la cuota recuperada por Telefónica en las zonas con cable, y entre el 0% y el 20% en las zonas sin cobertura de cable ²⁰⁴ . |
| | | Cuota incumbente | Recupera un 5% en zonas con cuota inferior al 50% y un 2,5% en el resto. |
| 8.- Estrategia defensiva de Telefónica (I) | Escenario defensivo en el que Telefónica recupera cuota de mercado en base a mejores ofertas. | Cuota alternativos | Igual que en escenario 7 |
| | | Cuota cable | Igual que en escenario 7 |
| | | Cuota incumbente | Recupera un 10% en zonas con cuota inferior al 50% y un 5% en el resto. |

Tabla 46. Escenarios de variación de la cuota de mercado considerados

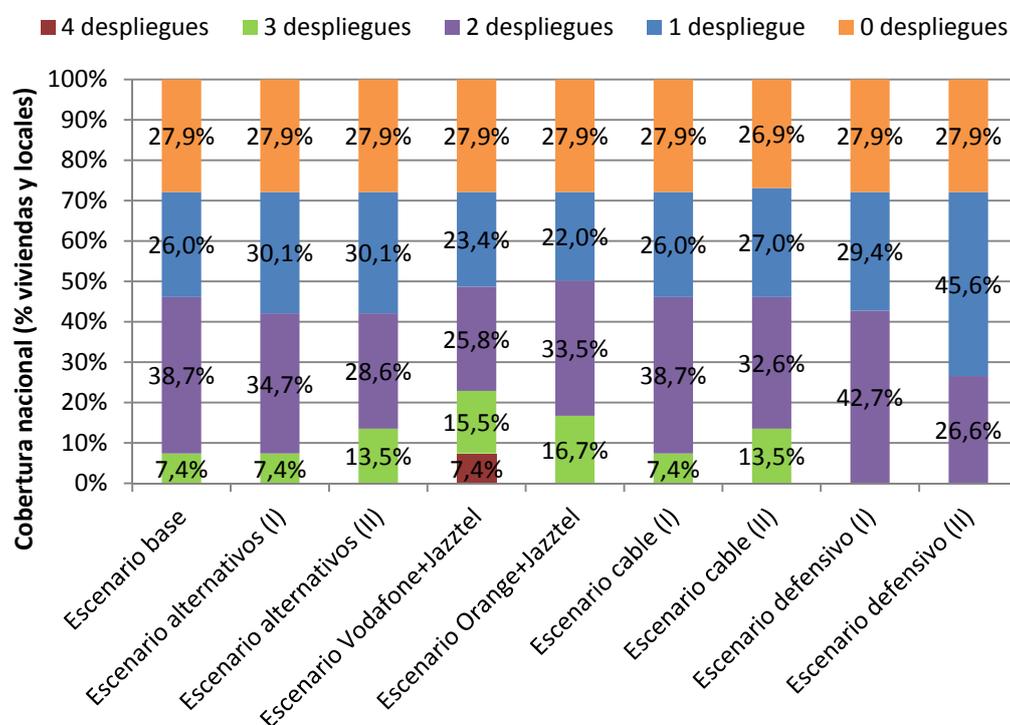


Figura 47. Número de despliegues en competencia en los escenarios de sensibilidad de la cuota de mercado

²⁰⁴ Ver apartado 5.1

5.4 Análisis de sensibilidad

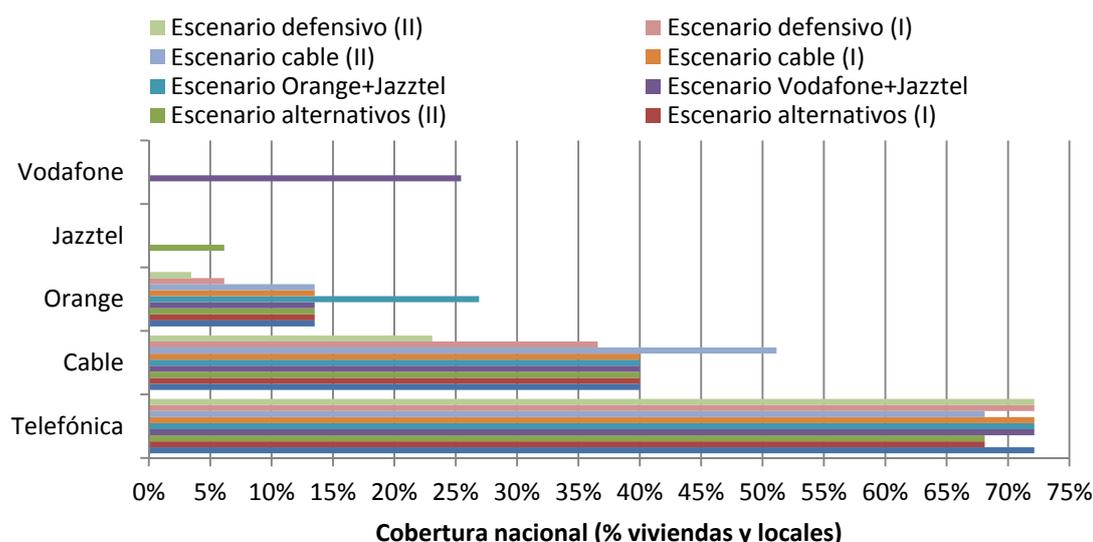


Figura 48. Coberturas alcanzadas por los diferentes agentes en los escenarios de sensibilidad de la cuota de mercado

En el caso de los operadores alternativos (escenarios 1 – 4), un incremento de la cuota de mercado de hasta un 10 puntos para el conjunto de operadores generaría únicamente la posibilidad del despliegue de red FTTH por parte de Jazztel en las regiones sin cobertura previa de cable de los geotipos 14 y 15 (lo que representa no más de un 6,1% de la cobertura nacional), sin que el resto de operadores alternativos vieran cambios en cuanto a incrementos de cobertura²⁰⁵. Para alcanzar incrementos mayores en la participación de estos operadores en un entorno de competencia en infraestructuras es necesario acudir a escenarios de consolidación del sector, con incrementos de cuota de mercado más relevantes, o de compartición de los despliegues (opción analizada en el apartado 5.5).

En un escenario de consolidación mediante la fusión o adquisición de Jazztel por parte de Vodafone u Orange, el operador resultante alcanzaría coberturas del 25,4% y del 26,9% respectivamente, generando regiones con competencia entre cuatro plataformas (los geotipos 14 y 15) en el primer caso, así como incrementando el porcentaje de cobertura con competencia entre tres plataformas, que alcanzaría el 15,5% en el primer caso y el 16,7% en el segundo, frente a un 7,4% del escenario base. En ambos casos se incrementaría el porcentaje de regiones que disfrutaran de competencia en infraestructuras de dos o más competidores del 46,1% del caso base, al 48,7% y 50,2% respectivamente.

Para los escenarios de incremento de la cuota de mercado del operador de cable, sería necesario que el operador alcanzase en zonas sin cobertura previa cuotas del orden del 13% 15% (incrementos de 10 puntos) para que se justificase el despliegue *greenfield* de DOCSIS 3.0, mientras que en los escenarios con cobertura previa de cable no se producen modificaciones relevantes.

²⁰⁵ No obstante dicho incremento de cuota permitiría un descenso de los costes mensuales medios, y por tanto un incremento de los márgenes de beneficio y un mejor modelo de negocio para el caso de Orange.

Finalmente, en los dos escenarios de estrategia defensiva de Telefónica, la recuperación de la cuota de mercado genera una disminución del alcance de los despliegues de operadores alternativos y de cable, pero no genera despliegues del incumbente fuera de los geotipos identificados en el caso base, por lo que el porcentaje de regiones donde no es viable el despliegue de redes NGA se mantiene en el 27,9% de las viviendas y hogares españoles.

5.4.2 Impacto de la adopción de servicios NGA

A continuación se analiza el impacto de la variación en los niveles de adopción de los servicios NGA en las cuotas críticas y en la estructura competitiva resultante según el escenario competitivo actual presentado en el apartado 5.1. Para ello se han comparado los resultados del caso base con los resultados empleando niveles de adopción bajo y alto, presentados en la Tabla 35.

La Tabla 47 presenta las cuotas críticas para los tres niveles de penetración considerados. Unos niveles de penetración de los servicios NGA mayores generan menores cuotas de mercado mínimas, tendencia que es más significativa en el caso de los geotipos menos urbanos. Mientras, el efecto de la variación del grado de adopción de los servicios NGA observado en las cuotas de mercado críticas se refleja en la Figura 49 para la estructura de mercado actual, donde se puede observar el número de despliegues viables para los tres niveles de adopción.

Las principales consecuencias de una disminución del nivel de adopción es la desaparición de los despliegues realizados por Orange, que en las nuevas circunstancias solo podría realizarse en el geotipo 15 en aquellas zonas sin cobertura previa de cable. Este escenario propicia la desaparición de regiones con tres competidores en infraestructuras simultáneos, limitando el alcance de la competencia en infraestructuras a las regiones con cobertura de cable previa.

Mientras, el incremento en los niveles de adopción tienen su mayor impacto sobre el posible alcance de Telefónica, que bajo dichas circunstancias podría acometer despliegues viables en las regiones sin cobertura previa de cable del geotipo 5, aumentando la máxima cobertura posible de un despliegue FTTH/GPON del 72,1% al 84,2% del país. Sin embargo, el incremento de la adopción no genera cambios significativos en la estructura competitiva en las regiones más densamente pobladas del país, más allá de la mejoría en los modelos de negocio de todos los operadores al disfrutar de costes por usuario menores.

5.4 Análisis de sensibilidad

| Geo tipo | FTTH/GPON Incumbente | | | FTTH/GPON Alternativo | | | FTTH/P2P Alternativo | | | HFC/DOCSIS 3.0 Greenfield | | | HFC/DOCSIS 3.0 Brownfield | | | FTTN/VDSL Incumbente | | |
|----------|----------------------|------|------|-----------------------|------|------|----------------------|------|------|---------------------------|------|------|---------------------------|------|------|----------------------|------|------|
| | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta |
| 15 | 14,7 | 13,3 | 13,3 | 18,7 | 17,3 | 16,0 | 20,0 | 17,3 | 16,0 | 17,3 | 16,0 | 14,7 | 12,0 | 10,7 | 10,7 | 14,7 | 13,3 | 13,3 |
| 14 | 14,1 | 12,9 | 11,8 | 17,6 | 15,3 | 14,1 | 20,0 | 17,7 | 15,3 | 16,5 | 16,5 | 15,3 | 11,8 | 10,6 | 10,6 | 12,9 | 12,9 | 11,8 |
| 13 | 21,3 | 20,0 | 18,8 | 22,5 | 20,0 | 18,8 | 30,0 | 26,3 | 23,8 | 26,3 | 25,0 | 23,8 | 17,5 | 16,3 | 15,0 | 17,5 | 16,3 | 15,0 |
| 12 | 21,4 | 20,0 | 18,6 | 25,7 | 22,9 | 20,0 | 28,6 | 25,7 | 22,9 | 22,9 | 21,4 | 20,0 | 14,3 | 14,3 | 12,9 | 18,6 | 17,1 | 15,7 |
| 11 | 22,7 | 20,0 | 18,7 | 25,3 | 22,7 | 20,0 | 32,0 | 28,0 | 25,3 | 25,3 | 24,0 | 22,7 | 16,0 | 14,7 | 14,7 | 17,3 | 17,3 | 16,0 |
| 10 | 31,3 | 28,8 | 27,5 | 35,0 | 31,3 | 27,5 | 73,8 | 63,8 | 56,3 | 43,8 | 41,3 | 40,0 | 27,5 | 26,3 | 25,0 | 33,8 | 32,5 | 31,3 |
| 9 | 33,3 | 30,0 | 28,3 | 43,3 | 36,7 | 33,3 | 95,0 | 80,0 | 68,3 | 43,3 | 41,7 | 38,3 | 28,3 | 26,7 | 25,0 | 43,3 | 41,7 | 38,3 |
| 8 | 40,0 | 36,3 | 33,8 | 48,8 | 42,5 | 38,8 | 100 | 100 | 86,3 | 56,3 | 52,5 | 50,0 | 32,5 | 31,3 | 30,0 | 42,5 | 40,0 | 37,5 |
| 7 | 100 | 96,3 | 88,8 | 100 | 93,8 | 83,8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | 52,3 | 47,7 | 44,6 | 73,8 | 63,1 | 56,9 | 100 | 100 | 100 | 53,8 | 50,8 | 49,2 | 29,2 | 29,2 | 27,7 | 55,4 | 53,9 | 52,3 |
| 5 | 96,9 | 87,7 | 80,0 | 100 | 100 | 96,9 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 69,2 | 66,2 | 63,1 | 100 | 100 | 100 |
| 4 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabla 47. Cuotas críticas en el caso de variación del nivel de adopción de los servicios NGA

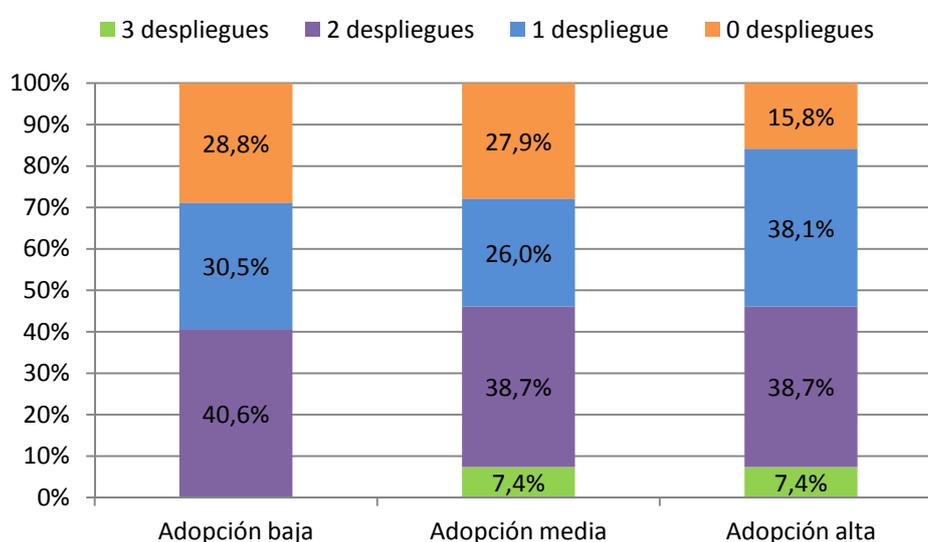


Figura 49. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del nivel de adopción de los servicios NGA

5.4.3 Impacto de los niveles de ARPU

A continuación se presentan los resultados del análisis de sensibilidad para el caso de la variación del ARPU de un 15%, la Tabla 48 presenta las cuotas de mercado críticas y la Figura 50 la estructura competitiva resultante bajo el escenario de mercado base.

El caso de un descenso de los ARPU de un 15% frente al caso base representaría un escenario competitivo marcado por la competencia en precios entre los diferentes agentes. Dicho escenario requiere, para el caso de las redes NGA, de la existencia de obligaciones regulatorias de acceso mayorista a los servicios de banda ancha de los operadores PSM²⁰⁶. De esta forma, la existencia de una competencia

²⁰⁶ Como se presentó en el apartado 3.2, la Comisión Europea ha incluido en su Recomendación final la implementación de obligaciones de acceso mayorista a infraestructuras y servicios, mientras que en

en servicios sobre precios regulados puede llevar a un escenario de disminución de los precios y los ARPU en función de los márgenes existentes. El análisis realizado supone una aproximación sencilla a dicho escenario. Bajo dichas circunstancias las cuotas de mercado críticas se incrementarían entre 5,9 y 25 puntos para los geotipos 8 al 15 en el caso del despliegue FTTH/GPON por parte del operador incumbente, y entre 4,7 y 18,8 puntos para el caso del despliegue DOCSIS 3.0 *brownfield* en los mismos geotipos. El incremento de cuota mínima reduciría la cobertura alcanzable por el operador incumbente a un 54,1% y la del operador de cable a un 14,1% bajo la estructura competitiva planteada en el apartado 4.3.

Mientras, el caso de un incremento del 15% del ARPU se asocia a un escenario con un mayor nivel de servicios premium así como de ingresos adicionales provenientes de nuevos servicios, alianzas con terceros, una mayor diferenciación las clases de tráfico o la existencia de mecanismos de monetización de las nuevas capacidades generadas por la banda ultra-ancha²⁰⁷. Si bien las circunstancias que generan dicho incremento quedan fuera del ámbito de este estudio, su impacto sobre la viabilidad del despliegue de redes NGA es claramente relevante. Se puede observar que dicho incremento del ARPU genera una disminución de las cuotas críticas de los geotipos 8 al 15 de entre 2,4 y 10 puntos para el caso del despliegue FTTH/GPON del incumbente, de entre 3,5 y 16,3 puntos para el caso de los despliegues GPON de los operadores alternativos, y de entre 1,3 y 8,8 puntos para el caso del despliegue DOCSIS 3.0 *brownfield*.

El incremento del ARPU para los operadores alternativos puede representar, además de una mejora en los servicios proporcionados a los clientes, el ahorro que supone prestar los servicios desde su propia red en lugar de mediante el acceso mayorista a la red del operador incumbente. Los descensos de la cuota de mercado mínima permitirían que tanto Jazztel como Vodafone pudiesen contemplar el despliegue de red FTTH propia en los geotipos más densos (alcanzando un 13,5% y un 2,7% de la cobertura nacional respectivamente), mientras que Telefónica aumentaría su cobertura máxima con despliegue FTTH/GPON o FTTN/VDSL hasta 88,3% de la cobertura nacional. Por su parte, el incremento del ARPU no afectaría a la cobertura que el operador de cable podría alcanzar.

España, la última revisión del mercado 5 (previa a la Recomendación final de la Comisión) limitó la obligación de acceso mayorista a servicios de 30 Mbps, por lo que el escenario de disminución de los ARPU considerados requerirían la modificación de las actuales obligaciones sobre el mercado 5 en España.

²⁰⁷ Los resultados obtenidos para este análisis no consideran un incremento de los costes asociado al incremento del ARPU.

5.4 Análisis de sensibilidad

| Geo tipo | FTTH/GPON Incumbente | | | FTTH/GPON Alternativo | | | FTTH/P2P Alternativo | | | HFC/DOCSIS 3.0 Greenfield | | | HFC/DOCSIS 3.0 Brownfield | | | FTTN/VDSL Incumbente | | |
|----------|----------------------|------|------|-----------------------|------|------|----------------------|------|------|---------------------------|------|------|---------------------------|------|------|----------------------|------|------|
| | Bajo | Base | Alto | -- | Base | Alto | -- | Base | Alto | Bajo | Base | Alto | Bajo | Base | Alto | Bajo | Base | Alto |
| 15 | 20,0 | 13,3 | 10,7 | | 17,3 | 12,0 | | 17,3 | 12,0 | 24,0 | 16,0 | 12,0 | 16,0 | 10,7 | 9,3 | 21,3 | 13,3 | 9,3 |
| 14 | 18,8 | 12,9 | 10,6 | | 15,3 | 11,8 | | 17,7 | 11,8 | 23,5 | 16,5 | 11,8 | 15,3 | 10,6 | 8,2 | 20,0 | 12,9 | 9,4 |
| 13 | 28,8 | 20,0 | 15,0 | | 20,0 | 15,0 | | 26,3 | 17,5 | 48,8 | 25,0 | 18,8 | 23,8 | 16,3 | 12,5 | 25,0 | 16,3 | 11,3 |
| 12 | 28,6 | 20,0 | 14,3 | | 22,9 | 15,7 | | 25,7 | 17,1 | 31,4 | 21,4 | 15,7 | 20,0 | 14,3 | 11,4 | 27,1 | 17,1 | 12,9 |
| 11 | 30,7 | 20,0 | 16,0 | | 22,7 | 16,0 | | 28,0 | 18,7 | 36,0 | 24,0 | 18,7 | 21,3 | 14,7 | 12,0 | 26,7 | 17,3 | 12,0 |
| 10 | 45,0 | 28,8 | 21,3 | | 31,3 | 21,3 | | 63,8 | 40,0 | 62,5 | 41,3 | 31,3 | 38,8 | 26,3 | 20,0 | 61,3 | 32,5 | 22,5 |
| 9 | 48,3 | 30,0 | 21,7 | | 36,7 | 25,0 | | 80,0 | 46,7 | 63,3 | 41,7 | 30,0 | 40,0 | 26,7 | 20,0 | 70,0 | 41,7 | 28,3 |
| 8 | 61,3 | 36,3 | 26,3 | | 42,5 | 26,3 | | 100 | 55,0 | 100 | 52,5 | 37,5 | 50,0 | 31,3 | 22,5 | 85,0 | 40,0 | 27,5 |
| 7 | 100 | 96,3 | 68,8 | | 93,8 | 57,5 | | 100 | 78 | 100 | 100 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | 81,5 | 47,7 | 33,8 | | 63,1 | 38,5 | | 100 | 63 | 89,2 | 50,8 | 36,9 | 49,2 | 29,2 | 21,5 | 100 | 53,9 | 35,4 |
| 5 | 100 | 87,7 | 61,5 | | 100 | 64,6 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 100 | 66,2 | 46,2 | 100 | 100 | 78,5 |
| 4 | 100 | 100 | 100 | | 100 | 100 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | | 100 | 100 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | | 100 | 100 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 100 | 100 | 100 | | 100 | 100 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabla 48. Cuotas críticas en el caso de variación del nivel de ARPU

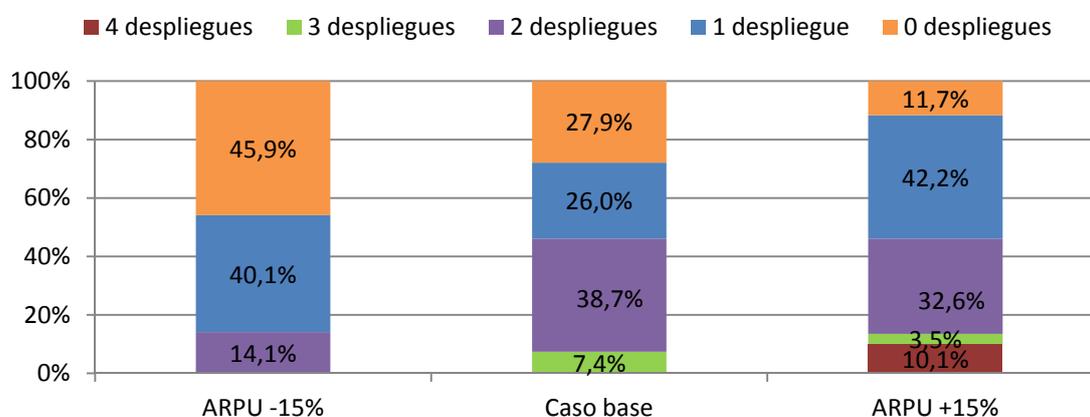


Figura 50. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del ARPU

5.4.4 Impacto de la demanda de tráfico

Las demandas de tráfico contempladas en el escenario base (ver Tabla 34) representan volúmenes de tráfico adecuados para escenarios futuros, significativamente superiores a los dimensionados actualmente²⁰⁸. Debido a la incertidumbre que existe sobre la evolución del crecimiento del tráfico se ha realizado un análisis de sensibilidad de los principales resultados obtenidos variando el tráfico dimensionado en hora cargada en un 50%. La Tabla 60 presenta las cuotas críticas para los distintos despliegues y geotipos, mientras que la Figura 51 presenta la estructura competitiva resultante en términos de número de infraestructuras viables.

²⁰⁸ Por ejemplo, algunos estudios tecno-económicos recientes sobre el despliegue de redes NGA consideran volúmenes de tráfico menores. Es el caso de (WIK-Consult, 2010) que emplea valores entre los 380 y 600 kbps por usuario en hora cargada, mientras que en el estudio desarrollado utilizamos valores de entre 1.600 y 16.000 kbps por usuario en hora cargada, valores que consideramos más próximos a un escenario realista de medio plazo en el horizonte de 2020 considerando las estimaciones actuales de crecimiento del volumen de tráfico.

En el caso de una disminución de los requisitos de tráfico de un 50%, es el despliegue de redes FTTH/GPON del operador incumbente en el que se producen los menores descensos en la cuota de mercado mínima para alcanzar la viabilidad, que baja entre 0 y 6,3 puntos en los geotipos 8 al 15. Mientras, en el caso de los operadores alternativos esta disminución se sitúa entre los 1,2 y 11,3 puntos, y en el caso del operador de cable entre 1,2 y 7,5 puntos en el caso de los despliegues *brownfield*.

En el caso de un incremento de los requisitos de tráfico de un 50% refleja la mayor inelasticidad de la plataforma FTTH/GPON desplegada por el operador incumbente que experimenta las menores variaciones de cuota crítica, de entre 1,2 y 8,8 puntos entre los geotipos 8 y 15, mientras que los despliegues de operadores alternativos o de DOCSIS 3.0 varían entre 2,7 y 25 puntos 2,9 y 13,8 puntos respectivamente. El impacto de un incremento de los requisitos de demanda de tráfico sin un incremento del ARPU se manifiesta en la no viabilidad del despliegue de Orange, y en una disminución drástica de la cobertura viable para el operador de cable, que pasaría de una cobertura del orden del 40% a una menor del 20%.

| Geo tipo | FTTH/GPON Incumbente | | | FTTH/GPON Alternativo | | | FTTH/P2P Alternativo | | | HFC/DOCSIS 3.0 Greenfield | | | HFC/DOCSIS 3.0 Brownfield | | | FTTN/VDSL Incumbente | | |
|----------|----------------------|------|------|-----------------------|------|------|----------------------|------|------|---------------------------|------|------|---------------------------|------|------|----------------------|------|------|
| | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta | Baja | Base | Alta |
| 15 | 13,3 | 13,3 | 14,7 | 14,7 | 17,3 | 20,0 | 14,7 | 17,3 | 21,3 | 13,3 | 16,0 | 20,0 | 9,3 | 10,7 | 14,7 | 12,0 | 13,3 | 14,7 |
| 14 | 11,8 | 12,9 | 14,1 | 14,1 | 15,3 | 18,8 | 15,3 | 17,7 | 21,2 | 12,9 | 16,5 | 21,2 | 9,4 | 10,6 | 14,1 | 11,8 | 12,9 | 14,1 |
| 13 | 18,8 | 20,0 | 21,3 | 17,5 | 20,0 | 23,8 | 22,5 | 26,3 | 32,5 | 21,3 | 25,0 | 42,5 | 13,8 | 16,3 | 20,0 | 15,0 | 16,3 | 17,5 |
| 12 | 17,1 | 20,0 | 21,4 | 20,0 | 22,9 | 25,7 | 21,4 | 25,7 | 30,0 | 17,1 | 21,4 | 27,1 | 11,4 | 14,3 | 17,1 | 15,7 | 17,1 | 18,6 |
| 11 | 18,7 | 20,0 | 22,7 | 20,0 | 22,7 | 26,7 | 24,0 | 28,0 | 34,7 | 20,0 | 24,0 | 40,0 | 12,0 | 14,7 | 18,7 | 14,7 | 17,3 | 18,7 |
| 10 | 26,3 | 28,8 | 33,8 | 25,0 | 31,3 | 40,0 | 50,0 | 63,8 | 88,8 | 32,5 | 41,3 | 73,8 | 21,3 | 26,3 | 35,0 | 27,5 | 32,5 | 38,8 |
| 9 | 26,7 | 30,0 | 35,0 | 30,0 | 36,7 | 48,3 | 61,7 | 80,0 | 100 | 33,3 | 41,7 | 55,0 | 21,7 | 26,7 | 35,0 | 35,0 | 41,7 | 46,7 |
| 8 | 30,0 | 36,3 | 45,0 | 31,3 | 42,5 | 67,5 | 68 | 100 | 100 | 40,0 | 52,5 | 100 | 23,8 | 31,3 | 45,0 | 32,5 | 40,0 | 51,3 |
| 7 | 81 | 96,3 | 100 | 69 | 93,8 | 100 | 95 | 100 | 100 | 99 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | 40,0 | 47,7 | 60,0 | 46,2 | 63,1 | 100 | 80 | 100 | 100 | 36,9 | 50,8 | 89,2 | 21,5 | 29,2 | 49,2 | 43,1 | 53,9 | 75,4 |
| 5 | 73,8 | 87,7 | 100 | 80 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 97 | 100 | 100 | 46,2 | 66,2 | 100 | 95,4 | 100 | 100 |
| 4 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabla 49. Cuotas críticas en el caso de variación de la demanda de tráfico

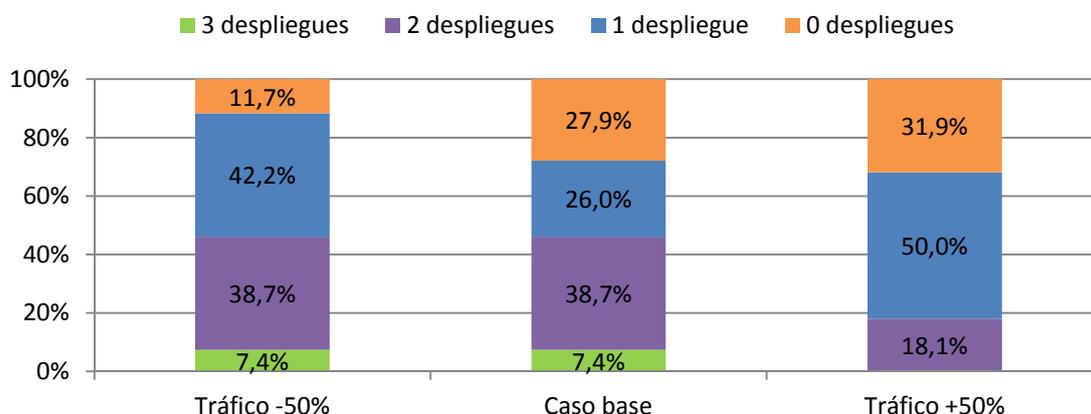


Figura 51. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación de la demanda de tráfico

5.4.5 Impacto del coste de la red de backhaul

La red de *backhaul* se ha identificado en diversos informes (GAPTEL, 2009) como uno de las barreras de entrada que pueden limitar el despliegue de redes de banda ultra-ancha en regiones remotas o rurales, debido a la escasez de redes de transporte de alta capacidad en dichas regiones, planteándose la relevancia de políticas públicas de subvención o financiación del despliegue de redes de *backhaul* en zonas rurales.

Este efecto se ha analizado de una forma sencilla considerando la disminución en los costes de la red de *backhaul* un 10% y un 30% del coste empleado en el escenario base, obtenido a partir de la Oferta de Referencia de Líneas Alquiladas de Telefónica. Como se presenta en la Tabla 41 en términos de cuota crítica y en la Figura 52 en términos de la estructura competitiva resultante, si bien la disminución de un 30% en el coste del *backhaul* facilita la extensión del operador incumbente y del operador de cable al geotipo 5 (que suma cerca de 3 millones de hogares, un 13% del total nacional), excluido en el caso del escenario base, los análisis realizados de un incremento del ARPU, o de la disminución de los requisitos de tráfico consiguen efectos similares.

| Geo tipo | FTTH/GPON Incumbente | | | FTTH/GPON Alternativo | | | FTTH/P2P Alternativo | | | HFC/DOCSIS 3.0 Greenfield | | | HFC/DOCSIS 3.0 Brownfield | | | FTTN/VDSL Incumbente | | |
|----------|----------------------|------|------|-----------------------|------|------|----------------------|------|------|---------------------------|------|------|---------------------------|------|------|----------------------|------|------|
| | -30% | -10% | Base | -30% | -10% | Base | -30% | -10% | Base | -30% | -10% | Base | -30% | -10% | Base | -30% | -10% | Base |
| 15 | 13,3 | 13,3 | 13,3 | 16,0 | 17,3 | 17,3 | 16,0 | 17,3 | 17,3 | 14,7 | 16,0 | 16,0 | 10,7 | 10,7 | 10,7 | 12,0 | 13,3 | 13,3 |
| 14 | 12,9 | 12,9 | 12,9 | 14,1 | 15,3 | 15,3 | 16,5 | 17,6 | 17,7 | 15,3 | 15,3 | 16,5 | 10,6 | 10,6 | 10,6 | 11,8 | 12,9 | 12,9 |
| 13 | 18,8 | 20,0 | 20,0 | 18,8 | 20,0 | 20,0 | 23,8 | 26,3 | 26,3 | 23,8 | 25,0 | 25,0 | 15,0 | 16,3 | 16,3 | 15,0 | 16,3 | 16,3 |
| 12 | 18,6 | 18,5 | 20,0 | 21,4 | 21,4 | 22,9 | 22,9 | 24,3 | 25,7 | 20,0 | 21,4 | 21,4 | 12,9 | 14,3 | 14,3 | 15,7 | 17,1 | 17,1 |
| 11 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 21,3 | 21,3 | 22,7 | 25,3 | 28,0 | 28,0 | 22,7 | 24,0 | 24,0 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 16,0 | 17,3 | 17,3 |
| 10 | 27,5 | 28,7 | 28,8 | 27,5 | 30,0 | 31,3 | 55,0 | 61,3 | 63,8 | 38,8 | 40,0 | 41,3 | 25,0 | 26,3 | 26,3 | 28,8 | 31,3 | 32,5 |
| 9 | 28,3 | 30,0 | 30,0 | 33,3 | 35,0 | 36,7 | 68,3 | 75,0 | 80 | 38,3 | 40,0 | 41,7 | 25,0 | 26,7 | 26,7 | 36,7 | 38,3 | 41,7 |
| 8 | 32,5 | 35,0 | 36,3 | 35,0 | 40,0 | 42,5 | 78 | 91,3 | 100 | 48,8 | 51,3 | 53 | 28,8 | 30,0 | 31,3 | 33,8 | 37,5 | 40,0 |
| 7 | 86 | 92,5 | 96 | 76 | 87,5 | 94 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | 43,1 | 46,1 | 47,7 | 52,3 | 58,5 | 63 | 92 | 100 | 100 | 47,7 | 49,2 | 50,8 | 26,2 | 29,2 | 29,2 | 47,7 | 52,3 | 53,9 |
| 5 | 78,5 | 84,6 | 88 | 89 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 56,9 | 63,1 | 66 | 100 | 100 | 100 |
| 4 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabla 50. Cuotas críticas en el caso de variación del coste de la red de backhaul

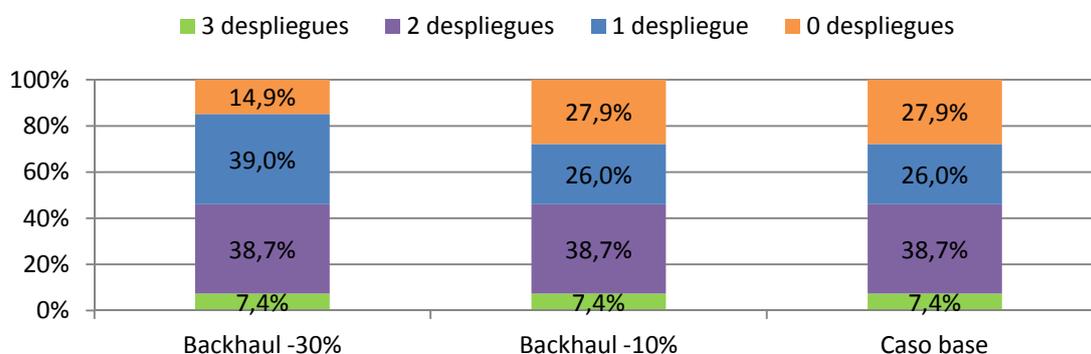


Figura 52. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del coste de la red de backhaul

5.4.6 Impacto del coste de capital

El coste de capital se asocia habitualmente a los niveles de incertidumbre y riesgo a los que está sometida una inversión, en el caso de un escenario con mayor incertidumbre regulatoria o de demanda, es normal que los inversores afronten costes de capital superiores. Para analizar el impacto de un incremento de dichas incertidumbres se ha simulado un escenario con un incremento del WACC, alcanzando el 12,5% para el operador incumbente (frente al 10,54% del caso base) y el 15% para operadores alternativos y de cable (frente al 12,5% del caso base).

La Tabla 51 y la Figura 53 presentan los resultados de la variación del coste de capital. En ellas se puede observar como un incremento en los niveles de incertidumbre regulatoria o de la demanda podría impedir el despliegue de los operadores alternativos, limitando la competencia entre infraestructuras a aquellas zonas con cobertura previa de cable en los geotipos 8 y superiores.

| Geotipo | FTTH/GPON Incumbente | | FTTH/GPON Alternativo | | FTTH/P2P Alternativo | | HFC/DOCSIS 3.0 Greenfield | | HFC/DOCSIS 3.0 Brownfield | | FTTN/VDSL Incumbente | |
|---------|----------------------|------------|-----------------------|------------|----------------------|------------|---------------------------|------------|---------------------------|------------|----------------------|------------|
| | Base | Mayor WACC | Base | Mayor WACC | Base | Mayor WACC | Base | Mayor WACC | Base | Mayor WACC | Base | Mayor WACC |
| 15 | 13,3 | 14,7 | 17,3 | 20,0 | 17,3 | 20,0 | 16,0 | 18,7 | 10,7 | 12,0 | 13,3 | 14,7 |
| 14 | 12,9 | 14,1 | 15,3 | 17,6 | 17,7 | 20,0 | 16,5 | 18,8 | 10,6 | 11,8 | 12,9 | 12,9 |
| 13 | 20,0 | 22,5 | 20,0 | 22,5 | 26,3 | 30,0 | 25,0 | 30,0 | 16,3 | 18,8 | 16,3 | 17,5 |
| 12 | 20,0 | 21,4 | 22,9 | 25,7 | 25,7 | 28,6 | 21,4 | 24,3 | 14,3 | 15,7 | 17,1 | 18,6 |
| 11 | 20,0 | 22,7 | 22,7 | 25,3 | 28,0 | 32,0 | 24,0 | 28,0 | 14,7 | 17,3 | 17,3 | 18,7 |
| 10 | 28,8 | 32,5 | 31,3 | 35,0 | 63,8 | 75,0 | 41,3 | 48,8 | 26,3 | 30,0 | 32,5 | 33,8 |
| 9 | 30,0 | 33,3 | 36,7 | 43,3 | 80,0 | 95 | 41,7 | 48,3 | 26,7 | 30,0 | 41,7 | 43,3 |
| 8 | 36,3 | 41,3 | 42,5 | 50,0 | 100 | 100 | 52,5 | 64 | 31,3 | 36,3 | 40,0 | 43,8 |
| 7 | 96,3 | 100 | 93,8 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 6 | 47,7 | 53,8 | 63,1 | 74 | 100 | 100 | 50,8 | 63,1 | 29,2 | 35,4 | 53,9 | 56,9 |
| 5 | 87,7 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 66,2 | 77 | 100 | 100 |
| 4 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabla 51. Cuotas críticas en el caso de variación del coste del capital

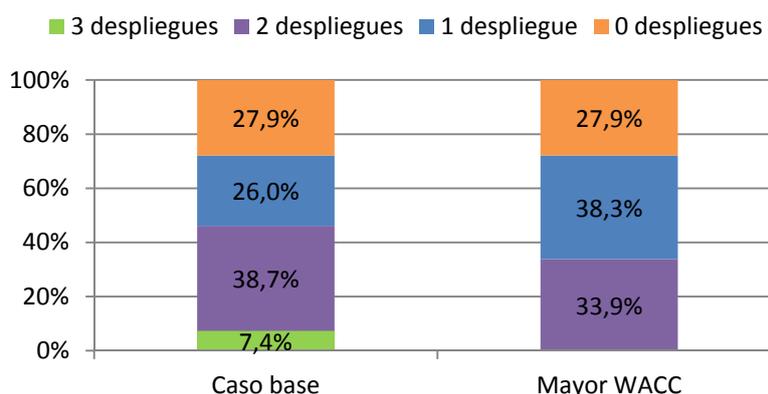


Figura 53. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del coste del capital

5.5 Escenario de inversión conjunta

En el apartado 3.2.2.5 se presentó la opción del despliegue conjunto de una plataforma FTTH por parte de diferentes operadores (alternativos o alternativos e incumbentes) para permitir un uso más eficiente de los recursos fomentado la inversión y la competencia en infraestructuras. Este escenario está siendo implementando en diversos países europeos como en Italia, Portugal o Suiza, y en el caso de España ha sido planteado por algunos operadores alternativos como una de las posibles opciones para llevar a cabo el despliegue de redes FTTH a un porcentaje relevante del territorio del país.

A continuación se presentan los resultados para el análisis tecno-económico del escenario de compartición de infraestructuras, en el que un conjunto de operadores participan mediante inversión conjunta en el despliegue de una infraestructura común FTTH/P2P mediante el acceso mayorista regulado a las canalizaciones y conductos del operador incumbente²⁰⁹. Los operadores comparten los costes de capital y gastos operativos derivados del despliegue de una red FTTH punto a punto hasta la base de los edificios, tanto de infraestructuras como portadores. Los costes asociados al despliegue de las acometidas verticales contratadas se han considerado comunes, pero los no así los costes derivados de la activación del servicio, que corren a cuenta del operador que capte el cliente. Por otra parte, cada operador afronta los costes del equipamiento del cliente, los nodos específicos, equipos y redes de transporte, así como los gastos derivados de las plataformas de servicios y de la actividad minorista.

A partir de dicho conjunto de suposiciones se puede obtener la cuota crítica para asegurar la viabilidad del despliegue de redes FTTH de forma conjunta en un escenario de igualdad en las cuotas de adopción de los operadores que participan en el despliegue. Este escenario de igualdad en las cuotas de adopción representa el caso mejor, en el que se maximiza la capacidad de los operadores de desplegar nueva infraestructura, posteriormente se analizará un escenario de desigualdad basado en las diferentes cuotas de mercado de los posibles operadores involucrados.

La Tabla 52 muestra las cuotas críticas bajo un escenario de inversión conjunta, junto con las cuotas críticas obtenidas para el caso de los despliegues de redes GPON y P2P en el caso de operadores alternativos (obtenidas estas últimas en el apartado 4.3). Se puede observar como en la mayoría de los casos se produce una mejora significativa en cuanto a las cuotas de mercado mínimas, con disminuciones entre el 6,5 y 10 puntos de cuota para los geotipos 11 a 15 en el caso del despliegue de 2 operadores frente al despliegue en solitario de redes GPON, o de

²⁰⁹ Se ha modelado la plataforma P2P por su mayor adecuación a un despliegue conjunto, permitiendo la migración de los clientes a los diferentes operadores de forma sencilla, y por ser la solución tecnológica más extendida en el caso de despliegues conjuntos en los que cada operador emplea sus propios equipos y plataformas de transmisión. Existe la opción de realizar otros modelos de despliegue conjunto basados en redes PON, no obstante no pensamos que las diferencias en las arquitecturas empleadas supongan una gran diferencia en cuanto a las conclusiones de la viabilidad de la inversión conjunta. En cualquier caso existe documentación existente sobre el caso de compartición de las redes PON mediante diversas alternativas en el caso de despliegues en Reino Unido que puede ser consultada para una mayor profundización en dicha alternativa (Analysys Mason, 2009a).

entre 9,4 y 14,3 puntos para el caso de 3 operadores. El caso con cuatro operadores generaría disminuciones aun más relevantes en la cuota de mercado crítica aunque no es el escenario más probable, ya que el caso de un cuarto operador requeriría la entrada de un nuevo competidor o que este operador sea el operador incumbente, caso en el que difícilmente se alcanzará un igual reparto de las cuotas sobre la nueva red²¹⁰.

| Geotipo | Inversión conjunta FTTH/P2P operadores 2 | Inversión conjunta FTTH/P2P operadores 3 | Inversión conjunta FTTH/P2P operadores 4 | Despliegue FTTH/GPON Alternativo | Despliegue FTTH/P2P Alternativo |
|---------|--|--|--|----------------------------------|---------------------------------|
| 15 | 8,7% | 5,8% | 4,3% | 17,33% | 17,33% |
| 14 | 8,8% | 5,9% | 4,4% | 15,29% | 17,65% |
| 13 | 13,1% | 8,8% | 6,9% | 20,00% | 26,25% |
| 12 | 12,9% | 8,6% | 6,4% | 22,86% | 25,71% |
| 11 | 14,0% | 9,3% | 7,0% | 22,67% | 28,00% |
| 10 | 31,9% | 21,3% | 15,9% | 31,25% | 63,75% |
| 9 | 40,0% | 26,7% | 20,0% | 36,67% | 80,00% |
| 8 | 50,6% | 33,8% | 25,3% | 42,50% | >100% |
| 7 | 63,1% | 42,1% | 31,6% | 93,75% | >100% |
| 6 | 60,8% | 40,5% | 30,4% | 63,08% | >100% |
| 5 | 77,7% | 51,8% | 38,8% | >100% | >100% |
| 4 | >100% | 84,2% | 63,1% | >100% | >100% |
| 3 | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% |
| 2 | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% |
| 1 | >100% | >100% | >100% | >100% | >100% |

Tabla 52. Cuotas críticas para el caso de inversión conjunta en redes FTTH/P2P para un escenario de igualdad de las cuotas de adopción.

Suponiendo un reparto a partes iguales de los clientes entre los operadores alternativos que realicen el despliegue, la viabilidad de los mismos dependerá de la cuota de mercado que puedan alcanzar. La Figura 54 presenta las coberturas máximas alcanzables mediante despliegues viables para diferentes escenarios de operadores y cuotas de mercado. En el caso de mantenerse las cuotas de mercado actuales los despliegues alcanzarían entre el 13,5% (geotipos 14 y 15) en el caso de despliegue entre dos operadores, y el 26,9%, en el caso de despliegue conjunto entre los tres principales operadores alternativos. Asimismo, bajo escenarios de crecimiento de la cuota de mercado del conjunto de operadores alternativos de un 5% y un 10%, los alcances aumentarían hasta el 30,1% y el 33,7%, lo que incluye los geotipos del 11 al 15 y representa un total de 7,6 millones de viviendas y hogares. Para los geotipos inferiores al 11 las cuotas críticas de mercado aumentan considerablemente, siendo necesario que la cuota de mercado agregada de los operadores alternativos sea superior al 50% para hacer viable el despliegue de una infraestructura FTTH/P2P compartida por parte de dichos agentes.

²¹⁰ No se ha considerado el caso de que el cuarto operador fuese el operador de cable, ya que ya cuenta con su propia red para prestar servicios mediante DOCSIS 3.0. No obstante, en aquellas zonas fuera de su cobertura podría plantearse como un inversor interesado, ya que las cuotas críticas para alcanzar la viabilidad de los despliegues en el caso de 3 o 4 operadores simultáneos resultan claramente inferiores a las requeridas en el caso de expansión de la cobertura de cable y de DOCSIS 3.0.

5.5 Escenario de inversión conjunta

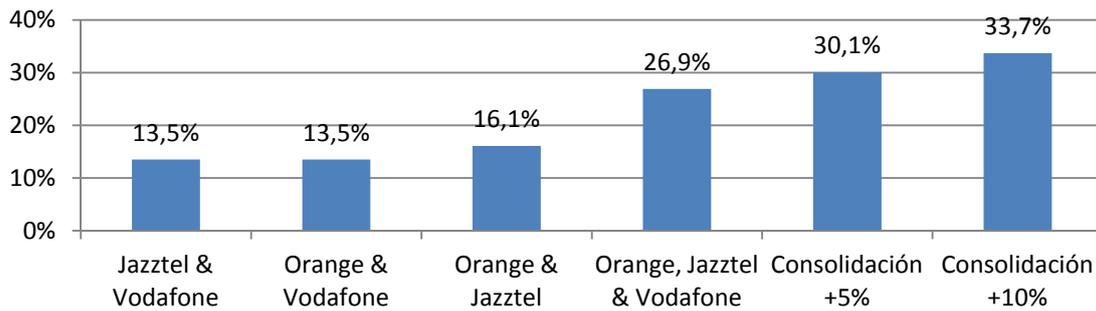


Figura 54. Cobertura viable de redes FTTH/P2P mediante inversión conjunta

De esta forma, en el escenario mejor, bajo las condiciones de penetración de banda ancha, adopción de servicios NGA y niveles de ARPU planteadas en el escenario base, la cobertura de redes NGA basada en despliegues conjuntos alcanzará los 7,6 millones de hogares. Sin embargo, para que esto pueda ocurrir bajo un reparto equilibrado de la cuota de mercado de los operadores alternativos, será probablemente necesaria la existencia de un proceso de consolidación, pasando de tres operadores principales a dos. La siguiente figura presenta la estructura resultante de los diversos casos planteados en términos de número de operadores en relación a la cobertura del país, considerando que en los escenarios de incremento de cuota de mercado se ha pasado de tres operadores alternativos a dos operadores alternativos en un proceso de consolidación.

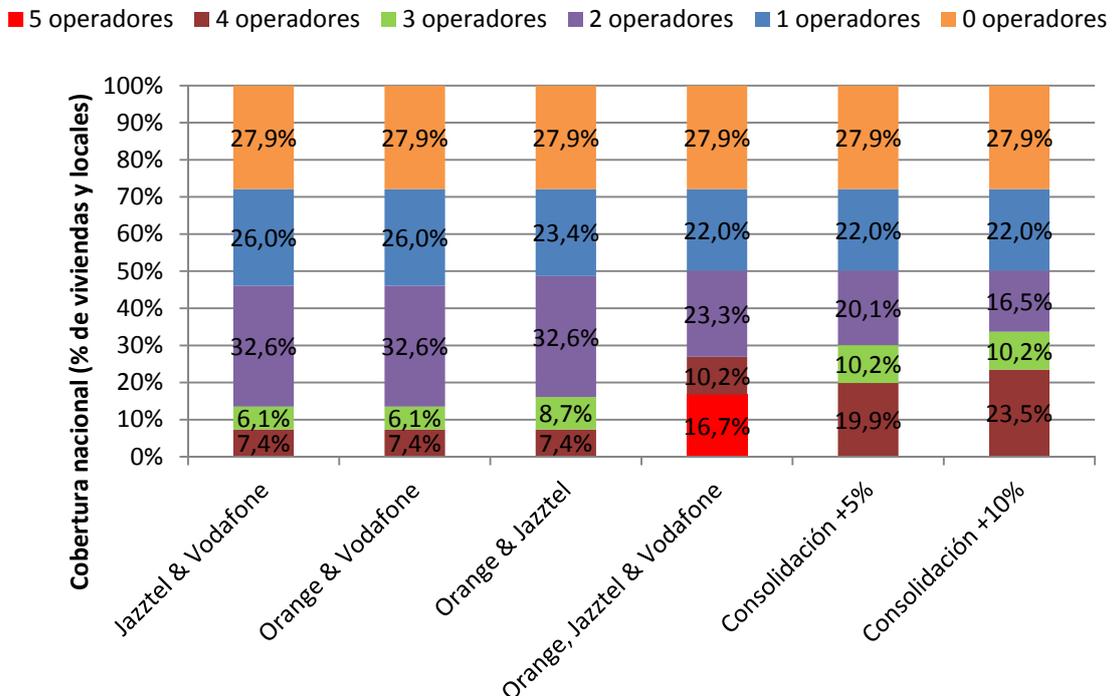


Figura 55. Estructura competitiva en el caso de inversión conjunta de varios operadores para un escenario de igual reparto de cuotas

Si se considera una situación más real, en la que existe un reparto desequilibrado de la cuota de mercado de los operadores involucrados en el despliegue, la

viabilidad del despliegue se ve reducida frente al caso anterior, al no alcanzar todos los operadores la cuota crítica. La Figura 56 muestra la estructura de mercado resultante en términos de número de operadores para distintos escenarios de inversión conjunta, en ella se observa cómo, en el caso del despliegue conjunto de Orange y Jazztel, así como en el caso de despliegue conjunto de los tres operadores los alcances de los despliegues conjuntos bajan del 16,1% y 26,9% de cobertura hasta el 13,5% y el 16,1% respectivamente, lo que implica una disminución en las coberturas reales de 585.000 y 2.450.000 viviendas respectivamente. No obstante los escenarios más realistas suponen una cierta mejoría en el nivel de competencia en infraestructuras que podría desarrollarse frente al escenario base.

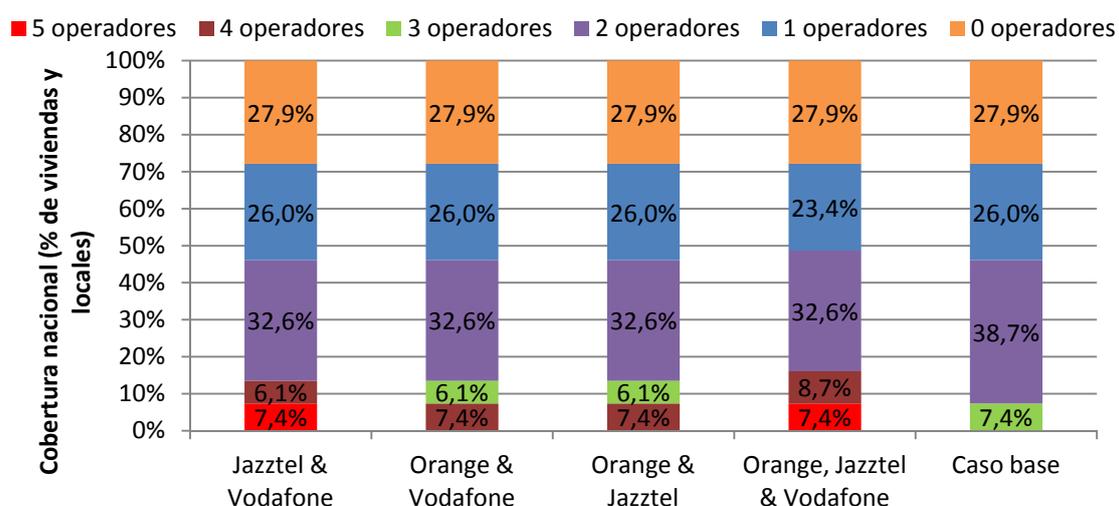


Figura 56. Estructura competitiva en el caso de inversión conjunta de varios operadores para un escenario de desigual reparto de cuotas

En términos de la inversión necesaria por agente se han considerado las dos situaciones anteriores, la de un reparto equilibrado de los clientes sobre la cuota de mercado actual de los operadores alternativos (lo que requiere un proceso de reestructuración o de consolidación corporativa) presentada en la Tabla 53, y la de un mantenimiento de las diferencias en las cuotas de mercado, presentada en la Tabla 54.

Se puede observar que tanto los alcances como el número de usuarios son mayores en el caso de un reparto equilibrado de la cuota de mercado, sin embargo ambos escenarios presentan una notable mejoría en términos de requisitos de inversión y de inversión por usuario frente al escenario de despliegue en solitario, presentado anteriormente, en el que solo Orange podría participar en los despliegues con un CAPEX medio por usuario cercano a los 1.200€, mientras que en estos casos el CAPEX medio se movería entre los 758€ y los 907€. La situación final en caso de un proceso de inversión conjunta se encontrará en un punto intermedio entre ambos escenarios.

5.6 Discusión

| Plataforma | Inversión total | Inversión agente | por Cobertura) | Nº Accesos totales | Nº Accesos operador | CAPEX/ Usuario |
|---------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|---------------------|----------------|
| Jazztel & Vodafone | 575.165.025 € | 287.582.513 € | 13,50% | 599.997 | 299.999 | 959 € |
| Orange & Vodafone | 634.853.348 € | 317.426.674 € | 13,50% | 700.077 | 350.038 | 907 € |
| Orange & Jazztel | 770.544.796 € | 385.272.398 € | 16,10% | 850.388 | 425.194 | 906 € |
| Orange, Jazztel & Vodafone | 1.589.207.558 € | 529.735.853 € | 26,90% | 1.796.319 | 598.773 | 885 € |
| Consolidación +5% | 1.896.715.307 € | 948.357.653 € | 30,10% | 2.194.914 | 1.097.457 | 864 € |
| Consolidación +10% | 2.234.267.482 € | 1.117.133.741 € | 33,70% | 2.638.080 | 1.319.040 | 847 € |

Tabla 53. Inversión para el despliegue conjunto en el caso de igual reparto de cuotas

| Plataforma | Inversión | Cobertura | Nº Accesos | CAPEX/Usuario |
|--|---------------|-----------|------------|---------------|
| Vodafone (& Jazztel) | 276.755.300 € | 13,5% | 278.832 | 993 € |
| Vodafone (& Orange) | 284.068.619 € | 13,5% | 280.031 | 1.014 € |
| Vodafone (& Jazztel & Orange) | 289.825.690 € | 16,1% | 319.348 | 908 € |
| Jazztel (& Vodafone) | 298.250.889 € | 13,5% | 321.166 | 929 € |
| Jazztel (& Orange) | 302.702.109 € | 13,5% | 319.237 | 948 € |
| Jazztel (& Vodafone & Orange) | 312.601.598 € | 16,1% | 368.478 | 848 € |
| Orange (& Vodafone) | 351.447.074 € | 13,5% | 420.046 | 837 € |
| Orange (& Jazztel) | 354.662.903 € | 13,5% | 423.174 | 838 € |
| Orange (& Vodafone & Jazztel) | 365.256.698 € | 16,1% | 481.946 | 758 € |

Tabla 54. Inversión necesaria para el despliegue conjunto de plataformas FTTH/P2P en el caso de un desigual reparto de cuotas

Finalmente, el caso de un despliegue conjunto en el que participe el operador incumbente junto con los operadores alternativos presenta dificultades similares en cuanto al alcance del mismo que en el caso de un reparto desigual de cuotas, ya que los operadores alternativos solo encontrarían viable el despliegue en las regiones más urbanas, pudiendo alcanzar como máximo un 22,9% de las viviendas y locales del país.

No obstante, bajo un proceso de consolidación de los operadores alternativos un despliegue conjunto de todos los operadores mediante arquitecturas FTTH/P2P podría alcanzar hasta un 33,7%. Sin embargo, dadas las grandes diferencias en las cuotas de mercado, son pocos los incentivos del operador incumbente para participar en una iniciativa similar. De hecho, en los distintos países donde se han puesto en marcha iniciativas de inversión conjunta, Suiza es el único donde el operador incumbente participa con otros operadores alternativos (ver nota), y en ese caso suelen ser operadores de cable o utilities regionales que contribuyen con mayor cuota de mercado y aportan infraestructuras ya existentes, disminuyendo la inversión inicial necesaria y permitiendo plazos menores para el despliegue.

5.6 Discusión

En este capítulo se ha realizado el análisis de la viabilidad del despliegue de distintas plataformas NGA protagonizado por operadores incumbentes, alternativos

y de cable. Se han analizado diversos escenarios basados en la situación competitiva actual y en variaciones de la misma, así como escenarios teóricos con repartos más equilibrados de cuota de mercado que llevan a estructuras competitivas con un mayor número de agentes presentes. Una vez presentados los principales resultados del análisis tecno-económico se va a realizar una discusión sobre la caracterización de la estructura competitiva obtenida, así como la comparación de dichos resultados con los principales parámetros financieros y estrategias de los agentes presentes en el mercado español de banda ancha fija.

5.6.1 Caracterización de la estructura competitiva

En términos del tipo de plataforma seleccionada por los distintos agentes, los resultados obtenidos ponen de manifiesto que, en el caso de España, el operador incumbente cuenta con mayores incentivos para desplegar infraestructuras FTTH/GPON frente a infraestructuras FTTN/VDSL. La infraestructura de fibra óptica hasta el hogar dispone de una mayor capacidad para generar ingresos, lo que permite alcanzar la condición de viabilidad con mayor facilidad que el caso de la fibra hasta el nodo. Asimismo, el margen de beneficio sobre los ingresos medios es mayor en el caso de las infraestructuras FTTH que en las FTTN, y si bien la inversión necesaria para el despliegue de la primera es del orden de un 54% superior en los geotipos viables, la mayor capacidad de recuperación de la inversión, su mayor capacidad competitiva, unido a la dificultad que supone la instalación de armarios y equipamiento activo en vía pública (tanto por la dificultad para obtener los permisos y licencias, como por el mayor coste operativo que esto supone), hacen el despliegue de red FTTH más atractivo. La tecnología VDSL se empleará principalmente desplegada desde las propias centrales para atender a los usuarios cercanos a la central como una estrategia defensiva a corto plazo con unos costes significativamente menores que un despliegue extendido de red FTTN/VDSL.

Por su parte, la elección entre despliegue de topologías PON o P2P para los operadores alternativos estará decantada hacia las topologías punto multipunto en escenarios de despliegue individual por sus menores costes y mayor alcance potencial, mientras que en escenarios de inversión conjunta, las redes P2P presentan mejores características y facilidad de despliegue.

En términos del alcance de las distintas plataformas, el capítulo ha analizado, junto con el escenario base, un conjunto de escenarios alternativos que dan una amplia visión de la evolución de las coberturas viables en diferentes circunstancias.

En el caso del operador incumbente, la mayoría de escenarios concluyen que Telefónica podría alcanzar con redes FTTH/GPON o FTTN/VDSL coberturas del 72,1% de las viviendas y locales (unos 16,3 millones), pudiendo aumentar dicho alcance hasta 16 puntos en función de las condiciones de adopción, ARPU, etc. No obstante, la viabilidad de un proyecto empresarial no implica necesariamente su ejecución, dicha decisión dependerá de la capacidad de retorno de la inversión del proyecto en comparación con otras opciones de inversión, de la presión competitiva esperada en las diferentes regiones, y de los incentivos o frenos que el marco regulatorio imponga. Dada la evolución del mercado español de banda ancha, y al igual que en otros mercados europeos, el despliegue de redes NGA por los operadores incumbentes responde a estrategias defensivas, por lo que es probable

que se priorice a la hora de invertir aquellas zonas en las que se afronta una mayor competencia, mientras que la inversión en redes NGA en zonas viables pero que afrontan una menor competencia podrá retrasarse o no llegar a realizarse.

Mientras, en el caso de los operadores de cable, los resultados obtenidos indican que se realizará sin dificultades la actualización a la tecnología DOCSIS 3.0 para soportar demandas de tráfico significativamente mayores en la gran mayoría de las zonas con cobertura actual (el 92%). Asimismo, la cobertura de cable podrá experimentar un ligero incremento del orden del medio millón de hogares adicionales, pero no es previsible que se produzcan nuevos despliegues significativos de cable en España. De esta forma, la cobertura de las plataformas de cable actualizadas a DOCSIS 3.0 se podrá situar en el orden del 40% o 9 millones de viviendas y locales.

Por su parte, la evolución que tengan los principales operadores alternativos, que han alcanzado en conjunto cuotas de mercado significativas en los geotipos y regiones más urbanas, representa una de las principales cuestiones abiertas para el futuro de la competencia en infraestructuras alternativas de acceso. Bajo la situación actual, donde existe un reparto desigual entre los tres operadores principales, Orange, Jazztel y Vodafone, solo el primero estaría en condiciones de acometer despliegues centrados en las principales ciudades del país (un 13,5% sobre el total de viviendas y locales). No obstante dicho despliegue estaría sometido a unos márgenes de beneficio muy estrechos que pueden desincentivar la inversión. Si se considera el ahorro que supone dejar de prestar servicios sobre servicios mayoristas de terceros, los márgenes serían mayores y tanto Jazztel como Vodafone podrían realizar despliegues en las principales ciudades, manteniendo en el 13,5% de las viviendas y locales la presencia de estos operadores con infraestructura propia.

Sin embargo, es bajo los escenarios de inversión conjunta y de consolidación corporativa de los operadores alternativos donde se alcanza el mayor potencial de la competencia en infraestructuras, pudiendo llegar a coberturas de 7,6 millones de viviendas y locales lo que representa un 33,7% del total nacional. Este alcance máximo superaría, por ejemplo, los actuales planes de despliegue de los operadores alternativos en Francia e Italia, permitiendo el establecimiento de una competencia en infraestructuras en un porcentaje relevante del país. Entre los requisitos principales para que estos escenarios teóricos puedan llegar a implementarse se encuentra la existencia y cumplimiento de medidas regulatorias como el acceso a los conductos y canalizaciones de Telefónica, un entorno regulador que clarifique la apuesta decidida por los modelos de despliegue de infraestructuras contemplando la compartición entre varios agentes, y la voluntad de invertir de los diferentes agentes involucrados.

De esta forma, a lo largo de los apartados anteriores se han presentado diversos escenarios que permiten establecer una división geográfica en función de la viabilidad de la competencia. Empleando un criterio basado en el número de plataformas desplegadas en cada región, la Figura 57 y Figura 58 muestran, en forma de mapas de España dicha división geográfica para los dos extremos considerados, el caso base y el caso de inversión conjunta y consolidación de los operadores alternativos. Los mapas representan en color azul las zonas donde solo

es viable el despliegue de Telefónica, en verde las zonas donde es viable el despliegue de Telefónica y del operador de cable, en cian las regiones donde se produce el despliegue de Telefónica y los operadores alternativos, y en rojo las regiones que soportarían una competencia entre las tres plataformas alternativas.

La realidad de la competencia en infraestructuras se situará en un punto intermedio entre ambas figuras, siendo el principal elemento para su variación el comportamiento de los operadores alternativos en ausencia de otras medidas de impulso.

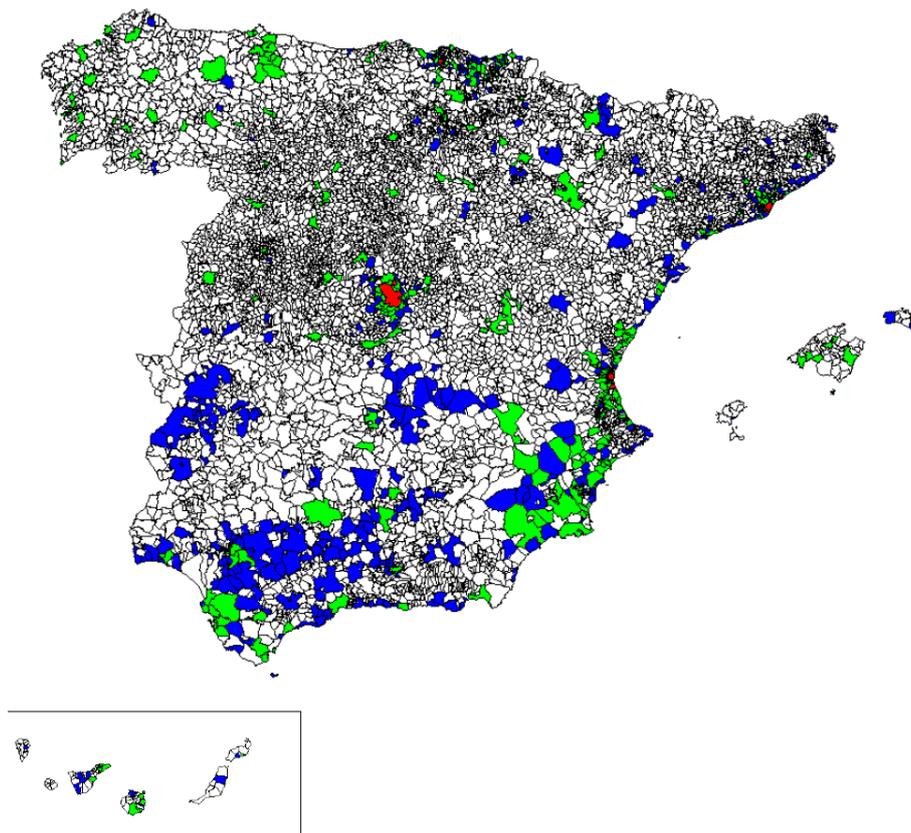


Figura 57. Coberturas para el caso base

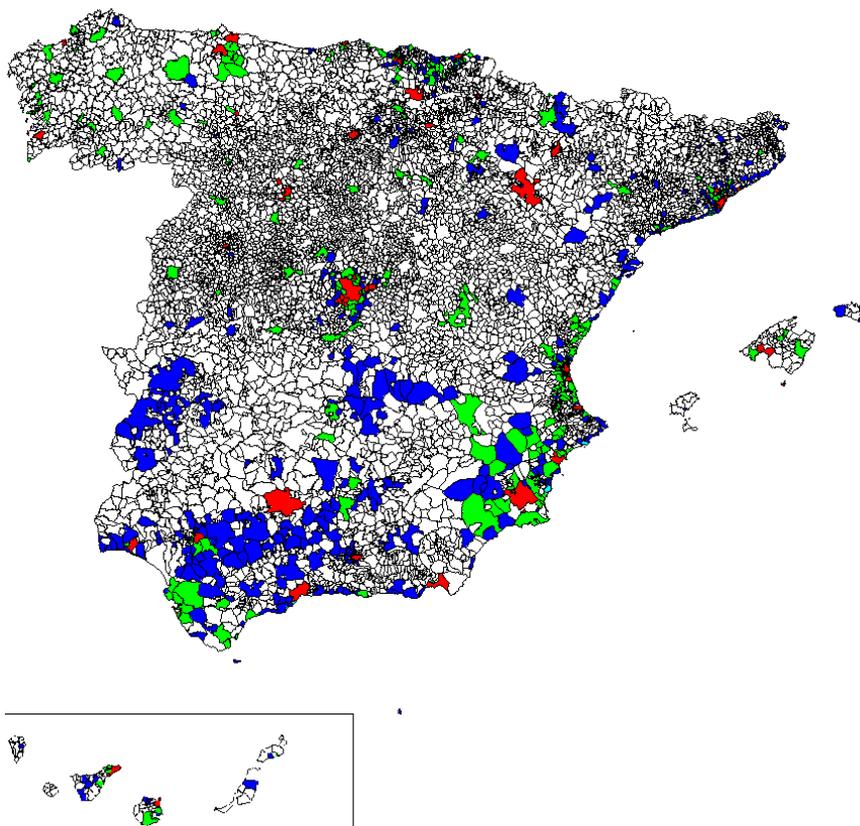


Figura 58. Coberturas para el caso de inversión conjunta y consolidación

Asimismo, la Figura 59 muestra el mapa para un escenario regulatorio desfavorable bajo el que se limiten los despliegues del operador incumbente²¹¹. Dicha figura muestra en verde las zonas donde es viable el despliegue de Telefónica y del operador de cable y en amarillo las zonas donde el operador de cable es el único con despliegue de red NGA.

²¹¹ Este escenario se ha denominado de competencia en servicios por su contraposición frente a los escenarios de competencia entre plataformas alternativas planteados hasta el momento. Se ha considerado que en un entorno regulador desfavorable, Telefónica se limitará a realizar los despliegues anunciados previamente sin extender su cobertura más allá. Los planes de Telefónica anunciados en 2009 plantearon como objetivo dotar de cobertura al 25% de los hogares del país, que en términos de viviendas y locales representan el 15,7%. En las gráficas y tablas posteriores se ha redondeado dicho alcance hasta el 13,5% por su mayor ajuste bajo el enfoque de geotipos empleado.

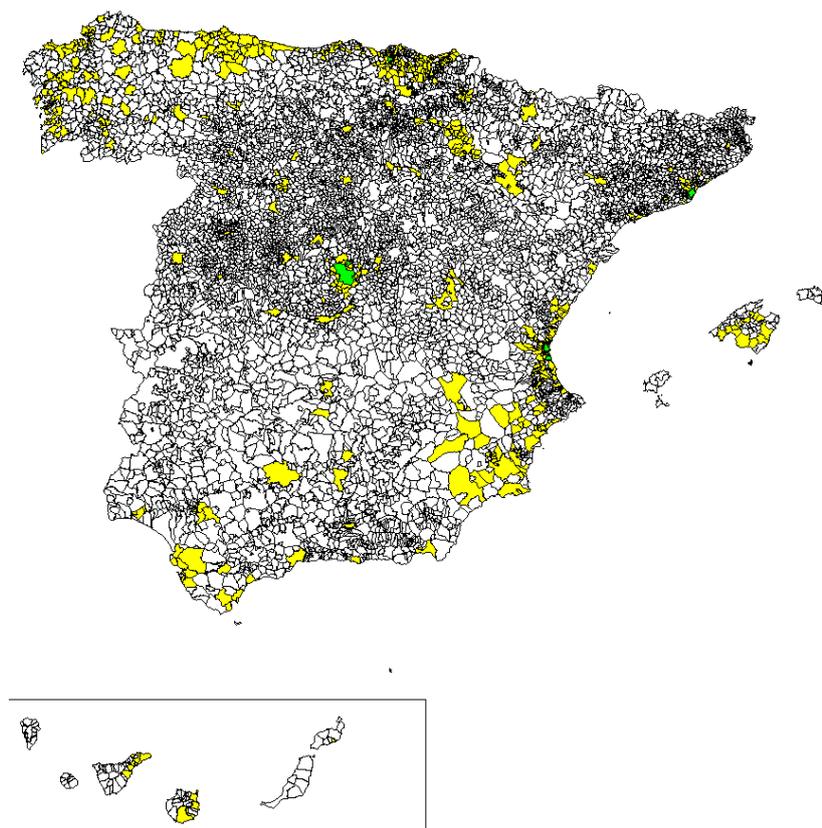


Figura 59. Coberturas para el caso de escenario regulatorio que desincentive la inversión

Según los criterios seguidos por la Comisión Europea se pueden distinguir tres tipos de regiones, las zonas negras donde dos o más despliegues de redes NGA son viables, las zonas grises, donde únicamente un despliegue es viable, y las zonas blancas, donde no es viable ningún despliegue de red.

La zona negra, de competencia entre infraestructuras alternativas y que incluye los colores rojo, verde y cian de los mapas anteriores, variará entre el 46,1% y el 50,2% de las viviendas y locales del país, derivado principalmente de la evolución de la red de cable ya existente hacia la tecnología DOCSIS 3.0. Sin embargo, la principal diferencia entre ambos escenarios corresponde a la participación de los operadores alternativos mediante red propia, lo que hará variar las zonas con competencia de tres plataformas simultáneas, que estarán entre el 7,4% y el 23,5% del país, permitiendo una competencia efectiva entre 4 o más operadores (ya que se considera que la plataforma de los operadores alternativos es compartida por al menos dos operadores). En esta región los despliegues estarán impulsados por la dinámica competitiva generada, bien por el operador de cable que se actuará como *first mover* en aquellas zonas con cobertura de cable previa y por los operadores alternativos o incumbente fuera de dichas regiones.

Sin embargo, para fomentar la existencia de dichos despliegues es necesario que se den unas condiciones regulatorias que fomenten la inversión eficiente, evitando que existan incentivos para retrasar o rechazar dichas inversiones al existir la opción de acceso mayorista a bajos precios y sin inversión relevante, caso que podría llevar a una reducción drástica de las regiones negras al limitar el operador incumbente los

despliegues previstos. Dicha circunstancia dibujaría un mapa muy distinto, con una gran mayoría del territorio cubierta exclusivamente por las redes de cable, donde el resto de operadores continuarían prestando servicios sobre la planta de cobre, y determinadas zonas donde existirían despliegues paralelos de FTTH por parte del operador incumbente sobre el que los diferentes agentes prestarían servicios. Por tanto, la participación de los operadores alternativos en el despliegue de su propia infraestructura supone un paso muy relevante hacia el desarrollo de mercados competitivos y dinámicos, así como para impulsar el despliegue de redes NGA en España.

El segundo tipo de zona considerada es la zona gris, representada por el color azul en los mapas anteriores, sobre la que solo es viable un único despliegue de infraestructura NGA. En los escenarios analizados el alcance de dicha zona se sitúa entre el 22% y el 26% de las viviendas y locales españoles, y representan entre 5 y 6 millones de viviendas y locales situados en algunos municipios de entre 50.000 y 250.000 habitantes, y entre los 50.000 y 10.000 habitantes sin cobertura de cable. Si bien en estas regiones el despliegue por parte del operador incumbente es viable bajo un modelo de análisis estático, los mayores requisitos de inversión, la menor presión competitiva y unas mayores dificultades regulatorias para realizar una rápida transición de la red *legacy* a la red NGA pueden desincentivar las inversiones. Estas regiones presentan una gran dificultad para su tratamiento regulatorio y para el establecimiento de posibles planes de impulso por el riesgo que una regulación excesivamente orientada a la generación de competencia desincentive las únicas inversiones viables, o que en un escenario opuesto desaparezca la competencia existente. Asimismo, es necesario considerar que la evolución de las redes móviles hacia mayores capacidades y prestaciones puede alterar esta situación competitiva.

Finalmente, las zonas blancas representan aquellas regiones donde los costes de despliegue, y las características de demanda son insuficientes como para justificar el despliegue de infraestructuras desde la iniciativa privada. En los análisis realizados esta zona comprende el 27,9% de las viviendas y locales, que ascienden hasta un total de 6,3 millones. Esta región incluye la mayoría de municipios de menos de 10.000 habitantes así como algunos municipios entre los 10.000 y 50.000 habitantes caracterizados por estar formados por viviendas unifamiliares y por una gran dispersión de las mismas. Si bien alguno de los escenarios de sensibilidad empleados reduce esta zona, dadas las elevadas inversiones necesarias no consideramos que los operadores vayan a acometer un despliegue de redes NGA fijas en estas zonas ni que la existencia de políticas de impulso de la oferta vaya a generar los despliegues²¹². En estas regiones el acceso a internet de banda ultra-ancha podrá alcanzarse, en cualquier caso, mediante tecnologías móviles o satélite.

A modo de resumen se ofrece en la Tabla 55 los alcances de las diferentes zonas para los tres escenarios considerados.

²¹² Algunas excepciones puntuales son los despliegues públicos de infraestructura en regiones concretas, como es el caso de la red Asturcón en la cuenca minera asturiana. No obstante, es difícil considerar que una gran parte de las viviendas contenidas en la zona blanca vaya a ser cubierta mediante ese tipo de intervenciones públicas debido a su alto coste, al mayor coste/beneficio frente a otras opciones como el despliegue de redes móviles, y a la tendencia actual hacia políticas de contención del gasto.

| | Escenario de competencia en servicios | de | Escenario de inversión situación actual | Escenario de inversión conjunta, consolidación |
|---------------|---|----|---|--|
| Negra | 7,4% • Cable y Telefónica | | 46,1% • 7,4% Telefónica, alternativos y cable • 32,6% Telefónica y cable • 6,1% Telefónica, alternativos | 50,2% • 23,5% Telefónica, alternativos y cable • 16,5% Telefónica y cable • 10,2% Telefónica y alternativos |
| Gris | 36,6% • 30,5% Cable • 6,1% Telefónica | | 26% • Telefónica (incertidumbre) | 22% Telefónica (incertidumbre) |
| Blanca | 56 % | | 27,9% | 27,9% |

Tabla 55. Coberturas alcanzables bajo los diferentes escenarios considerados.

5.6.2 Comparación de los resultados obtenidos con los principales parámetros financieros y estrategias de los agentes

Es importante situar los resultados y escenarios anteriores en el contexto de la realidad corporativa de los agentes presentes en el mercado español, con el fin de evaluar la viabilidad de los mismos, los ritmos alcanzables y su encaje con la realidad y con las estrategias anunciadas de los diferentes agentes. Para ello se contrastarán los parámetros corporativos más relevantes de los operadores involucrados con los requisitos de inversión de los escenarios planteados. La tabla Tabla 56 muestra un resumen de los principales parámetros corporativos para el segmento fijo en el ejercicio 2010.

| Agente | Ingreso segmento fijo (millones de €) | CAPEX segmento fijo (millones de €) | Margen de EBITDA segmento fijo | CAPEX/Ingresos |
|-------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Telefónica | 10.735 | 1.405 | 46,7% | 13,1% |
| Orange | 664 | 90 | 0,2% | 13,6% |
| Vodafone²¹³ | 455 | 674* | 30,4%* | 11,4%* |
| Jazztel | 615 | 92 | 15,2% | 15,0% |
| Ono | 1.472 | 244 | 49,2% | 16,6% |
| Euskaltel | 326 | 45 | 35,5% | 13,8% |

Tabla 56. Parámetros financieros del segmento fijo (telefonía, banda ancha, servicios corporativos, audiovisual) de los principales operadores españoles para el ejercicio 2010. Fuente: CMT, Datos de los operadores

Tomando como base los datos de ingreso del segmento fijo de 2010, y considerando un escenario de inversión en el que los operadores alcanzan una relación de CAPEX/ingresos del 20% es posible estimar de forma aproximada el ritmo de inversión que puede alcanzar cada uno de los agentes²¹⁴ presentado en la

²¹³ Algunos datos de Vodafone corresponden al total no al segmento fijo. Estos están marcados con un asterisco.

²¹⁴ Para este cálculo se ha considerado que los operadores incrementan su ritmo de CAPEX hasta un 20%, y que este CAPEX incremental se dedica al despliegue de las nuevas infraestructuras junto con un 15% del CAPEX de 2010 para el caso de los operadores incumbente, un 30% en el caso de los operadores alternativos y un 60% en el caso de los operadores de cable. Esta diferencia se justifica porque tanto los operadores alternativos como los operadores de cable están más centrados en la expansión de la cobertura (desagregación en centrales en el caso de los operadores alternativos) o actualización a DOCSIS 3.0 por parte de los operadores de cable, y un porcentaje mayor del CAPEX actual se

5.6 Discusión

Tabla 57 junto con los principales parámetros de las inversiones consideradas en los escenarios anteriores.

| Plataforma | Escenario | Inversión total (millones de euros) | Viviendas y locales (miles) | Accesos contratados (miles) | CAPEX/ Usuario (euros) | CAPEX / Hogar pasado (euros) | Años en completar el despliegue | Ritmo de despliegue anual (miles de viviendas y hogares pasados) |
|---|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| Telefónica FTTH/GPON – zona negra | Caso base | 4.578 | 10.445 (46,1%) | 3.506 | 1.306 | 438 | 4,8 | 2.174 |
| Telefónica FTTH/GPON – zona gris | Caso base | 3.458 | 5.894 (26,0%) | 2.903 | 1.191 | 587 | 3,6 | 1.624 |
| Orange FTTH/GPON | Caso base | 502 | 3.060 (17,5%) | 421 | 1.192 | 164 | 7,2 | 425 |
| Cable HFC/DOCSIS 3.0 | Ambos | 1.151 | 9.053 (46,2%) | 2.123 | 542 | 127 | 3,8 | 2.402 |
| Telefónica FTTH/GPON – zona negra | Inversión conjunta | 4.976 | 11.364 (50,2%) | 3.878 | 1.283 | 438 | 5,2 | 2.176 |
| Telefónica FTTH/GPON – zona gris | Inversión conjunta | 3.060 | 4.975 (22,0%) | 2.532 | 1.209 | 615 | 3,2 | 1.549 |
| FTTH/P2P ³ operadores ²¹⁵ | Inversión conjunta | 1.589 | 6.096 (26,9%) | 1.796 | 885 | 261 | 8,7 | 701 |
| FTTH/P2P consolidación ²¹⁶ | Inversión conjunta | 2.234 | 7.633 (33,7%) | 2.638 | 847 | 293 | 11,1 | 687 |

Tabla 57. Principales parámetros de las inversiones consideradas

Los operadores de cable presentan el menor tiempo de ejecución de los planes de despliegue, con una duración inferior a los cuatro años para la actualización a DOCSIS 3.0 de la mayor parte de cobertura de su red y para la expansión de su cobertura en 500.000 hogares.

Mientras, el operador incumbente podría completar el despliegue de red FTTH en las zonas con mayor competencia en el entorno de 5 años, con un despliegue anual de 2,1 millones de hogares, mientras, en las zonas grises el ritmo de despliegue sería menor, de 1,6 millones de hogares por año. En total Telefónica tardaría unos 8,4 años en completar el despliegue hasta el 72,1% de las viviendas y hogares.

En el caso del despliegue en solitario de Orange, este tardaría en completarlo más de 7 años, a un ritmo de 425.000 viviendas pasadas por año. Mientras que en el caso de los despliegues conjuntos, el plazo de finalización con los ratios de inversión propuestos se situaría entre los 9 y 11 años, no obstante, considerando que los ingresos de estos operadores irán en aumento conforme se vaya incrementando su cuota de mercado de servicios NGA, los ritmos de despliegue podrán aumentar acordemente. Sin embargo, para poder competir con un eventual despliegue por parte del operador incumbente, sería necesario incrementar el ritmo

reinvertiría en el despliegue de redes NGA en lugar de dedicarse a la expansión de la red o, como en el caso del cable, ya se estaba dedicando a ello.

²¹⁵ Para el conjunto de los operadores alternativos

²¹⁶ Para el conjunto de los operadores alternativos

de despliegue para poder finalizarlo en un plazo cercano o inferior a los cinco años, lo que incrementaría los índices de CAPEX por ingresos entre el 25% y el 35%, pudiendo ser menor gracias a mejoras de eficiencia derivadas del proceso de consolidación. Este impulso inversor podrá venir por una apuesta decidida de los operadores destinando parte de los ingresos del negocio móvil en el despliegue fijo o mediante el incremento de la financiación específica para dicho proyecto.

CAPÍTULO 6. IMPLICACIONES REGULATORIAS Y DE POLÍTICA PÚBLICA

Se ha puesto de manifiesto con anterioridad el impacto y la relevancia de la regulación y las políticas públicas en el desarrollo de las estrategias de despliegue de redes de acceso de próxima generación. En este capítulo se analizarán las principales implicaciones que se infieren de los resultados obtenidos en el capítulo anterior sobre los debates regulatorio, de política pública.

6.1 Implicaciones regulatorias

El análisis realizado en el capítulo anterior permite caracterizar bajo diferentes escenarios la posible estructura de competencia entre plataformas alternativas en el mercado de banda ultra ancha en el medio/largo plazo. Los resultados de dicho análisis de la viabilidad de la competencia en infraestructuras pueden ser tenidos en cuenta para llevar a cabo una valoración sobre el impacto del modelo regulatorio implantado en España.

En primer lugar se puede destacar que a mediados de 2011 el principal operador de cable, ONO, ha actualizado a DOCSIS 3.0 la totalidad de su franja de cobertura para la prestación de servicios generalizados de 30 Mbps, alcanzando 7 millones de unidades inmobiliarias lo que representa un 31% del total de viviendas y locales de España. En línea con los resultados del modelo estático, es previsible que en un corto plazo de tiempo inferior a 3 años, ONO, y el resto de operadores de cable estén prestando en todas sus regiones de cobertura servicios generalizados de 100 Mbps, convirtiéndose en los principales operadores de redes NGA del país en el corto plazo. El alcance de las redes de cable se ha estimado en el 40% del país o 9 millones de viviendas y locales. Estos despliegues ejercerán una presión competitiva sobre el resto de agentes que se verán obligados a competir mediante el despliegue de plataformas NGA o mediante otras estrategias como el empaquetamiento fijo-móvil, o una mayor oferta de contenidos para retener a los clientes de mayor valor frente a la oferta de banda ultra ancha del cable.

6.1 Implicaciones regulatorias

En segundo lugar, el operador incumbente, cuyos planes en el corto plazo (2009 – 2012) se habían situado en un despliegue de unos 3,5 millones de hogares²¹⁷ ha iniciado con retraso los despliegues, alcanzando a finales de 2010 más de medio millón de hogares pasados²¹⁸. El retraso en la puesta en marcha de su plan se ha debido al conjunto de incertidumbres sobre la demanda, que está experimentando un descenso de los niveles de consumo y una tendencia de los usuarios hacia servicios de menor precio²¹⁹, y de las incertidumbres sobre el marco regulatorio. Los resultados obtenidos por el modelo estático presentan escenarios de viabilidad del despliegue de redes FTTH/GPON de hasta el 72,1% de las viviendas y locales del país, no obstante dichos alcances se encuentran limitados en el caso de escenarios de disminución de los ingresos esperados, como puede ser el caso del establecimiento de una competencia en servicios en base a orientación a costes²²⁰.

Asimismo, si se considera la evolución dinámica en la que el operador tiene que realizar un volumen relevante de inversiones mientras mantiene temporalmente en paralelo la red de cobre y la red FTTH, y los ingresos incrementales que se genera por dicha transición, los incentivos existentes para realizar el despliegue de redes NGA disminuyen. No obstante, la tendencia a la erosión de la cuota de mercado de los servicios de banda ancha tradicional por parte de los operadores alternativos, así como la existencia de una cierta demanda de servicios de banda ultra-ancha²²¹ impulsa el despliegue por parte del operador incumbente en aquellas zonas donde experimente una competencia más intensa, que variará entre el 46,1% y el 50,2%, siempre que el modelo regulatorio existente no genere a futuro una estructura de mercado basada en la competencia en servicios sobre productos mayoristas orientados a costes, que podría llevar de nuevo a una situación similar a la actual²²². En dicho caso, los despliegues del operador incumbente quedarían limitados a aquellas regiones con una clara demanda, alcanzando coberturas inferiores entre el 13,5% que representan las principales ciudades y el 15,7% propuesto originalmente por Telefónica como primer objetivo del despliegue de redes NGA.

En tercer lugar, la compartición de infraestructuras y los procesos de consolidación entre el conjunto de operadores alternativos se presentan como factores críticos para impulsar la dinámica competitiva del mercado de banda ancha español, y para permitir el establecimiento de una dinámica de inversión y de competencia en infraestructuras en un porcentaje relevante del país (que podría alcanzar hasta el 33,7% de las viviendas y locales). Sin embargo, el tipo de modelo regulatorio establecido, y en especial la incertidumbre sobre la posibilidad de aplicación futura

²¹⁷ Lo que represente un 25% de los hogares españoles y equivale a un 15,7% del total de viviendas y locales, unidad sobre la que se han realizado los análisis de esta tesis.

²¹⁸ Lo que representa un 14,1% del plan original de Telefónica, un 3,5% del total de hogares, y un 2,2% sobre el total de viviendas y locales.

²¹⁹ Entre marzo y julio de 2011 Telefónica acumula una pérdida neta de 117.080 líneas de banda ancha, migradas mayoritariamente a los operadores alternativos que emplean acceso desagregado y ofrecen servicios de banda ancha a menores precios que el incumbente y en menor medida a las redes de cable.

²²⁰ Escenario analizado en el apartado 5.4.3.

²²¹ Esta demanda se puede observar en el crecimiento experimentado de conexiones FTTH durante los últimos meses, con un crecimiento del 83% entre enero y junio de 2011.

²²² Por su parte Telefónica ha comunicado en múltiples ocasiones su voluntad de limitar los despliegues de redes NGA en el caso de una regulación que obligue a proporcionar acceso mayorista a terceros a precios regulados.

de obligaciones de acceso con orientación a costes sobre las redes NGA desplegadas por el operador PSM influirá notablemente sobre el comportamiento y las estrategias de dichos agentes. Ante escenarios sin una defensa clara de un modelo que apueste por la competencia en infraestructuras, la inversión conjunta y la consolidación del mercado, los operadores alternativos tenderán a ejercer una estrategia de esperar y ver, retrasando así las inversiones y el proceso de consolidación necesario, estableciendo su estrategia en función de las decisiones de inversión del operador incumbente.

Cabe destacar que las actuales medidas de acceso a la infraestructura física del operador incumbente suponen un mecanismo imprescindible para el establecimiento de plataformas alternativas de acceso, permitiendo alcanzar el citado 33,7%, que sin esta medida se quedaría en el 0% en el caso base, en un 13,5% en el caso de inversión conjunta con un reparto equilibrado de cuotas, y hasta el 19,6% en el caso de consolidación, lo que implica que dicha medida regulatoria permite un incremento de la cobertura viable por parte de los operadores alternativos de entre el 13,4% y el 14,1% adicional, lo que representan entre 3 millones y 3,2 millones de viviendas y locales adicionales, así como una mejora en la competitividad de los operadores y mayor robustez de sus modelos de negocio. Sin embargo, sin un proceso de consolidación y compartición de la inversión, los alcances facilitados por esta medida regulatoria quedarán limitados a un máximo de un 13,5% en caso de que se lleguen a producir dichos despliegues por parte de Orange.

Por tanto, podemos considerar que el modelo regulador adoptado, influirá junto con las condiciones de competencia y viabilidad económica de los despliegues, en las estrategias adoptadas por los operadores incumbentes y alternativos, pasando de escenarios donde se vean despliegues más limitados por parte del operador incumbente (entre el 13,5% y el 15,7%) y ninguno del operador alternativo (uso de accesos mayoristas), a escenarios que fomenten la consolidación e inversión conjunta de los segundos (alcanzando un máximo del 33,7% del país), y un despliegue defensivo de Telefónica, dando lugar a un mercado diferenciado geográficamente.

Dados los resultados de alcances potenciales de redes NGA presentados en el capítulo 5 y la magnitud, fortaleza e internacionalización de los principales operadores que integran el mercado de banda ancha en España, es necesario el establecimiento de un modelo regulador que defienda la inversión eficiente, la innovación y la competencia sostenible basada en el despliegue de infraestructuras.

De entre los modelos regulatorios considerados, el enfoque gradual de acceso con apoyo a la inversión conjunta resulta el más apropiado para establecer en España un clima de inversión y de competencia entre plataformas alternativas de acceso que permita alcanzar el potencial existente y avanzar hacia un mercado más competitivo. El modelo regulatorio deberá contemplar, entre otros, un conjunto de elementos tales como:

- Defensa y compromiso con los principios de promoción de la competencia sostenible, fomento de la inversión eficiente, y la facilitación de los acuerdos

de inversión conjunta y de los mecanismos de acuerdo comercial para la reducción de los riesgos.

- Implementación de obligaciones asimétricas de acceso a las infraestructuras pasivas y de obra civil, concretamente el acceso a los conductos, postes, cámaras y arquetas del operador PSM con obligación de orientación a costes se sitúa como uno de los mecanismos regulatorios más relevantes para permitir el despliegue de redes NGA por terceros operadores. Esta medida obliga a los operadores alternativos a asumir mayores riesgos y a aumentar la inversión necesaria, fomentando un proceso de consolidación corporativa.
- Diferenciación geográfica de las medidas regulatorias bajo una defensa de los principios anteriores y un enfoque gradual. En las regiones donde el acceso a los conductos no sea suficiente para el establecimiento de una competencia en infraestructuras, se podrá imponer sobre el operador PSM la obligación de proporcionar productos de acceso mayorista a las redes NGA desplegadas. Estos productos deberán proporcionarse bajo condiciones de mercado y principios de precios razonables, no discriminación y sujeto a regulación *ex post*.
- Estos productos de acceso adicionales deberán estar adaptados a la arquitectura de red desplegada, siendo recomendable la estandarización y normalización de productos de acceso activo que permite emplear en el entorno europeo un conjunto de estándares comunes para cualquier arquitectura de red y tecnología de transmisión (en la línea del producto VULA en desarrollo en Reino Unido, ver Anexo B).
- Establecimiento de medidas simétricas de acceso a la acometida de los edificios bajo principios de precios razonables, no discriminación y sujeto a regulación *ex post*. Permitiendo una compartición de los costes verticales y la reducción de las inversiones realizadas. En el caso de España esta medida debería ligarse al despliegue de las nuevas.
- La regulación debe contemplar un escenario de migración de porcentajes relevantes de usuarios a las nuevas redes, así como el cierre y consolidación de centrales por parte del operador incumbente.

El modelo resultante tiene como objetivo incentivar a los operadores a invertir en el despliegue de nuevas o evolucionadas infraestructuras a la vez que proporciona una mayor libertad a los operadores para la innovación en cuanto a diferenciación de tarifas al no incluir una orientación a costes. La diferenciación de tarifas y servicios a los usuarios y a los proveedores de servicios según un modelo de mercados de varios lados (ver apartado 6.3) permitirá una mayor innovación y adaptación a las necesidades de los usuarios, así como mejorar el equilibrio entre tráfico e ingresos para avanzar hacia un modelo de acceso a Internet de banda ancha más sostenible con creación de valor en todos los niveles del ecosistema.

6.2 Implicaciones de política pública

Como se ha planteado a lo largo de la Tesis Doctoral, las políticas públicas suponen un mecanismo fundamental para el fomento de la inversión en nuevas tecnologías, su penetración y adopción. En el caso del despliegue de las redes de próxima

generación, estas se sitúan como un elemento clave, tanto por su capacidad de aunar esfuerzos entre los distintos agentes como por su capacidad de incentivar los despliegues en aquellas zonas que sin dicho impulso probablemente no recibirían la inversión privada. No obstante, es importante que las políticas y objetivos públicos sean flexibles, se adapten a la realidad del mercado y no traten de asumir el protagonismo y el liderazgo de una actividad fundamentalmente privada, como es la prestación de servicios de telecomunicación, marcando objetivos fijos poco flexibles y que no partan de un consenso entre los diferentes agentes involucrados.

Tal y como se ha puesto de manifiesto en el capítulo 5, es de esperar que la estructura del mercado de banda ultra ancha esté formada por zonas de diferente intensidad competitiva con diferentes plataformas desplegadas que darán lugar a diferentes prestaciones y niveles de servicios. En dicho escenario, tratar de forzar políticas para alcanzar niveles homogéneos de servicio (por ejemplo coberturas de más de 50 Mbps o usuarios conectados a redes de 100 Mbps) para regiones que no son homogéneas y que no pueden soportar la misma intensidad de competencia, ni permitir el despliegue de redes homogéneas, supone un error que puede llevar a la paralización de algunas inversiones y al fracaso de los objetivos de política pública planteados. En referencia al caso de España se pueden señalar algunos elementos respecto a las políticas públicas.

En primer lugar la necesidad de establecer una mayor coordinación entre el sector público y privado mediante foros de debate que tengan en cuenta a los principales agentes involucrados, operadores, suministradores, proveedores de servicios, administraciones públicas centrales y administraciones locales. En este sentido, iniciativas como el NGA *fórum* Alemán (ver apartado 3.3.3.2) parecen un elemento necesario para mejorar la adecuación de las políticas públicas a la realidad sectorial.

En segundo lugar, el dialogo y la comunicación entre las partes debe dar lugar al establecimiento de un plan nacional que considere los elementos particulares del país y de las diferentes zonas geográficas, adoptando medidas diferenciadas y consensuadas. Los planes públicos de actuación deben integrarse en el enfoque regulador de fomento de la competencia en infraestructuras, la inversión conjunta y de la innovación en nuevos productos y servicios, y, por supuesto, ajustarse a la normativa comunitaria sobre ayudas de estado. Bajo dicho enfoque se deberán analizar las problemáticas y posibles soluciones en tres ámbitos o regiones diferentes.

Las zonas negras, entre un 46,1% y un 50,2%, cuentan con atractivo suficiente para movilizar la inversión privada en caso de disponer de un modelo regulador apropiado. No obstante, con el objetivo de facilitar la inversión y mejorar los ritmos de despliegue varias medidas pueden ser implementadas destinadas a la disminución de las barreras existentes y a la disminución de los requisitos de inversión.

Se puede señalar, en primer lugar, aquellas relacionadas con la normativa local sobre actuaciones en vía pública, entre ellas algunas medidas son: (i) facilitar la apertura de las vías públicas reduciendo los tiempos de espera entre actuaciones y las tasas asociadas; (ii) facilitar los mecanismos de coordinación entre diferentes

agentes que realicen actuaciones en vía pública mediante un sistema de información y gestión y normativas que obliguen a los agentes a comunicar dichas actuaciones con anterioridad; (iii) introducción de infraestructuras de telecomunicaciones (canalizaciones, conductos, etc.) diseñadas para soportar la competencia entre varios agentes como elemento obligatorio en el proceso de ordenación urbana. Y en segundo lugar, las relacionadas con el despliegue de infraestructuras de comunicaciones en el interior de edificios bajo la nueva normativa ICT. En este sentido se podrá realizar cambios normativos que permitan aprovechar modificaciones en los edificios para instalar o actualizar dichas infraestructuras.

En el caso de las zonas grises, el posible despliegue de redes fijas protagonizado por Telefónica tiene un alto nivel de incertidumbre, no solo por los mayores requisitos de costes y menor demanda, sino porque al no existir competencia en el entorno NGA el riesgo regulatorio es mayor. Asimismo, son zonas en las que el despliegue tiene una menor prioridad, y que de hacerse, se harán necesariamente tras un periodo no inferior a los 4 o 5 años, una vez se hayan completado los despliegues en zonas con mayor nivel de competencia y de rentabilidad. Por tanto, el despliegue del operador en dichas regiones viables no dependerá únicamente del tratamiento regulatorio, sino, y con mayor importancia si cabe, de la evolución del mercado, de la competencia fijo-móvil en banda ancha y de debates muy relevantes como el de la diferenciación de servicios y neutralidad de red. Estos elementos que se irán resolviendo en los próximos años suponen factores críticos para la el futuro de los despliegues.

Ante un escenario como el actual, sin incrementos relevantes de los ARPUs previsibles (ya sea por el desarrollo de nuevos servicios, o por la modificación de las tarifas y servicios hacia una mayor diferenciación a usuarios y proveedores), o de aumento de la demanda, los escenarios simulados en el capítulo 5 no permiten predecir la existencia de una presión competitiva sobre dichas zonas, principal elemento impulsor de los despliegues del operador incumbente. En estas condiciones, las políticas públicas implementadas deberán centrarse en el fomento de la adopción y uso de los servicios de banda ancha mediante programas de demanda, dejando en manos de la industria privada el liderazgo de las estrategias a seguir. Entre estas estrategias la opción de "esperar y ver" se situará como una de las más probables, debido a los factores comentados con anterioridad, y será importante que la reacción de las administraciones no genere una tensión excesiva para forzar los despliegues, por ejemplo, mediante planes públicos de despliegue de redes locales o regionales como amenaza ante la falta de inversiones del operador. Será necesario pues, un diálogo y comunicación cercana y continua entre los operadores y las administraciones locales de las regiones "grises" para analizar las problemáticas y tratar de eliminar las barreras existentes que limitan el despliegue, y en su caso, plantear políticas de subvención o de colaboración público-privadas conforme al Marco comunitario.

Mientras, en el caso de las zonas blancas, las políticas públicas de fomento de la demanda son necesarias para incrementar los bajos niveles de adopción de banda ancha (situados entre un 20% y el 40% sobre el total de viviendas y locales para el año 2020) de forma que los despliegues realizados puedan situarse en zonas más planas de la función de costes. En estos escenarios el despliegue de redes fijas de banda ancha de próxima generación quedará muy limitado debido a las menores

economías de alcance y a una mayor dispersión de los usuarios, siendo otro tipo de tecnologías y soluciones más viables. No obstante, estas soluciones necesitarán del impulso de las políticas públicas, sea dado este a través de subvenciones específicas o de obligaciones asociadas a la concesión de licencias de espectro.

En este sentido, la reciente adjudicación por subasta de los bloques de 800 Mhz que permiten la prestación de servicios de banda ancha mediante LTE incluyó la obligación para aquellos operadores que adjudicatarios de 10 MHz pareados²²³, de alcanzar antes del 1 de enero de 2020 una cobertura de ofertas de 30 Mbps del 90% de la población en los municipios de menos de 5.000 habitantes (BOE, 2011). Dichos municipios representan el 16,6% de las viviendas y locales del país²²⁴, siendo el alcance del 90% el 14,9% del total. De esta forma, del 27,9% de viviendas y hogares que representa la zona blanca en España, más de la mitad quedaría cubierta mediante las obligaciones asociadas a la banda de 800 Mhz. Las viviendas y locales restantes se dividen en: (i) un 1,7% situado en municipios de menos de 5.000 habitantes donde será más complejo alcanzar los niveles de servicio planteados, siendo probablemente más rentable en términos económicos y de productividad el uso de otras plataformas como la satelital mediante programas de subvención de los terminales; y (ii), un 11,3% situados en municipios de más de 5.000 habitantes, en los cuales se deberá analizar la capacidad y el interés de los agentes de mercado en prestar dichos servicios de banda ultra ancha, o la oportunidad de establecer programas de subvención o emplear el bloque de 5 Mhz libre en la banda de 900 MHz para impulsar los despliegues en dichas regiones.

Finalmente, en relación con el cumplimiento de los objetivos marcados tanto por la Agenda Digital Europea, de alcanzar en 2020 una cobertura del 100% de hogares con ofertas de más de 30 Mbps y que más de un 50% de los hogares estén conectados a servicios de más de 100 Mbps, como por el Plan Avanza 2, de alcanzar en 2015 un 70% de la población cubierta con servicios de más de 50 Mbps y un 50% con servicios de más de 100 Mbps, los resultados obtenidos en la Tesis no vislumbran su cumplimiento, pero sí una cercanía a los mismos en los escenarios más favorables.

En cualquier caso, es opinión del autor de la Tesis que la fijación de unos objetivos numéricos tan genéricos como es la cifra de los 100 Mbps no responde a la realidad que afrontan los distintos agentes en el mercado. Y que si bien, estos sirven para marcar ciertas tendencias generales de objetivos deseables, no deben de ser tomados de forma literal en el establecimiento de las políticas o modelos regulatorios que rigen, o intervienen en los mercados, que serán los que al fin y al cabo realicen la mayor parte de las inversiones y asuman la mayor parte del riesgo (y del beneficio) de la transición a las redes de acceso de próxima generación.

²²³ Telefónica, Vodafone y Orange cumplen dicho requisito

²²⁴ 3.762.397 viviendas y locales

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El debate sobre el despliegue de las nuevas infraestructuras de comunicaciones fijas, su financiación y los elementos de competencia, regulación y políticas públicas asociadas se han desarrollado en los últimos años de forma muy intensa en el marco europeo. Sin embargo, dicho debate no está cerrado y pese a existir un posicionamiento de la Comisión Europea, cada país está adaptando sus estrategias, políticas públicas y modelo regulador en función de las condiciones específicas de competencia, agentes presentes en el mercado, y diferencias en la estructura geográfica del país.

El trabajo de investigación realizado analiza la problemática del despliegue de redes de acceso de próxima generación (NGA) y las implicaciones sobre el modelo regulador y sobre las políticas públicas para el caso concreto de España. Este análisis se ha realizado mediante la combinación de metodología cualitativa y metodología de análisis tecno-económico, siguiendo un enfoque de distinción geográfica de las estrategias y comportamiento de los agentes. Para ello se ha evaluado la viabilidad del despliegue de las principales plataformas de acceso de próxima generación consideradas en el debate sobre las infraestructuras fijas, estas son las redes de cable HFC/DOCSIS 3.0, las redes de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) bajo configuraciones punto a punto o punto multipunto, las redes de fibra hasta el nodo (FTTN) como evolución de las redes de pares de cobre.

Los resultados obtenidos muestran una caracterización del alcance y la naturaleza de la competencia en infraestructuras en España en el horizonte del año 2020, permitiendo el análisis regulatorio y de política pública con la intención de aportar y contribuir al debate actual. Este capítulo presenta un resumen de los elementos principales desarrollados en la Tesis, las principales conclusiones y propone un conjunto de líneas de trabajo futuras.

7.1 La evolución a las redes de acceso de próxima generación

Esta Tesis analiza el desafío que supone para operadores, reguladores y responsables de la política pública la evolución de la actual generación de redes de

acceso de banda ancha, a las redes de acceso de próxima generación (NGA). Estas redes se caracterizan por alcanzar mayores velocidades de acceso, para lo que es necesario el uso, total o parcial, de fibra óptica en el tramo de acceso. Las arquitecturas y tecnologías escogidas, así como las problemáticas de despliegue y el coste e inversión necesarias dependerán del tipo de agente involucrado, de la infraestructura previa disponible, y de las características de la zona geográfica.

Para comprender la naturaleza y la evolución de las diferentes tecnologías hacia las NGA, se han presentado en la Tesis las principales plataformas fijas consideradas en el debate actual: (i) la evolución de las redes de pares de cobre a redes de fibra hasta el nodo; (ii) la evolución de las redes de cable; y (iii), las redes de fibra óptica hasta el usuario. Asimismo, se han analizado las diferencias en las estrategias de los principales agentes considerados en el debate del despliegue, los operadores incumbentes, los operadores alternativos y los operadores de cable. Esta visión de la oferta se ha completado con el análisis comparado del estado de los despliegues de redes NGA en el ámbito internacional, con especial énfasis al caso europeo.

Las principales estrategias de evolución de la red fija seguidas por los operadores incumbentes pasan por la extensión de la fibra hasta los nodos (FTTN) y continuar empleando el par de cobre para la acometida final, o por el despliegue de fibra óptica hasta el hogar o el edificio (FTTH/B). La primera de ellas implica un menor nivel de inversión necesario por hogar al reutilizarse una parte relevante de la infraestructura actual, permitiendo alcanzar mayores ritmos de despliegue. Esto la ha situado actualmente como la primera en número de usuarios y la opción con mayor cobertura entre los operadores incumbentes de Europa. No obstante, en aquellas regiones donde no existe disponibilidad de armarios en vía pública, las distancias de los bucles son muy elevadas, o existe una fuerte competencia por parte de otros agentes, los operadores incumbentes están desplegando redes FTTH/B de una forma más selectiva. En estos casos, la tecnología GPON sobre redes de fibra punto-multipunto es la más empleada en los despliegues y planes futuros de los incumbentes, al disfrutar de una función de costes menor, requerir menores inversiones que las topologías punto a punto y al proporcionar una mayor flexibilidad en el despliegue.

Por su parte, en el caso de que el operador incumbente haya realizado el despliegue de redes NGA en una determinada zona, los operadores alternativos se enfrentan al reto de invertir para disponer de su propia red generando un escenario de competencia entre plataformas, o de pasar a depender, en un mayor grado del actual, de las ofertas mayoristas de acceso a las infraestructuras del primero, generando un escenario de competencia en servicios con un mayor peso de la regulación. La estrategia seguida dependerá de la escala y la cuota de mercado de los mismos, así como del modelo regulador, no siendo homogénea en todas las regiones de un país. La necesidad de alcanzar unas cuotas de mercado y niveles de *take-up* en la red de acceso han motivado en algunos países estrategias de inversión conjunta o de consolidación de estos agentes.

Finalmente, los operadores de cable siguen un camino de evolución hacia mayores anchos de banda mediante la tecnología DOCSIS 3.0 más natural que en los casos anteriores y con menores requisitos de inversión, al disponer de infraestructuras ya

desplegadas, así como cuotas de mercado relevantes en sus zonas de cobertura. Asimismo, la evolución a dicha tecnología y la prestación de servicios de banda ultra ancha está menos afectada por el debate regulatorio que en el caso de los operadores alternativos e incumbentes. Resultado de las mayores facilidades, los operadores de cable se han situado en Europa como los *first movers*, alcanzando coberturas para la prestación de servicios de entre 50 y 100 Mbps de más de 40 millones de hogares, presentándose como una de las principales plataformas de banda ancha en el futuro europeo. No obstante, dos elementos limitan la evolución de las redes de cable: (i) la fuerte relación entre el tráfico y los costes, que hace que en escenarios futuros de mayor demanda de tráfico disminuya la viabilidad de los despliegues; y (ii), la dificultad de los operadores de cable para expandirse más allá de sus actuales zonas de cobertura.

7.2 Problemáticas regulatorias y de política pública

El modelo regulatorio aplicable a las redes de acceso de próxima generación, así como las políticas públicas implementadas por los distintos países se han situado como elementos clave para el desarrollo de los despliegues por parte de los distintos agentes, al influir sobre los incentivos para invertir e impulsar o frenar la capacidad competitiva de los mismos.

En relación a las problemáticas regulatorias, en la Tesis se realiza un análisis de la evolución del debate desde 2005, planteando los diferentes modelos y medidas regulatorias discutidas, así como la posición de los distintos países, agentes e instituciones. La principal problemática regulatoria se basa en cómo establecer los necesarios incentivos a la inversión por parte de operadores incumbentes y alternativos, manteniendo o incrementando los niveles de competencia. La Tesis presenta las principales alternativas en el debate actual: un modelo de escalera de inversión adaptado a las redes NGA mediante mecanismos de prima de riesgo, un modelo de acceso gradual centrado en las infraestructuras de obra civil y en la flexibilidad en la fijación del precio mediante modelos de compartición del riesgo, y el modelo de la separación estructural. El análisis de las problemáticas regulatorias se completa con un análisis de las opciones regulatorias implementadas en los principales países europeos.

En segundo lugar, el foco del análisis se centra en los diferentes grados de participación de los estados y los poderes públicos en el despliegue de redes NGA. La reciente publicación de planes específicos de fomento de la banda ancha en múltiples países europeos, así como planes para despliegues públicos de infraestructuras con coberturas muy elevadas en otras regiones del mundo, situando las políticas públicas como un elemento fundamental del debate sobre el despliegue de las redes NGA. De esta forma la Tesis presenta y analiza los diferentes mecanismos de intervención, la normativa desarrollada en Europa y los planes puestos en marcha por los principales países de nuestro entorno.

Finalmente, se ha analizado el impacto del debate sobre la neutralidad de la red y del Internet abierto y sostenible en los incentivos al despliegue de redes de acceso de próxima generación. La evolución hacia mayores anchos de banda y

prestaciones que proporcionan las redes NGA permite a los operadores poner en valor su capacidad de diferenciación del tráfico y de adaptación del acceso de banda ancha a las necesidades de diferentes usuarios, aplicaciones y servicios. En este sentido, el mal denominado debate de neutralidad de red ha recogido en Europa y Estados Unidos muchas de las cuestiones planteadas respecto a las relaciones entre los agentes del ecosistema de Internet. En la Tesis se analiza dicho debate considerando su división en dos dimensiones, una primera donde se ha alcanzado un mayor consenso entre los agentes, y que se centra principalmente en mantener el carácter abierto de Internet, y una segunda donde el debate sigue abierto y que se centra no solo en las relaciones entre los operadores y usuarios, sino también en las relaciones entre los operadores y proveedores de contenidos, aplicaciones y servicios, y que afecta a la evolución y sostenibilidad de sus respectivos modelos de negocio, y a la viabilidad de inversiones futuras.

7.3 Caracterización de la estructura competitiva en España

Durante el periodo de realización de la Tesis Doctoral se ha desarrollado, en el contexto del proyecto COSTA, un conjunto de modelos tecno-económicos que permiten analizar la viabilidad del despliegue de diferentes plataformas de acceso fijas de próxima generación. Estos modelos, desarrollados en Microsoft Excel, se basan en un enfoque *bottom-up* para simular los costes de despliegue empleando algoritmos y métodos conocidos para el cálculo del CAPEX y OPEX y costes anualizados de los escenarios simulados. Bajo condiciones de análisis estático, el modelo calcula la cuota de mercado crítica que permite que los costes mensuales medios sean inferiores al ARPU, identificando así la viabilidad los despliegues en función de los parámetros de mercado ARPU y cuota de mercado.

Para analizar en profundidad el caso de la competencia entre infraestructuras en España ha sido necesario recurrir a un detallado estudio de las características geográficas a nivel municipal. Para ello se ha empleado una metodología de análisis por geotipos mediante mecanismos de clasificación de K-medias, permitiendo la obtención de 15 geotipos diferenciados que caracterizan al país.

Mediante la aplicación de los modelos tecno-económicos desarrollados a los geotipos identificados se ha realizado el análisis de la viabilidad del despliegue de redes FTTH/GPON, FTTH/P2P, FTTN/VDSL2 y HFC/DOCSIS 3.0 para operadores incumbentes, alternativos y de cable, permitiendo la caracterización de la estructura competitiva en España en términos de plataformas de acceso.

Los resultados obtenidos muestran la existencia de escenarios viables para el despliegue de plataformas de acceso de próxima generación, así como para la existencia de una competencia basada en el despliegue de infraestructuras alternativas por parte de varios agentes en diferentes zonas geográficas. Se han analizado dos escenarios principales, en primer lugar un escenario basado en la situación competitiva actual y en las cuotas de mercado actuales de los principales agentes del mercado de banda ancha, sobre dicho escenario se han realizado un conjunto de análisis de sensibilidad para estudiar el impacto de variaciones en las suposiciones realizadas. Y en segundo lugar se ha estudiado un escenario basado

en esquemas de inversión conjunta entre varios agentes, así como de consolidación de los operadores alternativos.

En el primer escenario, los operadores de cable en su conjunto podrán actualizar más del 90% de su actual cobertura en menos de 4 años para la prestación de servicios de entre 50 y 100 Mbps mediante DOCSIS 3.0, alcanzando un 40% de las viviendas y locales del país con su cobertura. Mientras, el operador alternativo Orange sería el único de entre estos operadores cuya base de clientes actual le permitiría iniciar, mediante el acceso a los conductos de Telefónica, despliegues viables de red FTTH/GPON en las principales ciudades del país, alcanzando una cobertura del 13,5%. En este escenario, la participación de Jazztel y Vodafone en los despliegues solo se alcanza bajo incrementos notables en su cuota de mercado, sin embargo en dichos escenarios el alcance del despliegue de los operadores alternativos sigue limitado a los 3 millones de viviendas y locales que representan las principales ciudades. Por su parte, Telefónica tendría capacidad suficiente para cubrir de forma viable el 46,1% de cobertura donde podría esperar competencia del cable y de Orange, y alcanzar un 26% adicional en caso de condiciones regulatorias favorables. La tecnología escogida por Telefónica será en la mayoría de los casos FTTH/GPON, pudiendo combinarse con despliegues de redes VDSL desde las centrales, y en menor medida de despliegues FTTN/VDSL.

En el segundo escenario se analiza la viabilidad de las estrategias de inversión conjunta en redes FTTH/P2P entre operadores alternativos. Mediante la compartición de las infraestructuras desplegadas y el acceso a los conductos del operador incumbente, los operadores alternativos pueden alcanzar coberturas de hasta el 33,7% bajo escenarios de consolidación. El despliegue conjunto y la consolidación de estos agentes se sitúan, por tanto, como una de las principales vías para fomentar en España una competencia sostenible entre plataformas alternativas que permita avanzar hacia un modelo sectorial con menor regulación que pueda competir con menores limitaciones en el ecosistema de Internet. Sin embargo, estos escenarios requieren un nivel de inversión y compromiso de los operadores alternativos que solo podrá alcanzarse bajo modelos regulatorios y de política pública que fomenten la inversión conjunta. En caso contrario, estos operadores optarán por no realizar las inversiones y continuar empleando el acceso mayorista sobre las infraestructuras del operador incumbente, lo que puede generar un modelo regulador orientado al acceso a las nuevas infraestructuras y la limitación del despliegue del operador incumbente.

7.4 Implicaciones regulatorias y de política pública

Los resultados sobre la caracterización de la estructura competitiva se han empleado para realizar un análisis y discusión sobre el modelo regulatorio y de política pública. En relación al primero, la existencia de escenarios viables de competencia en infraestructuras para porcentajes relevantes de la cobertura del país, indican la necesidad de impulsar un modelo regulador que fomente la inversión y la consolidación de los agentes. Este modelo deberá estar basado en el acceso gradual a las infraestructuras del operador incumbente, siendo el principal

mecanismo para el fomento de la competencia el acceso a las canalizaciones y conductos con orientación a costes. Mientras, el acceso a otros niveles de la red del operador incumbente, y en especial al nivel activo del servicio no deberán estar orientados a costes, sino que deberían permitir una flexibilidad en la fijación de precios para respetar los incentivos de los operadores que desplieguen permitiendo la innovación y el establecimiento de modelos de negocio sostenibles. Mientras, en relación a las políticas públicas, la discusión realizada aboga por el establecimiento de organismos y foros de debate que permitan el establecimiento de planes de fomento consensuados por los principales agentes.

7.5 Principales conclusiones

A continuación se presentan de forma resumida las principales conclusiones extraídas a lo largo del periodo de investigación y que han sido recogidas en el desarrollo de la Tesis Doctoral. Algunas de ellas han sido presentadas anteriormente pero se recogen aquí para subrayar las conclusiones individuales.

La importancia de las características geográficas

El análisis realizado pone de manifiesto el condicionamiento que las características geográficas y sociales imponen sobre la disponibilidad de las nuevas redes y servicios. Este factor resulta más relevante que en el caso de la generación actual de banda ancha, y es de esperar que los despliegues combinen diferentes plataformas y niveles de servicio para diferentes áreas geográficas, estando estos adaptados a la realidad competitiva de cada zona.

Resultará por tanto necesario, de cara a una evolución favorable del sistema de telecomunicaciones en su conjunto, trasladar este fenómeno al modelo regulatorio y a los objetivos y planes políticos, adaptando los mismos a la realidad competitiva existente. No es razonable esperar, por tanto, despliegues, grados de servicio ni tarifas homogéneas en todas las regiones, dado que las funciones de costes subyacentes a las distintas plataformas varían de forma relevante en función de la región y condiciones específicas.

Viabilidad de la competencia entre plataformas....

Los resultados obtenidos muestran el potencial para la competencia en infraestructuras existente en el mercado español. Por una parte, los operadores de cable que durante la pasada década realizaron un notable esfuerzo inversor disponen ahora de la capacidad de actualizar de forma rápida y económica la mayor parte de su cobertura actual, situándose como los *first movers* en la prestación de servicios de banda-ultra ancha.

Por otra parte, la creciente erosión de la cuota de Telefónica a favor de los operadores alternativos les sitúa, de forma individual o conjunta, en posición de iniciar un proceso de despliegue de su propia red subiendo el último peldaño de la escalera de inversión.

Mientras, el operador incumbente dispone de la escala y cuota suficiente como para abordar el despliegue de redes NGA en un porcentaje relevante del país, bajo un modelo de migración de los clientes actuales y desmantelamiento progresivo de su red *legacy*. Sin embargo, los incentivos para dicha transición se ven seriamente debilitados ante un escenario regulatorio que le obligue a proporcionar acceso a terceros bajo modelos de fijación de costes, replicando el modelo regulatorio actual.

De esta forma, el alcance futuro de las redes NGA en España se sitúa entre un escenario de limitación de los despliegues a unos pocos millones de hogares con competencia entre dos plataformas (7,4%), y las regiones con únicamente la presencia del cable (30,5% adicional) o de Telefónica (6,1%); y escenarios con porcentajes relevantes de las viviendas y locales atendidos por tres (entre el 7,4% y el 23,5%) o dos (entre 38,7% y el 26,7%) plataformas alternativas, así como otras regiones con un despliegue más incierto de una única red NGA (entre el 26% y el 22%). La evolución del caso español dependerá en gran medida de la voluntad de los operadores alternativos de iniciar procesos de consolidación e inversión, así como de los incentivos que el marco regulador genere para ello.

... bajo las condiciones regulatorias adecuadas

Los escenarios anteriores requieren de un firme compromiso regulatorio con los principios de la defensa de la competencia sostenible, el fomento de la inversión eficiente, y la facilitación de los acuerdos para la inversión conjunta. Un modelo regulador de acceso gradual a las infraestructuras básicas (*essential facilities*), basado en el acceso a los conductos del operador incumbente y que no genere obligaciones adicionales de acceso, ni contemple la orientación a costes en los niveles superiores de la red, sometido a la regulación de competencia *ex post*, fomenta la consolidación de los operadores alternativos e impulsa la inversión en infraestructuras ante un escenario de desmantelamiento de la red *legacy* del operador incumbente. Para que esto se pueda dar es necesario un modelo que aporte seguridad a largo plazo evitando riesgos de cambios imprevistos de las obligaciones planteadas. Asimismo, el modelo deberá resolver la problemática del cierre y consolidación de centrales.

La coordinación y debate entre los agentes como eje de un Plan Nacional de Banda Ancha

El desarrollo de políticas públicas específicas puede impulsar el despliegue de las redes NGA, sin embargo es imprescindible que estas estén alineadas con la realidad de los mercados y de los agentes inversores. Por ello, es necesario establecer plataformas formales que permitan el debate y dialogo entre los principales agentes involucrados como son la CMT, los operadores de telecomunicación, suministradores, gobierno, la FEMP, etc., así como el establecimiento de grupos de trabajo para analizar cuestiones específicas de naturalezas diversas. Esta labor iniciada por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información en 2008 a través de la Comisión Asesora para el Despliegue de Infraestructuras de Acceso Ultrarrápidas (CADIAU) debería retomarse y situarse como elemento de referencia en la elaboración de un Plan Nacional de Banda Ancha que integre los despliegues de tecnologías fijas y móviles, en el marco de un

modelo regulador de fomento de la inversión y la competencia sostenible, y bajo una diferenciación geográfica de las políticas, mecanismos y objetivos propuestos.

La revisión del modelo regulador, un paso necesario hacia un ecosistema de Internet abierto y sostenible

Las tendencias hacia entornos todo IP, la computación en la nube, y la evolución de las plataformas móviles hacia mayores anchos de banda están desdibujando las fronteras de los servicios y mercados establecidos en el Marco Regulador recientemente revisado. Dicho modelo de regulación sectorial, basado en la definición y análisis de mercados relevantes, no consigue abarcar la realidad actual de los servicios de banda ancha y de acceso a Internet, que están evolucionando hacia un ecosistema altamente competitivo donde agentes de diferentes niveles de la cadena de valor compiten por el control del usuario a través de diferentes plataformas.

En este nuevo entorno los operadores de telecomunicación se encuentran sometidos a una regulación sectorial que limita su capacidad competitiva frente a agentes de otros niveles de la cadena de valor no regulados. Asimismo, el cambio en los patrones de consumo de tráfico de los usuarios, los elevados requisitos de inversión para evolucionar a la próxima generación de redes y las dificultades planteadas a un cambio en los esquemas tarifarios y de servicios hacia una diferenciación de las calidades bajo un modelo de mercado de doble cara, sitúan a los operadores de telecomunicación en una situación de crisis estructural, que lleva a la falta de crecimiento y a la pérdida de valor frente al resto de agentes del ecosistema.

El despliegue de las redes de próxima generación puede servir como oportunidad para renovar el modelo actual, avanzando hacia una consolidación de los agentes europeos en el mercado único, y hacia una mayor competencia entre plataformas alternativas, fijas o móviles, cuyo alcance dependerá de las condiciones geográficas y de cada mercado. Bajo dicho paradigma, la regulación sectorial deberá reducir su peso dando paso a una regulación de competencia que pueda vigilar la cadena de valor completa bajo los principios de transparencia, competencia y de libertad de elección de los usuarios. Para alcanzar un modelo de Internet abierto y sostenible que permita continuar con un círculo virtuoso de creación de valor en todos los niveles del ecosistema es necesario realizar un debate profundo, sin las limitaciones impuestas por el modelo actual, y con la involucración al más alto nivel de los estados, organismos europeos, agentes privados y usuarios.

7.6 Líneas de trabajo futuro

Durante el desarrollo de este trabajo de investigación se han identificado líneas futuras que permitirían completar y ampliar la línea de trabajo seguida. Las principales líneas de investigación consideradas son:

- La utilización de modelos de competencia basados en teoría de juegos o en opciones reales que permitan investigar el efecto de las estrategias de los

agentes sobre el comportamiento del resto de agentes en el mercado del mercado. La implementación de estos modelos alimentados con los resultados de los modelos desarrollados en esta Tesis permitiría obtener un mayor conocimiento sobre las interacciones dinámicas en el mercado de banda ultra-ancha, así como del impacto concreto de diferentes medidas regulatorias o de política pública.

- Incorporación de modelos de competencia en servicios y de servicios mayoristas que permitan analizar la interacción entre la competencia entre plataformas y la competencia en servicios. Asimismo, la incorporación de modelos avanzados de tráfico que permitan analizar clases de servicios diferenciadas y su relación con la viabilidad de las plataformas NGA.
- La inclusión de las tecnologías y agentes móviles en el estudio mediante la incorporación de modelos tecno-económicos de plataformas LTE o WiMAX. Mediante esta inclusión se conseguiría ampliar el alcance del estudio considerando la totalidad del mercado de banda ancha y permitiendo analizar de una forma más completa las estrategias de los agentes en las zonas grises y blancas.

ANEXO A. INFORME GAPTEL “EL RETO DEL DESPLIEGUE DE LAS REDES DE NUEVA GENERACIÓN”

Durante la primera mitad del año 2009 el autor participo en el desarrollo del informe “*El reto del despliegue de las Redes de Nueva Generación*”, realizado dentro de las actividades del *Think-Tank* GAPTEL, y entregado al Secretario de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información en agosto de 2009. El desarrollo de dicho informe ha supuesto una de las principales fuentes de información cualitativa empleadas en el desarrollo de esta Tesis Doctoral.

El Grupo de Análisis y Prospectiva del sector de las Telecomunicaciones (GAPTEL) integrado por profesionales que provienen de diferentes ámbitos curriculares, dentro del sector de las telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, tiene vocación de constituirse en apoyo activo a la toma de decisiones de los agentes involucrados en general, y de los poderes públicos en particular, sobre el futuro del sector de las telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, y por consiguiente, en gran medida, sobre el futuro de la competitividad y crecimiento de la economía y la sociedad españolas.

Los principales objetivos del informe fueron: (i) identificar las claves de la evolución de las redes de acceso de nueva generación; (ii) anticipar un conjunto de escenarios prospectivos para el caso de España en el marco temporal de junio 2009 a junio 2014); y (iii) proponer a los principales agentes involucrados un conjunto de recomendaciones que permitiesen facilitar el despliegue de la nueva generación de redes y servicios.

El informe estuvo coordinado por D. Jorge Pérez Martínez, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid y Director de la Cátedra Red.es de la misma universidad. Asimismo, se contó con un equipo de trabajo encabezado por el autor de la Tesis, D. Arturo Vergara, y formado por D^a. Isabel Benito, consultora senior en Price WaterhouseCoppers; D. Antolín Moral, investigador y consultor en la Cátedra Red.es; y D. Alberto Urueña, Jefe del Área de Estudios y Prospectiva del ONTSI. El grupo de trabajo se encargó de las labores de coordinación, realización de entrevistas, búsqueda de información, análisis y prospectiva, así como de

A.1 Entrevistas a expertos

elaboración y redacción del propio informe. Asimismo, el informe contó con la participación de los siguientes miembros del grupo GAPTEL que compusieron el comité de expertos.

| Miembro de GAPTEL | Cargo |
|-------------------------------|---|
| Jesús Banegas | Presidente de AETIC |
| José Barberá | Asesor del Secretario de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información |
| Miguel Angel Canalejo | Presidente Ejecutivo de REDTEL |
| Luis Lada Diaz | Académico de la Real Academia de Ingeniería y profesor "Ad Honorem" de la Universidad Politécnica de Madrid |
| Carlos Mira | Chairman & CEO de Acalis Systems |
| Juan Mulet | Director General de COTEC |
| Sebastian Muriel | Director General de Red.es |
| Jesús Olmedilla | Presidente de Enter |
| Emilio Ontiveros Baeza | Presidente de AFI (Analistas Financieros Internacionales, S.A) |
| María Rotondo Urcola | Global Industry Head Telecommunication and Media de Sociedad de Valores y Bolsa del Banco Santander Central |
| Daniel Torres Mancera | Director del Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información (ONTSI) |

Tabla 58. Comité de expertos que participaron en el informe GAPTEL "El reto del despliegue de las Redes de Nueva Generación".

En los siguientes apartados se presentan las entrevistas realizadas a expertos en el despliegue de redes NGA, las principales conclusiones alcanzadas por el informe fruto de las citadas entrevistas y el desarrollo realizado por el grupo de trabajo, todo ello sometido a la visión y perspectiva del comité de expertos del GAPTEL, así como las recomendaciones a los distintos agentes expresadas en dicho informe.

A.1. Entrevistas a expertos

La realización de entrevistas a expertos relacionados con el despliegue de las redes de acceso de próxima generación ha supuesto una fuente de información muy relevante para el desarrollo del presente trabajo de investigación. A continuación se presenta la relación de entrevistados y un resumen de los cuestionarios empleados.

| Agente | Tipo de agente | Expertos | Cuestionario empleado |
|------------------------------------|-----------------------------------|---|-----------------------|
| Telefónica | Operador telecomunicaciones | de Bruno Soria, Félix Hernández, Juan Luis Redondo | Cuestionario A |
| Vodafone | Operador telecomunicaciones | de Matías González, Juan Antonio Latasa | Cuestionario A |
| ONO | Operador telecomunicaciones | de José J. López-Tafall | Cuestionario A |
| Telecable | Operador telecomunicaciones | de Juan Manuel Cofiño | Cuestionario A |
| Ericsson | Suministrador | Miguel Ángel Rodríguez, Alfonso Aguado | Cuestionario A |
| Alcatel-Lucent | Suministrador | Tomás San Juan | Cuestionario A |
| Huawei | Suministrador | José Huidobro, Fabián Gradolph, Fernando Vázquez, Julio Cantarero | Cuestionario A |
| Arthur D. Little | Consultora | Jesús Portal, Antonio España | Cuestionario A |
| Principado de Asturias | Administración pública | Luis Manuel Iturrioz | Cuestionario B |
| GIT | Operador neutral infraestructuras | de Juan Manuel Rodríguez | Cuestionario B |
| Real Academia de Ingeniería | Académico | Luis Lada Díaz | Cuestionario A |

Tabla 59. Relación de expertos entrevistados durante el proceso de elaboración de la Tesis Doctoral

A.1.1. Cuestionario A

En los últimos meses parecen re-definirse las claves para el impulso y desarrollo de las redes de próxima generación. Se está gestando la evolución de dichas redes y están apareciendo multitud de incógnitas, de carácter tecnológico, regulatorio y comercial, cuya resolución configurará el escenario final. Las decisiones que se tomen en los próximos meses influirán significativamente en el tiempo en lograr una verdadera red IP extremo a extremo y la gama de servicios que se puedan ofrecer sobre ella.

Es objeto de este informe identificar las claves de la evolución de dichas redes así como anticipar un conjunto de escenarios prospectivos para el caso de España, con el objetivo de proponer un conjunto de recomendaciones a los principales agentes involucrados que permitan facilitar el despliegue de la próxima generación de redes y servicios.

Redes de próxima generación

Las redes de próxima generación (NGN) se caracterizan por la conectividad IP extremo a extremo, la separación entre las plataformas de servicios y la infraestructura de red, y la accesibilidad de los usuarios a diferentes proveedores de servicios. Dichas características configuran la evolución desde un modelo de red donde la provisión de servicios está, en gran medida integrada verticalmente y

requiere de plataformas y elementos específicos, hacia un modelo más flexible y abierto que permite la introducción de nuevas aplicaciones y servicios IP por parte de diferentes proveedores mediante la utilización de las capacidades y funciones estándar proporcionadas por la red.

Asimismo, la evolución hacia las redes de próxima generación se puede realizar bajo el modelo de "neutralidad de red" (no discriminación de servicios y aplicaciones) manteniendo de forma transparente la arquitectura TCP/IP (Vinton Cerf, Madrid 20 abril 09), como mediante modelos "no neutrales" en los que la red tiene la capacidad de discriminar diferentes tipos de tráfico y en los que un conjunto de funcionalidades son implementadas en la propia red y facturadas por el operador. Por ello, La evolución hacia las NGN tendrá un fuerte impacto sobre los modelos de negocio e inversión de los operadores.

El camino que adoptarán los diferentes operadores para proporcionar los mayores anchos de banda que demandan los usuarios no será uniforme, sino que seguirá diferentes modelos, en su uso o no de las arquitecturas NGN y en las tecnologías utilizadas. El elemento relevante no será tanto la tecnología o el tipo de red desplegada, sino los servicios y anchos de banda que podrán proporcionarse. De esta forma se plantea la necesidad de usar indicadores distintos para la evaluación del desarrollo de las NGN, como son los siguientes: (i) Número de accesos IP extremo a extremo; (ii) clasificación de dichas líneas por su capacidad (independientemente de la tecnología); y (iii) disponibilidad y uso de servicios IP

- P1.** ¿Comparte la definición de red de próxima generación, en especial la separación entre acceso, núcleo y servicios?
- P2.** ¿En qué medida es relevante para la evolución de las aplicaciones y servicios que las redes sean IP extremo a extremo? ¿Y para los modelos de negocio de los proveedores de servicios y operadores de telecomunicación?
- P3.** ¿Cuál es su opinión respecto al debate de la neutralidad de red y de la implementación de funcionalidades en la propia red frente a la transparencia extremo a extremo? ¿Qué impacto puede tener sobre los modelos de negocio de los operadores?
- P4.** ¿Considera adecuados los indicadores sugeridos para el análisis de la evolución de las NGN?

Justificación de los despliegues

Son varios los motivos que justifican de forma potencial, la necesidad de los despliegues de redes NGN. Sin embargo, serán las condiciones específicas de cada mercado las que determinen el grado y naturaleza de los diferentes motivos. El mayor o menor impulso al despliegue de las redes *NGN* por parte de los operadores depende tanto de sus expectativas de retorno de la inversión como de la dinámica competitiva.

Las expectativas de retorno se valoran en función del potencial de las nuevas redes para generar nuevos ingresos ligados a nuevos servicios, por su potencial de diferenciación y fidelización de clientes, así como la capacidad para reducir los gastos operativos. Asimismo, la evolución de la dinámica competitiva vendrá determinada por la posición que los diferentes agentes adopten en la nueva

dinámica inversora, la capacidad de capturar la demanda de los usuarios, y por el marco que fije la regulación sectorial.

De esta forma, los motivos principales que justifican el despliegue de las redes de próxima generación son, la dinámica competitiva, su capacidad para generar nuevos servicios ligados a la provisión de mayores anchos de banda y al entorno flexible y la capacidad de mejorar la eficiencia operativa. Asimismo, existen otros motivos estratégicos que desde el debate político podrían justificar el proceso de evolución y despliegue de las redes de próxima generación.

- P5.** ¿Está de acuerdo con la existencia de una necesidad real de anchos de banda superiores a los 20 Mbps? ¿Y respecto a anchos de banda más simétricos?
- P6.** ¿Considera que la evolución de las redes hacia el modelo NGN IP extremo a extremo y la generación de un ecosistema de servicios más dinámico justifica para los operadores el despliegue de redes de próxima generación (tanto en el núcleo como en el acceso)?
- P7.** ¿Considera que la aparición en otros países de planes de financiación pública relevante para el despliegue de las NGN puede servir como catalizador al despliegue en España?

Paradigma de despliegue actual

En el caso europeo, la dinámica general de evolución de las redes se basa, por un lado, en la dinámica competitiva, en la que los operadores alternativos actúan como catalizador para las inversiones de los incumbentes en determinadas regiones o mercados. Y por otro lado, en la necesidad de proporcionar servicios basados en anchos de banda cada vez mayores como los de televisión de alta definición por IP o incluso la capacidad de la red por sí misma.

El modelo de competencia adoptado en la mayoría de países europeos ha tratado de seguir el éxito de los móviles mediante el fomento de la competencia en infraestructuras. El objetivo de dicho modelo es el fomento de una dinámica competitiva que lleve a un rápido despliegue e implantación de las redes de próxima generación y las redes de acceso, protagonizada principalmente por los operadores incumbentes en aquellas zonas donde los operadores alternativos presentasen una mayor presión competitiva, bien por la erosión de cuota de mercado o bien por sus propios despliegues.

Como apoyo a dicho modelo se ha definido por parte de la mayoría de las ANR un conjunto de medidas incentivadoras de la inversión, tales como la apertura de las canalizaciones de los operadores incumbentes manteniendo intactas las de los operadores de cable o alternativos. Asimismo, se ha tratado de evitar la desincentivación de los operadores incumbentes mediante la limitación de las obligaciones de acceso a las nuevas redes basadas en velocidades o tecnologías. Finalmente, el modelo plantea el papel facilitador de las administraciones públicas desde el ámbito normativo, pero no a través de la financiación de las nuevas infraestructuras.

Si bien la aplicación del modelo ha permitido el desarrollo de algunos mercados NGN basados en la dinámica competitiva, estos son muy limitados y localizados, con despliegues actuales limitados en cobertura y los abonados a dichos servicios

suponen una minoría respecto al total. La existencia de diversos factores adversos y de múltiples incertidumbres sobre elementos cruciales parece estar limitando los despliegues actuales y futuros.

- P8.** ¿Continúan siendo válidos los modelos tradicionales de financiación de las telecomunicaciones para el despliegue de las NGN? En el caso de España, ¿qué diferencias aprecia en dichos modelos respecto al despliegue pasado de las redes de cable?
- P9.** La innovación más relevante se está situando en el exterior de las redes, tanto en los terminales de usuario como en las aplicaciones y servicios de internet, donde los operadores de telecomunicación no se encuentran entre los principales agentes. ¿Considera que el despliegue de las NGN puede fomentar más dicha tendencia y suponer de algún modo un cambio irreversible en los modelos de negocio de los operadores? ¿Puede esto producir un mayor retraso en el despliegue de las nuevas redes?
- P10.** ¿Hasta qué punto considera que la respuesta regulatoria permite fijar un entorno que fomente la inversión eficiente y la competencia en infraestructuras? Para el despliegue generalizado de las redes de próxima generación ¿Es suficiente con un entorno que fomente la inversión eficiente o son necesarios otros estímulos como políticas públicas con compromisos de financiación relevantes?
- P11.** ¿Considera posible para el caso de España un escenario basado en un despliegue intensivo de tecnologías móviles (HSPA, LTE) como las principales redes de acceso de próxima generación, siendo los despliegues de FTTH minoritarios y específicos de zonas muy concretas?

Indicios de un nuevo paradigma

El desplazamiento del valor hacia los servicios que se puedan ofrecer, independientemente de la red que los soporte supone uno de los elementos indicativos del proceso de cambio de paradigma en el despliegue de las NGN. La ventaja competitiva de los operadores se desplaza desde la posesión de la red/infraestructura, hacia la gestión y el conocimiento que se tenga de los clientes, el desarrollo de un núcleo de red con capacidad de ofrecer prestaciones avanzadas para el despliegue de nuevos servicios, y en la oferta de servicios diferenciados, tanto minoristas como mayoristas. No obstante, pese al desplazamiento del valor desde las redes de acceso hacia capas superiores de la red, el despliegue de las mismas sigue suponiendo el principal cuello de botella, debido tanto a las grandes inversiones necesarias, como a las incertidumbres relacionadas con los modelos de inversión.

Los elementos anteriores parecen estar dando paso a un nuevo paradigma de desarrollo de las NGN que va paulatinamente sustituyendo al modelo de competencia en infraestructuras. Este nuevo paradigma contempla como principales características las siguientes:

Despliegue de infraestructura eficiente: Compartida, y posiblemente fragmentada. La infraestructura deja de ser diferencial y es transparente para el cliente.

Competencia en servicios y servicios mayoristas: Los operadores basan su competencia en la existencia de un núcleo de red IP NGN que permita la diferenciación de los servicios mayoristas y la captura de los ingresos de los

servicios minoristas, que serán proporcionados por ellos mismos y por el ecosistema de servicios.

El primer elemento a considerar es la eficiencia y viabilidad de la competencia de múltiples redes bajo un paradigma de competencia en infraestructuras, o sí por el contrario resulta más eficiente y viable el despliegue de una red única²²⁵ y compartida por los diferentes agentes en la mayoría del territorio en forma de inversión conjunta o de despliegues publico-privados.

El segundo elemento es, por tanto, si el despliegue va a estar protagonizado y dirigido por el sector privado, vía una coalición de agentes, o si por el contrario será el sector público. Los mecanismos de financiación y las implicaciones para la estructura del sector dependerán del formato que se alcance.

Asimismo es importante considerar el elemento geográfico en el despliegue de las redes de próxima generación y especialmente en el acceso. El despliegue impulsado desde el mercado y la iniciativa privada dará lugar a la configuración de un mapa tecnológico heterogéneo, donde los operadores utilizarán diferentes tecnologías (FTTH, VDSL, DOCSIS, LTE, etc.) y arquitecturas, con capacidades diferentes en diversas áreas que permitan adoptar en cada situación geográfica y temporal la mejor solución en términos de coste y rentabilidad. La diferenciación geográfica podrá dar lugar a una diferenciación en la actuación de las políticas y la inversión pública.

Finalmente, es necesario considerar que el establecimiento de una red única puede dar lugar a un proceso de "remonopolización" pública o privada que obligue al establecimiento de medidas de acceso abierto, separación funcional o estructural con las implicaciones e impacto consecuentes en el sector.

- P12.** ¿Considera viable el paradigma actual de competencia en infraestructuras?
- P13.** ¿Cuál es el papel del operador de cable en el despliegue de las nuevas redes?
- P14.** ¿Hasta qué punto considera que los mecanismos de compartición (infraestructuras, inversión y riesgo) permiten el despliegue de las nuevas redes?
- P15.** ¿Cuál es su postura respecto a la diferenciación geográfica de los despliegues y los servicios? ¿Considera que la aceptación de dichas medidas en la regulación Española permitiría un mayor impulso al despliegue de las NGN?
- P16.** ¿Considera apropiado el liderazgo de las políticas públicas frente a la iniciativa privada para el despliegue de las NGN?
- P17.** ¿Considera que el despliegue de las NGN puede implicar riesgos de "remonopolización"?

Escenarios de despliegue para el caso de España

El despliegue de redes de próxima generación en España se encuentra en una fase inicial en la que aún no se han determinado las estrategias de los diferentes agentes. La implicación y apuesta de las administraciones públicas, los reguladores,

²²⁵ Al referirse a red única no necesariamente tiene por qué ser su propiedad del mismo agente en toda la extensión del territorio, ni estar formada por una única tecnología.

los operadores y los agentes del mundo de los contenidos, Internet y la electrónica de consumo perfilarán diferentes escenarios y ritmos de evolución de las redes de próxima generación.

La evolución de los posibles escenarios de despliegue se basa principalmente en tres variables: la dinámica competitiva, la demanda de nuevos servicios y las políticas públicas específicas de impulso al despliegue de redes de próxima generación y la regulación aplicable a las mismas. El informe GAPTEL ha tomado como punto de partida la situación actual de dinámica competitiva y plantea el estudio de diferentes escenarios considerando principalmente la variación de la implicación y el impulso de las políticas públicas al despliegue de las NGN. De esta forma se han identificado tres escenarios diferentes, denominados de continuidad, de impulso y de generalización.

Bajo el escenario de continuidad y de evolución natural, los despliegues de nuevas redes se verán retrasados debido a la presión por contener los costes y a las bajas expectativas de demanda a corto plazo. Los principales esfuerzos inversores se destinarán a la mejora de las redes móviles y es previsible una baja cobertura y penetración de las redes NGA. Este escenario podría situar a España en una situación de desventaja competitiva frente a otros países Europeos.

El compromiso de las Administraciones y el Gobierno en medidas específicas, consensuadas con el sector, de impulso y disminución de las barreras a la inversión, junto con el establecimiento de un marco regulatorio estable y favorable a la inversión podrían dar lugar al escenario de impulso. Éste, dirigido desde la competencia entre plataformas con una presencia relevante de las redes móviles y una elevada presión competitiva ejercida por el cable, permitiría alcanzar una mayor penetración y cobertura de los despliegues de NGA. Alcanzar el escenario de impulso se debe considerar como un objetivo estratégico de los principales agentes del sector.

Finalmente, el escenario de generalización puede ser descartado para el caso de España, dada la capacidad inversora de los agentes privados presentes en el mercado, a las fuertes repercusiones sobre la estructura del sector y al elevado volumen de gasto público implicado.

- P18.** ¿Considera necesario el establecimiento de un plan o un modelo consensuado para el despliegue de las NGN en España?
- P19.** ¿Considera apropiado el establecimiento de diferentes escenarios de despliegue en función de la implicación y participación de las políticas públicas?
- P20.** ¿Qué papel deberían jugar las políticas públicas para el fomento del despliegue de las redes de próxima generación? En caso de existencia de financiación pública, ¿dónde considera que debería ser dirigida?
- P21.** ¿Qué alcance en términos de cobertura de los despliegues, y adopción del servicio cree que tendrían los modelos planteados?

A.1.2. Cuestionario B

En los últimos meses parecen re-definirse las claves para el impulso y desarrollo de las redes de próxima generación. Se está gestando la evolución de dichas redes y están apareciendo multitud de incógnitas, de carácter tecnológico, regulatorio y comercial, cuya resolución configurará el escenario final. Las decisiones que se tomen en los próximos meses influirán significativamente en el tiempo en lograr una verdadera red IP extremo a extremo y la gama de servicios que se puedan ofrecer sobre ella.

Es objeto de este informe identificar las claves de la evolución de dichas redes así como anticipar un conjunto de escenarios prospectivos para el caso de España, con el objetivo de proponer un conjunto de recomendaciones a los principales agentes involucrados que permitan facilitar el despliegue de la próxima generación de redes y servicios.

Uno de los elementos relevantes identificados durante la elaboración del informe son los casos de despliegues de redes de acceso de próxima generación mediante fondos públicos, y cuya gestión se realiza mediante operadores neutros de infraestructuras que garantizan el acceso abierto a los diferentes proveedores de servicios. La existencia de inversión pública para el despliegue de las nuevas redes estará probablemente asociada al fomento de la competencia mediante arquitecturas concretas de red y modelos de provisión de servicios de acceso abierto. En ese sentido, el Principado de Asturias ha protagonizado una de las iniciativas pioneras en España mediante el despliegue de la red ASTURCON en la Cuenca Minera Asturiana.

La gestión de las infraestructuras de telecomunicaciones del Principado de Asturias corresponden a la sociedad Gestión de Infraestructuras Públicas de Telecomunicaciones del Principado de Asturias S.A. participada al 100% por el Principado de Asturias, adscrita a la Consejería de Administraciones Públicas y Portavoz del Gobierno, y creada mediante la Ley 6/2004.

Resulta muy significativo el despliegue y operación que el GIT realiza sobre la Red ASTURCÓN (Red Astur de Comunicaciones Ópticas Neutras), red de acceso de fibra óptica hasta el hogar (FTTH) basada en tecnología GPON y desplegada en la cuenca minera del principado de Asturias. El despliegue realizado involucra 22 poblaciones con un total de 64000 habitantes y 7 centros industriales o de negocio. El presupuesto de la red fue de 19.5 m€ financiados por el gobierno regional. El GIT se encarga actualmente de la gestión y operación de la red desde un rol de operador neutral de infraestructuras, garantizando su carácter neutro, transparente y abierto a operadores de servicio, entre los que se encuentran actualmente Adamo y TeleCable que proporcionan servicios triple play de banda ancha minoristas.

Motivación y riesgos políticos

P22. ¿Cuáles fueron las principales causas que motivaron al despliegue de la red ASTURCON?

P23. ¿Se intentaron otras aproximaciones para incentivar al sector privado a desplegar de redes de próxima generación en dichas zonas rurales?

- P24.** ¿Considera que los ciudadanos situados en las zonas de cobertura de la red ASTURCON reciben servicios equivalentes a otros usuarios de zonas urbanas a precios similares?
- P25.** ¿Cuáles son los principales riesgos detectados sobre las inversiones realizadas?
- P26.** ¿Qué estrategias se están siguiendo para conseguir que los principales operadores utilicen la red ASTURCON?
- P27.** ¿El despliegue de la red ASTURCON ha planteado dificultades en la relación del Principado con los operadores de telecomunicaciones (Telecable, Telefónica y otros alternativos)?

Competencia e innovación

- P28.** ¿Puede valorar el impacto del despliegue de la red ASTURCON sobre la competencia en la prestación de servicios de telecomunicaciones en las zonas desplegadas?
- P29.** ¿Percibe una mayor inversión por parte de los operadores? En caso afirmativo ¿dónde se focaliza dicha inversión?
- P30.** ¿Cuál es la penetración del servicio por hogar pasado? ¿Cómo estima su evolución en los próximos años?
- P31.** ¿Cuál es el grado de implementación de los distintos servicios prestados por la red (banda ancha, voz, VoIP, IPTV, etc.)?
- P32.** En vista de los servicios prestados actualmente por los operadores que utilizan la red ASTURCON. ¿Considera que se está aprovechando el potencial de la infraestructura desplegada? A su juicio, ¿cambiaría dicha utilización si más operadores (por ejemplo Telefónica) decidiesen desplegar sus servicios sobre dicha red?
- P33.** Considera que la red ASTURCON puede tener un impacto positivo sobre el futuro despliegue de redes NGA y la competencia en zonas distintas a las áreas donde se ha desplegado (otras zonas rurales, ciudades, etc.).

Modelo de negocio

- P34.** ¿Cuáles son los costes por hogar pasado y por hogar conectados de la red ASTURCON?
- P35.** ¿Cuáles son los valores de ingresos, CAPEX y OPEX? ¿Permite el modelo de negocio actual mantener los costes operativos exclusivamente mediante los ingresos y sin necesidad de recurrir a subvenciones?
- P36.** ¿Es dicho modelo de negocio viable a largo plazo?

Cuestiones técnicas y operativas

- P1.** ¿Qué problemas de índole técnica plantean los operadores para prestar servicios sobre la red ASTURCON?
- P2.** ¿Cuáles fueron las causas principales que determinaron el despliegue de una arquitectura óptica pasiva (PON) frente a una punto a punto (P2P) que permite la desagregación de la fibra y la competencia entre operadores a niveles menores de la red? ¿Han detectado la existencia de demanda de productos de desagregación por parte de los operadores?
- P3.** ¿Permite la red el tratamiento con diferente calidad para distintos servicios? ¿Considera que la existencia de diferentes niveles y precios de QoS puede ser

necesaria para el establecimiento de los modelos de negocio de los operadores en relación a los nuevos servicios?

- P4.** ¿Considera que la gestión de la red de acceso por parte de agentes distintos a los operadores de servicios genera un mayor número de conflicto debido al tratamiento de los procesos de altas, bajas, averías, etc.?

A.2. Principales conclusiones

A continuación se presentan las principales conclusiones y puntos clave resultado del informe GAPTEL 2009.

La evolución de las redes de nueva generación (NGN)

1. Las redes NGN se caracterizan por la conectividad IP extremo a extremo y la separación entre las plataformas de servicios y de conectividad para proporcionar accesibilidad a los usuarios a diferentes proveedores de aplicaciones, así como la modernización de los accesos (NGA) para posibilitar velocidades crecientes de comunicación.
2. La presión competitiva, la necesidad de mayores anchos de banda, la mejora de la eficiencia operativa o las políticas públicas de impulso al despliegue de redes se sitúan como los principales factores impulsores de las NGN. Por el contrario, la incertidumbre sobre el retorno de la inversión, la incertidumbre regulatoria, la falta de demanda de nuevos servicios o la incertidumbre sobre la posición en la cadena de valor de los agentes que efectúan las inversiones en las nuevas redes pueden suponer un importante freno al despliegue.
3. Si bien la evolución tecnológica y comercial, la infraestructura desplegada y las problemáticas que afronte cada agente dependerán de su punto de partida, es previsible la tendencia hacia la convergencia fijo-móvil mediante plataformas comunes. Es necesario, por tanto, el estudio de las NGN desde una perspectiva conjunta fija y móvil.
4. El previsible crecimiento de la banda ancha móvil se sitúa como un elemento muy relevante para el despliegue de las redes NGA. Por un lado, la banda ancha móvil puede establecer una limitación al número de accesos fijos al capturar una parte relevante del mercado, por otro, la necesidad de conectar el creciente número de nodos de las redes móviles a accesos de alta capacidad supondrá un importante elemento de impulso al despliegue de las NGA fijas.

Evolución de los operadores

5. Operadores fijos basados en acceso sobre pares de cobre: La evolución a las NGA es necesaria, tanto por la necesidad de reducir la dependencia de la velocidad ofrecida respecto de la distancia al nodo, como por la mejora de la eficiencia operativa, y la necesaria modernización de las redes. En la mayoría de los casos las elevadas inversiones necesarias no permiten alcanzar las expectativas de retorno buscadas por los operadores, lo que

sitúa la principal problemática en la definición de modelos de negocio que justifiquen la viabilidad de los despliegues.

6. Operadores de cable: Presentan una evolución a las NGA natural y rápida mediante el despliegue de la tecnología DOCSIS 3.0. En aquellas zonas donde ya tienen cobertura, el cable presenta ventajas temporales y de coste marginal frente a los operadores tradicionales. La principal problemática (como otros operadores sin móviles) reside en su capacidad de ofrecer servicios móviles y competir con ofertas integradas.
7. Operadores móviles: Tratan de compensar la caída de ingresos procedentes de los servicios de voz y mensajería mediante el desarrollo de nuevos servicios en torno a la banda ancha e internet móvil. El crecimiento del tráfico y la necesidad una mayor eficiencia en costes obligará a los operadores a evolucionar sus redes actuales mediante la búsqueda de una mayor compartición de infraestructuras, el despliegue en bandas de frecuencias más bajas, el uso de tecnología de acceso LTE y redes de transporte (backhaul) de mayor capacidad basadas en tecnología IP.
8. Operadores fijos basados en desagregación del bucle: La eventual migración de las redes sobre las que prestan servicios a arquitecturas FTTN/VDSL o FTTH obligará al despliegue de infraestructura propia o a la prestación de servicios sobre la oferta mayorista comercial de un operador de infraestructura. Si bien la regulación aplicable jugará un papel clave en la evolución de estos operadores, es necesario alcanzar un equilibrio entre el derecho de estos a continuar ofreciendo servicios, y las trabas a la inversión que pueda implicar.

Situación de los despliegues

9. Los indicadores utilizados actualmente para la medida del desarrollo de las NGA se basan fundamentalmente en los despliegues FTTH y no recogen adecuadamente otras alternativas como FTTN/VDSL, DOCSIS 3.0 o LTE. Se ha detectado la necesidad de utilizar indicadores basados en las capacidades y servicios ofrecidos (ancho de banda, IP extremo a extremo), y no en la tecnología de acceso subyacente. Esto es especialmente relevante para el caso de España, donde dada la cobertura de la red de cable y la corta longitud de los pares (en relación con otros países de nuestro entorno) es previsible que una parte importante del desarrollo de las NGA no esté basada en redes de fibra hasta el hogar.
10. Los países europeos líderes en cobertura y penetración de redes de acceso de nueva generación son Suecia, Noruega, Suiza, Bélgica y Dinamarca, donde entre el 5,8% y el 13,8% de los accesos contratados de banda ancha se realizan sobre redes de nueva generación. Los países más activos en el despliegue de redes durante el 2008 han sido Francia y los Países Bajos.
11. La mayoría de planes europeos de despliegue de redes FTTH han sufrido retrasos y paralizaciones significativas. La penetración en Europa de estas redes se debe principalmente a despliegues ya existentes. El ritmo de despliegue de las redes FTTN/VDSL presenta una notable ralentización

debido a la finalización de los planes de despliegue previstos por los operadores. Finalmente, los operadores de cable han demostrado la capacidad de cubrir porcentajes muy representativos de su cobertura en cortos periodos de tiempo mediante despliegues DOCSIS 3.0.

Aspectos financieros del despliegue

12. El despliegue de las redes de acceso de nueva generación dependerá en gran medida de la capacidad de los operadores de establecer modelos adecuados del retorno de la inversión. Ante la incertidumbre de dicho retorno se observa una tendencia más conservadora en los gastos de capital (CAPEX) por parte de los operadores.
13. La situación actual de mayor control de los costes está generando procesos de compartición tanto de infraestructuras como de inversión y de riesgos. Detrás de estos procesos subyace el debate sobre el valor diferencial de la red y la viabilidad de modelos de co-competición, en los que diferentes agentes competidores colaboran en el desarrollo de una misma infraestructura y desplazan el valor otros elementos. Dicho debate permanece abierto para las nuevas redes.

Incentivos públicos

14. Los incentivos públicos deberán aplicarse con el máximo respeto a las normativas de buenas prácticas, evitando la distorsión del mercado y que se impida el desarrollo de la iniciativa privada. Asimismo, deberán fomentar la competencia a largo plazo por parte de los operadores con infraestructura propia.
15. La mayoría de los países europeos contemplan dentro de sus planes para los próximos años la financiación de redes de nueva generación. En este sentido se han puesto en marcha diversas iniciativas en Europa tanto a nivel nacional (Portugal o Grecia) como a nivel local (Países Bajos, Francia, etc.). Esta situación es extensible a nivel mundial (destacan los casos asiático y de Australia por su relevancia económica) y la ausencia de medidas de impulso puede suponer una desventaja competitiva en relación a dichos países.
16. Sin embargo, para el caso de España, y dada la capacidad inversora de los agentes privados, el foco de los incentivos públicos deberá estar localizado en maximizar los resultados de la financiación pública en las áreas grises y blancas mediante la consulta y el acuerdo con los operadores.

Regulación

17. El alto grado de incertidumbre regulatoria sobre las NGA afecta negativamente a las expectativas de retorno y a la capacidad de inversión de los operadores en nuevas redes. Para alcanzar un escenario de despliegue efectivo es necesario el establecimiento de un marco regulatorio claro, estable y predecible.
18. El marco regulatorio debe considerar las distintas alternativas tecnológicas en la regulación de las NGA, no únicamente los despliegues FTTH o FTTH

sobre los que actualmente se centra el debate principal. Dado el estado inicial de los despliegues, todas las redes capaces de ofrecer servicios NGA deberían contemplar una oferta de servicios mayoristas de base comercial soportando operadores virtuales.

19. Dada la estructura competitiva en el caso de España, la diferenciación regulatoria por mercados geográficos supondría un impulso al despliegue de las NGA en las zonas más competitivas. La regulación debe contemplar un escenario realista que no imponga restricciones heredadas de las redes actuales y que se alinee con la nueva dinámica competitiva del mercado. La flexibilidad en las tecnologías utilizadas y en la planificación del despliegue, la consideración de los diferentes tipos de zonas de despliegue deberían ser principios básicos en una regulación dirigida a incentivar el despliegue de las nuevas redes.

Escenarios para España

20. El análisis de la situación internacional permite identificar a GAPTEL tres tipos de escenarios de despliegue de NGA en función del grado de implicación e impulso de las políticas públicas y la regulación al despliegue de las NGN, estos son los escenarios de continuidad, de impulso y de generalización. No obstante, es necesario señalar que el éxito de los despliegues de NGA estará marcado por otros elementos comerciales y empresariales que trascienden a las políticas públicas y a la regulación.
21. Bajo el escenario de continuidad y de evolución natural, los despliegues de nuevas redes se verán retrasados debido a la presión por contener los costes y a las bajas expectativas de demanda a corto plazo. Los principales esfuerzos inversores se destinarán a la mejora de las redes móviles y es previsible una baja cobertura y penetración de las redes NGA. Este escenario podría situar a España en una situación de desventaja competitiva frente a otros países Europeos.
22. El compromiso de las Administraciones y el Gobierno en medidas específicas, consensuadas con el sector, de impulso y disminución de las barreras a la inversión, junto con el establecimiento de un marco regulatorio estable y favorable a la inversión podrían dar lugar al escenario de impulso. Éste, dirigido desde la competencia entre plataformas con una presencia relevante de las redes móviles y una elevada presión competitiva ejercida por el cable, permitiría alcanzar una mayor penetración y cobertura de los despliegues de NGA. Alcanzar el escenario de impulso se debe considerar como un objetivo estratégico de los principales agentes del sector.
23. Finalmente, el escenario de generalización puede ser descartado para el caso de España, dada la capacidad inversora de los agentes privados presentes en el mercado, a las fuertes repercusiones sobre la estructura del sector y al elevado volumen de gasto público implicado.

A.3. Recomendaciones

Gobierno central y regional

- Diseñar un plan nacional para el despliegue de las redes de acceso y de transporte que defina las líneas básicas de actuación para comunidades autónomas y municipios, de modo que las inversiones tanto públicas como privadas sean eficientes y estén alineadas. Dicho plan debe ser tecnológicamente neutral permitiendo que las decisiones sobre las tecnologías y despliegues recaigan en los operadores para que sean económicamente viables en las áreas que sea posible.
- Maximizar los resultados de la financiación pública en las áreas grises y blancas mediante la consulta a los operadores puesto que son ellos los que mejor conocen las tecnologías que se pueden desplegar y la viabilidad técnica y económica de los despliegues.
- Evitar que las iniciativas de despliegue de redes de inalámbricas o de fibra gratuitas en los municipios impidan o dificulten el desarrollo de un mercado de banda ultra-ancha competitivo por parte de la iniciativa privada.
- Los gobiernos central y regional deben impulsar el despliegue de la nueva generación de redes de acceso mediante políticas de fomento activas. El retraso en el despliegue de las nuevas redes podría poner en riesgo la positiva evolución de la competitividad y productividad del país.
- Fomentar despliegues de infraestructuras públicas que no impidan el desarrollo de la iniciativa privada y la competencia a largo plazo por parte de los operadores con su propia infraestructura.
- Fomentar el despliegue de infraestructuras en zonas geográficas que sin ayudas quedarían al margen del despliegue comercial: las denominadas áreas blancas por la CE. Estas actuaciones deben coordinarse con los operadores para determinar la localización de las áreas donde no habrá despliegue comercial a largo plazo. Los programas de ayuda para el despliegue en zonas donde no llegarán los operadores por cuenta propia deberían adjudicarse de forma transparente y de acuerdo a los procedimientos de licitación pública.
- Reducir los trámites administrativos y las tasas aplicadas a las canalizaciones, tendido de nuevas redes, así como a la instalación de armarios/bastidores en espacios públicos. Dadas las incertidumbres que plantea el despliegue de las nuevas redes de banda ancha y la no uniformidad geográfica del mismo, el marco normativo debería ser más flexible que el aplicado a otras infraestructuras ya consolidadas (agua, luz, electricidad).
- Realizar campañas de ámbito general sobre los beneficios de las nuevas redes y servicios de banda ancha, en la línea de las actuales campañas de sensibilización del Plan Avanza.
- Realizar campañas destinadas al sector empresarial, en particular el relacionado con la economía del conocimiento, que pongan de manifiesto las ventajas de las redes de nueva generación en el desarrollo de sus negocios en la línea de las actuales campañas de sensibilización del Plan Avanza, como el programa NEW.

- Seguimiento del despliegue de las redes de nueva generación en los países de nuestro entorno.
- Analizar y diseñar nuevos indicadores para medir el despliegue de NGN que contemplen las tecnologías más importantes (móviles, FTTx, Cable).
- Estudio de la contribución de las NGN a la economía y la sociedad del conocimiento, a nivel tanto nacional como internacional.
- Estudio de la evolución de la demanda de ancho de banda tanto en hogares como en empresas.

Reguladores

- Gestión del dividendo digital para las nuevas redes para impulsar la banda ancha móvil reduciendo los requisitos de despliegue y mejorando la cobertura en interiores.
- Impulsar, apoyar e incluso financiar planes de renovación de las ICT (de modo similar a planes existentes para modernizar calefacciones, fachadas,...) que permitan a las comunidades de vecinos preparar las infraestructuras de los edificios para las redes de nueva generación.
- Aclarar el marco regulatorio, en colaboración con los agentes del mercado, que incentive el despliegue de las nuevas redes y dinamice el mercado de nuevos servicios.
- Considerar que el despliegue de nuevas redes no será uniforme, sino que se centrará inicialmente las denominadas zonas negras. Definir políticas regulatorias que favorezcan un despliegue adaptado a las áreas, en las zonas blancas la banda ancha móvil será habitualmente el despliegue más eficiente y será necesario una mayor atención en las zonas grises.

Operadores

- Aprovechar las oportunidades basadas en la compartición de infraestructuras (fijas, móviles y convergentes), tanto a nivel físico como a nivel de riesgo e inversión. Dado que no resulta sencillo ni deseable imponer la compartición de forma unilateral desde los poderes públicos, ya sean ayuntamientos o reguladores, es aconsejable que los propios operadores alcancen acuerdos para la compartición de infraestructuras. En las zonas menos pobladas y rentables la compartición puede ser la única forma de llegar a dichas zonas con rentabilidad.
- Impulsar de forma decidida la innovación en servicios y explorar nuevos modelos de negocio ya sean basados en servicios propios o en colaboración con otros proveedores de contenidos y servicios.
- Transmitir a las autoridades municipales las ventajas de las redes de nueva generación. Esta política será más efectiva si la actuación de los operadores cuenta con el apoyo decidido de las autoridades estatales y autonómicas, y los operadores interesados en el despliegue presentan una posición conjunta.
- Seguimiento del despliegue de las redes de nueva generación en los países de nuestro entorno.
- Estudio de la evolución de la demanda de ancho de banda tanto en hogares como en empresas.

- Contribuir a crear un estado de opinión que considere este sector y sus servicios como un sector económico, huyendo de posiciones injustificadas de propuestas de gratuidad o presiones artificiales sobre el nivel de precios.

Otros agentes

- Explorar modelos de negocio que puedan beneficiar conjuntamente al propio proveedor de contenidos y al proveedor de infraestructura. De nada servirá que los nuevos contenidos sean un dinamizador del mercado si el proveedor de infraestructura no encuentra incentivos para soportarlos sobre su red.
- Contribuir a crear un estado de opinión que considere este sector y sus servicios como un sector económico, huyendo de posiciones injustificadas de propuestas de gratuidad o presiones artificiales sobre el nivel de precios. Al igual que cualquier otra actividad, la generalización de las nuevas redes y servicios sólo será posible en un marco de rentabilidad económica donde los precios vengan marcados por el mercado, y no de modo exógeno.

ANEXO B. LA ESCALERA DE INVERSIÓN EN LAS REDES NGA

A continuación se presenta una breve descripción de los productos de acceso y de *backhaul* que componen la escalera de inversión para las redes NGA. Una descripción más exhaustiva de los distintos casos de uso puede encontrarse en (BEREC, 2010). Asimismo, presentan las diferencias entre los distintos productos de acceso disponibles en España, Francia, Reino Unido, Alemania, Países Bajos y Portugal. Los datos presentados han sido obtenidos de (BEREC, 2011), así como de las revisiones de los mercados relevantes de los Estados comparados

B.1. Productos de acceso

Los productos de acceso pueden ser impuestos por las ANR para permitir a un operador entrante hacer uso de parte de la infraestructura ya desplegada por un operador con PSM.

B.1.1. Acceso a la acometida final

Este producto está relacionado con la desagregación del sub-bucle o acometida de cobre en escenarios FTTB así como con el acceso o compartición del tramo final de fibra o cable coaxial en un escenario de FTTH o FTTB/HFC. El operador que alcance el edificio utilizará el tramo de acceso proporcionado por el "operador constructor" o por el condominio. En función del tipo de zona y del despliegue del operador, el punto de acceso podrá estar situado en la base del edificio, o en un punto de distribución intermedio cercano.

Sin embargo, esta obligación de acceso no es siempre aplicable, ya que en algunos estados miembros la acometida final es propiedad de los dueños del inmueble, estando por tanto excluida del mercado 4. Asimismo, al considerarse un elemento estratégico por la dificultad de su replicación, algunos Estados han implementado obligaciones simétricas que afectan a todos los operadores, no solo a aquellos con PSM.

El acceso a la acometida final fue señalado por el ERG como uno de los principales cuellos de botella con posibilidad de generar monopolios locales debido a las dificultades legales, económicas y prácticas del despliegue interior. El

B.1 Productos de acceso

establecimiento de medidas simétricas se ha situado la respuesta en los países analizados que no han establecido obligaciones de desagregación del bucle (como en los Países Bajos) o desagregación virtual (como en Reino Unido)

La siguiente tabla presenta las principales diferencias entre los países analizados:

| País | Disponibilidad | Definición del producto | Obligaciones regulatorias | Control de precios |
|---------------------|--|---|---|--|
| España | Sí, mediante medidas simétricas | Acceso al segmento final desde el punto de distribución en los edificios | Transparencia, no discriminación | Precios razonables |
| Francia | Sí, mediante medidas simétricas | Producto pasivo. Los operadores FT, SFR y Free están obligados a proporcionar un producto de acceso a los edificios en los que hayan desplegado | Oferta de referencia, no discriminación | Tarifas razonables, que cumplan con los principios de no discriminación, objetividad, relevancia y eficiencia. |
| Reino Unido | No hay obligación | | | |
| Alemania | Sí, obligado ya que DT es el propietario del cableado de cobre interior. | Cableado entre el punto de demarcación y el PTR | Oferta de referencia, no discriminación y transparencia | No, sin tarifa fija ya que este producto ha recibido muy poca demanda |
| Países Bajos | No hay obligación | | | |
| Portugal | Sí, mediante medidas simétricas para el acceso de fibra | Acceso al cableado horizontal de la vivienda. El primer operador en desplegar en un edificio instalará al menos 2 fibras por vivienda en el cableado vertical | No discriminación | Distribución de los costes entre los operadores |

Tabla 60. Comparativa de los productos de acceso a la acometida final. Fuente: BEREC

B.1.2. Desagregación desde el punto de distribución intermedio

Los puntos de distribución intermedios son elementos específicos de las redes ópticas que sirven de puntos de concentración, y permiten dar acceso a un conjunto de conexiones finales. Estos nodos se encuentran distribuidos a lo largo de la red de acceso, y el número de hogares accesibles desde cada uno dependerá de la densidad de hogares de la región, y de la distancia entre el nodo y los hogares, de forma que los nodos más cercanos atenderán a menos usuarios finales. En general se encontrarán situados en cabinas a nivel de calle o en cámaras o arquetas subterráneas.

Un operador de FTTH²²⁶ podrá dar acceso a aquellos puntos de distribución intermedios en los que a partir de dicho punto exista un despliegue punto a punto, de forma que haya una conexión dedicada por cada hogar, que podrá ser monofibra

²²⁶ En el caso de los operadores PON el acceso se deberá realizar desde el último nivel de splitter, habitualmente cercano a los hogares y por tanto con pocas conexiones finales. La menor economía de escala en este caso dificultará la viabilidad de los despliegues basados en este producto de acceso. Mientras, el acceso a los puntos de distribución intermedios de un operador que haya desplegado una red punto a punto, podrá realizarse en cualquier nodo de la red, por lo que los operadores entrantes no tendrán incentivos para desagregar a este nivel salvo que hayan realizado un despliegue previo de fibra hasta nodos intermedios.

o multifibra. En ambos casos cada uno de los operadores que desee ganar acceso al segmento final de fibra deberá desplegar su red hasta el punto intermedio, donde deberá instalar un bastidor de distribución de fibra (ODF) propio que permita conectar su red a las fibras específicas que den acceso a sus clientes.

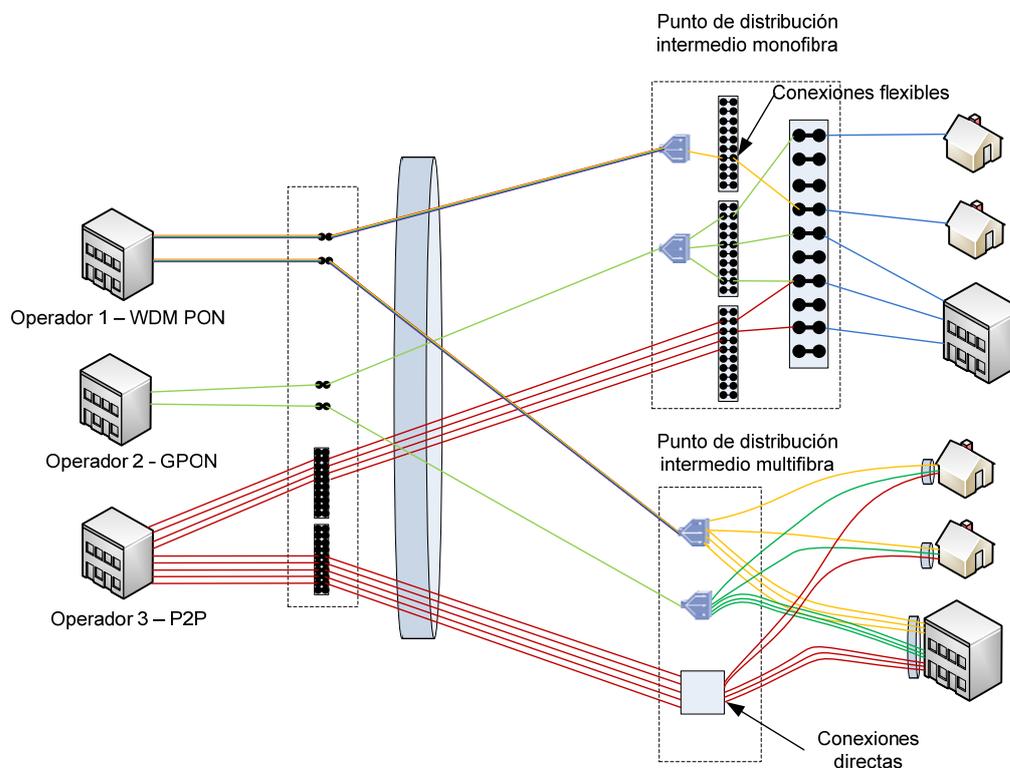


Figura 60: Esquema de desagregación desde el punto de distribución intermedio mediante una red monofibra y multifibra. Fuente: Adaptado a partir de (Analysys Mason, 2009a)

En el caso del despliegue monofibra, será necesaria la intervención de operadores cada vez que se realice un cambio de operador para un cliente dado, aumentando el coste y la predisposición a errores humanos. Su principal ventaja es que es independiente del número de operadores que presten servicio (siempre que el punto intermedio cuente con suficiente espacio). Mientras, en el caso de los despliegues multifibra, hay disponible una fibra por cada operador que preste servicios en la zona, de forma que no es necesaria una conexión manual, disminuyendo el coste de operación y el espacio necesario en el punto intermedio. Por el contrario, los costes de instalación son mayores que en el caso anterior, y el número de fibras desplegadas condicionará la estructura competitiva generada al suponer una importante barrera de entrada para nuevos operadores que no estuviesen usando el producto de acceso.

La desagregación desde puntos de distribución intermedios supone una novedad en las herramientas regulatorias. Pese a la relevancia que le ha dado la Recomendación de la Comisión, solo Francia ha implementado medidas específicas. La viabilidad de dicha desagregación está fuertemente ligada a la arquitectura desarrollada, siendo necesarias medidas específicas sobre el tipo de despliegues a realizar que determinan el tipo de actuación de los agentes privados. La siguiente tabla presenta las principales diferencias entre los países analizados:

B.1 Productos de acceso

| País | Disponibilidad | Definición del producto | Obligaciones regulatorias | Control de precios |
|---------------------|--|---|---|--|
| España | Cubierto en el acceso a la acometida final si el operador despliega el punto de distribución en dominio público en lugar de en el edificio | | | |
| Francia | Sí, mediante medidas simétricas | Producto pasivo de concentración. El punto de concentración debe dar acceso a un mínimo de 300 hogares conectados mediante redes punto a punto. | Obligación de acceso, oferta de referencia, no discriminación | Sí, tarifas razonables, que cumplan con los principios de no discriminación, objetividad, relevancia y eficiencia. |
| Reino Unido | No disponible. Para el caso de sub-bucle se aplicarían las mismas condiciones que para la desagregación desde los armarios intermedios | | | |
| Alemania | El acceso debe ser proporcionado en el punto en el que se pueda realizar la desagregación, sea un punto intermedio o cabina. | | | |
| Países Bajos | No relevante al existir desagregación del bucle óptico | | | |
| Portugal | No disponible | | | |

Tabla 61. Comparativa de los productos de desagregación desde el punto de distribución intermedio. Fuente: BEREC

B.1.3. Desagregación desde los armarios intermedios

Este nivel de acceso se refiere exclusivamente a las redes FTTN/VDSL, siendo el armario el nodo donde se produce la transición entre la fibra y el cobre, y donde los equipos de VDSL se sitúan, siendo un caso de desagregación de sub-bucle, habitualmente contemplada en la regulación de acceso. Si bien la desagregación del sub-bucle está establecida como medida regulatoria en el 60% de los Estados Miembros, múltiples estudios tecno-económicos (ver apartado 2.3.3) han demostrado la dificultad de establecer modelos de negocio viables debido a dificultades técnicas y de economías de escala, al tener que instalar en muchos casos un segundo armario intermedio para instalar los equipos activos VDSL.

La desagregación del sub-bucle es un elemento asimilado en los modelos reguladores europeos, salvo Francia que tiene prevista la incorporación de dicha medida en 2011, todos los países analizados han impuesto la obligación de desagregación del sub-bucle con orientación a costes sobre los operadores incumbentes.

| País | Disponibilidad | Definición del producto | Obligaciones regulatorias | Control de precios |
|---------------------|---|---|--|----------------------|
| España | Sí, obligación sobre Telefónica | Acceso desagregado al sub-bucle a nivel de armario intermedio. Coubicación y backhaul. | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación | Orientación a costes |
| Francia | Prevista una decisión en 2011 para imponer la obligación de acceso al sub-bucle | Acceso al sub-bucle desde los armarios intermedios. Asimismo, ofertas reguladas de coubicación y backhaul. | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia, no discriminación. | Orientación a costes |
| Reino Unido | Sí, obligación sobre BT | Acceso desagregado al sub-bucle a nivel de armario intermedio. Coubicación y backhaul. | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación | Orientación a costes |
| Alemania | Sí, obligación sobre DT | Acceso desagregado al sub-bucle a nivel de armario intermedio. Coubicación de equipamiento en los armarios, si no hay espacio suficiente (habitualmente se pueden coubicar 2 operadores alternativos), DT tiene la obligación de instalar un armario paralelo | Obligación de acceso, oferta de referencia no disponible actualmente, aunque las obligaciones impuestas en los casos individuales por BNetzA sirven de oferta de referencia en la práctica. No discriminación. | Orientación a costes |
| Países Bajos | Sí, obligación sobre KPN | Acceso desagregado al sub-bucle a nivel de armario intermedio. Coubicación y backhaul. | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación | Orientación a costes |
| Portugal | Sí, obligación sobre PT | Acceso desagregado al sub-bucle a nivel de armario intermedio. Los detalles sobre la coubicación y el backhaul aun no se han definido | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación | Orientación a costes |

Tabla 62. Comparativa de los productos de desagregación desde los armarios intermedios. Fuente: BEREC

B.1.4. Desagregación desde la central local

La desagregación física del bucle óptico desde la central local está limitada a despliegues FTTH punto a punto donde existe una fibra dedicada por usuario. En dichos casos el operador alternativo debe de alcanzar la central local con sus redes de fibra para poder ganar acceso a las redes y se conectará a las fibras que correspondan con sus clientes.

En escenarios donde el despliegue realizado sea de redes PON, la desagregación no es posible en términos de fibras individuales, y solo puede ser realizada en términos de longitud de onda mediante soluciones WDM PON. Los sistemas WDM PON permiten proporcionar una capacidad dedicada en un medio compartido como es una red PON, mediante: (i) la separación en longitud de onda de varias redes TDM PON, cada una correspondiente a un operador distinto²²⁷; y (ii) la desagregación por cliente, de forma que cada hogar recibe una capacidad dedicada en una longitud de onda dada y los operadores adaptan la longitud de onda de sus

²²⁷ Sin embargo, las especificaciones espectrales de los estándares actuales solo permitirían la combinación simultánea de una red GPON y una red 10GPON, de forma que dicha solución para más de dos operadores no estaría soportada por los estándares y tendría que ser implementada mediante tecnologías propietarias.

B.1 Productos de acceso

transmisores para alcanzar a los usuarios finales. Como se presento en el apartado 2.2.3, es previsible que los sistemas WDM PON se estandaricen a partir del 2013.

Hasta la fecha solo los Países Bajos han establecido una desagregación completa con control de precios mediante orientación a costes. Otros países como Alemania han planteado la obligación sobre DT, cuyo alcance varía en función del tipo de red que despliegue, y sin imposición control de precios *ex ante*. Por su parte, Reino Unido ha apostado por la "desagregación virtual", una forma de acceso activo que permite un mayor control sobre los servicios desarrollados que los productos de *bitstream* actuales. La siguiente tabla presenta las principales diferencias entre los países analizados:

| País | Disponibilidad | Definición del producto | Obligaciones regulatorias | Control de precios |
|---------------------|--|--|---|--|
| España | No disponible | | | |
| Francia | No disponible | | | |
| Reino Unido | Desagregación virtual, cubierta en el apartado de acceso activo. | | | |
| Alemania | Sí, obligación sobre DT | Depende de la arquitectura desplegada por DT. Para los despliegues P2P la desagregación se regula desde el primer nodo óptico. Para los casos PON, la desagregación se regula desde el último divisor óptico. Asimismo, se contempla la desagregación para los casos de WDM-PON. | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación | No, solo sujeto a regulación <i>ex post</i> |
| Países Bajos | Sí, obligación sobre KPN y Reggefiber | Desagregación del bucle óptico desde la central al ser una infraestructura P2P. Obligación de servicios de ubicación y backhaul | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación | Price cap sobre precios basados en el CAPEX por zonas, prima de riesgo, compartición de riesgos y descuentos por volumen |
| Portugal | No disponible | | | |

Tabla 63. Comparativa de los productos de desagregación del bucle óptico. Fuente: BEREC

B.1.5. Acceso activo

Los productos de acceso activo (o *bitstream*) consisten en un enlace con el hogar de los usuarios finales (sobre cualquier tipo de red) y un servicio de transmisión a un conjunto determinado de puntos de acceso en la red del operador que provee el producto. El nivel de diferenciación y la inversión necesaria para proporcionar servicios mediante este producto dependerá del punto de la red en el que se realice la conexión. Cuanto más cerca del usuario se realice el acceso, mayor será el coste incurrido y mayor será la capacidad de diferenciación.

Si el acceso se realiza en el propio nodo (DSLAM, OLT, MSAN, etc.) o en un nodo de concentración cercano (punto de acceso local), el tráfico será entregado en un protocolo de nivel 2, generalmente Ethernet o ATM, mientras que si el acceso se realiza en algún punto de la red troncal (puntos de acceso regionales o nacionales), el tráfico suele entregarse mediante protocolo IP.

Cuanto más lejos del usuario se entrega el tráfico, más funcionalidades se han incorporado a dicho tráfico, haciéndolo menos flexible. Por ejemplo, mientras que un flujo de nivel 2 Ethernet implica un enlace de transporte transparente entre dos puntos donde se pueden definir niveles de ancho de banda y calidad de servicio, un flujo IP de nivel 3 implica el uso de por parte del operador que presta el producto de equipamiento y restricciones adicionales. No obstante, mediante el acceso a protocolos de mayor nivel se puede reducir el número de puntos de presencia para dar conectividad a una zona.

La existencia de obligaciones para el acceso activo, y más concretamente el tipo de control de precios que se realice supone uno de los elementos clave en el establecimiento de un modelo regulatorio que favorezca la migración de la estructura competitiva actual o que fomente la inversión de los operadores y por ello la competencia entre infraestructuras.

En este sentido, la Recomendación de la Comisión aboga por el establecimiento de servicios de acceso activo con orientación a costes y sujetos al establecimiento de primas de riesgo, así como de elementos de compartición de riesgo. No obstante, los modelos adoptados en Europa difieren en muchos países del enfoque de la Comisión. La siguiente tabla presenta las principales diferencias entre los países analizados:

| País | Disponibilidad | Definición del producto | Obligaciones regulatorias | Control de precios |
|---------------------|--|---|--|--|
| España | Sí, obligación sobre Telefónica. Obligación limitada a servicios de hasta 30 Mbps sobre cualquier infraestructura | Servicios ATM (L2) e IP (L3) para xDSL en acceso regional y nacional. Servicios NEBA basados en Ethernet (L2) para xDSL y FTTH | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación. | Orientación a costes. Precio de servicios NEBA bajo discusión |
| Francia | No disponible para NGA | | | |
| Reino Unido | Sí, obligación sobre BT | La obligación cubre 5 elementos: interconexión local, acceso agnóstico a los servicios proporcionados, acceso ilimitado, control de acceso (tipos de servicios y QoS), y control de los CPEs. | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación. | No, solo sujeto a regulación <i>ex post</i> |
| Alemania | Sí, obligación sobre DT | Servicios de nivel 2 (ATM o Ethernet) y nivel 3 (IP) sobre infraestructuras VDSL y FTTH/H disponibles sobre distintos puntos de acceso. | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación. | No, solo sujeto a regulación <i>ex post</i> |
| Países Bajos | Sí, obligación sobre KPN. Se distinguen dos mercados, el residencial (factores de concurrencia >1:20) y el empresarial (1:20 < 1:1). | Servicios de nivel 2 (ATM sobre VDSL y Ethernet sobre FTTH) en puntos de presencia regionales (no hay obligación en puntos nacionales). | Obligación de acceso, oferta de referencia, transparencia y no discriminación. | Mercado residencial sujeto a regulación <i>ex post</i> . Mercado empresarial sujeto a orientación a costes |
| Portugal | No disponible para NGA | | | |

Tabla 64. Comparativa de los productos de acceso activo. Fuente: BEREC

B.2 Productos de backhaul

La siguiente tabla presenta las características de los productos en relación a los puntos de presencia para los servicios de nivel 2 y nivel 3, si soportan distintos niveles de calidad de servicio, o si soportan servicios multicast.

| País | Puntos de presencia para servicios de nivel 2 | Puntos de presencia para servicios de nivel 3 | ¿Soporta calidad de servicio? | ¿Soporta multicast? |
|---------------------|---|---|--|---|
| España | NEBA (50 puntos en España) | -- | 3 niveles de QoS | No |
| Francia | No disponible | | | |
| Reino Unido | Central local | | Sí, en discusión por la industria | No forma parte de la obligación, pero se espera que el producto permita la construcción de redes multicast. |
| Alemania | Broadband PoP, cerca de los usuarios finales | Puntos de entrega nacional regional | de y | En proceso de elaboración de oferta referencial |
| Países Bajos | | | Best Effort (residencial), best effort o premium (empresarial) | ATM: no disponible Ethernet: Obligatorio pero no disponible IP: Obligatorio pero no disponible Los servicios de multicast (especialmente para difusión de TV) no son parte de la obligación de acceso activo, al no ser KPN operador PSM en dicho mercado. |
| Portugal | No disponible | | | |

Tabla 65. Características de los productos de acceso activo sobre redes NGA. Fuente: BEREC

B.2. Productos de backhaul

Los productos de *backhaul* pueden ser impuestos por las ANR sobre los operadores con PSM para permitir a un operador entrante alcanzar los distintos puntos de la red de acceso para hacer uso de los productos de acceso o desplegar su propia infraestructura. No obstante, es necesario considerar la existencia de más agentes capaces de proporcionar productos de *backhaul* (tales como empresas gestoras de infraestructuras, empresas eléctricas, el propio alcantarillado, etc.), ya sean conductos, fibra oscura o líneas alquiladas, por lo que debería analizarse cuidadosamente la existencia de PSM en dicho mercado, y si resulta pertinente la imposición de obligaciones o si por el contrario la oferta es suficiente para garantizar un mercado de fibra oscura competitivo.

B.2.1. Acceso a conductos y a fibra oscura

El producto de acceso a conductos permite a los operadores alternativos desplegar diferentes tipos de cables (coaxial, pares de cobre o fibra óptica) a través de los conductos e infraestructura asociada (cámaras, arquetas, postes, etc.) del operador PSM para alcanzar cualquiera de los puntos de acceso o alcanzar al usuario final. El acceso a conductos permite a los operadores alternativos no incurrir en costes de ingeniería civil y evitar los trámites administrativos para obtener las autorizaciones para realizar intervenciones sobre la vía pública. No obstante, el desarrollo de este producto mayorista ha llevado asociado una elevada carga regulatoria al ser necesaria la elaboración de las reglas que determinarán cómo se asignará el espacio disponible, la existencia de restricciones al tipo de despliegue que se podrá

realizar, las reglas de ingeniería aplicar, soluciones alternativas para enlaces saturados, reglas operativas, sistemas de información de disponibilidad de conductos, protocolos de solicitud, etc.

Por su parte, el producto de *backhaul* de fibra oscura se basa en la utilización de un segmento de fibra óptica no conectada a ningún equipo de transmisión. Este producto mayorista permite a un operador conectar sus equipos situados en el núcleo de red con cualquier punto de acceso a la red del operador PSM, pudiendo emplearse en escenarios FTTH, FTTB y FTTN para alcanzar distintos puntos (como los armarios intermedios o puntos de distribución intermedios). No obstante, y según señala (BEREC, 2010) en el caso de despliegues FTTH/B la utilización de productos de acceso a conductos y canalizaciones es preferible en términos de coste y eficiencia. La utilización de fibra oscura evita la duplicación de costes debido al reducido coste incremental de tender una fibra adicional cuando se dispone de los conductos y canalizaciones, y por ello suele considerarse como el mecanismo sustitutivo o complementario del acceso a conductos cuando no hay disponibilidad de los mismos.

El acceso a los conductos e infraestructuras, y en algunos casos a la fibra oscura, se ha situado como uno de los principales mecanismos por los que han apostado las ANR para incentivar la inversión de los operadores alternativos. La siguiente tabla presenta las principales diferencias entre los países analizados:

| País | Disponibilidad | Definición del producto | Obligaciones regulatorias | Control de precios | Fibra oscura |
|----------------|---|---|--|--|--|
| España | Sí, Telefónica tiene obligación de proporcionar acceso a la infraestructura civil de la red de acceso. | Acceso a conductos, postes, cámaras y arquetas hasta la entrada del edificio. | Oferta de referencia, transparencia, no discriminación. | Orientación a costes | En caso de no existir espacio disponible, Telefónica debe proporcionar dicho espacio mediante fibra oscura. El servicio no ha sido puesto en práctica aún, y no se han definido sus precios. |
| Francia | Sí, FT debe proporcionar acceso a su sistema de conductos para el despliegue de infraestructuras FTTx alternativas. | Acceso a todos los conductos del bucle local, desde la central hasta los armarios intermedios, y de estos hasta los hogares. Acceso a cámaras y arquetas. | Oferta de referencia, transparencia (mapas sobre los conductos disponibles), no discriminación (FT debe utilizar dicho sistema para la reserva de espacio de su propio despliegue FTTH). En caso de escasez de conductos, FT debe proponer alternativas. | Orientación a costes. En zonas de alta densidad de población, el precio se adapta al volumen. Mientras, en zonas menos densamente pobladas el precio es fijo fomentando la compartición. | El acceso a fibra oscura no está contemplado en la regulación. |

B.2 Productos de backhaul

| | | | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|---|---|
| Reino Unido | Sí, obligación adoptada sobre BT en la última revisión del mercado 4 (octubre 2010) | Obligación de acceso a conductos y postes. | de a referencia y proceso de discusión por la industria), no discriminación, transparencia. | Oferta de (en proceso de discusión por la industria), no discriminación, transparencia. | Orientación a costes. Se distingue entre licencias de 5 y 10 años. | No disponible |
| Alemania | Sí, obligación sobre DT de proporcionar al sistema de conductos. | Acceso a los conductos entre la central local y el armario intermedio. El producto de acceso a conductos se considera un anexo del producto de desagregación de los armarios intermedios. | Transparencia (información sobre capacidades disponibles), no discriminación. | | | En caso de no existir espacio disponible, DT debe proporcionar dicho espacio mediante fibra oscura. |
| Países Bajos | Disponible para acceso. | backhaul y conexión con el núcleo de red. No utilizado para la red de acceso. | | | | |
| Portugal | Sí, inicialmente obligatorio sobre PT no por determinación de PSM sino por las Leyes portuguesas. Desde 2009 también se determino dicha obligación en base a la revisión del mercado 4. | Acceso a conductos y a infraestructura asociada (postes, cámaras, arquetas, etc.). Oferta de referencia disponible con manuales técnicos y de procedimientos. | Oferta de referencia, transparencia, no discriminación. | Estimación de costes top-down | Fibra oscura proporcionada por PT de forma voluntaria caso por caso (sin oferta de referencia nacional). En 2010 se determino que deberá tener las intenciones de terceros operadores en cuenta para el dimensionamiento de la capacidad de los conductos, así como de instalar fibra oscura en caso de escasez de espacio vacante. | |

Tabla 66. Comparativa de los productos de acceso a conductos y a fibra oscura. Fuente: BERECE

B.2.2. Líneas alquiladas

Las líneas alquiladas se utilizan como un acceso activo de backhaul entre dos puntos usando tecnologías de transporte como Ethernet o SDH. Este producto permite al operador alternativo alcanzar distintos puntos en cualquier escenario (FTTH, FTTB o FTTN) y de forma transparente a la tecnología de transmisión empleada

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Círculos virtuoso y vicioso de desarrollo. Fuente: (MIT, 2005)..... | 10 |
| Figura 2. Morfologías urbanas para una misma densidad de hogares..... | 35 |
| Figura 3. Procedimiento de resolución de problemáticas propuesto para la Tesis Doctoral..... | 36 |
| Figura 4. Proceso de simulación y análisis del despliegue de redes NGA propuesto | 37 |
| Figura 5. Esquema de redes de acceso de próxima generación. Fuente: (GAPTEL, 2009) | 46 |
| Figura 6. Velocidades descendentes en función de la distancia de las tecnologías ADSL2+, VDSL1 y VDSL2. Fuente: (Álvarez-Campana et al., 2009) | 48 |
| Figura 7. Arquitectura FTTN/VDSL2..... | 49 |
| Figura 8. Estructura de una red HFC. Fuente: (Álvarez-Campana et al., 2009) | 50 |
| Figura 9. Arquitectura HFC/DOCSIS 3.0..... | 51 |
| Figura 10. Split lógico y físico en la mejora del ancho de banda en redes HFC. Fuente: Elaboración propia | 52 |
| Figura 11: Arquitectura de una red FTTH/PON | 55 |
| Figura 12. Estrategias de optimización de los despliegues PON según la posición de los splitters. Fuente: adaptación a partir de (Tsubokawa, 2009) | 56 |
| Figura 13: Arquitectura de una red FTTH/PON | 59 |
| Figura 14. Evolución de los accesos NGA y de la penetración sobre el total de banda ancha. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores..... | 67 |
| Figura 15. Accesos NGA y evolución del crecimiento en distintas regiones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. | 68 |
| Figura 16. Crecimiento de los accesos NGA por región y plataforma. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. | 69 |
| Figura 17. Crecimiento de los hogares pasados por redes NGA por región y plataforma. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. | 70 |
| Figura 18. Evolución del número de clientes y de hogares pasados por redes NGA en Europa. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. . | 74 |
| Figura 19. Penetración de los servicios sobre plataformas NGA sobre el total de banda ancha de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. | 76 |
| Figura 20. Penetración de los servicios sobre plataformas NGA sobre 100 hogares de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. | 76 |
| Figura 21. Cobertura de las distintas plataformas NGA de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores..... | 77 |
| Figura 22. Comparativa del índice de adopción de servicios sobre plataformas NGA por regiones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. | 77 |

| | |
|---|-----|
| Figura 23. Índice de adopción de servicios sobre plataformas NGA de los distintos países de Europa Occidental. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IDATE y operadores. | 78 |
| Figura 24. Escalera de inversión para el entorno NGA. Fuente: (ERG, 2009)..... | 93 |
| Figura 25. Planes nacionales de banda ancha, objetivos y duración. Fuente: (BEREC, 2011)..... | 113 |
| Figura 26. Dimensionamiento aplicado a los distintos tramos de red NGA para la prestación de servicios | 128 |
| Figura 27. Estructura del modelo COSTA..... | 129 |
| Figura 28. Subdivisión recursiva en niveles cuadrados realizada por el modelo COSTA..... | 132 |
| Figura 29. Cálculo de las dimensiones de la estructura geométrica | 133 |
| Figura 30. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma FTTN/VDSL..... | 134 |
| Figura 31. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma FTTH/GPON | 137 |
| Figura 32. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma FTTH/P2P | 138 |
| Figura 33. Arquitectura considerada para el dimensionamiento de la plataforma HFC/DOCSIS 3.0 | 140 |
| Figura 34. Proceso seguido en la obtención de los geotipos representativos | 150 |
| Figura 35. Distribución de geotipos en España | 153 |
| Figura 36. Cobertura previa de cable considerada | 158 |
| Figura 37. Regiones identificadas en el caso base según la viabilidad de competencia en infraestructuras | 167 |
| Figura 38. Coste y beneficio mensual por usuario para un take-up del 25% | 169 |
| Figura 39. Función de costes para los geotipos 14, 12, 8 y 4..... | 170 |
| Figura 40. Distribución de los costes mensuales para los geotipos 14, 12, 8 y 4 con un take-up del 25%..... | 172 |
| Figura 41. Coste y beneficio de los despliegues viables en las regiones con cobertura previa de cable según el escenario base | 173 |
| Figura 42. Coste y beneficio de los despliegues viables en las regiones sin cobertura previa de cable según el escenario base | 173 |
| Figura 43. CAPEX por usuario para un take-up del 25% | 174 |
| Figura 44. Inversión acumulada del despliegue de ámbito nacional para un take-up del 25%..... | 175 |
| Figura 45. Evolución del CAPEX por hogar conectado en función del take-up de la red..... | 176 |
| Figura 46. CAPEX por usuario para despliegues viables bajo la situación competitiva actual | 177 |
| Figura 47. Número de despliegues en competencia en los escenarios de sensibilidad de la cuota de mercado | 179 |
| Figura 48. Coberturas alcanzadas por los diferentes agentes en los escenarios de sensibilidad de la cuota de mercado | 180 |
| Figura 49. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del nivel de adopción de los servicios NGA..... | 182 |
| Figura 50. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del ARPU | 184 |

| | |
|--|-----|
| Figura 51. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación de la demanda de tráfico | 185 |
| Figura 52. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del coste de la red de backhaul..... | 186 |
| Figura 53. Estructura competitiva por número de despliegues paralelos en el caso de variación del coste del capital | 187 |
| Figura 54. Cobertura viable de redes FTTH/P2P mediante inversión conjunta..... | 190 |
| Figura 55. Estructura competitiva en el caso de inversión conjunta de varios operadores para un escenario de igual reparto de cuotas | 190 |
| Figura 56. Estructura competitiva en el caso de inversión conjunta de varios operadores para un escenario de desigual reparto de cuotas..... | 191 |
| Figura 57. Coberturas para el caso base | 195 |
| Figura 58. Coberturas para el caso de inversión conjunta y consolidación | 196 |
| Figura 59. Coberturas para el caso de escenario regulatorio que desincentive la inversión..... | 197 |
| Figura 60: Esquema de desagregación desde el punto de distribución intermedio mediante una red monofibra y multifibra. Fuente: Adaptado a partir de (Analysys Mason, 2009a)..... | 241 |

Índice de tablas

| | |
|--|-----|
| Tabla 1. Metodologías de modelado y simulación cuantitativa. Fuente: (Sigurdsson, 2007) | 31 |
| Tabla 2: Características de las tecnologías GPON. Fuente: (Analysys Mason, 2010) | 58 |
| Tabla 3: Tecnologías Ethernet P2P sobre fibra Fuente: (Analysys Mason, 2010)... | 60 |
| Tabla 4. Cuotas de mercado de los operadores de cable en sus zonas de cobertura. Fuente (Soria et al., 2011) | 63 |
| Tabla 5. Accesos NGA por regiones y tecnologías. Fuente: IDATE y operadores. .. | 68 |
| Tabla 6. Hogares pasados por redes NGA por regiones y tecnologías. Fuente: IDATE y operadores. | 69 |
| Tabla 7. Principales operadores europeos por número de clientes de servicios sobre plataformas NGA. Fuente: IDATE | 78 |
| Tabla 8. Posibles combinaciones de productos de acceso y de backhaul en función de la arquitectura desplegada por el operador PSM. Fuente: Elaboración propia... | 93 |
| Tabla 9. Elementos de coste considerados en el modelo tecno-económico..... | 128 |
| Tabla 10. Ejemplo de la distribución de nodos de agregación y de enlaces de agregación | 132 |
| Tabla 11. Ecuaciones para el cálculo de las infraestructuras y portadores | 134 |
| Tabla 12. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma FTTH/VDSL..... | 135 |
| Tabla 13. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma FTTH/VDSL..... | 136 |
| Tabla 14. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma FTTH/GPON | 137 |
| Tabla 15. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma FTTH/GPON | 138 |
| Tabla 16. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma FTTH/P2P | 139 |
| Tabla 17. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma FTTH/P2P | 140 |
| Tabla 18. Infraestructuras consideradas en los enlaces de agregación de la plataforma HFC/DOCSIS 3.0 | 141 |
| Tabla 19. Infraestructuras y equipos considerados en los nodos de agregación de la plataforma HFC/DOCSIS 3.0 | 142 |
| Tabla 20. Parámetros de coste de los elementos tipo portadores | 145 |
| Tabla 21. Parámetros de coste de los elementos tipo infraestructuras | 146 |
| Tabla 22. Parámetros de coste de los elementos tipo nodos específicos | 147 |
| Tabla 23. Parámetros de coste de los elementos tipo equipos de cliente, conmutación, transporte y servicios, comercial. | 148 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 24. Características de las franjas empleadas para la división de los municipios por población | 150 |
| Tabla 25. Variables consideradas para el análisis geográfico | 151 |
| Tabla 26. Variables empleadas para el análisis geográfico por franja de población | 152 |
| Tabla 27. Características principales de los geotipos obtenidos..... | 152 |
| Tabla 28. Valores acumulados de municipios, población, superficie, superficie urbana, viviendas y locales, y edificios para los diferentes geotipos identificados. | 153 |
| Tabla 29. Estructura jerárquica de los geotipos empleados | 154 |
| Tabla 30. Plataformas modeladas | 155 |
| Tabla 31. Resumen de los geotipos considerados | 156 |
| Tabla 32. Porcentajes de reutilización de infraestructuras aplicado al despliegue del operador incumbente | 156 |
| Tabla 33. Cobertura previa de despliegue de cable | 157 |
| Tabla 34. Parámetros de dimensionamiento de los servicios considerados. Fuente: Elaboración propia a partir de (OASE, 2010a), (K. Casier, 2009) y ofertas de operadores..... | 158 |
| Tabla 35. Adopción de servicios NGA sobre el total de accesos de banda ancha. Fuente: Elaboración propia a partir de (ISDEFE, 2009) | 159 |
| Tabla 36. Distribución de los servicios entre las categorías legacy y NGA. Fuente: Elaboración propia a partir de (OASE, 2010a), (K. Casier, 2009),(ISDEFE, 2009) y (Sigurdsson, 2007)..... | 159 |
| Tabla 37. Penetración de la banda ancha por geotipo. Elaboración propia a partir de (La CAIXA, 2011) | 160 |
| Tabla 38. ARPU considerado para las diferentes plataformas. Fuente: Elaboración propia a partir de (K. Casier, 2009), (CMT, 2011b), ofertas de operadores..... | 160 |
| Tabla 39. ARPU empleado en el análisis del caso base | 161 |
| Tabla 40. Cuotas de mercado estimadas. Fuente: Elaboración propia a partir de (CMT – Situación competitiva), (CMT – Informe anual..... | 162 |
| Tabla 41. Cuotas mínimas de mercado para el escenario base | 164 |
| Tabla 42. Plataformas viables en el caso base en las regiones con cobertura previa de cable..... | 166 |
| Tabla 43. Plataformas viables en el caso base en las regiones sin cobertura previa de cable..... | 167 |
| Tabla 44. Alcance de los despliegues de redes NGA los distintos operadores en el escenario base..... | 168 |
| Tabla 45. Niveles de inversión, cobertura y CAPEX por usuario medio de los despliegues viables bajo la situación competitiva actual | 177 |
| Tabla 46. Escenarios de variación de la cuota de mercado considerados | 179 |
| Tabla 47. Cuotas críticas en el caso de variación del nivel de adopción de los servicios NGA | 182 |
| Tabla 48. Cuotas críticas en el caso de variación del nivel de ARPU | 184 |
| Tabla 49. Cuotas críticas en el caso de variación de la demanda de tráfico..... | 185 |
| Tabla 50. Cuotas críticas en el caso de variación del coste de la red de backhaul | 186 |
| Tabla 51. Cuotas críticas en el caso de variación del coste del capital..... | 187 |
| Tabla 52. Cuotas críticas para el caso de inversión conjunta en redes FTTH/P2P para un escenario de igualdad de las cuotas de adopción. | 189 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 53. Inversión para el despliegue conjunto en el caso de igual reparto de cuotas | 192 |
| Tabla 54. Inversión necesaria para el despliegue conjunto de plataformas FTTH/P2P en el caso de un desigual reparto de cuotas | 192 |
| Tabla 55. Coberturas alcanzables bajo los diferentes escenarios considerados..... | 199 |
| Tabla 56. Parámetros financieros del segmento fijo (telefonía, banda ancha, servicios corporativos, audiovisual) de los principales operadores españoles para el ejercicio 2010. Fuente: CMT, Datos de los operadores | 199 |
| Tabla 57. Principales parámetros de las inversiones consideradas..... | 200 |
| Tabla 58. Comité de expertos que participaron en el informe GAPTEL “El reto del despliegue de las Redes de Nueva Generación”..... | 222 |
| Tabla 59. Relación de expertos entrevistados durante el proceso de elaboración de la Tesis Doctoral..... | 223 |
| Tabla 60. Comparativa de los productos de acceso a la acometida final. Fuente: BEREC | 240 |
| Tabla 61. Comparativa de los productos de desagregación desde el punto de distribución intermedio. Fuente: BEREC | 242 |
| Tabla 62. Comparativa de los productos de desagregación desde los armarios intermedios. Fuente: BEREC | 243 |
| Tabla 63. Comparativa de los productos de desagregación del bucle óptico. Fuente: BEREC | 244 |
| Tabla 64. Comparativa de los productos de acceso activo. Fuente: BEREC | 245 |
| Tabla 65. Características de los productos de acceso activo sobre redes NGA. Fuente: BEREC..... | 246 |
| Tabla 66. Comparativa de los productos de acceso a conductos y a fibra oscura. Fuente: BEREC..... | 248 |

Acrónimos

A

| | |
|-----------|---|
| ADSL | Asymmetric DSL |
| AL | Aggregation Link |
| ALA | Active Line Access |
| AN | Aggregation Node |
| Anacom | Autoridade Nacional de Comunicações |
| ANC | Autoridad Nacional de Competencia |
| ANR | Autoridad Nacional de Regulación |
| ARCEP | L'Autorité de Régulation des Communications Électroniques et des Postes |
| ARPU | Average Revenue Per User |
| ASTURCIÓN | Red Astur de Comunicaciones Ópticas Neutras |

B

| | |
|--------|--------------------------|
| BEREC | Average Revenue Per User |
| BKUD | Broadband Delivery UK |
| BNetzA | BundesNetzAgentur |
| BPON | Broadband PON |

C

| | |
|-------|--|
| CAPEX | Capital Expenditures |
| CE | Comisión Europea |
| CMT | Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones |
| CMTS | Cable Modem Termination System |
| COSTA | COSTes de redes de Acceso |
| CPE | Customer Premises Equipment |

D

| | |
|--------|---|
| DOCSIS | Data Over Cable Service Interface Specification |
| DSL | Digital Subscriber Line |
| DSLAM | DSL Access Multiplexer |
| DWDM | Dense Wavelength Division Multiplexing |

E

| | |
|--------|---|
| EBITDA | Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization |
| ECTA | European Competitive Telecommunication Association |
| EPON | Ethernet PON |
| ERG | European Regulators Group |
| ETNO | European Telecommunications Network Operators' Association |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute |

F

| | |
|------|-----------------------------------|
| FCC | Federal Communications Commission |
| FSAN | Full Service Access Network |
| FTTB | Fibre To The Building |
| FTTC | Fibre To The Curb |
| FTTH | Fibre To The Home |
| FTTN | Fibre To The Node |
| FTTx | Fibre To The X |

G

| | |
|--------|---|
| GAPTEL | Grupo de Análisis y Prospectiva del sector de las Telecomunicaciones |
| GEPON | Gigabit Ethernet PON |
| GIT | Gestión de Infraestructuras Públicas de Telecomunicaciones del Principado de Asturias |
| GPON | Gigabit-capable PON |
| GRETEL | Grupo de Regulación de las Telecomunicaciones |

H

| | |
|------|----------------------------|
| HDTV | High Definition Television |
| HFC | Hybrid Fibre-Coaxial |

I

| | |
|------|---|
| ICT | Infraestructura Común de Telecomunicaciones |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| INE | Instituto Nacional de Estadística |
| IMS | IP Multimedia Subsystem |
| IP | Internet Protocol |
| IPTV | Internet Protocol Television |
| ISP | Internet service provider |
| ITU | International Telecommunication Union |

L

| | |
|------|---------------------------|
| LAN | Local Area Network |
| LRIC | Long Run Incremental Cost |
| LTE | Long Term Evolution |

M

| | |
|------|-------------------------------|
| MPLS | Multiprotocol Label Switching |
|------|-------------------------------|

N

| | |
|--------|--|
| NEBA | Nuevo Servicio Ethernet de Banda Ancha |
| NGA | Next Generation Access |
| NGAN | Next Generation Access Network |
| NGN | Next Generation Network |
| NG-PON | Next Generation PON |
| NOT | Nodo Óptico Terminal |

O

| | |
|-------|---|
| OCDE | Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos |
| ODF | Optical Distribution Frame |
| ODN | Optical Distribution Network |
| OFCOM | Office of Communications |
| OLT | Optical Line Terminal |
| ONT | Optical Network Termination |
| ONU | Optical Network Unit |
| OPEX | Operational Expenditures |

P

| | |
|------|--------------------------------|
| P2P | Point To Point |
| PIA | Physical Infrastructure Access |
| PON | Passive Optical Network |
| PSM | Poder Significativo de Mercado |
| RFoG | Radio Frequency over Glass |

R

| | |
|------|----------------------------|
| ROM | Repartidor Óptico Modular |
| RFoG | Radio Frequency over Glass |

S

| | |
|-----|-------------|
| STB | Set Top Box |
|-----|-------------|

T

| | |
|------|-------------------------------|
| TDM | Time Division Multiplexing |
| TDMA | Time Division Multiple Access |
| TIR | Tasa Interna de Retorno |

V

| | |
|------|--------------------------------|
| VAN | Valor Actual Neto |
| VDSL | Very high bit-rate DSL |
| VULA | Virtual Unbundled Local Access |

W

| | |
|-------|---|
| WACC | Weighted Average Cost of Capital |
| WDM | Wavelength Division Multiplexing |
| WiMAX | Worldwide Interoperability for Microwave Access |

Referencias bibliográficas

- Abbott, C. R. (1990). Early 1990's deployment of fiber optics to the home. *Communications, 1990. ICC '90, Including Supercomm Technical Sessions. SUPERCOMM/ICC '90. Conference Record., IEEE International Conference on*, 1545-1549 vol.4.
- Albon, R. (2010). *National broadband deployment approach: Australia. presentation berlin, 26–27 april 2010. Available at: [Http://www.wik.org/fileadmin/Konferenzbeitraege/2010/National_Strategies/Albon_ACCC_WIK_Ultrabroadband_Conference_2010.pdf](http://www.wik.org/fileadmin/Konferenzbeitraege/2010/National_Strategies/Albon_ACCC_WIK_Ultrabroadband_Conference_2010.pdf)*
- Alcatel-Lucent. (2007). "How to get ahead in IPTV..." *A guide to setting up an IPTV service. whitepaper*
- Álvarez-Campana, M., Berrocal, J., González, F., Pérez, R., Román, I., & Vázquez, E. (2009). *Tecnologías de banda ancha y convergencia de redes* Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (España).
- Amendola, G. B., Castelli, F., & Serdengecti, P. (2007). Is really functional separation the next milestone in telecommunications (de)regulation? . *International Telecommunications Society 18th European Regional Conference, Istanbul, Turkey.*
- Amendola, G. B., Pupillo, L. (2008). The Economics of Next Generation Access Networks and Regulatory Governance: Towards Geographic Patterns of Regulation. *Communications & Strategies*, 69, 85-105.
- Analysys. (2007a). *The business case for sub-loop unbundling in the netherlands. final report for OPTA*
- Analysys. (2007b). *The business case for sub-loop unbundling in dublin. final report for ComReg*
- Analysys. (2007c). *Modelo de costes de un operador de red fija en dinamarca. actualizado 2007*
- Analysys Mason. (2008a). *The costs of deploying fibre-based next-generation broadband infrastructure. final report for the broadband stakeholder group. available at: [Http://www.broadbanduk.org/index.php?option=com_content&task=view&id=303&Itemid=7](http://www.broadbanduk.org/index.php?option=com_content&task=view&id=303&Itemid=7)*
- Analysys Mason. (2008b). *Models for efficient and effective public sector interventions in next-generation broadband access networks. final report for the broadband stakeholder group. available at: [Http://www.broadbanduk.org/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,1008/Itemid,63/](http://www.broadbanduk.org/component/option,com_docman/task,doc_view/gid,1008/Itemid,63/)*

- Analysys Mason. (2009a). *Competitive models in GPON. final report for ofcom. ref: 15340-493.* available at: [Http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/research/technology-research/Analysys Mason GPON Final R1.pdf](http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/research/technology-research/Analysys_Mason_GPON_Final_R1.pdf)
- Analysys Mason. (2009b). *Final report for ofcom. telecoms infrastructure access. sample survey of duct access.*
- Analysys Mason. (2010). *Fibre capacity limitations in access networks. final report for ofcom*
- Ananasso, F. (2009). Broadband NGNs: The evolution of smart homes. *National Telecommunications Regulatory Authority (NTRA) Annual Conference. the Era of Internet Broadband: Innovations of Today and Technologies of Tomorrow*, Sharm el Sheikh, 29 April.
- Anderberg, M. R. (1973). *Cluster analysis for application*. New York: Academic Press.
- Arthur D. Little. (2009a). *The moment of truth. cable infrastructure as a competitive next generation access (NGA) platform in a financial crunch?*
- Arthur D. Little. (2009b). Reviving the fixed line.
- AT Kerney. (2010). *A viable future model for the internet. investment, innovation and more efficient use of the internet for the benefit of all sectors of the value chain.* available at: [Http://www.atkearney.com/index.php/Publications/a-viable-future-model-for-the-internet.html](http://www.atkearney.com/index.php/Publications/a-viable-future-model-for-the-internet.html)
- Atkinson, R. D. (2007). Framing a national broadband policy. *CommLaw Conspectus*, 16(1), 145-177.
- Atkinson, R., & Schultz, I. (2009). *Broadband in america. where it is and where it is going (according to broadband service providers). preliminary report prepared for the staff of the FCC's omnibus broadband initiative. by robert C. atkinson & ivy E. schultz.*
- Atkinson, R. D. (2011). Economic doctrines and network policy. *Telecommunications Policy*, 35(5), 413-425. doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2011.03.003
- Atkinson, R. D., Correa, D. K., & Hedlund, J. A. (2008). *Explaining international broadband leadership* The Information Technology & Innovation Fundation (ITIF).
- Bacache, M., Bourreau, M., & Gaudin, G. (2011). Dynamic entry and investment in new infrastructures: Empirical evidence from the telecoms industry. *SSRN eLibrary*,
- Balakrishnan, A., Magnanti, T. L., Shulman, A., & Wong, R. T. (1991). Models for planning capacity expansion in local access telecommunication networks. *Annals of Operations Research*, 33(4), 237-284.
- Ballon, P. (2009). The platformisation of the european mobile industry . *Communications & Strategies*, 75, 15-33.
- Ballon, P., & Van Heesvelde, E. (2011). ICT platforms and regulatory concerns in europe. *Telecommunications Policy*, 35(8), 702-714. doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2011.06.009
- Banerjee, A., & Sirbu, M. (2005). Towards a technologically and competitively neutral fiber-to-the-home (FTTH) infrastructure. In *Broadband services* (pp. 119-139) John Wiley & Sons, Ltd. doi:10.1002/0470022515.ch8

- Bauer, J. M. (2009). Transformations of the state in telecommunications. *SSRN eLibrary*,
- Bauer, J. M. (2010). Regulation, public policy, and investment in communications infrastructure. *Telecommunications Policy*, 34(1-2), 65-79. doi:10.1016/j.telpol.2009.11.011
- Beardsley, S., Enriquez, L., Güvendi, M., & Sandoval, S. (2011). Creating a fiber future: The regulatory challenge. In *The global information technology report 2010-2011* (pp. 99-108) World Economic Forum.
- Becker, G., & Carlton, D. (2010). *Declaration of gary S. becker and dennis W. carlton. attachment A of the comments of verizon to FCC GN docket no. 09-191 and WC docket no. 07-52.*
- BEREC. (2010). *BEREC report on NGA wholesale products. BoR (10) 08*
- BEREC. (2011). *Next generation access – collection of factual information and new issues of NGA roll-out. BEREC BoR (11) 06*
- Berkman Center for Internet & Society. (2010). *Next generation connectivity. A review of broadband internet transitions and policy from around the world. berkman center for internet & society at harvard university*
- Berners-Lee, T. (2011). Net neutrality: This is serious. In J. Pérez (Ed.), *Net neutrality: Contributions to the debate* (pp. 155-157). Madrid: Editorial Ariel y Fundación Telefónica con la colaboración de la Editorial Planeta.
- BOE. (2011). *Real Decreto 458/2011, de 1 de abril, sobre actuaciones en materia de espectro radioeléctrico para el desarrollo de la sociedad digital.*
- Bonilla, M. L., Barbosa, F. R., & Moschim, E. (2009). Techno-economical comparison between GPON and EPON networks. *Innovations for Digital Inclusions, 2009. K-IDI 2009. ITU-T Kaleidoscope: 1-5.*
- Bouras, C., Gkamas, A., Papagiannopoulos, J., Theophilopoulos, G., & Tsiatsos, T. (2009). Broadband municipal optical networks in greece: A suitable business model. *Telematics and Informatics*, 26(4), 391-409. doi:DOI: 10.1016/j.tele.2009.03.003
- Bourreau, M., Cambini, C., & Hoernig, S. (2010). National FTTH plans in france, italy and portugal. *Communications and Strategies, no.78, no.2, Pp.107-126, 2010,*
- Braunstein, Y. M. (2004). Cost proxy models and telecommunications policy: A new empirical approach to regulation. *Information Economics and Policy*, 16(2), 311-313. doi:10.1016/j.infoecopol.2004.01.001 ER
- BREAD. (2006). *Techno-economic study. FP6-IST-507554/COM/R/Pub/D2.4-3.4*
- Breuer, D., Geilhardt, F., Hülsgermann, R., Kind, M., Lange, C., Monath, T., & Weis, E. (2011). Opportunities for next-generation optical access. *Communications Magazine, IEEE*, 49(2), s16-s24.
- BSG. (2007). *Pipe dreams? prospects for next generation broadband deployment in the UK. broadband stakeholders group.*
- Cable Europe. (2010). *EU road to accelerated ICT investment: It's in "the mix". cable europe press release 20/09/2010. available at: <http://www.cableeurope.eu/index.php?mact=MediaRoom,cntnt01,details,0&cntnt01documentid=123&cntnt01returnid=156>*
- Caio, F. (2008). *Review of barriers to investment in next generation acces. the next phase of broadband UK: Action now for long term competitiveness*

- Cambini, C., & Jiang, Y. Y. (2009). Broadband investment and regulation: A literature review. *Telecommunications Policy*, 33(10-11), 559-574. doi:10.1016/j.telpol.2009.08.007 ER
- Casier, K. (2009). *Techno-economic evaluation of a next generation access network deployment in a competitive setting*. Ph.D. Thesis. Ghent University. Faculty of Engineering).
- Casier, K., Verbrugge, S., Lannoo, B., Ooteghem, J. V., & Demeester, P. (2011). Improving the FTTH business case. benefits of an holistic approach. *The Journal of the Institute of Telecommunications Professionals*, 5(1), 46-53.
- Casier, K., Verbrugge, S., Meersman, R., Colle, D., Pickavet, M., & Demeester, P. (2008). Techno-economic evaluations of FTTH roll-out scenarios (invited paper). *Proceedings of NOC2008, the 13th European Conference on Networks and Optical Communications*, Krems, Austria. 1 - 3 July. 113-120.
- Casier, K., Lannoo, B., Ooteghem, J. V., Verbrugge, S., Colle, D., Pickavet, M., & Demeester, P. (2009a). Economics of FTTH: A comparative study between active and passive optical networks. *Proceedings of the Federation of Telecommunications Engineers of the European Union (FITCE) 48th Congress*, Prague, Czech Republic. 3 - 5 september 2009. 35-39.
- Casier, K., Lannoo, B., Ooteghem, J. V., Verbrugge, S., Colle, D., Pickavet, M., & Demeester, P. (2009b). Game-theoretic optimization of a fiber-to-the-home municipality network rollout. *J.Opt.Commun.Netw.*, 1(1), 30-42. doi:10.1364/JOCN.1.000030
- Cava-Ferreruela, I., & Alabau-Munoz, A. (2006). Broadband policy assessment: A cross-national empirical analysis. *Telecommunications Policy*, 30(8-9), 445-463. doi:10.1016/j.telpol.2005.12.002
- Cave, M. (2006). Encouraging infrastructure competition via the ladder of investment. *Telecommunications Policy*, 30(3-4), 223-237. doi:10.1016/j.telpol.2005.09.001 ER
- Cave, M. (2008). *Building the broadband network. Australia's broadband future: Four doors to greater competition. commite for the economic development of australia (CEDA) n° 60*
- Cave, M. (2010). Snakes and ladders: Unbundling in a next generation world. *Telecommunications Policy*, 34(1-2), 80-85. doi:10.1016/j.telpol.2009.11.006 ER
- Cave, M., & Hatta, K. (2009). Transforming telecommunications technologies-policy and regulation. *Oxford Review of Economic Policy*, 25(3), 488-505. doi:10.1093/oxrep/grp023 ER
- Cave, M., & Shortall, T. (2010). The extended gestation and birth of the european commission's recommendation on the regulation of NGAs. In *Monitoring EU telecoms policy. 2010* (pp. 16-24). Madrid: NEREC.
- Cave, M. E., Van Eijk, N., Prosperetti, L., Collins, R., De Streel, A., Larouche, P., & Valletti, T. M. (2009). Statement by european academics on the inappropriateness of imposing increased internet regulation in the EU. *SSRN eLibrary*,
- Cave, M., & Crocioni, P. (2007). Does europe need network neutrality rules? *Journal of Communication*, 1, 669-679.
- Cave, M., & Martin, I. (2010). Motives and means for public investment in nationwide next generation networks. *Telecommunications Policy*, 34(9), 505-512. doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2010.07.003

- Chatzi, S., Lazaro, J. A., Prat, J., & Tomkos, I. (2010). Techno-economic comparison of current and next generation long reach optical access networks. *Telecommunications Internet and Media Techno Economics (CTTE), 2010 9th Conference on*, 1-6.
- Chen, W. Y., & Waring, D. L. (1994). Applicability of adsl to support video dial tone in the copper loop. *Ieee Communications Magazine*, 32(5), 102-109.
- Chung, I. (2006). Broadband, the information society and national systems: The korean case. In M. Fransman (Ed.), *Global broadband battles: Why the US and europe lag while asia leds* (pp. 87-108). Standford, CA: Standford University Press.
- CISCO. (2010). *Cisco DOCSIS 3.0 downstream solution design and implementation guide*
- CMT. (2008). *Consulta pública sobre definición y análisis de los mercados de acceso (físico) al por mayor a infraestructura de red (incluido el acceso compartido o completamente desagregado) en una ubicación fija y de acceso de banda ancha al por mayor, la designación de operador con poder significativo de mercado y la imposición de obligaciones específicas. MTZ 2008/626. available at:*
[Http://www.cmt.es/es/documentacion_de_referencia/mercados_comunicaciones_electronicas/anexos/pm_m_4_5_.pdf](http://www.cmt.es/es/documentacion_de_referencia/mercados_comunicaciones_electronicas/anexos/pm_m_4_5_.pdf)
- CMT. (2010). *Informe de seguimiento de la situación competitiva de los servicios de acceso a internet de banda ancha (junio 2010). available at:*
[Http://www.cmt.es/es/publicaciones/anexos/20110131_Informe_geografico_M4y5.pdf](http://www.cmt.es/es/publicaciones/anexos/20110131_Informe_geografico_M4y5.pdf)
- CMT. (2011a). *Apéndice 1B - centrales cobertura servicio ethernet. oferta de referencia de líneas alquiladas de telefónica de españa S.A.U. para operadores de redes públicas de comunicaciones electrónicas (ORLA). EXP. MTZ 2009/2042. available at:*
[Http://www.cmt.es/cmt_ptl_ext/SelectOption.do?nav=oferta_orla&detalles=09002719800aec19&pagina=1&categoria=vi](http://www.cmt.es/cmt_ptl_ext/SelectOption.do?nav=oferta_orla&detalles=09002719800aec19&pagina=1&categoria=vi)
- CMT. (2011b). *Comparativa internacional de ofertas comerciales de banda ancha en la unión europea y españa a diciembre 2010*
- CMT. (2011c). *Estadísticas del sector. IV trimestre 2010. CMT. available at:*
[Http://www.cmt.es/es/publicaciones/anexos/20110401_IVT_2010_.pdf](http://www.cmt.es/es/publicaciones/anexos/20110401_IVT_2010_.pdf)
- CMT. (2011d). *Informe anual 2010*
- CMT. (2011e). *Penetración de servicios finales y de infraestructuras de telecomunicación. parámetros seleccionados por comunidades autónomas y provincias. 2010*
- CMT. (2011f). *Resolución sobre el conflicto de acceso a las infraestructuras ubicadas en la fachada de los edificios planteado por france telecom españa S.A. contra telefónica de españa S.A.U. (DT 2010/1941). comisión del mercado de las telecomunicaciones (CMT)*
- COIT. (2007). *Propuestas para el despliegue de infraestructuras fijas de telecomunicaciones en el ámbito municipal. mesa para el despliegue de infraestructuras fijas (MEDIF). Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT).*
- Cortade, T. (2006). A strategic guide on two-sided markets applied to the ISP market. *Communications & Strategies*, 61, 17-35.

- Crandall, R., Lehr, W. H., & Litan, R. (2007). The effects of broadband deployment on output and employment: A cross-sectional analysis of U.S. data. *Issues in Economic Policy. the Brookings Institution*, 6
- Credit Suisse. (2007). *European wireline. unbundling: More consolidation likely*
- de Bijl, P. W. J., & Peitz, M. (2004). Dynamic regulation and entry in telecommunications markets: A policy framework. *Information Economics and Policy*, 16(3), 411-437. doi:10.1016/j.infoecopol.2004.01.008 ER
- Deutsche Telekom AG. (2008). *Submission to the european commission's public consultation on regulated access to next generation access networks (NGA)*
- Di Concetto, M., Pavarani, G., Rosa, C., Rossi, F., Paul, S., & Di Martino, P. (1999). AMUSE: Advanced broadband services trials for residential users. *Ieee Network*, 13(2), 37-45.
- Dippon, C. (2001). Local loop unbundling: Flaws of the cost proxy model. *Info*, 3(2), 159-171.
- Doyle, C. (2008). *Structural separation and investment in the national broadband network environment. A report for optus. available at: [Http://www.optus.com.au/dafiles/OCA/AboutOptus/MediaCentre/SharedStaticFiles/SharedDocuments/08.06.18%20Dr%20Chris%20DOYLE%20report.pdf](http://www.optus.com.au/dafiles/OCA/AboutOptus/MediaCentre/SharedStaticFiles/SharedDocuments/08.06.18%20Dr%20Chris%20DOYLE%20report.pdf)*
- Duroyon, O. (2009). *Ultrabroadband infrastructures in france: Local involvement and financing engineering. presentation at the 2009 WIK conference "challenges for FTTB/H in europe"*
- ECOSYS. (2005). *D8. techno-economic framework fo fixed broadband network deployment in urban and rural areas.*
- ECOSYS. (2006). *D16 report on tecno-economic methodology*
- ECTA. (2010). *Commissions' broadband package paves the way to a competitive, high-speed digital europe. ECTA press release 20/09/2010. aivalable at: [Http://www.ectaportal.com/en/PRESS/ECTA-press-Releases/2010/Commissions-broadband-package-paves-the-way/](http://www.ectaportal.com/en/PRESS/ECTA-press-Releases/2010/Commissions-broadband-package-paves-the-way/)*
- Effenberger, F., Mukai, H., Kani, J. -, & Rasztovits-Wiech, M. (2009). Next-generation PON-part III: System specifications for XP-PON. *Communications Magazine, IEEE*, 47(11), 58-64.
- Effenberger, F., Mukai, H., Soojin Park, & Pfeiffer, T. (2009). Next-generation PON-part II: Candidate systems for next-generation PON. *Communications Magazine, IEEE*, 47(11), 50-57.
- ERG. (2007). *ERG opinion on regulatory principles of NGA. ERG (07) 16rev2*
- ERG. (2008). *ERG common position on geographic aspects of market analysis (definition and remedies). ERG (08) 20 final CP geog aspects 081016*
- ERG. (2009). *Report on NGA - economic analysis and regulatory principles. ERG (09) 17*
- Ericsson. (2011). *Smart pipe. there is value in connectivity. whitepaper. available at: [Http://www1.ericsson.com/res/docs/2011/smart_pipe.pdf](http://www1.ericsson.com/res/docs/2011/smart_pipe.pdf)*
- Eskelinen, H., Frank, L., & Hirvonen, T. (2008). Does strategy matter? A comparison of broadband rollout policies in finland and sweden. *Telecommunications Policy*, 32(6), 412-421. doi:10.1016/j.telpol.2008.04.001
- Espías, M. (2008). *Contribución al estudio de la viabilidad de operadores de telecomunicaciones de acceso inalámbrico fijo mediante el desarrollo de escenarios tecno-económicos. tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.*

- ETNO. (2008). *Annex: An economic analysis of competition dynamics in broadband networks and the competitive impact of NGANs. ETNO reflection document in response to the commission recommendation on regulated access to next generation access networks (NGA) - RD295.* available at: <http://www.etno.be/Portals/34/ETNO%20Documents/Information%20Society%20i2010/RD295%20-%20RPOL%20NGA%20Recommendation.pdf>. Brussels, November 2008:
- ETNO. (2009). *Annex II: The impact on network competition of access to leased ducts. ETNO reflection document in response to the commission recommendation on regulated access to next generation access networks (NGA) - RD307.* available at: <http://www.etno.be/LinkClick.aspx?fileticket=maFHRyxRXSU%3d&tabid=2174>. Brussels, July 2009:
- ETNO. (2010). *Adoption of radio spectrum policy programme, broadband communication and NGA recommendation. ETNO press release 20/09/2010.* available at: <http://www.etno.be/Default.aspx?tabid=2261>
- European Commission. (2003). *Commission recommendation of 11 february 2003 on relevant product and service markets within the electronic communications sector susceptible to ex ante regulation in accordance with directive 2002/21/EC of the european parliament and of the council on a common regulatory framework for electronic communication networks and services.* Brussels, 11.02.2003:
- European Commission. (2005a). Case DE /2005/0262: Wholesale broadband access. opening of phase II investigation pursuant to article 7(4) of directive 2002/21/EC. SG-greffe (2005) D/206128. available at: http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/germany/registerednotifications/de20050262/2005_206128_enpdf/ EN 1.0 &a=d.
- European Commission. (2005b). Case DE/2005/0262: Wholesale broadband access in germany. withdrawal of serious doubts. SG-greffe (2005) D/207790. available at: <http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/germany/registerednotifications/de20050262/case-2005-0262-withdrawa/ EN 1.0 &a=d>.
- European Commission. (2005c). *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. i2010 – A european information society for growth and employment. COM(2005) 229 final*
- European Commission. (2007). *Commission recommendation of 17 december 2007 on relevant product and service markets within the electronic communications sector susceptible to ex ante regulation in accordance with directive 2002/21/EC of the european parliament and of the council on a common regulatory framework for electronic communications networks and services. 2007/879/EC.* Brussels, 17.12.2007:
- European Commission. (2008a). Case ES/2008/805: Wholesale broadband access ("WBA") in spain, brussels, 26.12.2008, SG-greffe (2008) D/208672. available at: http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/espaa/registerednotifications/es20080804-0805/es-2008-0805_acte2/ ES 1.0 &a=d
- European Commission. (2008b). *Draft commission recommendation on regulated access to next generation access networks (NGA)*

- European Commission. (2009a). *2nd draft commission recommendation on regulated access to next generation access networks (NGA)*. Brussels, 12.6.2009:
- European Commission. (2009b). *Commission declaration on net neutrality (2009/C 308/02)*
- European Commission. (2010a). *Broadband access in the EU: Situation at 1 July 2010. communications committee working document COCOM10-29*
- European Commission. (2010b). *Commission recommendation of 20/09/2010 on regulated access to next generation access networks (NGA)*. C(2010) 6223. Brussels, 20.09.2010:
- European Commission. (2010c). *Commission decision concerning case FR/2010/1144: Terms and conditions for access to very fast optic electronic communications lines on the territory of france outside the "very densely populated areas"*. brussels, 26.11.2010, SG-greffe (2010) D/208672. available at:
http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/france/registerednotifications/fr20101144/fr-2010-1144_fdate_1/ EN 1.0 &a=d
- European Commission. (2010d). *Commission decision concerning case UK/2010/1064: Wholesale local access market. commission decision concerning case UK/2010/1065: Wholesale broadband access market*. brussels, 1/06/2010, C(2010)3615, SG-greffe (2010) D/7658. available at:
<http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/uk/registerednotifications/uk20101064-1065/uk-2010-1064-1065/ EN 1.0 &a=d>.
- European Commission. (2010e). *Commission staff working document. accompanying document to the commission recommendation on regulated access to next generation access networks (NGA) {C(2010) 6223}*. SEC(2010) 1037 final. Brussels, 20.09.2010:
- European Commission. (2010f). *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. european broadband: Investing in digitally driven growth*. COM(2010) 472. Brussels:
- European Commission. (2010g). *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. A digital agenda for europe*. COM(2010)245 final. Brussels, 19.5.2010:
- European Commission. (2011a). *Commission decision concerning case DE/2011/1177: Wholesale (physical) network infrastructure access at a fixed location in germany - remedies*. brussels, 24/02/2011, C(2011)1338, SG-greffe (2011) D/2850. available at:
http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/germany/registerednotifications/de20111177/de-2011-1177_endatenpdf/ EN 1.0 &a=d.
- European Commission. (2011b). *Commission decision concerning case DE/2011/1218: Wholesale (physical) network infrastructure access (remedies) in germany – price control for unbundled local loop (copper) comments pursuant to article 7(3) of directive 2002/21/EC1*. brussels, 16/06/2011, C(2011)4375, SG-greffe (2011) D/9627. available at:
http://circa.europa.eu/Public/irc/info/ecctf/library?l=/germany/registerednotifications/de20111218/de-2011-1218_endate/ EN 1.0 &a=d
- European Commission. (2011c). *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee*

- and the committee of the regions. the open internet and net neutrality in europe. COM(2011) 222 final. Brussels:*
- European Commission. (2011d). *Digital agenda: Vice-president kroes hosts CEO roundtable on investment in broadband networks to sustain internet growth. MEMO/11/135. Brussels, 3 March 2011:*
- European Commission. (2011e). *The right regulatory environment for rolling out next generation networks. neelie kroes speech 11/93. fibre to the home council europe conference, milan, 10 february 2011. available at: [Http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=SPEECH/11/93&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en](http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=SPEECH/11/93&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en)*
- European Parliament. (2009). *Next generation networks (NGN). PE 429.973 (IP/A/ITRE/ST/2009-10)*
- Ewing, R., Pendall, R., & Chen, D. (2002). *Measuring sprawl and its impact. smart growth america. available at: [Http://www.smartgrowthamerica.org/sprawlindex/sprawlindex.html](http://www.smartgrowthamerica.org/sprawlindex/sprawlindex.html)*
- Ezell, S., Atkinson, R., Casastro, D., & Ou, g. (2009). *The need for speed: The importance of next-generation broadband networks. the information technology & innovation foundation*
- Falch, M., & Henten, A. (2010). Public private partnerships as a tool for stimulating investments in broadband. *Telecommunications Policy, 34(9), 496-504. doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2010.07.010*
- Faulhaber, G., & Farber, D. (2009). *Innovation in the wireless ecosystem: A customer-centric framework, FCC dockets GN 09-157 and GN 09-51, sept 30.*
- Faulhaber, G., & Farber, D. (2011). The open internet: A customer-centric framework. In J. Pérez (Ed.), *Net neutrality: Contributions to the debate* (pp. 105-125). Madrid: Editorial Ariel y Fundación Telefónica con la colaboración de la Editorial Planeta.
- FCC. (2004). *MEMORANDUM OPINION AND ORDER. in the matters of petition for forbearance of the verizon telephone companies pursuant to 47 U.S.C. § 160(c), SBC communications inc.'s petition for forbearance under 47 U.S.C. § 160(c), qwest communications international inc. petition for forbearance under 47 U.S.C. § 160(c), BellSouth telecommunications, inc. petition for forbearance under 47 U.S.C. § 160(c).WC docket no. 01-338, WC docket no. 03-235, WC docket no. 03-260,WC docket no. 04-48.*
- FCC. (2010). *Connecting america: The national broadband plan*
- Felten, B. (2009). Results of the portfolio of services study of the FTTH council europe. *FTTH Council Europe Conference 2009. Building a Sustainable Future, Copenhagen, Denmark. 11-12 February 2009.*
- Ford, G. S., & Thomas, M. K. (2005). Broadband and economic development: A municipal case study from florida. *Applied Economic Studies, April, 1-17.*
- Fornefel, M., Delaubay, G., & Elixmann, D. (2008). *The impact of broadband on growth and productivity. A study on behalf of the european commission (DG information society and media). available at: [Http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/benchmarking/broadband_impact_2008.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/benchmarking/broadband_impact_2008.pdf)*
- Foro Mar. (2005). *Madrid 2012: Ciudad en red. libro blanco y estrategia para la implantación de la sociedad de la información en la ciudad de madrid. foro madrid en red para sociedad de la información Ayuntamiento de Madrid.*

- Fredebeul-Krein, M., & Knoblen, W. (2010). Long term risk sharing contracts as an approach to establish public-private partnerships for investment into next generation access networks. *Telecommunications Policy*, 34(9), 528-539. doi:10.1016/j.telpol.2010.07.011 ER
- Friederiszick, H. W., Kalunzny, J., Kohnz, S., Grajek, M., & Röller, L. -. (2011). *Assessment of a sustainable internet model for the near future. ESMT white paper. no. WP-11-01*
- Frontier Economics. (2011). *Access network costing. A report prepared for vodafone group*
- FTTH Council Europe. (2010). *FTTH handbook*
- Funston, K., & Middleton, C. (2010). Learning from australia's national broadband network. . *International Telecommunications Society 18th Biennial Conference, Tokyo.*
- Gallardo, F., & Perez Amaral, T. (2010). Negocio y regulación de las redes de acceso de nueva generación: Aproximación al caso español aplicando opciones reales. *Economía Industrial*, 377, 34-45.
- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M. R., Wolman, H., Coleman, S., & Freihage, J. (2001). Wrestling sprawl to the ground: Defining and measuring an elusive concept. *Housing Policy Debate*, 12(4), 681-717.
- Ganuz, J. J., Perca, K., & Vicens, M. F. (2010). *Las redes de nueva generación en españa. situación actual y retos para el futuro. colección estudios económicos 02-2010.* FEDEA. available at: http://www.fedea.es/pub/est_economicos/2010/02-2010.pdf
- Ganuz, J. J., Perca, K., & Vicens, M. F. (2011). *Las redes de nueva generación: ¿un nuevo modelo para las telecomunicaciones en españa?. observatorio de las redes de nueva generación en españa.* FEDEA. available at: <http://www.crisis09.es/redes/PDF/nuevo-modelo-telecomunicaciones.pdf>
- Ganuz, J. J., & Vicens, M. F. (2010a). *Deployment of high-speed broadband infrastructures during the economic crisis. the case of regional governments in spain. observatorio de redes de nueva generación en españa.* FEDEA. available at: http://www.fedea.es/pub/est_economicos/2010/15-2010.pdf
- Ganuz, J. J., & Vicens, M. F. (2010b). *Exclusive content and the next generation networks. observatorio de redes de nueva generación en españa.* FEDEA. available at: <http://www.fedea.es/pub/papers/2010/dt2010-21.pdf>
- GAPTEL. (2008). *Oportunidades y desafíos de la banda ancha. grupo de análisis y prospectiva del sector de las telecomunicaciones* (Pérez, Jorge ed.). Madrid: Red.es.
- GAPTEL. (2009). *El reto del despliegue de las redes de nueva generación. grupo de análisis y prospectiva del sector de las telecomunicaciones.* Unpublished manuscript.
- Gardan, D., Zaganiaris, A., Madani, A., Madigou, R., & Machon, D. (1989). Techno-economics of advanced optical subscriber networks. *Global Telecommunications Conference, 1989, and Exhibition. Communications Technology for the 1990s and Beyond. GLOBECOM '89.* 1335. doi:10.1109/GLOCOM.1989.64169
- Gillett, S. E., Lehr, W. H., Osorio, C., & Sirbu, M. A. (2006). *Measuring Broadband's economic impact. final report prepared for the U.S. department of commerce, economic development administration. national technical assistance, training, research, and evaluation project #99-07-13829.* available

- at: [Http://cfp.mit.edu/publications/CFP_Papers/Measuring_bb_econ_impact-final.pdf](http://cfp.mit.edu/publications/CFP_Papers/Measuring_bb_econ_impact-final.pdf)
- Ginis, G., & Cioffi, J. M. (2002). Vectored transmission for digital subscriber line systems. *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, 20(5), 1085-1104.
- Given, J. (2010). Take your partners: Public private interplay in australian and new zealand plans for next generation broadband. *Telecommunications Policy*, 34(9), 540-549. doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2010.07.012
- Gonçalves, R., & Nascimento, Á. (2009). Next generation access networks and their regulatory implications. In I. Lee (Ed.), *Handbook of research on telecommunications planning and management for business* (pp. 48-64). London: IGI Global.
- Gonçalves, R., & Nascimento, Á. (2010). Next generation access networks: The post-investment conundrum. *PLUG APRITEL 2010*,
- Goncalves, R., & Nascimento, A. (2010). The momentum for network separation: A guide for regulators. *Telecommunications Policy*, 34(7), 355-365. doi:10.1016/j.telpol.2010.05.008 ER
- González, A. (2010). *Desarrollo de un modelo tecno-económico de despliegue de redes de acceso de nueva generación FTTH/P2P y su aplicación al estudio de modelos de acceso abierto. proyecto fin de carrera. universidad politécnica de madrid*
- González, A., Vergara, A., Moral, A., & Pérez, J. (2010). Prospects on FTTH/EP2P open access models. *Federation of Telecommunications Engineers of the European Union (FITCE) 49th Congress*, Santiago de Compostela, Spain.
- Green, P. E. (2005). *Fiber to the home: The new empowerment* Wiley-Interscience.
- Greenstein, S. (2004). The economic geography of internet infrastructure in the united states. In S. K. Majumdar, I. Vogelsang & M. Cave (Eds.), *Handbook of telecommunications economics, volume II* (pp. 289-374)
- GRETEL. (1998). *Convergencia, competencia y regulación en los mercados de las telecomunicaciones, el audiovisual en internet*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación (COIT).
- Guthrie, G. (2006). Regulating infrastructure: The on risk and investment. *Journal of Economic Literature*, 44(4), 925-972.
- Hernández-Gil, F., & Harmand, A. (2009). La evolución de la interconexión en el entorno de las redes IP. *Regulatory and Economic Policy in Telecommunications*, 3, 78-90.
- Hu, W., & Prieger, J. E. (2007). The timing of broadband provision: The role of competition and demographics. *SSRN eLibrary*,
- Huigen, J., & Cave, M. (2008). Regulation and the promotion of investment in next generation networks-A european dilemma. *Telecommunications Policy*, 32(11), 713-721. doi:10.1016/j.telpol.2008.08.004 ER
- Hull, R., Walsh, V., Green, K., & McMeekin, A. (1999). The techno-economic: Perspectives for analysis and intervention. *The Journal of Technology Transfer*, 24(2), 185-195.
- Ida, T. (2006). Broadband, information society, and the national system in japan. In M. Fransman (Ed.), *Global broadband battles: Why the US and europe lag while asia leds* (pp. 64-86). Stanford, CA: Stanford University Press.
- IDATE. (2007). *FTTx economics. conditions for profitability*

- IDATE. (2010). In Montagne R., Chaillou V. and Berg R.(Eds.), *FTTX market. markets, strategies & technologies*
- IDATE. (2011). *Services over FTTH/B. ultra-fast broadband networks: What services and business models can we expect?* (Montagne, R.; Chaillou, V. ed.)
- Ims, L. (1998). *Broadband access networks: Introduction strategies and techno-economic evaluation* Chapman & Hall Ltd.
- Ims, L. A., Olsen, B. T., Myhre, D., Lahteenoja, M., Mononen, J., Ferrero, U., & Zaganlaris, A. (1996). Multiservice access network upgrading in europe: A techno-economic analysis. *Communications Magazine, IEEE*, 34(12), 124-134.
- Informa Telecoms and Media. (2008). FTTx: A global analysis.
- ISDEFE. (2009). *Informe final sobre los resultados del modelo de despliegue de redes FTTH/GPON en españa. informe para la CMT. ISCMTE-091856-1IL. available at: [Http://www.cmt.es/es/documentacion_de_referencia/redes_nueva_generacion/anexos/Informe_final_HE_1_2008_09_MDF.pdf](http://www.cmt.es/es/documentacion_de_referencia/redes_nueva_generacion/anexos/Informe_final_HE_1_2008_09_MDF.pdf)*
- ITU. (2003). *Birth of broadband. ITU internet reports*. Geneva: International Telecommunication Union (ITU).
- ITU-T. (2004). *General overview of NGN. recommendation Y.2001*
- Jakovljevic, M. (2010). *New approach to dynamic spectrum management for DSL environments*. Ph.D Thesis. Universidad Politécnica de Madrid).
- Janjua, K. A., & Khan, S. A. (2007). A comparative economic analysis of different FTTH architectures. *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2007. WiCom 2007. International Conference on*, 4979-4982.
- Johnson, L. (2007, January 2007). A brief history of FTTH. *The FTTH Prism*, 4(1), 51-55.
- JP Morgan. (2006). *The fibre battle. changing dynamics in european wireline*
- Kalhagen, K. O., & Olsen, B. T. (2002). *Provision of broadband services in non-competitive areas in western european countries*. Unpublished:
- Kani, J. -, Bourgart, F., Cui, A., Rafel, A., Campbell, M., Davey, R., & Rodrigues, S. (2009). Next-generation PON-part I: Technology roadmap and general requirements. *Communications Magazine, IEEE*, 47(11), 43-49.
- Katz, R. (2008). Ultrabroadband investment models. *Communications & Strategies, Special Issue, November 2008*,
- Katz, R., & Suter, S. (2009). *Estimating the economic impact of the US broadband stimulus plan, columbia institute for tele-information. working paper. available at: [Http://www.elinoam.com/raulkatz/Dr_Raul_Katz_-_BB_Stimulus_Working_Paper.pdf](http://www.elinoam.com/raulkatz/Dr_Raul_Katz_-_BB_Stimulus_Working_Paper.pdf)*
- Katz, R., Vaterlaus, S., Zenhäusern, P., & Suter, S. (2010). The impact of broadband on jobs and the german economy. *Intereconomics: Review of European Economic Policy*, 45(1), 26-34.
- Kelic, A. (2005). *Networking technology adoption : System dynamics modeling of fiber-to-the-home*. Thesis (Ph. D.)--Massachusetts Institute of Technology, Engineering Systems Division, Technology, Management, and Policy Program).
- Kenny, R. (2010). Optimal investment in broadband : The trade-off between coverage and network capability. *The Vodafone Policy Paper Series, 10(Developing Government objectives for broadband)*, 3-28.

- Kenny, R., & Kenny, C. (2011). Superfast: Is it really worth a subsidy? *The Journal of the Institute of Telecommunications Professionals*, 5(2), 18-27.
- Kim, Y., Kelly, T., & Raja, S. (2010). *Building broadband: Strategies and policies for the developing world. global information and communication technologies (GICT) department. world bank*
- Knaap, G., Yan, S., Reid, E., & Kelly, C. (2005). *Seeing the elephant: Multi-disciplinary measures of urban sprawl (working paper). lincoln institute of land policy working Paper. Available at: http://www.lincolninst.edu/pubs/1029_Seeing-the-elephant--multi-disciplinary-measures-of-urban-Sprawl*
- Knightson, K., Morita, N., & Towle, T. (2005). NGN architecture: Generic principles, functional architecture, and implementation. *Communications Magazine, IEEE*, 43(10), 49-56.
- Koonen, T. (2006). Fiber to the Home/Fiber to the premises: What, where, and when? *Proceedings of the IEEE*, 94(5), 911-934.
- Koutroumpis, P. (2009). The economic impact of broadband on growth: A simultaneous approach. *Telecommunications Policy*, 33(9), 471-485. doi:10.1016/j.telpol.2009.07.004 ER
- KPN. (2008). *Written response of KPN N.V. to the public consultation on a draft recommendation on regulated access to next generation access networks*
- Kulkarni, S., Polonsky, B., & El-Sayed, M. (2008). FTTH network economics: Key parameters impacting technology decisions. *Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium, 2008. Networks 2008. the 13th International*, 1-27.
- La CAIXA. (2011). *Anuario económico de españa 2011*
- Lange, C., Breuer, D., & Huelsermann, R. (2009). Cost effectiveness of site reduction in optical access network: A CapEx based comparison of different technologies. *Transparent Optical Networks, 2009. ICTON'09. 11th International Conference on*, 1-4.
- Lannoo, B., Casier, K., Van Ooteghem, J., Wouters, B., Verbrugge, S., Colle, D., . . . Demeester, P. (2008). Economic benefits of a community driven fiber to the home rollout. *Broadband Communications, Networks and Systems, 2008. BROADNETS 2008. 5th International Conference on*, 436-443.
- Lee, R. S., & Wu, T. (2009). Subsidizing creativity through network design: Zero-pricing and net neutrality. *Journal of Economic Perspectives*, 23(3), 61-76. doi:10.1257/jep.23.3.61
- Liberty Global. (2009). *Next generation competition. driving innovation in telecommunications*
- Light Reading. (2007). *Comcast preps docsis 3.0 trials*. Retrieved 06/16, 2011, from http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=123046&site=lr_cable
- Limaye, P., Glapa, M., El-Sayed, M., & Gagen, P. (2008). Impact of bandwidth demand growth on HFC network. *Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium, 2008. Networks 2008. the 13th International*, 1-16.
- Luis Gomez-Barroso, J., & Feijoo, C. (2010). A conceptual framework for public-private interplay in the telecommunications sector. *Telecommunications Policy*, 34(9), 487-495. doi:10.1016/j.telpol.2010.01.001

- Machado, G. (2010). Co-investment in NGAs and competitive assessment of horizontal cooperation agreements. *PLUG APRITEL 2010*,
- Marsden, C. T. (2007). Net neutrality and consumer access to content. *SCRIPT-Ed, Vol.4, no.4*,
- Marsden, C. T., & Cave, J. (2007). Beyond the 'net neutrality' debate: Price and quality discrimination in next generation internet access. *Prepared for Telecoms Policy Research Conference (TPRC)*, Alexandria, Virginia.
- Martínez, M. (2011). *La agenda digital europea: Los retos de las telecom. presentación de mónica martínez montes. hacia un mundo digital. 3ª edición del curso de verano. AMETIC*
- Maxwell, K. (1999). *Residential broadband: An insider's guide to the battle for the last mile*. New York: Wiley Computer Publishing.
- Medcalf, R., & Mitchell, S. (2008). *Fiber to the home: Technology wars*. CISCO. available at: http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/wp/Tech_Wars_Part_1_Ext_EI_0128.pdf
- Mira, C. (2009). *Tendencias del sector 2009-2014, club de amigos de la sociedad de la información*
- MIT. (2005). *The broadband incentive problem* Broadband Working Group MIT Communications Futures Program (CFP). Cambridge University Communications Research Network.
- Mitchel, R. (2010). Traversing a wide brown land—Proposed implementation and regulation of australia's national broadband network. *International Telecommunications Society 18th Biennial Conference*, Tokyo.
- Monath, T., Krauss, S., Kind, M., Hawinkel, C., Abeele, J. V. d., Elizondo, A., . . . Kallstenius, T. (2006). Techno-economics of multi service fixed access networks. *Proceedings of World Telecommunications Congress 2006 (WTC2006). Emerging Telecom Opportunities*, Budapest, Hungary. 30 April – 3 May.
- MUSE. (2005). *DA3.2p. techno-economics for fixed access network evolution scenarios*
- Myers, M. D. (2004). *Qualitative research in business & management* SAGE Publications Ltd.
- Nesset, D., Gorena, R., Potter, M., & Yates, M. (2010). Economic study comparing raman extended GPON and mid-span GPON reach extenders. *Optical Fiber Communication (OFC), Collocated National Fiber Optic Engineers Conference, 2010 Conference on (OFC/NFOEC)*, 1-3.
- Never, H. (2008). Risk-sharing for next generation access networks. necessary adjustments of the present european regulatory framework for electronic communication networks and services. *19th Regional European International Telecommunications Society Conference*, 18 - 20 September, 2008, Rome, Italy.
- Noam, E. M. (2010). Regulation 3.0 for telecom 3.0. *Telecommunications Policy*, 34(1-2), 4-10. doi:10.1016/j.telpol.2009.11.004 ER
- Nucciarelli, A., & Sadowski, B. M. (2010). The italian way to functional separation: An assessment of background and criticalities. *Telecommunications Policy*, 34(7), 384-391. doi:10.1016/j.telpol.2010.05.006 ER

- Nucciarelli, A., Sadowski, B. M., & Achard, P. O. (2010). Emerging models of public-private interplay for european broadband access: Evidence from the netherlands and italy. *Telecommunications Policy*, 34(9), 513-527. doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2010.07.004
- OASE. (2010a). *Requirements for european next-generation optical access networks. deliverable 2.1*
- OASE. (2010b). *Survey of next-generation optical access system concepts. deliverable 4.1*
- OCDE. (2007). *Convergence and next generation networks. ministerial background report. DSTI/ICCP/CISP(2007)2/FINAL*
- OCDE. (2008a). *Developments in fibre technologies and investment. DSTI/ICCP/CISP(2007)4/FINAL*
- OCDE. (2008b). *Public rights of way for fibre deployment to the home. DSTI/ICCP/CISP(2007)5/FINAL*
- OCDE. (2009a). *Network developments in support of innovation and user needs. DSTI/ICCP/CISP(2009)2/FINAL*
- OCDE. (2009b). *The role of communication infrastructure investment in economic recovery. DSTI/ICCP/CISP(2009)1/FINAL*
- OCDE. (2010). *Developments in cable broadband networks. DSTI/ICCP/CISP(2009)9/FINAL*
- OCDE. (2010). *Geographically segmented regulation for telecommunications. DSTI/ICCP/CISP(2009)6/FINAL*
- Odling, P., Magesacher, T., Host, S., Borjesson, P. O., Berg, M., & Areizaga, E. (2009). The fourth generation broadband concept. *Communications Magazine, IEEE*, 47(1), 62-69.
- OFCOM. (2008). *Review of the wholesale broadband access markets 2007. final explanatory statement and notification*
- OFCOM. (2010). *Review of the wholesale local access market. statement on market definition, market power determinations and remedies*
- Olsen, B. T., Zaganiaris, A., Stordahl, K., Ims, L. A., Myhre, D., Overli, T., . . . de Castro, E. (1996). Techno-economic evaluation of narrowband and broadband access network alternatives and evolution scenario assessment. *Selected Areas in Communications, IEEE Journal on*, 14(6), 1184-1203.
- Ooteghem, J. V., Casier, K., Lannoo, B., Verbrugge, S., Colle, D., Pickavet, M., & Demeester, P. (2008). The implications of community network rollouts on the future telecom market structure. *Proceedings of ITS2008, the 17th Biennial Conference of the International Telecommunications Society (ITS 2008)*,
- Ordovery, J., Shaffer, G., & Fontaine, D. (2010). The economics of price discrimination. *The Vodafone Policy Paper Series*, 11(The Economics of the Internet), 27-51.
- Osorio, C. (2004). *Bits of power: The involvement of municipal electric utilities in broadband services. thesis (S.M.)--massachusetts institute of technology, engineering systems division, technology and policy program.*
- OVUM. (2011). *PON vs. P2P debate: The next generation*
- Peha, J. M. (2007). The benefits and risks of mandating network neutrality and the quest for a balanced policy. *International Journal of Communication*, 1, 644-668.

- Pereira, J. P. R. (2007). A cost model for broadband access networks: FTTx versus WiMAX - art. no. 67760B. *Broadband Access Communication Technologies II*, 6776, B7760-B7760.
- Pérez, J. (2011). *Net neutrality: Contributions to the debate*. Madrid: Editorial Ariel y Fundación Telefónica con la colaboración de la Editorial Planeta.
- Picot, A., & Wernick, C. (2007). The role of government in broadband access. *Telecommunications Policy*, 31(10-11), 660-674. doi:10.1016/j.telpol.2007.08.002
- Pietrunti, M. (2008). Regulation and investment incentives for next generation broadband access networks. *19th European Regional Conference of the International Telecommunications Society*, 18-20 September, Rome, Italy.
- PLUM. (2011). In Williamson B., Black D. and Wilby J.(Eds.), *Costing methodology and the transition to next generation access. A report for ETNO*
- Pupillo, L., Waverman, L., & Dasgupta, K. (2009). *Impact on the economy of functional separation: The case of italy*. available at: [Http://www4.gsb.columbia.edu/null/Pupillo?exclusive=filemgr.download&file_id=69167&showthumb=0](http://www4.gsb.columbia.edu/null/Pupillo?exclusive=filemgr.download&file_id=69167&showthumb=0)
- Ramos, S. (2005). *Contribución al estudio, caracterización y desarrollo del sector europeo de las comunicaciones móviles e internet móvil*. tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid).
- Rand-Nash, T. (2009). *Characterizing capital and operational tradeoffs resulting from fiber-to-the-home optical network architecture choice*. Thesis (S.M.)--Massachusetts Institute of Technology, Engineering Systems Division; and, (S.M.)--Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Materials Science and Engineering).
- ReDeSign. (2008). *Deliverable D06. reference architectures report*. ReDeSign – 217014. research for development of future interactive generations of hybrid fibre coax networks
- ReDeSign. (2010). *Deliverable D22. access architecture definition*. ReDeSign – 217014. research for development of future interactive generations of hybrid fiber coax networks
- Reed, D. P., & Sirbu, M. A. (1989). An optimal investment strategy model for fiber to the home. *Journal of Lightwave Technology*, 7(11), 1868-1875.
- Renda, A. (2008). *I own the pipes, you call the tune. the net neutrality debate and its (ir)relevance for Europe*. Centre for european policy studies
- Renda, A. (2010a). NGAs and the single market: The achilles' heels of the digital agenda. In *Monitoring EU telecoms policy. 2010*. (pp. 8-15). Madrid: NEREC.
- Renda, A. (2010b). Competition-regulation interface in telecommunications: What's left of the essential facility doctrine. *Telecommunications Policy*, 34(1-2), 23-35. doi:10.1016/j.telpol.2009.11.005 ER
- Renda, A. (2010c). Neutrality and diversity in the internet ecosystem. *SSRN eLibrary*,
- Riley, D., & Dravitzki, V. (2004). *Review of settlement form descriptors*. working PaperCentral laboratories report 520951.02. available at: [Http://www.learningsustainability.org.nz/Publications/review_of_settlement_form_descriptors_-_working_paper.pdf](http://www.learningsustainability.org.nz/Publications/review_of_settlement_form_descriptors_-_working_paper.pdf)
- Rochet, J., & Tirole, J. (2004). Two-sided markets: An overview. *Unpublished*. Available at: [Http://faculty.Haas.Berkeley.edu/hermalin/rochet_tirole.Pdf](http://faculty.Haas.Berkeley.edu/hermalin/rochet_tirole.Pdf),

- Rokkas, T., Katsianis, D., & Varoutas, D. (2010). Techno-economic evaluation of FTTC/VDSL and FTTH roll-out scenarios: Discounted cash flows and real option valuation. *Optical Communications and Networking, IEEE/OSA Journal of*, 2(9), 760-772.
- Ruhle, E., Brusic, I., Kittl, J., & Ehrler, M. Next generation access (NGA) supply side interventions—An international comparison. *Telecommunications Policy, In Press, Corrected Proof* doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2011.06.001
- Sahel, J. (2011). Skype's stance regarding net neutrality. In J. Pérez (Ed.), *Net neutrality: Contributions to the debate* (pp. 207-209). Madrid: Editorial Ariel y Fundación Telefónica con la colaboración de la Editorial Planeta.
- Sananes, R., Bock, C., & Prat, J. (2005). Techno-economic comparison of optical access networks. *Transparent Optical Networks, 2005, Proceedings of 2005 7th International Conference, , 2* 201-204 Vol. 2.
- Siciliani, P. (2010). Access regulation on NGA—A financial, market-led solution to bridge the gap between US and european diverging regulatory approaches. *Telecommunications Policy*, 34(5-6), 287-298. doi:DOI: 10.1016/j.telpol.2009.12.004
- Sigurdsson, H. M. (2007). *Techno-economics of residential broadband deployment*. Informatics and Mathematical Modelling, Technical University of Denmark, {DTU}.
- Sigurdsson, H. M., & Skouby, K. E. (2005). Techno-economic evaluation of broadband access technologies : The BREAD approach. *Proceedings of the 8th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications WPMC'05, Aalborg, Denmark*.
- Solon. (2011). *Broadband on demand. cable's 2020 vision*
- Song, Y., & Knaap, G. (2004). Measuring urban form: Is portland winning the war on sprawl? *Journal of the American Planning Association*, 70(2)
- Soria, B., De la Cruz, I., & Raña, A. (2011). An empirical assessment of competitive entry in european broadband markets. *SSRN eLibrary*,
- Soria, B., & HernándezGil, F. (2008). Exploring potential natural monopoly properties of broadband access networks. *19th European Regional ITS Conference, Rome, Italy*,
- Soria, B., & HernándezGil, F. (2010). Do NGAN economics allow for network competition? *Communications and Strategies, no.78, Pp.23-78, June 2010*,
- Soria, B., & HernándezGil, F. (2011). The competitive and social implications of mandating P2P technologies for FTTH networks. *SSRN eLibrary*,
- Sugden, R., & Williams, A. (1978). *The principles of practical cost-benefit analysis* Oxford University Press, USA.
- Swisscom. (2008). *Media conference into the fibre-optic future with "fibre suisse". available at: [Http://www.swisscom.ch/NR/rdonlyres/E8387FA6-A8E8-4A13-B6F2-D9C8DAAA7FB1/0/20080912_MM_Presentation_FTTH_en.pdf](http://www.swisscom.ch/NR/rdonlyres/E8387FA6-A8E8-4A13-B6F2-D9C8DAAA7FB1/0/20080912_MM_Presentation_FTTH_en.pdf)*. Zurich, 9 December 2008:
- TACTIS and SEBAN & ASSOCIES. (2010). *Deployment des reseaux tres haut debit sur l'ensemble du territoire national rapport d'étude. technologies et couts de deployment mecanismes de soutien possibles. report for DATAR. available at: [Http://blog.quintarelli.it/files/201002_rapport_thd_tactis_datar.pdf](http://blog.quintarelli.it/files/201002_rapport_thd_tactis_datar.pdf)*

- Telefónica. (2011). *Oferta de referencia de servicios mayoristas de acceso a las infraestructuras de obra civil de telefónica de españa S.A.. para operadores de redes públicas de comunicaciones electrónicas*
- Teppayayon, O., & Bohlin, E. (2008). Government intervention: Why is competition not sufficient for broadband deployment? *37th Research Conference on Communications Information and Internet Policy (TPRC)*, Virginia (USA) September 25-27, 2008.
- Teppayayon, O., & Bohlin, E. (2010). Functional separation in swedish broadband market: Next step of improving competition. *Telecommunications Policy*, 34(7), 375-383. doi:10.1016/j.telpol.2010.05.005 ER
- TIGER. (2011). *D23. NG-PON massive deployment technoeconomic assessment. CELTIC TIGER2 / WP2 / D23. available at: [Http://projects.celtic-initiative.org/tiger2/TIGER2_D23.pdf](http://projects.celtic-initiative.org/tiger2/TIGER2_D23.pdf)*
- Tirole, J., & Laffont, J. (2000). *Competition in telecommunications*. Cambridge, MA, USA: MIT Press.
- Towerhouse Consulting. (2011). *Wholesale pricing for next generation access networks. anew approach.*
- Tsai, Y. H. (2005). Quantifying urban form: Compactness versus 'sprawl'. *Urban Studies*, 42(1), 141-161. doi:10.1080/004209804200309748 ER
- Tsubokawa, M. (2009). FTTH technologies in the NTT network ~ over 20 years experience ~(NTT). *DigiWorld Summit 09*, Montpellier, November 18.
- Valletti, T. M. (2003). The theory of access pricing and its linkage with investment incentives. *Telecommunications Policy*, 27(10-11), 659-675. doi:10.1016/j.telpol.2003.08.002 ER
- Van Den Bossche, B., Meersman, R., Vanhaverbeke, J., & Schoutteet, A. (2010). Maximizing the return on investment for FTTH-rollout through the use of GIS street maps and geomarketing data. *Telecommunications Internet and Media Techno Economics (CTTE), 2010 9th Conference on*, 1-6.
- van der Merwe, S., Gruber, C. G., Grigoreva, Y., & Kessler, T. (2009). A model-based techno-economic comparison of optical access technologies. *GLOBECOM Workshops, 2009 IEEE*, 1-6.
- Van Schewick, B. (2007). Towards an economic framework for network neutrality regulation. *Journal on Telecommunications and High Technology Law*, 5, 329-391.
- Vaughn, M. D., Kozischek, D., Meis, D., Boskovic, A., & Wagner, R. E. (2004). Value of reach-and-split ratio increase in FTTH access networks. *Lightwave Technology, Journal of*, 22(11), 2617-2622.
- Vaughn, M. D., Ruffin, A. B., Kobayakov, A., Woodfin, A., Mazzali, C., Whitman, R., . . . Meis, D. (2006). Techno-economic study of the value of high stimulated brillouin scattering threshold single-mode fiber utilization in fiber-to-the-home access networks. *Journal of Optical Networking*, 5(1), 40-57.
- Verbrugge, S., Meersman, R., Casier, K., Colle, D., Vanhaverbeke, J., Ooteghem, J. V., & Demeester, P. (2007). Issues in techno-economic evaluation of VDSL/FTTH access networks roll-out (invited paper). *Proceedings of NOC2007, the 12th European Conference on Networks and Optical Communications*, Stockholm, Sweden. 19 - 21 June. 208-215.
- Vergara, A., Moral, A., & Pérez, J. (2010). COSTA: A model to analyze next generation broadband access platform competition. *Telecommunications*

- Network Strategy and Planning Symposium (NETWORKS), 2010 14th International*, Warsaw, Poland. 1-6.
- Vergara, A., Moral, A., & Pérez, J. (2011). NGA rollout in europe. challenges and opportunities. *Journal of the Institute of Telecommunications Professionals*, 5(2), 8-16.
- Vergara, A., & Pérez, J. (2009). Competencia entre plataformas alternativas de acceso. *Regulatory and Economic Policy in Telecommunications*, 3, 94-106.
- Vergara, A., Pérez, J., & Moral, A. (2008). Comparative analysis of operators' strategies for the rollout of next generation access infrastructure in european markets. *International Telecommunications Society 17th Biennial Conference*, Montreal, Canada.
- Verizon. (2010). *Comments of verizon and verizon wireless on under-developed issues in the open internet proceeding. comments to FCC GN docket no. 09-191 and WC docket no. 07-52. available at: [Http://fjallfoss.fcc.gov/ecfs/document/view?id=7020916564](http://fjallfoss.fcc.gov/ecfs/document/view?id=7020916564)*
- Wagner, R. E., Igel, J. R., Whitman, R., Vaughn, M. D., Ruffin, A. B., & Bickham, S. (2006). Fiber-based broadband-access deployment in the united states. *Lightwave Technology, Journal of*, 24(12), 4526-4540.
- Weldon, M. K., & Zane, F. (2003). The economics of fiber to the home revisited. *Bell Labs Technical Journal*, 8(1), 181-206. doi:10.1002/bltj.10053 ER
- WIK-Consult. (2008). *The economics of next generation access - final report. study for the european competitive telecommunication association (ECTA). available at: [Http://www.ectaportal.com/en/REPORTS/WIK-Studies/WIK-NGA-study-2008/](http://www.ectaportal.com/en/REPORTS/WIK-Studies/WIK-NGA-study-2008/)*
- WIK-Consult. (2010). *Architectures and competitive models in fibre networks. study for vodafone. Available at: [Http://www.vodafone.com/content/dam/vodafone/about/public_policy/position_papers/vodafone_report_final_wkconsult.pdf](http://www.vodafone.com/content/dam/vodafone/about/public_policy/position_papers/vodafone_report_final_wkconsult.pdf)*
- WIK-Consult. (2011). *Wholesale pricing, NGA take-up and competition. study for ECTA. Available at: [Http://www.ectaportal.com/en/REPORTS/WIK-Studies/WIK-study-apr-2011/](http://www.ectaportal.com/en/REPORTS/WIK-Studies/WIK-study-apr-2011/)*
- Williamson, B. (2008). *Next generation networks: Why a fresh regulatory approach is required. PLUM*
- Williamson, B. (2010). Nomadcity and the evolution of applications, networks, and policy. *Telecommunications Journal of Australia*, 60(4), 62.1-62.11.
- Zhen-Wei, C., Rossotto, C. M., & Kimura, K. (2009). Economic impacts of broadband. In WorldBank (Ed.), *Information and communications for development: Extending reach and creating impact*