

METODOLOGÍA PARA ANALIZAR Y SIMULAR LA EFICIENCIA ECONÓMICA DE LA FLEXIBILIZACIÓN DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

José Marino García García

Resumen: La asignación eficiente de los recursos escasos se produce a través del mercado mediante la información que transmiten los precios. En el caso de la asignación de frecuencias del espectro radioeléctrico la existencia de interferencias plantea un problema en la asignación de los derechos de propiedad y junto con la presencia de externalidades motiva la intervención estatal en la determinación del uso y precio de las frecuencias. La introducción de criterios de mercado en las asignaciones de espectro conduciría a un uso más eficiente y flexible facilitando el desarrollo de la innovación, la productividad y la competitividad de la economía. En este documento se desarrolla una metodología para el análisis de la eficiencia de los procesos de flexibilización del espectro mediante el análisis coste beneficio. Posteriormente se simula la flexibilización de bandas de frecuencia para su asignación inicial al servicio de Internet en movilidad. La flexibilización es beneficiosa si se producen incrementos sustanciales del número de usuarios y cada uno ahorra al menos 1,64 horas anuales mediante el uso productivo de Internet móvil.

Palabras clave: espectro radioeléctrico, flexibilización, neutralidad, ubicuidad, movilidad, banda de frecuencias, asignación de derechos de propiedad, dividendo digital, Teorema de Coase,

Códigos JEL: D61, O33, L96, G14

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	- 4 -
2. LOS PROCESOS DE FLEXIBILIZACIÓN DEL USO DEL ESPECTRO.....	- 5 -
3. ¿QUIÉN DEMANDA ESPECTRO?	- 12 -
3.1 Servicios audiovisuales.....	- 12 -
3.2 Servicios de banda ancha móvil y fija.	- 13 -
3.3 Otros servicios	- 13 -
4. ¿QUÉ ESPECTRO ESTÁ DISPONIBLE?	- 14 -
4.1 Bandas en torno a 1GHz.....	- 14 -
4.2 Bandas en torno a 2 GHz.....	- 15 -
4.3 Bandas en torno a 3 GHz.....	- 16 -
5. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ECONÓMICA DE LA FLEXIBILIZACIÓN DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	- 16 -
6. SIMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA	- 34 -
6.1 Condiciones de la simulación	- 34 -
6.2 Resultados.....	- 41 -
7. CONCLUSIONES.....	- 49 -
REFERENCIAS.....	- 52 -

1. INTRODUCCIÓN

El espectro radioeléctrico es un bien de dominio público, escaso y valioso cuya titularidad corresponde al Estado. Su escasez viene determinada por la limitación del número de frecuencias disponibles y por la imposibilidad de utilizar la misma frecuencia para transmitir información diferente en una zona geográfica determinada. El fenómeno que impide el uso de la misma porción del espectro en la misma zona geográfica se denomina interferencia.

En España, los bienes de dominio público son determinados y regulados por la Ley 32/2003 General de Telecomunicaciones, y su gestión está basada en los principios de inalienabilidad, imprescriptibilidad e inembargabilidad (artículo 132 de la Constitución española). Esto significa que el espectro radioeléctrico no puede ser vendido ni embargado y que su titularidad estatal no prescribe nunca. El Estado asigna los derechos de propiedad por períodos de tiempo determinados mediante dos figuras jurídicas; la concesión a organismos privados y la afectación a los entes públicos.

El espectro es la materia prima de los servicios de telecomunicaciones inalámbricos y su valor se incrementa con el desarrollo de la sociedad de la información y el conocimiento en la que la información y su explotación es cada vez más importante para el desarrollo económico. El aporte del espectro a la sociedad de la información es múltiple: i) es capaz de dar movilidad y ubicuidad a determinados servicios, como en el caso de la telefonía móvil; ii) permite la difusión de contenidos, como en el caso de la televisión y la radio; iii) permite el transporte y/o distribución de las señales de otros servicios de telecomunicaciones que se prestan al usuario final mediante guía artificial (por ejemplo a través del satélite o de radioenlaces del servicio fijo).

Además tiene una función pública de alto valor social que se manifiesta en usos como seguridad aérea y marítima; defensa nacional; radioastronomía o protección ciudadana en situaciones de desastres y emergencias.

Los servicios que utilizan el espectro tienen un gran impacto en los hábitos de la sociedad provocando cambios en las necesidades de comunicación interpersonal, de acceso a la información tanto en el ámbito personal como en el de los negocios, y de disfrute de los servicios de entretenimiento.

Estos nuevos hábitos generan una mayor demanda de frecuencias y obligan a una gestión más eficiente del espectro radioeléctrico. La eclosión de nuevos servicios y tecnologías hace que la eficiencia en la gestión del espectro sea cada vez más valiosa y que su planificación, y control sean cada vez más complicados.

A nivel internacional el marco regulatorio global es determinado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo perteneciente a las Naciones Unidas. Cada uno de los estados miembros de Naciones Unidas tiene representación en la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Dentro de la regulación de la UIT es de vital importancia el Reglamento de Radiocomunicaciones y en particular su artículo 5 que establece las atribuciones de bandas de frecuencias para cada servicio de telecomunicaciones mediante el Cuadro de Atribución de bandas de frecuencias. A partir de las atribuciones realizadas en este artículo cada administración realiza el cuadro nacional de atribución de frecuencias en el que se recogen las especificidades de cada país

Además de la UIT y de los organismos nacionales de telecomunicaciones que en ella están representados existen a nivel regional diversas organizaciones que defienden los intereses de un determinado conjunto de países. Estas asociaciones se encargan de defender los intereses comunes ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones mediante la elaboración de informes, recomendaciones y decisiones. Ejemplos de este tipo de organizaciones son el Comité de Comunicaciones Electrónicas (ECC) de la Conferencia

Europea de Administraciones Postales y de Telecomunicaciones (CEPT) en Europa, CITEL (Confederación Interamericana de Telecomunicaciones) en América, APT (Asia Pacific Telecommunity) en Asia. En la Unión Europea la actuación de la CEPT es complementada por la actividad regulatoria de la Comisión Europea.

El objetivo de este documento es desarrollar una metodología para evaluar la eficiencia de los procesos de flexibilización del espectro, que permite estimar el beneficio neto de cada una de las opciones de flexibilización mediante un análisis coste beneficio y es aplicable a cualquier país perteneciente a la Región 1¹.

En el epígrafe 2 se analizan los procesos de flexibilización del uso del espectro. Se describe el conjunto de frecuencias a las que no es aplicable la flexibilización de acuerdo con su modelo de gestión; el mercado secundario del espectro; los conceptos de neutralidad de los servicios y de la tecnología, y la influencia de la tipología de las redes de telecomunicaciones en los conceptos de neutralidad tecnológica y de servicios; y los criterios para determinar el uso eficiente del espectro en las asignaciones iniciales de los procesos de flexibilización.

En el epígrafe 3 se analiza la demanda existente de espectro.

En el epígrafe 4 se analiza la oferta de espectro disponible, es decir el conjunto de bandas candidatas a su flexibilización y la interrelación existente entre ellas.

En el epígrafe 5 se ofrece una metodología diseñada para estimar el beneficio neto de las diferentes opciones en la flexibilización del espectro.

En el epígrafe 6 se ofrece una simulación utilizando la metodología diseñada para analizar el impacto de la flexibilización del espectro de diferentes bandas de frecuencias, para la acomodación inicial de servicios audiovisuales y de banda ancha en movilidad para un conjunto de cinco países (Reino Unido, Alemania, Francia, Italia y España). Los resultados indican que la flexibilización de bandas de frecuencia para su asignación inicial al servicio de Internet en movilidad es beneficiosa si se producen incrementos sustanciales del número de usuarios y cada uno ahorra al menos 1,64 horas anuales mediante el uso productivo de Internet móvil.

En el último epígrafe se ofrecen algunas conclusiones.

2. LOS PROCESOS DE FLEXIBILIZACIÓN DEL USO DEL ESPECTRO

De acuerdo con la teoría económica, el mercado produce una asignación eficiente de los recursos escasos gracias a la información que transmiten los precios en ausencia de fallos de mercado. Cuando estos fallos existen en ciertas situaciones se justifica la intervención pública para solucionarlos. En el caso de la asignación de frecuencias del espectro radioeléctrico los gobiernos intervienen en presencia de problemas de eficiencia y de equidad.

Por un lado existe un problema en la asignación de los derechos de propiedad provocado por las interferencias que unos usuarios del espectro podrían causar sobre otros. Por otra parte existen externalidades positivas que los servicios de radiocomunicaciones tienen en la sociedad, y también externalidades negativas para la salud de las personas, si no se cumplen unas condiciones mínimas de protección. Finalmente el Estado persigue la

¹ La Unión Internacional de Telecomunicaciones divide el mundo en tres áreas geográficas cada una con las mismas atribuciones de bandas de frecuencias. La Región 1 incluye Europa y África.

consecución de políticas públicas relacionadas con la equidad cuyo fin es la reducción de la brecha digital².

Según Domínguez y Elices (2009), el fallo de mercado provocado por la existencia de potenciales interferencias entre usuarios y la falta de coordinación entre ellos se fundamenta en un escenario de escasez de espectro en la existencia de dos problemas. Desde un punto de vista estático si dos agentes A y B usuarios del espectro no coordinan sus actuaciones entre sí el resultado de su uso podría ser ineficiente. Desde un punto de vista dinámico, tanto A como B pueden tratar de perjudicar al otro apoderándose de parte del beneficio del otro utilizando de modo malintencionado el espectro emitiendo señales con el único objetivo de degradar la señal del rival y esperando obtener un beneficio en una negociación. Este problema se agrava por la existencia de costes hundidos.

Si el agente B realiza una inversión en el despliegue de una red o en una innovación tecnológica que le produzca mayores beneficios por el uso del espectro, esta inversión se convierte en un coste hundido y la obtención de beneficios por esa inversión depende de una provisión del servicio libre de interferencias. En el momento en que A conozca la inversión realizada por B podría interferir a B sabiendo que puede obtener un beneficio de la situación, y puede pretender ser indemnizado por B al menos en una cantidad igual al coste hundido.

En general y aún sin ser necesaria la existencia de un coste hundido, si el coste para A de emitir una señal maliciosa es menor que el beneficio potencial que puede extraer de B al interferirle, tendrá incentivos para hacerlo. A argumentará que en realidad su objetivo no es interferir a B si no que la emisión de su señal le reporta unos beneficios mientras que los costes que le supondría introducir medidas son muy elevados. Para permitir las emisiones de B libres de interferencias A reclamaría una indemnización para poder sufragar el coste de los sistemas que limiten la producción de interferencias.

La solución al problema estático la encontramos en el teorema de Coase según el cual en aquellos casos en los que los derechos de uso sobre un recurso escaso fijados por el Estado, no consigan una eficiencia económica suficiente, se producirá una reasignación de estos derechos hacia aquellos que los valoran más siempre que los costos de transacción sean bajos o inexistentes. Esto se producirá aunque el sistema judicial falle en contra de ellos.

De este teorema puede deducirse que los agentes llegarán a un acuerdo sin necesidad de intervención pública siempre que la transacciones de cambio de uso del espectro sean posibles y los costes de transacción sean lo suficientemente bajos. Por tanto, se conseguirá una asignación eficiente del espectro radioeléctrico por parte del mercado sin necesidad de que el Estado defina los servicios y tecnologías que se deben prestar en una determinada banda de frecuencias si existe una regulación y unas condiciones técnicas que permitan las transacciones de espectro con unos costes inferiores a los beneficios que produzca el nuevo uso.

Para que esto sea posible es necesario que el Estado elija previamente el conjunto de bandas de frecuencia que se regirán por criterios de mercado, realice una asignación inicial de los recursos compatible con los usos anteriores y defina un conjunto de características técnicas y regulatorias que permitan las transacciones.

² Se conoce como brecha digital a la diferencia existente en el acceso a las tecnologías de la información y las comunicaciones entre los grupos poblacionales que disfrutan de alta capacidad de acceso y aquellos que lo tienen limitado por diferentes motivos.

El teorema de Coase resuelve el problema estático sin embargo no resuelve el problema dinámico provocado por la existencia de interferencias.

El problema dinámico se resuelve mediante la definición de derechos de uso exclusivos que especifiquen las frecuencias y las condiciones de uso de esas frecuencias. De este modo se dota de seguridad al sistema permitiendo que los nuevos servicios y tecnologías accedan en condiciones iguales al resto de usuarios del espectro y asegurando de este modo las inversiones.

La labor del Estado es por tanto definir las condiciones técnicas que deben contener los derechos de uso, proporcionar un mecanismo de resolución de conflictos con capacidad coercitiva y velar por el cumplimiento de las condiciones técnicas fijadas.

En la práctica el espectro radioeléctrico ha sido gestionado desde principios del siglo XX bajo un modelo de gestión denominado de uso exclusivo, basado en criterios administrativos o de "Command and Control" Coase, R. (1959). Este modo de actuación, justificado por la existencia de fallos de mercado en las asignaciones de los derechos de uso, se basa exclusivamente en criterios administrativos, que persiguen evitar el fallo de mercado provocado por el fenómeno de las interferencias mediante la definición de bandas de frecuencias atribuidas a un determinado servicio de comunicaciones. Así, para cada servicio prestado en una determinada banda de frecuencias se define un estándar que fija las características técnicas que se deben cumplir en la prestación de ese servicio y de este modo se consigue evitar las potenciales interferencias entre los diferentes usuarios del servicio.

Las características técnicas definidas sólo son útiles para evitar las interferencias de otros usuarios del espectro que utilicen el mismo servicio y tecnología pero no son válidas en caso de cambio de servicio o tecnología. Por tanto el enfoque administrativo supone que el Estado tiene que decidir de entre los diferentes servicios existentes a cual se asigna una determinada banda de frecuencias. Además se fija también la tecnología con la que se presta el servicio mediante la selección del estándar que se utilizará en la prestación del servicio.

Para flexibilizar el uso del espectro existen dos modelos alternativos.

El primero se conoce como de uso común, en el que los usuarios del espectro acceden a su uso sin necesidad de licencia administrativa ni coordinación entre ellos y debe limitarse a servicios de corto alcance cuyo uso sea personal o local y que por sus características no provocan interferencias a sistemas de mayor alcance. Se consideran candidatos a un uso común del espectro servicios como redes de área local o personal, sistemas de identificación por radiofrecuencia, dispositivos médicos, interconexión de dispositivos domésticos etc. Se asocia a este tipo de modelo de gestión, reducidas barreras a la entrada y por tanto una mayor facilidad para incorporar innovaciones. Sin embargo no puede dar respuesta a la prestación de servicios que tengan una potencia que pueda provocar interferencias.

El modelo de uso común puede ser adecuado para determinadas bandas de frecuencias que por sus características no permiten una gran cobertura siendo labor del Estado la elección de las bandas dedicadas al uso común. El debate en relación a este modelo de uso se centra en el estudio de la mayor eficiencia que podría obtenerse si existiese un agente centralizado concesionario de toda la banda de uso común que vendiese el espectro en un mercado secundario a aquellos usuarios que quisieran acceder a él.

Los servicios personales de muy corto alcance son los principales candidatos a ocupar porciones de espectro de acceso común sin necesidad de existencia de un agente

centralizado. Para el resto de los casos según Domínguez y Elices (2009) la decisión se debería tomar dependiendo del coste de oportunidad de no disponer de un agente centralizado que tenga incentivos a optimizar el uso del espectro. Este coste dependerá esencialmente de la escasez de espectro en bandas licenciadas que sean sustitutivas y de las características de propagación de la banda.

El segundo modelo alternativo se conoce como de uso exclusivo basado en criterios de mercado. En este modelo los derechos de uso del espectro son privativos y existe una licencia al igual que en el modelo administrativo. Sin embargo ésta no define el servicio a prestar ni la tecnología con la que se presta el servicio. Para poder permitir el cambio de uso del espectro es necesario que el Estado defina previamente las condiciones técnicas que aseguren que los cambios que se produzcan en el uso del espectro van a poder realizarse obteniendo los nuevos servicios o tecnologías las mismas condiciones de prestación del servicio libre de interferencias.

Aunque ya existen criterios para conseguir minimizar el impacto del cambio de uso mediante la definición de características técnicas expresadas en las licencias, todavía es un asunto no completamente resuelto y sometido a debate. Parece claro que se han de sustituir las tradicionales limitaciones a la potencia de transmisión ligadas a un servicio y a una tecnología por definiciones genéricas basadas en máscaras espectrales³.

Sin embargo de acuerdo con Webb, W (2009), se debería avanzar más en la definición de las condiciones de las licencias para reducir aún más los potenciales problemas de interferencia y en consecuencia los costes de transacción de una tecnología a otra. Hasta ahora se ha utilizado una definición basada en limitaciones a la potencia de los transmisores ya sea mediante la creación de un estándar o la definición de una máscara espectral. Esto ha sido suficiente para evitar la producción de interferencias entre usuarios cuando se producía un cambio de tecnología o de servicio, pero el parámetro más importante para evitar la producción de interferencias no es la limitación de la potencia de transmisión de las estaciones si no la densidad de estaciones en un área geográfica determinada.

Si hasta este momento no se han producido problemas es porque es el Estado el que dictaba el cambio de tecnología y de servicio en un momento determinado. En ese momento todos los nuevos usuarios del espectro comienzan a desplegar sus redes y de este modo la densidad de estaciones de las redes de los diferentes usuarios es siempre parecida. Por este motivo la producción de interferencias queda controlada por los diferentes usuarios.

En el momento en el que los cambios de uso del espectro queden liberalizados, las variaciones de uso se producirán antes por algunos de los usuarios dando lugar a que la densidad de estaciones de las redes sea diferente. Si esta situación se produce entonces aquellas redes que tengan una mayor densidad de estaciones podrían interferir en aquellas con densidades más bajas.

La solución a este problema es que las restricciones técnicas en las licencias de uso no sólo deben estar basadas en la creación de máscaras espectrales que limitan la potencia de transmisión, sino que se deben definir las restricciones en términos de interferencia máxima

³ Una máscara espectral es un conjunto de valores que limitan la potencia transmitida en una porción determinada del espectro y en la porción adyacente. Por ejemplo (las emisiones se limitarán a 60 dBm en su banda de transmisión y caerán 10 dB/MHz fuera de su banda de transmisión). Otro de los parámetros de la máscara es la definición de la canalización, o lo que es lo mismo el conjunto de frecuencias que ocupa cada usuario del servicio. Mediante la definición de una máscara espectral genérica cualquier nuevo servicio o tecnología conoce las condiciones de transmisión que debe cumplir y que cumplirán futuros servicios potencialmente interferentes.

aceptable que puede causar una estación o un conjunto de estaciones en un área geográfica determinada.

La definición de este tipo de restricciones añade gran complejidad en el diseño de las licencias pero minimiza los costes de transacción necesarios para cambiar de tecnología o servicio. La definición de las licencias de uso en términos de interferencia aceptable garantiza a los usuarios del espectro que los nuevos servicios y tecnologías se prestarán libres de interferencias y se facilita de este modo la eficiencia y la adopción de nuevas tecnologías.

Los avances tecnológicos podrían permitir en un futuro cercano la combinación del modelo de uso exclusivo basado en criterios de mercado y el modelo de uso común, lo que se conoce como modelo mixto.

Esto será posible gracias al desarrollo de tecnologías cognitivas. Este tipo de tecnologías permiten la identificación y utilización de porciones de espectro que en un determinado momento o área geográfica se encuentran disponibles y no utilizadas por los servicios primarios que tienen asignado ese espectro. Estas tecnologías son capaces de detectar la situación ambiente en que se encuentran y cambiar sus parámetros de transmisión de acuerdo con dicho ambiente para evitar la producción de interferencias de acuerdo con lo descrito en Mitola J. (1999).

El funcionamiento de estos dispositivos se basa en el escaneo de una determinada banda de frecuencias para encontrar los huecos disponibles "White spaces" y la emisión en estos huecos sin provocar interferencias a los servicios primarios. Un ejemplo de esto son los dispositivos cognitivos que prestan un servicio de acceso a Internet escaneando la banda UHF dedicada a la prestación de servicios de radiodifusión para encontrar canales libres en los que no se difunde ningún canal. Las tecnologías cognitivas de escaneo del espectro son por tanto un modo mixto entre el modelo de uso común en el que no se necesitan licencias y el de uso exclusivo basado en criterios de mercado, ya que por un lado no se necesitan licencias que definan las frecuencias que se utilizarán como en el modo común pero por otro cumplen ciertas condiciones equivalentes a las del uso exclusivo que les permiten utilizar aquellos huecos dejados por los servicios primarios.

En relación al debate sobre cual es la intervención pública que ofrece mejores resultados en la asignación del espectro en términos de eficiencia, actualmente existe consenso en la introducción de criterios de mercado en lo que se conoce como flexibilización del uso del espectro. Esta flexibilización se basa en la introducción de un conjunto de cambios en la política económica y regulatoria teniendo en cuenta las restricciones iniciales existentes.

Las medidas fundamentales consisten en primer término en establecer un marco regulatorio que permita el desarrollo de un mercado secundario del espectro (en el que se permita la compra, venta, subdivisión y agregación de bloques de espectro para que puedan ser utilizados de la manera lo más eficiente posible); y en segundo lugar en perseguir los principios de neutralidad tecnológica y de servicios en las nuevas licencias de uso, lo que está relacionado con las características técnicas que deben contener las licencias de uso para garantizar que las futuras transacciones entre servicios y tecnologías se produzcan libres de interferencias.

La neutralidad tecnológica es siempre deseable y está condicionada por la definición de los criterios técnicos que minimicen el impacto de la implantación de la nueva tecnología libre

de interferencias y por las posibles afecciones que podría tener en términos de distorsión de la competencia la adopción de una nueva tecnología en una determinada banda⁴.

La neutralidad de servicios es más complicada porque los diferentes tipos de servicios utilizan redes cuya potencia típica de estación es muy diferente. No es posible la neutralidad entre servicios cuando existe gran diferencia de potencia entre las estaciones de los distintos servicios.

La única solución a este problema es crear varios tipos de bandas de frecuencia atendiendo a la potencia típica de estación de las redes, dentro de las cuales sí es posible la neutralidad de servicios (Redes unidireccionales de alta potencia -radiodifusión-; redes unidireccionales de alta y baja potencia -multimedia en movilidad-; redes bidireccionales de baja potencia -banda ancha móvil y fija-).

La consecuencia es la necesidad de definir tres tipos de bandas de frecuencia y flexibilizar cada una de ellas. Los servicios que se prestan con una tipología deben estar separados de los de otra por bandas de guarda que eviten las interferencias entre los distintos tipos de redes (las redes de menor potencia provocan interferencias en el borde de la cobertura de las redes de mayor potencia⁵).

Para poder determinar cuál es el uso más eficiente del espectro es necesario definir previamente qué se considera por uso eficiente. Cave (2002) distingue tres tipos de eficiencia que guían la política de gestión del espectro: i) Eficiencia técnica, basada en la promoción del desarrollo e introducción de nuevas tecnologías más eficientes y en el uso intensivo del espectro de manera compatible con los límites técnicos para evitar interferencias; ii) Eficiencia social, referida a la compatibilidad con las políticas públicas en materia de radiodifusión, competencia en el mercado de las telecomunicaciones y opciones de elección de los consumidores; salvaguarda de los intereses de uso del espectro para el funcionamiento eficiente de la defensa, servicios de emergencia y otros servicios públicos, y compatibilidad con los tratados y acuerdos internacionales en materia de espectro; y, iii) Eficiencia económica, entendida como la asignación del espectro a los usuarios y usos que generen mayor valor y una respuesta flexible ante los cambios en los mercados y las tecnologías, de manera que se pueda asignar espectro a nuevos servicios una vez sean factibles técnica y comercialmente, permitiendo la minimización de las barreras de entrada, y los costes de transacción y otras limitaciones en un mercado competitivo eficiente.

En este documento es el concepto de eficiencia económica el que orienta la metodología de análisis.

Una manera de incrementar la eficiencia en las asignaciones de frecuencias es lograr un nivel de flexibilización del espectro que permita que sea el mercado el que oriente el uso más eficiente del espectro. Sin embargo en los procesos de flexibilización antes de que el mercado actúe, se deben asignar frecuencias a los servicios más eficientes de forma que

⁴ Un ejemplo de neutralidad tecnológica es la actualización de las redes de telefonía móvil en la banda 900 desde la tecnología GSM de segunda generación a tecnologías móviles de tercera generación UMTS y futuras tecnologías, más eficientes en el uso del espectro y que además aportan un valor adicional al servicio de telefonía móvil ya que permiten prestar el servicio de banda ancha en movilidad.

⁵ Es interesante destacar que en las diferentes tipologías de red las de alta potencia suelen ser redes de radiodifusión que disponen únicamente del enlace descendente de la comunicación. Por el contrario las redes que necesitan de un enlace ascendente suelen ser redes móviles que tienen limitada la cobertura del transmisor de la estación base por la potencia de transmisión del terminal móvil.

una vez realizada esta asignación inicial será el mercado el que determine la evolución posterior. A tales efectos, deben considerarse las siguientes restricciones:

La neutralidad de servicios está condicionada por la tipología de la red. Una vez asignada una banda a un servicio el cambio a otro que use una tipología de red diferente supone un gran aumento en los costes de transacción.

La flexibilización está también condicionada por los usos actuales del espectro, ya que en el pasado dichos usos fueron determinados por decisiones administrativas. Por tanto el proceso de flexibilización tiene como restricción los actuales servicios que se prestan en las distintas porciones del espectro y el coste que supone desplazarlos a otras bandas.

En este documento se utiliza como criterio para determinar los usos eficientes en las asignaciones iniciales de los procesos de flexibilización el desarrollado por Morris A.C. (2005) según la cual el uso más eficiente del espectro será aquel que asigne cada porción de modo que no exista mejor manera de utilizar el espectro en condiciones equivalentes de uso para todos los candidatos a utilizar dicha porción.

Sin embargo la observancia de este criterio debe contemplar factores como:

i) La existencia de medios alternativos para la prestación de un servicio, que no impliquen el uso del espectro, y que permitan la prestación del servicio en las mismas condiciones;

ii) La situación de partida ya que cambios que teóricamente mejoran la eficiencia deben considerar los beneficios que aporta el desalojo del servicio, que deben ser superiores a los costes de desalojo; y se suponen rendimientos de utilidad decrecientes, es decir la utilidad marginal de la asignación de una porción de espectro adicional a un determinado servicio decrece con el número de porciones que se han asignado ya a ese servicio. Por tanto para saber si un determinado servicio debe desalojar en parte o en su totalidad a otro se debe analizar la cantidad de espectro utilizado en un determinado país para ese servicio en relación a su demanda. En consecuencia se deben analizar todas las porciones del espectro de características similares que puedan satisfacer la demanda del uso más eficiente para determinar cuál de ellas debe ser desalojada. De esta afirmación se concluye que el análisis se debe extender al conjunto de todas las porciones del espectro con características similares, antes de proceder al desalojo de una de ellas.

iii) La situación en la competencia, que puede ser afectada por la sustitución de un uso del espectro por otro más eficiente, particularmente cuando existen licencias en vigor para un determinado uso ligadas a una determinada tecnología. Si se produce una liberación que suponga un uso más eficiente del espectro consecuencia de la utilización de una tecnología más avanzada, aquellos concesionarios que no tengan otorgada una licencia en la porción del espectro liberalizada se encontrarían en una situación de desventaja competitiva con los otros. Este problema sólo puede solucionarse esperando a la finalización del período de las licencias o mediante procesos de expropiación y posterior compensación que permitan la devolución del espectro y posibiliten una nueva asignación en situación de igualdad competitiva.

iv) La situación de los usos no comerciales del espectro, como la defensa nacional la seguridad aérea y marítima, la radioastronomía, o la protección ciudadana en situaciones de desastres y emergencias. Otros servicios además del valor comercial tienen numerosas externalidades.

Una vez considerados estos factores los pasos a seguir en los procesos de flexibilización deben ser los siguientes:

- i) Seleccionar las bandas de frecuencia candidatas para la flexibilización. Se deben seleccionar las posibles de entre las de mejor propagación, teniendo en cuenta la situación de cada país o región económica.
- ii) Crear un marco regulatorio que permita comprar, vender, agregar y dividir porciones del espectro
- iii) Determinar para cada uno de los tres tipos de redes qué bandas de frecuencia se van a utilizar teniendo en cuenta la situación de partida. La situación de partida impone unas restricciones que determinarán la manera y ritmo de la flexibilización.
- iv) Definir las características técnicas que permitan que las transacciones futuras se puedan realizar minimizando los costes de transacción.

3. ¿QUIÉN DEMANDA ESPECTRO?

En cada momento existe un conjunto de servicios y tecnologías que demandan en diferentes bandas de frecuencias acceso al espectro o ampliación de la capacidad de la que disponen. La banda demandada depende de la naturaleza del tipo de servicio. Sin embargo la escasez de espectro obliga a que no todos esos servicios y tecnologías tengan acceso al espectro radioeléctrico.

En el modelo administrativo las decisiones sobre qué bandas y a qué servicios y tecnologías se otorga el espectro son tomadas por el Estado. Estas decisiones suponen apostar de manera permanente por determinados servicios y tecnologías. La flexibilización pretende que sea el mercado el que determine qué servicios y tecnologías usarán las bandas disponibles. La introducción de criterios de mercado sin embargo no debe perjudicar los objetivos del Estado en cuanto a equidad y garantía de un acceso libre de interferencias para todos los servicios.

En la actualidad los servicios más destacados de entre los que demandan espectro son los servicios audiovisuales y los de banda ancha en movilidad.

3.1 Servicios audiovisuales

Los radiodifusores demandan espectro para poder ofrecer servicios audiovisuales de mayor calidad, contenidos más personalizados y añadir movilidad a la televisión digital. Su acceso al espectro permitiría por tanto: i) Mejorar la calidad de la imagen y el sonido mediante la implementación de la televisión en alta definición; y televisión en tres dimensiones. Ambas mejoras requieren de un aumento de la capacidad que podría cuadruplicar o incluso multiplicar por ocho el consumo espectral de un programa de televisión digital. ii) Mejorar la oferta de contenidos mediante el abandono de programaciones generalistas y su sustitución por programas personalizados en los que los contenidos estarían dirigidos a cada tipo de usuario; televisión infantil, de deportes de noticias, etc... La consecuencia de la personalización es el incremento de consumo de televisión por aumento de interés en la programación. iii) Desplegar redes de televisión en movilidad para poder acceder a los contenidos desde cualquier lugar. Otras maneras de ofrecer televisión en movilidad; por ejemplo las tecnologías móviles; son menos eficientes.

La banda de frecuencias para satisfacer la demanda de los radiodifusores ha de estar necesariamente dentro del rango tradicional de frecuencias utilizado para la radiodifusión de televisión, banda 470-862 MHz, ya que el cambio de banda supondría la sustitución de todos los terminales de usuario y de las instalaciones de recepción así como el despliegue de transmisores adicionales.

La dedicación de una porción de espectro adicional no es la única manera de conseguir los avances descritos en los apartados anteriores. La utilización de mejoras tecnológicas para obtener mayor eficiencia espectral también puede utilizarse para conseguir estos objetivos. Ejemplos de estas mejoras son: i) La actualización de las tecnologías de compresión desde MPEG2 a MPEG4 ii) La mejora en la eficiencia de la transmisión mediante la implementación del estándar DVB-T2 que permitiría un incremento del 30% en la capacidad transmitida. iii) El despliegue de redes de frecuencia única para reducir el número de canales necesarios en la transmisión un determinado programa

3.2 Servicios de banda ancha móvil y fija.

Los operadores de telefonía móvil solicitan capacidad espectral adicional para poder satisfacer la demanda latente de banda ancha en movilidad que se manifiesta en los crecimientos exponenciales en la utilización de teléfonos inteligentes con conexión a Internet y el aumento en el uso de las tarjetas de acceso a datos para ordenadores portátiles. Adicionalmente demandan espectro para proveer a las zonas de baja densidad de población de acceso a Internet de forma más rentable que la proporcionada por las redes fijas.

La satisfacción de la demanda dotaría al acceso a Internet de ubicuidad mediante las tarjetas de acceso a datos, de movilidad mediante los teléfonos inteligentes conectados y de universalidad gracias el acceso a Internet en zonas de baja densidad de población.

La banda de frecuencias actualmente asignada a la prestación del servicio de banda ancha móvil está en torno a 2 GHz. En dicha banda resulta demasiado costoso desplegar el servicio en las zonas rurales y es insuficiente para atender las demandas de movilidad y ubicuidad. La solución debe incluir atribuciones de espectro en diferentes localizaciones de modo que unas permitan la extensión de la banda ancha a zonas rurales y otras satisfacer la demanda gran capacidad de las zonas de alta densidad de población.

Del conjunto de frecuencias que se dediquen a banda ancha en movilidad son fundamentales aquellas que permitan el despliegue del servicio a todo el conjunto de la población con un menor coste. Estas son las que se encuentran por debajo de 1 GHz y en consecuencia la estrategia de los operadores e incluso el éxito de la asignación de las bandas superiores dependerá de cómo se resuelva la asignación en las inferiores a 1GHz. Las tecnologías candidatas para la implementación de la banda ancha en movilidad son UMTS/LTE y WiMAX

3.3 Otros servicios

De acuerdo con Analysys Manson (2009) existen otros servicios de radiocomunicaciones que actualmente demandan acceso al espectro:

i) Los servicios de protección ciudadana frente a desastres y emergencias: por ejemplo los de policía, bomberos, ambulancias etc... que utilizan un conjunto de frecuencias armonizadas que sólo pueden ofrecer voz y datos a baja velocidad y que demandan acceso a datos de banda ancha en movilidad en bandas armonizadas. La utilización de servicios comerciales para emergencias podría aportar beneficios en cuanto a economías de escala, sin embargo podrían no ser suficientemente fiables en determinadas situaciones.

ii) Servicios de ayuda a la radiodifusión y realización de programas, para la distribución de noticias, conciertos musicales, actuaciones teatrales, retransmisiones deportivas etc...mediante la utilización de micrófonos inalámbricos, auriculares inalámbricos y sistemas de respuesta, en eventos al aire libre o en grandes recintos. En la actualidad estos servicios

se prestan en la mayoría de los países en la banda 470-862 MHz, en los canales libres no utilizados por la radiodifusión y con carácter secundario. Sin embargo la utilización intensiva por parte de los servicios audiovisuales y de banda ancha en movilidad posiblemente desplace estos servicios a otras bandas originando la consiguiente demanda de espectro.

iii) Tecnologías cognitivas, son aquellas que usan una determinada porción de espectro libre en una zona geográfica determinada o en un momento determinado sin causar interferencia perjudicial a los servicios principales en bandas adyacentes y sin necesidad de existir una licencia. Se pueden prestar varios servicios mediante este enfoque, por ejemplo al acceso a Internet de banda ancha, sin embargo como el desarrollo de este tipo de tecnologías está todavía en desarrollo es complicado predecir su futura demanda.

iv) Reserva espectral para la innovación; se debe reservar parte del espectro para favorecer la experimentación. Las bandas más apropiadas son las que menos costes de oportunidad ofrezcan.

4. ¿QUÉ ESPECTRO ESTÁ DISPONIBLE?

La oferta de espectro viene determinada por las nuevas atribuciones que se realicen en el Reglamento de Radiocomunicaciones de acuerdo con las necesidades existentes y la disponibilidad de espectro liberado por otros usos.

En la actualidad existe un conjunto de bandas en diferentes localizaciones del espectro candidatas a la revisión de su uso por diferentes motivos y por tanto candidatas a su flexibilización. Este conjunto de bandas constituye la oferta de espectro para los próximos años. El uso y la utilidad de las frecuencias ofertadas dependen de su localización y condiciona las decisiones de los concesionarios del espectro. Por este motivo se agrupan las bandas candidatas disponibles del siguiente modo: i) bandas en torno a 1 GHz con excelentes características de propagación y capacidades de transmisión adecuadas. ii) bandas en torno a 2 GHz con características de propagación intermedias y capacidades de transmisión más altas. iii) bandas en torno a 3 GHz con gran capacidad de transmitir información pero alcance limitado que obligan al despliegue de redes de muy alta densidad de estaciones.

Las diferentes bandas de frecuencias tienen características de propagación que influyen en el diseño de las redes de telecomunicaciones, en los costes de despliegue y en los servicios que se pueden prestar. Cuanto más bajas sean las frecuencias de la banda mayor alcance tendrá una estación y por tanto se necesitará un menor número de estaciones en el despliegue de una red de telecomunicaciones, por este motivo las bandas cercanas a 1 GHz condicionan la atribución del resto de bandas, pues los operadores no pueden determinar su estrategia de despliegue de redes hasta que no se hayan asignado las bandas de frecuencia más bajas. En contrapartida las bandas de frecuencias más altas son capaces de transmitir más información en el mismo ancho de banda, aunque en todos los casos la capacidad disminuye con la lejanía al transmisor.

Los operadores de servicios móviles tienen atribuidas en la actualidad frecuencias en torno a 1 y 2 GHz.

4.1 Bandas en torno a 1GHz

Las bandas en torno a 1 GHz tienen unas características excelentes en términos de propagación y de penetración en el interior de los edificios. Su situación en el espectro

radioeléctrico hace que sean especialmente apetecibles ya que representan un compromiso adecuado entre cobertura de la estación y capacidad de transmisión de información. Las atribuciones a servicios que se hagan en las bandas de frecuencia en torno a 1 GHz son de vital importancia en términos de equidad ya que posibilitan el despliegue de estaciones en zonas de baja densidad de población con inversiones económicamente rentables y muy inferiores a las de las bandas superiores. Las siguientes bandas cercanas a 1 GHz están en proceso de flexibilización actualmente:

i) Banda tradicional utilizada para la radiodifusión 470-862 MHz: es el conjunto de frecuencias asignadas para la radiodifusión de televisión analógica. Con la llegada de la televisión digital la capacidad necesaria para la radiodifusión de televisión ha disminuido gracias a la mayor eficiencia técnica de la tecnología digital. El resultado es que parte de esta banda ha quedado libre y operadores de los diferentes tipos de servicios solicitan su utilización. La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2007 (CMR 2007) de la UIT identificó la subbanda 790-862 MHz como el conjunto de frecuencias liberadas por la actualización tecnológica en la prestación de servicios audiovisuales y permitió que pudiese ser también utilizada por servicios móviles de banda ancha. La subbanda 790-862 MHz está por tanto disponible para su flexibilización y a partir de ahora nos referiremos a ella en este documento como banda 800⁶. En los países en los que la radiodifusión de televisión mediante televisión digital terrestre no es el principal medio de radiodifusión de televisión, se debate ampliar la banda 800 para poder flexibilizar una porción aún mayor de espectro que la determinada por la Conferencia.

En relación a esta banda la Comisión Europea (2007) plantea tres opciones: Flexibilizar la banda y dedicarla exclusivamente a servicios de radiodifusión que utilizan redes unidireccionales de alta potencia. Dedicar parte de la banda (790-862 MHz) a la creación de una nueva sub-banda (banda 800) de uso flexible a nivel europeo dedicada a servicios que utilicen redes bidireccionales de baja potencia y flexibilizar el resto de la banda (470-790 MHz) para redes unidireccionales de alta potencia. Dedicar un conjunto de frecuencias adicionales (x-790 MHz) para la sub-banda de redes bidireccionales de baja potencia no armonizada a nivel europeo y flexibilizar el resto (470-x) para redes unidireccionales de alta potencia

ii) Banda 900 (880-915 MHz y 925-960 MHz): se utiliza en la actualidad para los servicios de telefonía móvil de segunda generación GSM en las comunicaciones de voz. Esta banda es candidata para la flexibilización tecnológica de modo que puedan desplegarse tecnologías más avanzadas que posibiliten no solo la prestación de servicios de voz sino también de datos a alta velocidad en movilidad.

4. 2 Bandas en torno a 2 GHz

Las bandas en torno a 2 GHz ofrecen una cobertura menor que las anteriores, y una penetración en el interior de los edificios más limitada. Sin embargo su capacidad de transmitir información las hacen adecuadas como apoyo para el aumento de capacidad o para el despliegue de servicios en zonas de densidades de población altas y medias. Las siguientes bandas cercanas a 2 GHz están en proceso de flexibilización actualmente:

i) Banda GSM 1800 (1710-1785 MHz y 1805- 1880 MHz): Actualmente esta banda de frecuencias está asignada a las comunicaciones móviles de segunda generación y su situación es equivalente a la de la banda 900. El uso de la banda depende de la situación existente en cada país. En general se ha venido utilizando como apoyo a la red GSM 900 en aquellos casos en los que el operador disponía de frecuencias en la banda 900 y en otros

⁶ La banda 800 se conoce también como dividendo digital.

casos se ha utilizado como banda principal para el despliegue de redes de segunda generación. Esta última situación ocurre en aquellos casos en los que el operador carece de frecuencias en la banda 900 y cuando se produce los operadores habitualmente ofrecen una cobertura limitada en las zonas de baja densidad de población.

ii) Banda UMTS 2100 (1900-1980 MHz, 2010-2025 MHz, 2110-2170 MHz): La banda 2100 es la banda atribuida universalmente a las comunicaciones móviles de tercera generación preparadas para la transmisión de datos en movilidad. Por tanto su uso en la actualidad es eficiente desde un punto de vista técnico. No obstante la evolución de la tecnología hará necesario en el futuro la flexibilización de esta banda.

4.3 Bandas en torno a 3 GHz

Las bandas con frecuencias cercanas a los 3 GHz ofrecen altas capacidades de transmisión de información pero características de propagación y de penetración en los edificios muy bajas. En consecuencia su utilización sólo es efectiva en coste en zonas de alta densidad de población. Las siguientes bandas cercanas a 3 GHz están en proceso de flexibilización actualmente

i) Banda 2,6 GHz (2500-2690 MHz): La banda de 2,6 está actualmente reservada para su uso por servicios de banda ancha en movilidad de tercera generación, pero todavía no se han desplegado redes en esta banda a la espera quizá de lo que suceda con las frecuencias más bajas.

ii) Banda 3,4 (3400-3800 GHz): Esta banda está atribuida en la actualidad a tecnologías inalámbricas para servicios fijos punto a multipunto en algunos países. Se plantea su flexibilización para su uso también por tecnologías móviles. Su situación en el espectro hace que solo sean apetecibles en caso de alta demanda de acceso a datos en zonas de muy alta densidad de población.

5. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA ECONÓMICA DE LA FLEXIBILIZACIÓN DEL USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

El presente epígrafe ofrece una metodología diseñada para estimar el beneficio neto de las diferentes opciones en la flexibilización del espectro. La metodología desarrollada analiza el modo más eficiente de realizar el proceso de transición desde bandas gestionadas mediante el modelo de uso exclusivo basado en criterios administrativos, al modelo basado en criterios de mercado.

El análisis está particularizado para la situación existente en la Unión Europea teniendo en cuenta las bandas recogidas en el documento de la Comisión Europea (2007) como candidatas a la flexibilización: banda 800, banda 900; banda 1800; banda 2100; banda 2,6 y banda de 3,4. En total la Unión Europea pretende flexibilizar 1350 MHz⁷ empezando por las bandas que mejores características de propagación poseen que son las más importantes desde un punto de vista de la eficiencia económica.

Las bandas por debajo de 1GHz son fundamentales ya que una vez resuelta su flexibilización el resto se asignará dependiendo del resultado. Por este motivo la metodología se centra en el análisis de las bandas cercanas a 1 GHz (800 y 900), y las

⁷ Sin incluir bandas de guarda.

implicaciones que esto tiene sobre la banda 1800. La flexibilización del resto de bandas no será problemática una vez se haya resuelto la flexibilización de éstas.

Antes de comenzar el proceso de flexibilización se han de resolver los siguientes aspectos:

i) El regulatorio mediante el desarrollo de una nueva normativa en la que las licencias de uso no estén ligadas a un servicio ni a una tecnología y se pueda comerciar con ellas en el mercado secundario accediendo a las frecuencias los servicios más eficientes. ii) El técnico mediante el diseño de especificaciones técnicas contenidas en las licencias que definan las restricciones mínimas que debe cumplir todo aquel que utilice una banda de frecuencias garantizando la coexistencia de diferentes tecnologías y servicios. De este modo se limitan las restricciones a la entrada de futuros usos. iii) El proceso inicial de acomodación, en el que la situación de partida limita la redistribución del espectro en los tres tipos de posibles redes. Inicialmente se deben distribuir los servicios más eficientes en las bandas de frecuencias más valiosas cumpliendo ya con las condiciones técnicas del apartado anterior.

La situación de partida en cada país o región económica impone unas restricciones que determinan la manera y el ritmo de flexibilización. En cualquier caso se debe tener en cuenta: la situación de partida, la demanda que cada uso tenga en cada país, los tipos de redes existentes, la compatibilidad entre servicios y tecnologías. En el caso teórico en el que no existiese esta situación inicial, la flexibilización se realizaría con redes de baja potencia funcionando indistintamente de forma unidireccional o bidireccional de modo que la neutralidad tecnológica y de servicios fuese completa. Esta solución es inviable debido a la existencia de redes de alta potencia en período de amortización en el rango de frecuencias 470 - 862 MHz.

Definición de la metodología

Se muestra a continuación la metodología diseñada para estimar el beneficio neto de las diferentes opciones en la flexibilización del espectro de las bandas por debajo de 1 GHz en la región 1.

$$\alpha BM(f_m) + BA(f_{800}) + B1800 - (CL(f_{800} + f_a) + 800 + 900 + [RTD(f_{800} + f_a, td) + /- D(f_{800}, td)]_{TDmax})$$

Siendo:

$$f_m = f_{800} + \beta f_{900} + f_a$$

$$\alpha = \gamma (f_{800} / f_m) + \mu (\beta f_{900} / f_m)$$

Beneficios:

α : Multiplicador del beneficio móvil; obtenido por la armonización de un conjunto de frecuencias a nivel superior al nacional para la banda ancha móvil, por ejemplo la armonización de frecuencias del dividendo digital a nivel europeo.

$BM(f_m)$ Beneficios de la banda ancha móvil; son los beneficios económicos de asignar una porción del espectro de tamaño f_m para servicios de banda ancha móvil, siendo:

f_m : Conjunto de frecuencias asignadas al servicio de banda ancha móvil.

β : Proporción de frecuencias destinadas a banda ancha móvil en la banda 900 sobre el total de la banda

f_{800} : Frecuencias del dividendo digital dedicadas a banda ancha móvil o a servicios audiovisuales. Nunca a ambos.

f_{900} : Conjunto de frecuencias de la banda 900.

f_a : Conjunto de frecuencias adicionales dedicadas a banda ancha móvil en 470-790 MHz.

BA (f_{800}): Beneficios audiovisuales; son los beneficios económicos adicionales de asignar la banda de frecuencias del dividendo digital f_{800} para servicios audiovisuales.

B1800: Beneficios de la banda 1800; son los beneficios obtenidos de la capacidad disponible para banda ancha móvil una vez que la banda 1800 absorba el tráfico de voz de la banda 900.

Costes:

CL($f_{800} + f_a$): Costes de liberación de la banda 800; Liberación de la banda 790-862 MHz para servicios diferentes al de radiodifusión unidos en su caso a los costes de liberación de frecuencias adicionales dentro de la banda 470-790 MHz

800: Costes de despliegue de una red de banda ancha móvil en la banda 800.

900: Costes en la banda 900; actualización tecnológica de la banda 900 desde GSM a UMTS, y coste de despliegue y actualización de la banda 1800 para que recoja el tráfico de voz de la 900.

RTD ($f_{800} + f_a, td$) $_{TD_{max}}$: Coste de oportunidad de las Redes de Televisión Digital; provocado por no poder desplegar redes audiovisuales adicionales en la banda 800 al haber dedicado parte de la banda a la banda ancha móvil. Incluye el coste de oportunidad de las redes audiovisuales que podrían haberse desplegado en el espectro del dividendo digital, y el coste real de las redes adicionales que se deben eliminar en caso de dedicar espectro adicional para la banda ancha en movilidad.

td: Número de redes audiovisuales que se hubiesen desplegado en un determinado país si el conjunto de frecuencias de la banda 800 no hubiese sido destinado a la banda ancha móvil.

TD $_{max}$: Número máximo de redes audiovisuales posibles desde un punto de vista técnico en una porción de espectro dedicada a banda ancha móvil que podría haber sido dedicada a servicios audiovisuales.

D (f_{da}, td) $_{TD_{max}}$: Coste de despliegue de las redes adicionales de televisión digital en caso de utilizar la banda 800 para estos servicios. El número de redes adicionales a considerar es $td < TD_{max}$. Si no se realiza el despliegue se convertirá en un coste ahorrado y tendrá signo negativo, en caso contrario tendrá signo positivo.

Propiedades de la Metodología:

Propiedades en relación al uso de la banda 800 para servicios móviles o audiovisuales:

Si f_{800} se dedica a servicios móviles

$$BA(f_{800}) = 0$$

$$f_m = f_{800} + \beta f_{900} + f_a$$

Si f_{800} se dedica a servicios audiovisuales

$$f_m = \beta f_{900} + f_a$$

$$CL(f_{800}+f_a) = 0$$

$$RTD(f_{800}+f_a,td) = 0$$

Condición que debe cumplirse para que sea eficiente dedicar la banda 800 a la banda ancha en movilidad.

$$\alpha BM(f_m) > (CL(f_{800}) + 800 + [RTD(f_{800},td) - D(f_{da},td)]_{TDmax})$$

Posibles situaciones en relación a la flexibilización:

- Flexibilización de la banda 800 para redes audiovisuales

$$BA(f_{800}) - (D(f_{800},td)_{TDmax})$$

- Flexibilización de la banda 800 para redes de radiodifusión con liberación de la banda 790-862 para redes audiovisuales de frecuencia única.

$$BA(f_{da}) - (CL(f_{800}) + [D(f_{da},td)]_{TDmax})$$

- Flexibilización de la banda 800 para servicios audiovisuales y flexibilización de la banda 900

$$\alpha BM(f_m) + BA(f_{800}) + B1800 - (900 + [D(f_{800},td)]_{TDmax})$$

$$f_m = \beta f_{900}$$

- Flexibilización de la banda 800 para redes de banda ancha en movilidad

$$\alpha BM(f_m) - (CL(f_{800}) + 800 + [RTD(f_{800},td) - D(f_{800},td)]_{TDmax})$$

$$f_m = f_{800}$$

- Flexibilización de la banda 900

$$\alpha BM(f_m) + B1800 - 900$$

$$f_m = \beta f_{900}$$

- Flexibilización de la banda 800 para redes de banda ancha móvil y flexibilización de la banda 900

$$\alpha \text{ BM } (f_m) + B1800 - (CL(f_{800}) + 800 + 900 + [RTD (f_{800},td) - D (f_{800},td)]_{TDmax})$$

$$f_m = f_{800} + \beta f_{900}$$

- Flexibilización de la banda 800 y espectro adicional para redes de banda ancha móvil y flexibilización de la banda 900

$$\alpha \text{ BM } (f_m) + B1800 - (CL(f_{800}+ f_a) + 800 + 900 + [RTD (f_{800}+ f_a,td) - D (f_{800},td)]_{TDmax})$$

Componentes de la metodología

α : Multiplicador del beneficio móvil:

El beneficio que obtiene la sociedad al dedicar bandas de frecuencia a redes de banda ancha móvil se maximiza cuantos más países adopten también esas mismas frecuencias. Existe un conjunto de factores que aumentan el beneficio de la utilización de estas bandas de frecuencias si se produce de forma conjunta en todos o en la mayoría de los países de la Unión Europea. Como se recoge en el estudio de Analysys Manson, (2009) encargado por la Comisión europea acerca del dividendo digital; existe una “dimensión europea” en la asignación de frecuencias. La mayor eficiencia de la adopción conjunta se fundamenta en lo siguiente:

i) Se evita la coordinación de frecuencias necesaria por la utilización de redes de alta potencia; si el uso de la banda 800 se dedica en unos países a redes de alta potencia - radiodifusión- mientras que en otros se dedica a redes bidireccionales de baja potencia - banda ancha móvil- en estos últimos se producirá una pérdida de cobertura debido al alcance de las interferencias de las de alta potencia que se introducen varios cientos de kilómetros dentro del país vecino, perdiendo la cobertura para banda ancha móvil en ese área. El beneficio económico total del despliegue de redes de banda ancha móvil está condicionado a la postura que los países vecinos adopten en relación a la adopción de la banda 800 para banda ancha móvil.

ii) Se aprovechan las economías de escala, existe mayor interoperabilidad y la posibilidad de roaming internacional. En relación a las economías de escala su aprovechamiento se produciría en la fabricación de equipos de red y para el usuario final si se utiliza una banda armonizada. La eficiencia en coste de la fabricación de equipos es mayor si solo existe una especificación basada en una única banda de frecuencias y con las mismas características técnicas para todos los países de la Unión Europea. Por otro lado la adopción de la misma banda en toda la Unión Europea permite el roaming internacional y la interoperabilidad de los terminales en todos los países de la Unión.

De las frecuencias candidatas para la adopción de servicios de banda ancha en movilidad f_m no todas se ven afectadas de la misma manera por este multiplicador.

f_{800} : Las frecuencias de la banda 800 se ven afectadas por los dos factores descritos anteriormente ya que esta banda originalmente es utilizada en todos los países de la Unión por redes unidireccionales de alta potencia.

f_{900} : Las frecuencias de la banda 900 solo se ven afectadas por el segundo factor, ya que en todos los países esta banda de frecuencia es ya utilizada por redes bidireccionales de baja potencia.

f_a : Se considera que no se ve afectada por ninguno de los dos factores anteriores porque la Comisión Europea no ha tomado la decisión por el momento de armonizar frecuencias adicionales, aunque podrían llegarse a acuerdos entre países vecinos.

En consecuencia el multiplicador α tiene la siguiente composición

$$\alpha = \gamma (f_{800} / f_m) + \mu (\beta f_{900} / f_m)$$

Siendo γ la mejora obtenida por los dos conceptos descritos anteriormente y μ la mejora obtenida únicamente por el segundo concepto.

BM (f_m): Beneficios de la banda ancha móvil.

Los beneficios de la banda ancha móvil se pueden evaluar como beneficios financieros obtenidos por los consumidores, beneficios obtenidos por los productores del servicio y externalidades. Estas últimas son mucho más complejas de medir que los beneficios financieros directos en el análisis económico. De acuerdo con Lehr W, (2005) et al. Las externalidades del acceso de los ciudadanos y las empresas a la banda ancha están relacionadas con el estímulo al crecimiento económico mediante el impulso que ejercen sobre el crecimiento de la productividad, la generación de empleo y la creación de empresas.

En general el uso la de tecnología para apoyar el desempeño de actividades productivas tiene como externalidad el aumento de la productividad de la sociedad. En el caso de la banda ancha el desarrollo de la productividad puede relacionarse con el incremento de eficiencia producido por el uso de Internet en el desarrollo de actividades propiamente productivas y al ahorro en tiempo en el desarrollo de otras actividades no estrictamente productivas que sin la existencia de Internet hubiesen supuesto un desplazamiento físico.

El incremento de productividad provocado por la banda ancha puede ser evaluado como el ahorro en tiempo en número de horas, generado por el aumento de eficiencia en el desarrollo de determinadas actividades ocasionado por la conexión a Internet, cuando dicha conexión se usa para fines productivos. Por tanto el parámetro clave en la evaluación es la estimación del número de horas ahorradas por usuario en su uso productivo de la banda ancha móvil. Este conjunto de horas de no existir la banda ancha se hubiesen dedicado a desplazamientos innecesarios o a actividades necesarias para conseguir un mismo resultado en el desarrollo de una actividad sin ayuda de la banda ancha móvil. El valor de cada una de esas horas se considera igual al de una hora trabajada en el país evaluado. Lo descrito en este párrafo concuerda con la propuesta de Hübner D. (2008), que expone que en la evaluación de los beneficios de proyectos de infraestructuras de telecomunicaciones se debe considerar el ahorro en tiempo que éstas generan a los usuarios.

Ejemplo de aumento de eficiencia en el desempeño de actividades propiamente productivas son la consulta de información relevante y la formación en línea facilitadas por la accesibilidad de la información y la comunicación interpersonal en el ámbito laboral, que

permite el flujo de información en las organizaciones mediante videoconferencia, correo electrónico etc....Ejemplo de actividades no estrictamente productivas que incrementan la eficiencia en la sociedad son la utilización del comercio electrónico y de la administración electrónica. El ahorro en desplazamientos está ligado además a otras externalidades positivas como el ahorro monetario al no necesitarse el desplazamiento, y el efecto positivo que esto tiene para el medio ambiente.

En la evaluación del beneficio que la sociedad obtiene por la utilización de la banda ancha móvil hay que tener en cuenta que sólo deben considerarse aquellos beneficios diferenciales que se generan sobre los beneficios que ya obtiene la sociedad por la existencia de banda ancha fija. Si clasificamos los beneficios de la flexibilización para su uso por banda ancha móvil teniendo en cuenta a quién favorece dicha flexibilización podemos definir las siguientes categorías: i) Beneficios para los consumidores, relacionados con el aumento de la competencia entre operadores que ofrecen acceso a Internet. ii) Beneficios para los productores relacionados con el aumento de demanda de Internet de nuevas conexiones con movilidad y en zonas de baja densidad de población. También es un beneficio del productor la disminución en costes que supone el despliegue de redes en frecuencias flexibilizadas más bajas a las actuales con menores costes de despliegue. iii) Beneficios para el conjunto de la sociedad, generadas por las externalidades de la banda ancha: Aumento de la productividad y la generación de empleo.

Si ordenamos los motivos por los que se generan estos beneficios obtenemos la siguiente clasificación:

i) Beneficios generados por las nuevas vías de acceso a Internet que ofrece la banda ancha móvil: satisfacción del aumento de la demanda latente de acceso a Internet móvil, ubicuo y en zonas de baja densidad de población, aumento de la competencia en el acceso a Internet, mejora de la productividad por una utilización nueva y más intensa de Internet.

ii) Beneficios relacionados con el fomento de la actividad económica que provoca el despliegue de las redes para el acceso a la banda ancha: aumento del empleo y creación de empresas

Si relacionamos las dos clasificaciones para entender mejor cómo y a quién beneficia la flexibilización de frecuencias se observa que la existencia de banda ancha móvil afectará de manera diferente a cada una de las vías de acceso que se describen a continuación:

i) Internet fijo: El usuario accede a Internet en su vivienda sin utilizar las características de movilidad. La banda ancha en movilidad puede competir en el mercado de Internet fijo consiguiendo parte de la cuota de mercado de los operadores de acceso fijo. Esto provocaría un aumento de la oferta del servicio estimulando la bajada de los precios y el consiguiente beneficio para el consumidor. Una de las consecuencias es la incorporación de nuevos usuarios que no utilizaban la banda ancha por ser demasiado cara. Según Eurostat entre el 6 % y el 14 % de los ciudadanos que no se conectan a Internet alegan como motivo el precio de la banda ancha⁸. Adicionalmente la banda ancha móvil puede llegar a zonas rurales de baja densidad de población ayudando a reducir la brecha digital. Por tanto el efecto positivo es doble: Aumento del beneficio del productor, que obtiene el pago de la conexión a Internet de unos usuarios que de otro modo estarían fuera del mercado. Mejora de la productividad provocada por el incremento del número de ciudadanos conectados a la banda ancha, que de otro modo se hubiesen quedado desconectados.

⁸ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

ii) Internet ubicuo: Algunos usuarios de banda ancha fija demandan la posibilidad de poder conectar su ordenador a Internet desde cualquier lugar. Esta situación no provoca un aumento del número de usuarios conectados pues éstos ya utilizaban Internet, sin embargo tiene los siguientes efectos positivos: a. beneficio del productor en caso de que la tarifa plana de Internet solo incluya la parte fija y no la ubicua. En ese caso se cobraría una tarifa de acceso ubicuo independiente de la fija. b. Aumento de la competencia con el acceso fijo. Como la banda ancha móvil puede tener dificultades para competir en cuestiones de velocidad con la fija, podría hacerlo en términos de ubicuidad. c. Incremento del uso de Internet por poder utilizarlo en cualquier lugar y por tanto incrementos en la productividad de la sociedad.

iii) Internet móvil: Además de la conectividad desde ordenadores portátiles de modo ubicuo, la banda ancha en movilidad permitirá la conexión desde teléfonos móviles inteligentes, generando un nuevo modo de acceso a Internet. Los beneficios serían recogidos por los productores que obtienen el pago de la conexión a Internet por este uso adicional. Y la sociedad que incrementa el uso de Internet al poder utilizarlo en dispositivos móviles con el consiguiente incremento en la productividad

Adicionalmente como se ha expresado en párrafos anteriores existen beneficios relacionados con el fomento de la actividad económica: Aumento del empleo y creación de empresas. Para completar el análisis de beneficios se debe considerar la reducción en costes que supone la creación de redes en frecuencias flexibilizadas más bajas que las actuales y que por tanto necesitan un menor número de estaciones.

A modo de resumen se recopilan todos los beneficios que aporta la flexibilización de la banda ancha móvil:

- i) Beneficio del consumidor por aumento de la competencia
- ii) Beneficio del productor en zonas rurales y aumento del número de usuarios
- iii) Incremento de productividad zonas rurales y aumento del número de usuarios
- iv) Incremento de productividad por Internet ubicuo
- v) Beneficio del productor por Internet ubicuo
- vi) Beneficio del productor por acceso a Internet desde terminales móviles inteligentes.
- vii) Incremento de la productividad por acceso a Internet desde terminales móviles inteligentes.
- viii) Generación de empleo.
- ix) Reducción en costes que supone la creación de redes en frecuencias flexibilizadas más bajas que las actuales

A continuación se describe el modo de calcular cada uno de ellos.

El beneficio del consumidor por aumento de la competencia se calcula a partir de: i) La estimación de la bajada de precio de las conexiones fijas a por aparición de la banda ancha móvil. ii) El número de líneas de banda ancha existentes en un país en el ámbito residencial. El beneficio obtenido es el producto de estas dos magnitudes.

El beneficio del productor por conexiones en zonas rurales y por aumento del número de usuarios se calcula a partir de: i) La estimación del número de usuarios en zonas de baja densidad de población que se conectarán a la banda ancha móvil. ii) La estimación del número de usuarios adicionales que se conectarán a la banda ancha por la bajada de precio de la conexión iii) El precio medio de la conexión de banda ancha móvil. El beneficio obtenido es el producto de estas tres magnitudes restándole el beneficio no conseguido por la bajada del precio.

El incremento de productividad por uso de Internet en zonas rurales y por aumento del número de usuarios se calcula a partir de: i) El número de horas ahorradas por usuario en su uso productivo de la banda ancha móvil. ii) La estimación del número de usuarios adicionales que se conectarán a la banda ancha por la bajada de precio de la conexión. iii) La estimación del número de usuarios en zonas de baja densidad de población que se conectarán a la banda ancha móvil. iv). Valor de la hora trabajada. El beneficio obtenido es el producto de la suma del número de usuarios multiplicada por el resto de datos.

El Incremento de productividad por Internet ubicuo se calcula a partir de: i) El número de horas ahorradas por usuario en su uso productivo de la banda ancha móvil por poder acceder a Internet de modo ubicuo. ii) La estimación del número de usuarios que utilizará Internet de modo ubicuo. iii) El valor de la hora trabajada. El beneficio obtenido es el producto de estas tres magnitudes.

El beneficio del productor por Internet ubicuo se calcula a partir de: i) La estimación del número de usuarios que se conectarán a la banda ancha con una conexión que permita ubicuidad. ii) El incremento del precio medio de la conexión a Internet por disfrutar ésta de la ubicuidad. El beneficio obtenido es el producto de estas dos magnitudes. Se debe tener en cuenta que este beneficio se obtendrá únicamente si el operador incluye en su modelo de negocio un precio superior de la conexión a Internet por dotar a esta de ubicuidad.

El beneficio del productor por acceso a Internet desde terminales móviles inteligentes se calcula a partir de: i) La estimación del incremento en el número de usuarios que se conectarán a la banda ancha con una conexión móvil. ii) El Precio medio de la conexión a Internet móvil. El beneficio obtenido es el producto de estas dos magnitudes.

El incremento de la productividad por acceso a Internet desde terminales móviles inteligentes se calcula a partir de: i) El número de horas ahorradas por usuario en su uso productivo de la banda ancha móvil ii). La estimación del número de usuarios que utilizará Internet en modo móvil. iii) El valor de la hora trabajada. El beneficio obtenido es el producto de estas tres magnitudes

El impacto que el despliegue de redes de banda ancha móvil tendrá en la generación de empleo y en la creación de empresas es una tarea que requiere un estudio adicional. La creación de empleo está originada por la inversión de los operadores en el despliegue de la red, y por tanto está ligada en cierto modo con los beneficios que obtengan los operadores. Para no contar dos veces estos beneficios no se estimará el impacto sobre la generación de empleo. No obstante queda como futura vía de investigación la determinación de la metodología para medir el impacto de la banda ancha móvil en la generación de empleo y la creación de empresas.

El beneficio por reducción en costes que supone la creación de redes en frecuencias flexibilizadas más bajas que las actuales se obtiene por ahorro en el despliegue en bandas cercanas a 1 GHz que necesitan un menor número de estaciones. En caso contrario el despliegue de redes de banda ancha en movilidad hubiera tenido que completarse necesariamente en las actuales, esto es en 2,1 GHz. El beneficio es la diferencia de estaciones entre el despliegue en las bandas de frecuencia cercanas a 1GHz y en las frecuencias actuales en un área geográfica igual a aquella que de cobertura a las zonas de alta y media densidad de población. Se considera que en caso de no disponer de más frecuencias para la banda ancha móvil, la demanda sólo se habría satisfecho hasta cubrir las zonas de densidades de población alta y media porque en las frecuencias actuales resulta antieconómico el despliegue en zonas de baja densidad de población.

El beneficio por ahorro en coste en el despliegue de la red se calcula a partir de: i) El número de estaciones que hubiesen tenido que desplegarse en zonas de alta y media

densidad de población de en un determinado país. Como dato orientativo en los países con alto despliegue de redes de tercera generación, puede utilizarse para realizar la estimación el número de estaciones que tiene desplegadas el operador que más haya avanzado en el despliegue de estaciones en 2,1 GHz, el resto de operadores tenderán a desplegar ese mismo número. ii) El número de estaciones para cubrir ese mismo área geográfica por estaciones en la banda 800 ó 900 iii) El porcentaje de compartición de emplazamientos con estaciones de ese operador iv) El coste medio de reutilización de un emplazamiento. v) El coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento vi) La tasa de emplazamientos compartidos con otros operadores vii) El porcentaje del coste en un emplazamiento compartido con otro operador sobre el coste total del emplazamiento en caso de no estar compartido. viii) Los costes de operación de un emplazamiento reutilizado y de un emplazamiento nuevo ix) La distribución de los costes en el tiempo durante el despliegue de la red

BA (f₈₀₀): Beneficios de las redes audiovisuales

Al igual que en el caso de la banda ancha móvil el despliegue de redes adicionales de televisión digital permite obtener un conjunto de beneficios que pueden clasificarse en: beneficios financieros o directos que incluyen el beneficio del consumidor y del productor y beneficios indirectos o externalidades. Para el cálculo de los beneficios directos es importante conocer el tipo de redes que se desplegarían atendiendo al modo de financiación: i) Televisión digital de acceso gratuito financiada con publicidad, ii) televisión digital de pago

En caso de televisión financiada con publicidad según lo descrito por Hübner D. (2008), una de las posibles maneras de evaluar el beneficio económico del despliegue de infraestructuras de telecomunicaciones es conocer lo que los usuarios están dispuestos a pagar por el servicio. Esto permite estimar el beneficio del consumidor. El aumento de número de canales gratuitos provocará un incremento del número de horas que la gente ve la televisión y por tanto del consumo de publicidad. Esto constituye el beneficio del productor.

En las televisiones de pago el beneficio se obtiene mediante el producto de la cuota de abono por el número de abonados a los nuevos canales. De este modo se incluye únicamente el beneficio del productor. El beneficio del consumidor existiría únicamente en aquellos casos en los que el incremento de la oferta de televisión de pago aumentase de modo que el precio de la televisión de pago disminuya. En caso contrario no existirían beneficios adicionales para el consumidor en el despliegue de redes de pago adicionales distintas de las externalidades.

Según Analysis Manson (2009) la creación de nuevas redes de televisión digital produce un conjunto de externalidades entre las que se encuentran: i) la educación de los ciudadanos y el consecuente aumento de la productividad que esto provoca. ii) el aumento de la participación democrática y pluralidad informativa. iii) El entendimiento cultural mediante la difusión de las diferentes identidades y la promoción de la diversidad iv) el entendimiento con otras culturas v) la sensación de pertenencia a una comunidad local cuando la programación se dirige a un público local vi) El fomento de la inclusión social de los desfavorecidos vii) la promoción de la calidad de vida.

En general es complejo evaluar el efecto económico que sobre las externalidades produce el aumento del número de canales. Aunque es indudable su existencia calcular el valor añadido de los nuevos canales teniendo en cuenta que además existen vías alternativas que no utilizan el espectro para la difusión de la televisión digital es una tarea que no se aborda en este documento. La metodología para su evaluación queda por tanto para futuras investigaciones.

Sin embargo es posible medir el impacto en la productividad de los programas educativos a partir de: i) el número de horas dedicadas a la educación en los nuevos canales de televisión. ii) la estimación del número de usuarios que visualizan este tipo de programación. iii) El valor de la hora trabajada. El beneficio de los programas educativos se obtendría del producto de estas tres magnitudes.

El número potencial de redes audiovisuales que podrían desplegarse y sus posibles beneficios dependen de la realidad audiovisual existente en cada país, los factores determinantes son: i) la demanda de redes audiovisuales existente para estimar el valor de añadir una nueva red de televisión digital. Si la banda antes de la liberalización se utilizaba profusamente puede considerarse que en ese país el potencial de despliegue de nuevas redes es mayor. Este es el factor más importante. ii) la tradición de utilización de medios alternativos sustitutivos para prestar los servicios audiovisuales. Son medios sustitutivos: IPTV, televisión por cable, televisión por satélite. iii) la configuración de recepción de las redes audiovisuales. En algunos países el televisor principal recibe el servicio por el cable, mientras que los secundarios lo reciben vía espectro. El valor de la recepción para televisores secundarios es inferior al del televisor principal iv) la determinación del número máximo de redes que desde un punto de vista técnico podrían desplegarse en el espectro disponible. El número máximo puede evaluarse analizando la capacidad actual de ese país para aprovechar de modo eficiente el espectro. Por ejemplo es más eficiente el despliegue mediante redes de frecuencia única que multifrecuencia. Como caso extremo se puede estimar este dato teniendo en cuenta que el máximo número de redes que se podrían desplegar en un país es el que se obtendría liberando la banda 800 pero no para redes de servicios de banda ancha móvil sino para el despliegue de redes audiovisuales de frecuencia única v) el número de redes audiovisuales previstas por un país en el espectro no liberado para redes de banda ancha móvil vi) la determinación del número de redes audiovisuales que desde un punto de vista de la eficiencia económica podrían desplegarse en el espectro disponible. En la estimación de este parámetro se debe tener en cuenta que el despliegue de nuevas redes digitales aprovechando las instalaciones de las antiguas redes analógicas es más eficiente que crear redes desde cero. El motivo es que la mayoría de los equipos; sistema radiante, cables etc... Se reutilizarían y que las frecuencias a utilizar serían las mismas que las de las emisiones analógicas. En consecuencia las instalaciones de recepción de los usuarios también estarían adaptadas. El coste principal de la actualización sería el de sustitución del transmisor analógico por uno digital. Se estima que a menos que la demanda de servicios audiovisuales sea muy alta el número de redes potencialmente desplegadas no superará la diferencia entre la suma de redes analógicas y digitales y el número de redes previstas después de la liberación. En conclusión un posible modo de determinar el número potencial de redes audiovisuales que pueden desplegarse en un país que ha realizado o está realizando la transición de la televisión analógica a la digital es sumar el número de redes analógicas y digitales que han estado o están funcionando conjuntamente en el período de transmisión simultánea analógico digital y restarle el número de redes digitales que quedarán después del proceso de liberación. Este número de redes no puede superar el máximo técnico.

El beneficio del despliegue de redes audiovisuales adicionales se calcula a partir de: i) El precio pagado en cada país por añadir una red audiovisual adicional. En caso de televisiones financiadas por publicidad el precio se calcula mediante la disponibilidad a pagar de los usuarios. En caso de las televisiones de pago el precio se estima a partir del precio medio del abono a la televisión de pago. ii) El número de redes adicionales que podrían haberse desplegado que no exceda el máximo técnico. iii) Usuarios de televisión teniendo en cuenta la tasa de penetración de la televisión digital terrestre en relación a otros medios sustitutivos y la cobertura de las redes de televisión digital terrestre en las de acceso gratuito vii) En caso de televisión de pago el número de abonados viii) En el caso de televisión de acceso gratuito además, el incremento de la cuota de pantalla total en el país

en porcentaje sobre la existente, y los ingresos totales del sector por publicidad v) La distribución de los beneficios durante la fase de despliegue de las redes adicionales.

B1800: Beneficios de la banda 1800

La flexibilización de la banda 900 y su dedicación a la banda ancha en movilidad implica que los servicios de voz que actualmente se prestan en ella se han de desplazar a otra banda de frecuencias. La banda destinataria también se ha de flexibilizar de modo que además de recibir los servicios de voz podrá dedicar aquella capacidad no consumida por éstos al acceso a Internet de banda ancha. La banda de frecuencias más adecuada para acoger el tráfico de voz es sin duda la de 1800 ya que en la actualidad se utiliza como apoyo a la banda 900 en la prestación de los servicios de voz y no es necesario el desarrollo de nueva tecnología para que recoja esta función.

Los beneficios que aporta la flexibilización de la banda 1800 son por tanto los producidos por la capacidad que pueda destinarse a la banda ancha en movilidad una vez satisfecha la demanda de servicios de voz.

El modo de calcular los beneficios es análogo al desarrollado en el apartado de beneficios de la banda ancha móvil teniendo en cuenta que en este caso únicamente un porcentaje de la capacidad va a ser utilizada para el acceso a datos. Los beneficios aportados se pueden calcular a partir de: i) la estimación del número de unidades de frecuencia destinadas a datos en la banda 1800 ii) Los beneficios por unidad de frecuencia producidos actualmente por la banda 2100 en su dedicación a la banda ancha móvil. En el cálculo de los beneficios se utiliza la banda 2100 por tener características similares a la 1800.

CL($f_{800} + f_a$): Costes de liberación de la banda 800.

Se denomina banda 800 al conjunto de frecuencias comprendido entre 790-862 MHz y constituye una subbanda dentro de una banda más amplia (470-862 MHz) utilizada para la radiodifusión de televisión con tecnología analógica y otros servicios secundarios. El motivo de creación de esta nueva banda es la capacidad espectral generada por la sustitución de la televisión analógica por la digital y se denomina dividendo digital. Lamentablemente la capacidad adicional del dividendo digital no siempre se corresponde con las frecuencias de la banda 800, y en muchos casos es necesario el desplazamiento de los servicios de radiodifusión hacia frecuencias fuera de la banda 800 para permitir su flexibilización. El impacto de este desplazamiento depende de la situación en cada país.

En la banda 800 se prestan otros servicios además del servicio de radiodifusión: defensa nacional, radioastronomía y servicios auxiliares a la radiodifusión y realización de programas (PMSE)⁹. A excepción del relacionado con la realización de programas, el resto de los servicios mencionados ya estaba en un proceso de liberación de la banda y por tanto no se imputarán los costes de su traslado. En el caso de PMSE la situación es diferente en cada país, siendo el estado más común la prestación del servicio de modo temporal y en una zona geográfica determinada de modo secundario en los canales no utilizados por el servicio de radiodifusión. Los dispositivos existentes son capaces de adaptarse a las frecuencias disponibles. La flexibilización de la banda para su utilización por banda ancha móvil reducirá el conjunto de canales disponibles para este uso y posiblemente obligará a buscar frecuencias alternativas. No obstante este proceso depende de la intensidad de uso de redes de radiodifusión en cada país después de la liberación de la banda, y de la evolución tecnológica de este tipo de dispositivos y por ello no se imputarán tampoco sus

⁹ PMSE (Program Making and Special Events)

costes. El análisis de costes de liberación realizado en este documento incluye los costes de liberación de la banda 800 para su flexibilización y los costes de la posible ampliación de la banda 800 por debajo de la frecuencia 790 MHz

El impacto de la liberación es directamente proporcional al número de estaciones de radiodifusión que actualmente utilicen las frecuencias del dividendo digital (canales 61 a 69) y en su caso las frecuencias adicionales f_a . El impacto de la medida será mayor si entre esos canales se encuentran en funcionamiento redes de frecuencia única en cuyo caso se perderá la eficiencia espectral que éstas suponen si no puede encontrarse un canal alternativo en todo el país que pueda utilizarse en red de frecuencia única.

Los costes en los que se incurre al liberar esta banda se dividen en:

i) Costes por adaptación de las instalaciones transmisoras: Se debe realizar un cambio de canal en todas las instalaciones transmisoras de radiodifusión que utilicen los canales 61 a 69 (f_{800}). Para contabilizar el número de estaciones se consideran todas las estaciones de redes digitales que funcionen en esos canales y también todos aquellos canales de redes analógicas que funcionen en estos canales pero esté prevista su transformación a digital. No se deben imputar los costes de transformación de analógico a digital de las redes analógicas ni los costes provocados por la reorganización de la programación existente por el mantenimiento de su audiencia o por evitar la distorsión de la competencia en el otorgamiento de los nuevos múltiples digitales. Por ejemplo el establecimiento de una red de apoyo que evite la pérdida de audiencia¹⁰. El coste total de la adaptación de instalaciones transmisoras se calcula a partir de: i) El número de estaciones emisoras y reemisoras que utilizan los canales a liberar. ii) El coste medio de un cambio de canal. El coste de realizar un cambio de canal depende de la potencia de la estación y puede calcularse a partir de la distribución de estaciones de la red por rangos de potencia.

ii) Costes de operación simultánea de estaciones en ambos canales, en los nuevos y en los antiguos durante un período de transición: La realización de un cambio de canal implica la ejecución de cambios en las instalaciones receptoras de los usuarios. Por este motivo es imprescindible que exista un período de tiempo en el que la emisión de la programación se realice de manera simultánea en ambos canales, el inicial y el nuevo, de lo contrario los usuarios dejarían de recibir el servicio que no podrían volver a disfrutar hasta adaptar las instalaciones. Esto supone duplicar los costes de operación. El coste de este proceso se calcula a partir de: i) El número de estaciones emisoras y reemisoras que utilizan los canales a liberar. ii) El coste medio anual de operación de una estación. iii) La duración del período de transición. Al igual que en el apartado anterior el coste de operación de una estación depende de la potencia de la estación. La tabla que se muestra a continuación es un ejemplo de posibles rangos de potencia a analizar tanto para el caso de cambio de canal como para el de transmisión simultánea.

Potencia de la estación	% Estaciones de la red	Costes cambio de canal	Costes de operación simultánea/mes
< 8 W			
8 W -100 W			
100 W – 1000 W			
> 1000 W			

¹⁰ Por ejemplo la prevista en la etapa 2 de la fase 1 del RD 365/2010 en España

iii) Costes en las instalaciones receptoras de los usuarios: Al realizar un cambio de canal algunos de los usuarios se verán obligados a realizar cambios en las instalaciones receptoras. El coste de la adaptación depende del número de canales cambiados y de las características de la instalación. En los edificios en los que se utilicen amplificadores monocanal¹¹, el cambio de canal supondrá la sustitución de un amplificador para cada uno de los canales modificados. El número de edificios afectados depende del tamaño de la vivienda y de su antigüedad. El coste en las instalaciones receptoras de los usuarios se calcula a partir de: i) El número de edificios del país. ii) El porcentaje de edificios afectados en el país iii) El coste de cambiar un canal en la instalación receptora. iv) El número medio de cambios a realizar en las instalaciones receptoras. Para calculara este valor se debe conocer el porcentaje de estaciones afectadas por el cambio de canal de cada red.

iv) Coste de realización de una campaña de información pública: El proceso de cambios de canal que se debe realizar afecta a los usuarios del servicio. Los usuarios deben realizar cambios en sus instalaciones durante el proceso de transición. Por ello es imprescindible realizar una campaña de información pública que comunique a los afectados las acciones que deben realizar seguir recibiendo el servicio.

v) Costes producidos por la necesidad de realizar reuniones bilaterales de coordinación con los países vecinos: Las cambios de canal en zonas fronterizas implican la realización de reuniones de coordinación en los que se debe llegar a acuerdos para reorganizar la utilización de los canales en las zonas fronterizas. El coste de dichas reuniones se calcula a partir de: i) El coste estimado de la negociación con un país vecino ii) El número de países vecinos con los que hay que coordinar

vi) Posible pérdida de cobertura de las redes de radiodifusión, por no poder encontrar un canal alternativo en zonas geográficas determinadas, especialmente en zonas fronterizas. Es posible que dada la saturación de la banda 470-790 MHz producida por la flexibilización de la banda 800, en determinadas zonas se produzca la pérdida de cobertura. El coste de la pérdida de cobertura se calcula a partir de: i) El porcentaje de población afectada por cada pérdida de canal ii) El valor de la pérdida de un canal por usuario

vii) La distribución de los costes de liberación en el tiempo.

800: Costes de despliegue en la banda 800

Para que la banda 800 pueda ser utilizada para servicios de banda ancha en movilidad además de liberarla de otros usos es necesario el despliegue de nuevas estaciones. En el caso de la banda 800 el despliegue de estaciones puede realizarse reutilizando los emplazamientos de la banda 900 ya que al ser ambas cercanas en frecuencia la densidad de estaciones por unidad de superficie es parecida. De este modo los costes de despliegue (capex) como de operación (opex) se disminuyen al compartirse el emplazamiento. La compartición supone la reutilización la mayoría de los elementos físicos de la estación, el sistema radiante, los cables de conexión entre el sistema radiante y el transmisor, y otros componentes, los costes de operación se comparten también con los existentes y por tanto se reducen. Aunque las características de propagación de la banda 800 son ligeramente mejores y por tanto el número de estaciones a desplegar es inferior al necesario en 900, se

¹¹ Los amplificadores monocanal son aquellos que facilitan la recepción de un único canal en la banda 470-862 MHz, frente a los de banda ancha que permiten la recepción de todos los canales de la banda.

considera que el criterio de reutilización del emplazamiento es un factor más importante que el de ahorro de costes por mejores condiciones de propagación de la banda 800.

Se estima por tanto que el número de emplazamientos en la banda 800 será el mismo que el número de emplazamientos existentes en la banda 900. Este criterio es válido para todos los países de la Unión Europea porque en todos se han desplegado estaciones de telefonía móvil de segunda generación GSM en la banda 900 incluso para la cobertura de zonas rurales. Aunque en la mayoría de los emplazamientos se compartirán con los existentes en la banda 900, es prudente estimar que por diversos motivos en algunos casos no puedan ser reutilizados y sea necesaria la construcción de un nuevo emplazamiento.

El coste de despliegue de la banda 800 se puede calcular a partir de: i) El número de estaciones de GSM900 en un determinado país, ii) El porcentaje de reutilización de emplazamientos de GSM900, iii) El coste medio de reutilización de un emplazamiento, iv) el coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento. El coste medio de creación del emplazamiento depende fundamentalmente de los siguientes factores: la potencia de la estación y la altura de la torre del emplazamiento, v) la tasa de emplazamientos compartidos con otros operadores, vi) el porcentaje del coste en un emplazamiento compartido con otro operador sobre el coste total del emplazamiento en caso de no estar compartido, vii) los costes de operación de un emplazamiento reutilizado y de un emplazamiento nuevo viii) la distribución de los costes durante el despliegue de la red. Las tablas que se muestran a continuación son un ejemplo de posibles rangos de potencia y altura para la evaluación del coste medio de una estación.

Potencia de la estación	% Estaciones de la red	Costes equipamiento físico	Costes de instalación
< 4 W			
4 W -50 W			
50 W -300 W			
> 300 W			

Altura de la torre (m)	% Estaciones red	Precio torre
> 5		
5-10		
10-30		
< 50		

900: Costes en la banda 900.

La flexibilización de la banda 900 desde tecnologías móviles de segunda generación a tecnologías de tercera generación UMTS900 ha de realizarse teniendo en cuenta que el tráfico de voz que actualmente se presta en la banda 900 se va a seguir demandando y que el volumen del tráfico de datos va a observar importantes crecimientos. Mientras el tráfico de voz tiene un crecimiento moderado, el de datos crece exponencialmente. Si la única acción que se realiza en la flexibilización de la banda 900 es la actualización tecnológica sin desviar el tráfico de voz a otra banda, únicamente se dispondrá para datos de la capacidad excedente. La conclusión es que no debe realizarse únicamente una actualización tecnológica si no también un aumento de capacidad para seguir prestando el servicio de voz y acoger además la creciente demanda de datos. El aumento de capacidad puede obtenerse mediante despliegue de estaciones en la banda 1800 de modo que se pueda recoger en ellas el tráfico de voz de la 900. Hasta este momento la banda 1800 se ha estado utilizando como apoyo al tráfico de voz en zonas densamente pobladas, pero su capacidad está infrutilizada. La situación depende de cada país, ya que en algunos casos los operadores han desplegado la mayor parte de su red en la banda 1800. En esta situación

sería necesario el proceso inverso, el despliegue de estaciones en la banda 900. Otro factor a considerar es que se debe reservar parte de la capacidad de GSM900 y 1800 para permitir el roaming internacional.

El problema que surge en este enfoque es que mientras el despliegue de estaciones en 1800 es rentable en zonas urbanas gracias a la reutilización de emplazamientos, el coste en zonas rurales es prohibitivo debido a la gran cantidad de estaciones que habría que desplegar al tratarse de frecuencias superiores a 1 GHz. En consecuencia la manera más eficiente de flexibilizar la banda 900 es que ésta conserve parte de su capacidad en las zonas rurales para el tráfico de voz ya que de otro modo se perdería la cobertura en esas zonas. En las zonas urbanas se deben desplegar tantas estaciones en la banda 1800 como sean necesarias para recoger todo el tráfico de voz de la 900.

Para disminuir el coste del despliegue de estaciones en la banda 1800 podrían reutilizarse en las zonas urbanas los emplazamientos existentes en la banda 2100 por tener ésta condiciones de propagación parecidas. El coste de habilitar la banda 900 para el tráfico de datos es por tanto el de actualizar las estaciones GSM y además el de desplegar un número de estaciones en 1800 en las zonas urbanas que sea capaz de recoger el tráfico de voz en los emplazamientos de la banda 2100 o en los emplazamientos 1800 de otros operadores.

En resumen los pasos a realizar para flexibilizar la banda 900 son los siguientes: i) Actualizar la tecnología de las estaciones GSM900 a UMTS900, ii) Determinar qué porcentaje de la capacidad de la red se va a utilizar para el tráfico de voz en zonas rurales y determinar cómo determinar dichas zonas, iii) Desplegar estaciones en la banda 1800 para recoger todo el tráfico de voz de las zonas urbanas utilizando los emplazamientos de la banda 2100. En el cálculo de los costes se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

i) Se considera como zona rural aquella zona geográfica que actualmente no este dentro de la cobertura de las redes UMTS2100 en aquellos países en los que el despliegue de redes de tercera generación esté maduro. Si fue interesante para el operador desplegar estaciones en esta banda en ausencia obligaciones en las licencias de uso o subvenciones estatales para el despliegue en zonas rurales es porque la cobertura de esa población es rentable. Para obtener mayor precisión se puede realizar un análisis de cobertura de las estaciones atendiendo a la densidad de población de cada zona.

ii) Se considera que el número de estaciones a desplegar en la banda de 1800 es equivalente al número de estaciones de UMTS2100 existente.

iii) No todas las estaciones de GSM serán actualizables y por tanto será necesario el despliegue de nuevas estaciones en un porcentaje determinado.

Los costes en los que se incurre al flexibilizar esta banda son por tanto los siguientes:

a. Coste de actualización de una estación GSM900 a UMTS900: Existen numerosos casos de ejemplo de este tipo de actualizaciones, los más representativos son los del operador Optus en Australia ¹² y Elisa en Finlandia que comenzó el despliegue a finales de 2007.

¹² Según el operador Optus (2009) en la actualización se reutilizó el sistema radiante casi en todos los casos, los cables de transmisión y otros componentes de la estación. Para introducir UMTS-900 basta con añadir un combinador a la estación y en algunos casos un amplificador para mejorar la cobertura del enlace ascendente. Además no son necesarios otros elementos hardware aunque sí actualizaciones software. Una vez actualizada la estación en las zonas rurales en las que se compartía el uso para voz y para datos, las medidas mostraron que el tráfico de voz ocupaba menos ancho de banda después de la actualización y por tanto además de conseguir que la estación pudiera cursar tráfico de datos se consiguió un aumento de la eficiencia espectral del tráfico de voz. La distribución de capacidad entre voz y datos es flexible y configurable por el operador.

El coste de actualización se calcula a partir de: i) El número de emplazamientos de GSM900 en un determinado país, ii) El porcentaje de reutilización de emplazamientos, iii) El coste medio de actualización de una estación a UMTS900, iv) El coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento, v) La tasa de emplazamientos compartidos con otros operadores, vi) el porcentaje del coste en un emplazamiento compartido con otro operador sobre el coste total del emplazamiento en caso de no estar compartido, vii) los costes de operación de un emplazamiento reutilizado y de un emplazamiento nuevo, viii) la distribución de los costes durante el despliegue de la red.

b. Coste de reutilización de una estación UMTS2100 para a 1800: Este coste se calculan a partir de: i) el número de emplazamientos de UMTS2100 en un determinado país, ii) el porcentaje de reutilización de emplazamientos, iii) el coste medio de despliegue de una estación a 1800 en un emplazamiento reutilizado, iv) el coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento, v) la tasa de emplazamientos compartidos con otros operadores, vi) el porcentaje del coste en un emplazamiento compartido con otro operador sobre el coste total del emplazamiento en caso de no estar compartido vi) los costes de operación de un emplazamiento reutilizado y de un emplazamiento nuevo vii) la distribución de los costes durante el despliegue de la red

RTD ($f_{800} + f_a, td$)_{TDmax}: Coste de oportunidad de las redes de televisión digital

La flexibilización de la banda 800 y su posible ampliación para su utilización por servicios de banda ancha en movilidad tiene el coste de oportunidad de no poder dedicar estas frecuencias a los servicios audiovisuales. Los beneficios del despliegue de redes audiovisuales se recogían en este documento al analizar el componente BA de la metodología, estos eran: i) beneficios financieros o directos que incluyen el beneficio del consumidor y del productor ii) beneficios indirectos o externalidades. Para el cálculo de los beneficios directos es importante conocer el tipo de redes a desplegar atendiendo al modo de generación de ingresos: televisión digital de acceso gratuito financiada con publicidad, y televisión digital de pago.

El número potencial de redes audiovisuales que podrían desplegarse y sus posibles beneficios dependen de la realidad existente en cada país, y dependen de los factores ya descritos. El coste de oportunidad en el despliegue de redes audiovisuales se calcula a partir de: i) El precio pagado en cada país por añadir una red audiovisual adicional. En caso de televisiones financiadas por publicidad el precio se calcula mediante la disponibilidad a pagar de los usuarios. En caso de las televisiones de pago el precio se estima a partir del precio medio del abono a la televisión de pago. ii) El número de redes adicionales que podrían haberse desplegado que no exceda el máximo técnico. iii) Usuarios de televisión teniendo en cuenta la tasa de penetración de la televisión digital terrestre en relación a otros medios sustitutivos y la cobertura de las redes de televisión digital terrestre en las de acceso gratuito vii) En caso de televisión de pago el número de abonados vii) En el caso de televisión de acceso gratuito además, el incremento de la cuota de pantalla total en el país en porcentaje sobre la existente, y los ingresos totales del sector por publicidad v) La distribución de los beneficios durante la fase de despliegue de las redes adicionales.

D ($f_{800,td}$): Coste de despliegue de redes adicionales para servicios audiovisuales

Al coste de oportunidad de no desplegar redes audiovisuales debe restarse el coste que hubiese supuesto el despliegue de esas redes adicionales en el conjunto de frecuencias de la banda 800 en caso de dedicarse ésta para servicios audiovisuales. En caso de haberse dedicado f_{800} a servicios audiovisuales D ($f_{800,td}$) se restará al beneficio que se obtiene de desplegar estas redes en f_{800} . En caso de haberse dedicado f_{800} a servicios de banda ancha móvil D ($f_{800,td}$) se restará del coste de oportunidad de no haber desplegado redes para servicios audiovisuales en f_{800} .

Este coste depende de las posibles redes audiovisuales que pueden ser desplegadas en las frecuencias de la banda 800, si ésta se dedica a servicios audiovisuales y nunca podrá superar el máximo técnico TD_{max} .

En caso de que la banda 800 se utilice para servicios audiovisuales será considerado como un coste, sin embargo si se dedica a servicios de banda ancha en movilidad será considerado como un ahorro a restar al coste de oportunidad de no desplegar estas redes para servicios audiovisuales.

El coste de despliegue de redes adicionales se calcula a partir de: i) el número de redes que se desplegarían mediante transformación de una red analógica a digital ii) el coste medio de transformación de una estación de analógico a digital, iii) el número de redes que se desplegarían sin la existencia de una red analógica previa, iv) el coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento v) el número de emplazamientos nuevos a desplegar en caso de transformación de una red analógica a una red digital vi) El porcentaje de reutilización de emplazamientos a desplegar en caso creación de una nueva red. Los costes de una estación dependen de la potencia, si el emplazamiento es nuevo depende además de su altura vii) los costes de operación de las estaciones nuevas y de las estaciones en las que se ha realizado la conversión analógico digital, viii) distribución de los costes en el tiempo durante el despliegue de las estaciones.

Las tablas que se muestran a continuación son un ejemplo de posibles rangos de potencia y altura para la evaluación del coste medio de una estación.

Potencia de la estación	% Estaciones de la red	Costes equipamiento físico	Costes instalación	Costes transmisor	Costes de instalación transmisor	Costes de operación de la estación
< 8 W						
8 W -100 W						
100 W – 1000 W						
> 1000 W						

Altura de la torre (m)	% Estaciones red	Precio torre	Precio instalación emplazamiento/mes
<10			
10-50			
50-100			
>100			

6. SIMULACIÓN DE LA METODOLOGÍA

Se ofrece a continuación una simulación utilizando la metodología diseñada para analizar el impacto de la flexibilización del espectro de diferentes bandas de frecuencias, para la acomodación inicial de servicios audiovisuales y de banda ancha en movilidad para un conjunto de cinco países (Reino Unido, Alemania, Francia, Italia y España).

La opción simulada es la flexibilización de las frecuencias de la banda 800 (dividendo digital) y 900 para su utilización por redes de banda ancha móvil y la utilización integra del conjunto de frecuencias 470-790 MHz para servicios audiovisuales. Se considera que esta es la opción que tiene mayor probabilidad de materializarse de acuerdo a los estudios de demanda que prevén un aumento exponencial de utilización de servicios de banda ancha móvil y pronostican la necesidad de utilizar la banda 800 y la 900 para satisfacerla. El cálculo de los beneficios no está incluido en la simulación y es una posible futura vía de investigación. Sin embargo los resultados de la simulación de los costes permitirán evaluar los beneficios necesarios para la compensación de dichos costes.

6.1 Condiciones de la simulación

Para la situación descrita se cumplen las siguientes condiciones:

$$f_a = 0$$

$$BA(f_{800}) = 0$$

Y por tanto el modelo puede escribirse de la siguiente manera:

$$\alpha BM(f_m) + B1800 - (CL(f_{800}) + 800 + 900 + [RTD(f_{800}, td) - D(f_{800}, td)]_{TDmax})$$

$$f_m = f_{800} + \beta f_{900}$$

Como f_{800} se dedica a servicios de banda ancha móvil $D(f_{800}, td)$ se resta del coste de oportunidad de no haber desplegado redes para servicios audiovisuales en f_{800} .

Si se consideran solo los costes el modelo se puede expresar de la siguiente manera.

$$CL(f_{800}) + 800 + 900 + [RTD(f_{800}, td) - D(f_{800}, td)]_{TDmax}$$

Cuestiones generales:

Todos los costes del modelo son actualizados a valores de 2010. En todas las situaciones se considera que el comienzo de realización de actuaciones es Enero de 2011. La tasa social de descuento escogida para el cálculo del valor actualizado neto es del 3,3 % de acuerdo con lo considerado por Hübner D. (2008), que estima tasas de descuento entre 3,1 y 3,5 para estos países europeos en proyectos de inversión de la Unión Europea, incluidos los de infraestructuras de telecomunicaciones. En caso de utilización de costes anteriores a 2010 se actualiza el valor utilizando una tasa de inflación del 2%. El período de evaluación de costes de operación de las instalaciones a desplegar en cada caso es de 10 años a partir del año en el que las instalaciones están completamente desplegadas.

CL(f_{800}): Costes de liberación de la banda 800.

Según lo descrito en la metodología, los costes en los que se incurre al liberar la banda 790-862 MHz para su utilización por redes de banda ancha móvil son los siguientes:

a. Costes en las instalaciones transmisoras calculados a partir de: i) el número de estaciones emisoras y reemisoras que utilizan los canales a liberar. Los datos de estaciones que emiten en los canales 61 a 69 en España son publicados por el Ministerio de Industria Turismo y Comercio de España¹³ Para Alemania, Francia, Reino Unido e Italia el número de estaciones se estima a partir de las asignaciones de frecuencias publicadas en la Circular informativa internacional de frecuencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones BR IFIC de 29-06-2010. En esta Circular los países registran para su coordinación internacional las estaciones de potencia superior a 250 W. El número de estaciones se obtiene de estimar el porcentaje de estaciones de más de 250 W que tiene una red de radiodifusión. ii) la estimación del coste medio de un cambio de canal en el que no deban realizarse más operaciones en 1200 €.

b. Costes de operación simultánea de las estaciones en los canales nuevos y antiguos durante el período de transición calculados a partir de: i) el número de estaciones emisoras y reemisoras que utilizan los canales a liberar. El número de estaciones utilizado es el mismo que en el apartado anterior, ii) coste medio anual de operación de una estación. Según el informe realizado para la Comisión Europea por Analysys Manson, (2009) el coste medio de operación de una estación de radiodifusión (opex) de 1200 € anuales, iii) la duración del período de transición; se estima que es necesario un período de 24 meses en todos los países.

c. Costes en las instalaciones receptoras de los usuarios, calculados a partir de: i) el número de edificios del país. Los datos del número de edificios en España se extrae de la estimación del parque de viviendas publicada por el Ministerio de Vivienda, (2010) en el que se indica el número de viviendas y edificios de España. Para Alemania, Francia, Reino Unido e Italia se realiza una estimación del número de edificios a partir de los datos del número de viviendas unifamiliares y multifamiliares obtenidos del informe de Federcasa, Italian Housing Federation (2006) y estimando el número medio de viviendas por cada edificio en el caso de viviendas multifamiliares, ii) el porcentaje de edificios afectados; según Analysys Manson, (2009) se verán afectados un 15% de los edificios, iii) el coste de cambiar un canal en la instalación receptora. Según Analysys Manson, (2009) el coste es de 130 € por cada canal cambiado, iv) el número medio de cambios a realizar en las instalaciones receptoras. Para evaluar el número medio de cambios a realizar en las instalaciones receptoras en España se utilizan las estaciones de las redes publicadas en la Web del Ministerio de Industria Turismo y Comercio de España. Para Alemania, Francia, Reino Unido e Italia se estima el número total de estaciones afectadas a partir de las asignaciones de frecuencias publicadas en la Circular informativa internacional de frecuencias de la Unión Internacional de Telecomunicaciones BR IFIC de 29-06-2010. Una vez obtenido este número se divide entre el número de redes existente en cada país de acuerdo con Analysys Manson, (2009). De este modo se obtiene el número de estaciones medio que tiene una red en cada uno de los países. Finalmente se divide el número de estaciones afectadas por un cambio de canal entre el número medio de estaciones de una red en ese país y se obtiene el número de cambios a realizar en las instalaciones receptoras.

d. Coste de realización de una campaña de información pública; se estima un coste de 20 millones de euros para cada campaña en cada país.

e. Coste de las reuniones bilaterales de coordinación con los países vecinos calculados a partir de: i) el coste estimado de la negociación con un país vecino. Según Analysys

¹³ <http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/RadioTV/TD/Paginas/TD.aspx>

Manson, (2009) asciende a de 1,5 Millones de euros, ii) el número de países vecinos con los que hay que coordinar. Se identifica el número de países vecinos de cada país desde el punto de vista radioeléctrico, teniendo en cuenta que la reunión de coordinación entre dos países incluidos en el estudio supone un peso del 50% para cada uno de ellos.

f. Pérdida de cobertura de las redes de radiodifusión, por no poder encontrar un canal alternativo en zonas geográficas determinadas. Se considera que no se producirá pérdida de cobertura en ninguno de estos países por la introducción de redes de comunicaciones electrónicas en la banda 790-862 MHz.

g. Distribución de los costes en el tiempo. Se considera la siguiente distribución de costes en el tiempo para el despliegue de las redes.

Distribución de costes en el tiempo en %			
2010	2011	2012	2013
0	0,25	0,5	0,25

800: Costes de despliegue de una red de banda ancha móvil en la banda 800.

En el cálculo de costes de una red de banda ancha móvil en la banda 800 se tiene en cuenta que el número de estaciones nuevas a desplegar está relacionado con el número de emplazamientos existentes en la banda 900 en ese país. Este criterio es válido para todos los países de la Unión Europea porque en todos se han desplegado estaciones de telefonía móvil de segunda generación GSM incluso para la cobertura de zonas rurales.

El cálculo de costes se realiza a partir de: i) el número de estaciones de GSM900 en ese país. En España han sido extraídos del informe anual del regulador español de telecomunicaciones CMT, (2009 a). Para el Reino Unido los datos han sido extraídos del informes técnicos del regulador nacional Ofcom, (2010). Los datos de Alemania, Francia, e Italia se estiman a partir de los datos del número medio de estaciones por metro cuadrado en España y Reino Unido, la superficie de cada país y el número de operadores existentes. ii) El porcentaje de reutilización de emplazamientos de GSM900. Se estima que el 95 % de los emplazamientos de GSM serán reutilizados y por tanto solo será necesaria la creación de un 5% de emplazamientos nuevos, iii) el coste medio de reutilización de un emplazamiento de GSM 900. Se estima el coste de reutilización como un 10 % de los costes de un nuevo emplazamiento que es el equivalente a un año del coste anual de mantenimiento iii) el coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento, se calcula según el informe técnico de Ofcom, (2010), iv) la tasa de emplazamientos compartidos con otros operadores. Se establece una tasa de compartición de emplazamientos de 0,3 según Ofcom, (2010) v) el porcentaje del coste en un emplazamiento compartido con otro operador sobre el coste total del emplazamiento en caso de no estar compartido, según Ofcom, (2010) este porcentaje es del 0,725 vi) los costes de operación de un emplazamiento reutilizado y de un emplazamiento nuevo. Se establecen unos costes de operación del 10% según Ofcom, (2010) y se estiman unos costes de operación del emplazamiento reutilizado del 3% vii) la distribución de los costes durante el despliegue de la red según la siguiente tabla

Distribución de costes en el tiempo en %			
2010	2011	2012	2013
0	0,25	0,5	0,25

900: Costes de actualización tecnológica de la banda 900.

La flexibilización de la banda 900 desde tecnologías móviles de segunda generación a tecnologías de tercera generación UMTS900 ha de realizarse teniendo en cuenta que el tráfico de voz que actualmente se presta en la banda 900 se va a seguir demandando y que el volumen del tráfico de datos va a observar importantes crecimientos. La solución a este aumento de capacidad es el despliegue de estaciones en la banda 1800 de modo que se pueda recoger en ellas el tráfico de voz proveniente de la banda 900.

Los costes en los que se incurre al flexibilizar esta banda son por tanto los siguientes:

a. Coste de actualización de una estación GSM900 a UMTS900 calculados a partir de: i) el número de emplazamientos de GSM900 en un determinado país, en España los datos se extraen del informe anual del regulador español de telecomunicaciones CMT, (2009 a), Para el Reino Unido los datos han sido extraídos del informe técnicos del regulador nacional Ofcom, (2010) para Alemania, Francia, e Italia se estiman a partir de los datos del número medio de estaciones por metro cuadrado en España y Reino Unido, la superficie de cada país y el número de operadores existentes ii) porcentaje de reutilización de emplazamientos, se estima que el 95 % de los emplazamientos de GSM serán reutilizados y por tanto solo será necesaria la creación de un 5% de los emplazamientos necesarios, iii) coste medio de actualización de una estación a UMTS900. Se estima el coste de actualización como un 10 % de los costes de un nuevo emplazamiento iv) el coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento extraído de Ofcom, (2010), v) la tasa de emplazamientos compartidos con otros operadores. Se establece una tasa de compartición de emplazamientos de 0,3 según Ofcom, (2010), vi) el porcentaje del coste de un emplazamiento compartido con otro operador sobre el coste total del emplazamiento en caso de no estar compartido. Se establece un porcentaje del 0,725 según Ofcom, (2010) vii) los costes de operación de un emplazamiento reutilizado y de un emplazamiento nuevo. Se establece unos costes de operación del 10% según Ofcom, (2010) y se estiman unos costes de operación del emplazamiento reutilizado del 3% viii) la distribución de los costes durante el despliegue de la red según la siguiente tabla.

Distribución de costes en el tiempo en %			
2010	2011	2012	2013
0	0,25	0,5	0,25

b. Coste de reutilización de un emplazamiento UMTS2100 para servicios en 1800 calculado a partir de: i) el número de emplazamientos de UMTS2100 en un determinado país, los datos del número de estaciones en España han sido extraídos del informe anual del regulador español de telecomunicaciones CMT, (2009 a). Para el Reino Unido los datos han sido extraídos del informe técnico del regulador nacional Ofcom, (2010). Los datos de Alemania han sido extraídos del informe anual del regulador alemán de telecomunicaciones Federal Network Agency, (2010). Los datos de Francia han sido extraídos del informe anual del regulador francés de telecomunicaciones Arcep, (2010). Los datos de Italia se estiman a partir de los datos del número medio de estaciones por metro cuadrado en el resto de países, la superficie de cada país y el número de operadores existentes en esa banda de frecuencia ii) el porcentaje de reutilización de emplazamientos. Se estima que el 95 % de los emplazamientos de GSM serán reutilizados y por tanto solo será necesaria la creación de un 5% de emplazamientos nuevos, iii) el coste medio de despliegue de una estación en 1800 en un emplazamiento reutilizado. Se estima el coste de despliegue como un 10 % de los

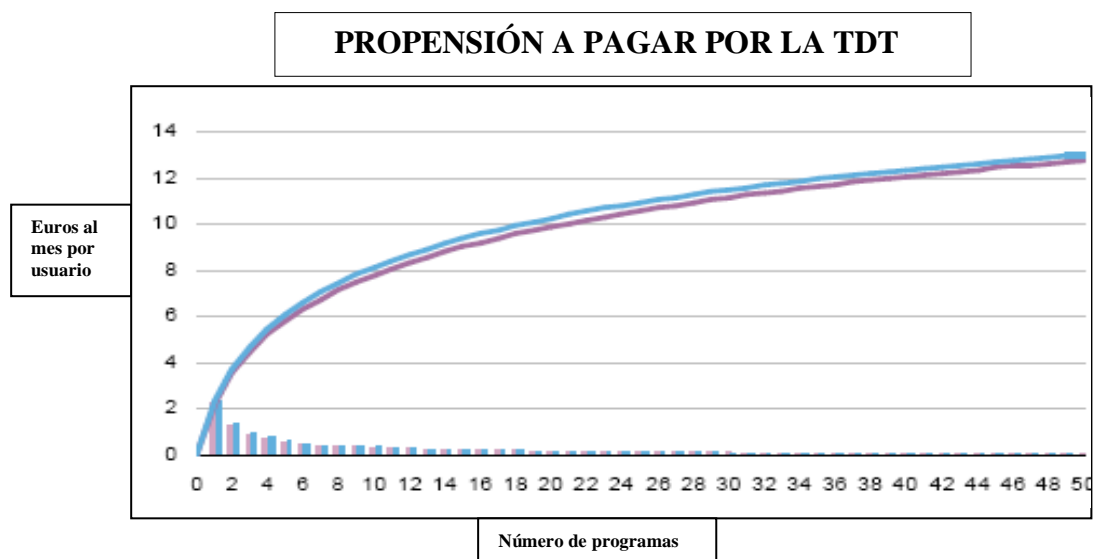
costes de un nuevo emplazamiento. iv) el coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento. El coste medio de un nuevo emplazamiento se extrae de Ofcom, (2010), v) la tasa de emplazamientos compartidos con otros operadores. Se establece una tasa de compartición de emplazamientos de 0,3 según Ofcom, (2010), vi) el porcentaje del coste en un emplazamiento compartido con otro operador sobre el coste total del emplazamiento en caso de no estar compartido. Se establece un porcentaje del 0,725 según Ofcom, (2010), vii) los costes de operación de un emplazamiento reutilizado y de un emplazamiento nuevo. Se establece unos costes de operación del 10% según el informe de Ofcom, (2010) y se estiman unos costes de operación del emplazamiento reutilizado del 3% viii) la distribución de los costes durante el despliegue de la red según la siguiente tabla:

Distribución de costes en el tiempo en %			
2010	2011	2012	2013
0	0,25	0,5	0,25

RTD ($f_{800} + f_a, td$)_{TDmax}: Coste de oportunidad de las redes de televisión digital

La flexibilización de la banda 800 y su posible ampliación para su utilización por servicios de banda ancha en movilidad tiene el coste de oportunidad de no poder dedicar estas frecuencias a los servicios audiovisuales. El número de redes audiovisuales que podrían desplegarse y sus posibles beneficios dependen de la realidad existente en cada país. La evaluación de los costes de la pérdida de oportunidad se calcula para redes de definición estándar financiadas con publicidad a partir de:

i) los beneficios obtenidos en cada país por añadir una red audiovisual adicional. El valor incremental de cada canal adicional de televisión digital se estima a partir del estudio del regulador francés de telecomunicaciones ARCEP, (2004) acerca de la propensión de los espectadores a pagar por un nuevo canal de televisión digital en función de los canales existentes. Este estudio se apoyó en datos de un informe previo de DTI, (2004). Se muestra a continuación un gráfico elaborado a partir del estudio del regulador francés.



Valor incremental de la propensión a pagar por programas TDT (Definición estándar)
 Valor incremental de la propensión a pagar por programas TDT (Alta definición)

Teniendo en cuenta el número de redes y programas existente en cada país se estiman los siguientes valores anuales en euros por red en cada país¹⁴

	Valor anual de una red adicional por usuario en euros
España	4
Alemania	6
Francia	5
Reino Unido	6
Italia	4

ii) el número de redes adicionales que podrían haberse desplegado sin exceder el máximo técnico. Este valor determina el número de redes audiovisuales que se hubiesen desplegado en el espectro liberado desde el punto de vista de la eficiencia económica. La tabla que se muestra a continuación muestra las redes consideradas en el estudio para cada país.

	Número de redes adicionales
España	3
Alemania	1
Francia	2
Reino Unido	1
Italia	3

iii) la tasa de penetración de la televisión digital terrestre en relación a otros medios sustitutivos. Los beneficios de la existencia de nuevos canales de televisión digital terrestre están directamente relacionados con el número de usuarios que utilizan el servicio. La existencia de medios alternativos hace que los beneficios del despliegue de nuevas redes se reduzcan. Se ofrecen a continuación las tasas de penetración de la TDT en los países en estudio según Analysys Manson, (2009) y Value Partners, (2008)

	Penetración TDT
España	0,8
Alemania	0,1
Francia	0,6
Reino Unido	0,53
Italia	0,8

¹⁴ La llegada de canales en alta definición podría incrementar el valor de la red según se observa en el gráfico (Valor superior a 24 € anuales para la primera red) la llegada de la televisión en 3 dimensiones podría multiplicar este valor.

iv) la cobertura de las redes de televisión digital terrestre. No todos los potenciales usuarios del servicio pueden acceder a éste ya que se encuentran fuera del ámbito de cobertura de la TDT. En el siguiente cuadro se ofrece la cobertura de la red de televisión digital terrestre en 2010 en los diferentes países.

	Cobertura de la red
España	0,96
Alemania	0,9
Francia	0,9
Reino Unido	0,9
Italia	0,8

vi) la distribución de beneficios durante el despliegue de la redes sobre los beneficios totales

Distribución de beneficios durante el despliegue del servicio en % sobre el total			
2010	2011	2012	2013
0	0,5	0,35	0,15

Los beneficios considerados son mayores en el despliegue inicial de la red ya que las poblaciones cubiertas son las de mayor densidad de población. En el periodo 2014-2024 se obtendrán el total de los beneficios.

En la simulación se han realizado las siguientes suposiciones: i) se supone que el modo de financiación de todas las redes adicionales es la publicidad, ii) no se contabiliza el valor de las externalidades, iii) no se contabiliza el aumento de los ingresos del productor provocados por el consumo adicional de publicidad debida al aumento de cuota de pantalla. Existe una incertidumbre en relación al aumento de cuota de pantalla que podría producirse. Una posible manera de evaluarla consistiría en suponer diferentes escenarios para un incremento bajo, medio y alto por ejemplo del 1%, 5% y 10%.

D ($f_{800,td}$): Coste de despliegue de redes adicionales para servicios audiovisuales

Al coste de oportunidad de no desplegar redes audiovisuales debe restarse el coste que hubiese supuesto el despliegue de esas redes adicionales en el conjunto de frecuencias de la banda 800 en caso de dedicarse ésta para servicios audiovisuales. En la simulación f_{800} se dedica a servicios de banda ancha móvil D ($f_{800,td}$) por tanto se resta del coste de oportunidad de no haber desplegado redes para servicios audiovisuales en f_{800} . Este coste depende de las redes audiovisuales que pueden ser desplegadas en la banda 800 si éste

se dedica a servicios audiovisuales y nunca podrá superar el máximo técnico TD_{max} . Los costes se evalúan a partir de: i) el número de redes que se desplegarían mediante transformación de una red analógica a digital según el apartado anterior, ii) el coste medio de la transformación de una estación analógica a una estación digital. Se estima que el coste medio de transformación de una estación de analógico a digital es del 65 % de los costes totales de la estación que según Analysys Manson, (2009) es de 100.000 € iii) el número de redes que se desplegarían sin la existencia de una red analógica previa. En esta simulación se considera igual a cero iv) el coste medio de despliegue de un nuevo emplazamiento. Según Analysys Manson, (2009) es de 100.000 €, v) el número de emplazamientos nuevos a desplegar en caso de transformación de una red analógica a una red digital. Se estima que el número de emplazamientos nuevos a desplegar por no haber podido reutilizar el emplazamiento analógico existente es del 5 % con un coste de 100.000 € por emplazamiento según Analysys Manson, (2009) vi) el porcentaje de reutilización de emplazamientos nuevos a desplegar en caso creación de una nueva red. En este estudio se considera que no se crearán redes nuevas que no se apoyen sobre las analógicas previas, vii) los costes de operación de las estaciones nuevas y de las estaciones en las que se ha realizado la conversión analógico digital. Los costes medios de operación de una estación nueva se estiman a partir de Analysys Manson, (2009) y son 12.000 € por estación al año. Los costes de operación de una estación transformada de analógico a digital se estima que son el 50% de los costes de la nueva, por tanto 6.000 € al año, viii) la distribución de los costes en el tiempo durante el despliegue según la siguiente tabla.

Distribución de costes en el tiempo en %			
2010	2011	2012	2013
0	0,25	0,5	0,25

6.2 Resultados

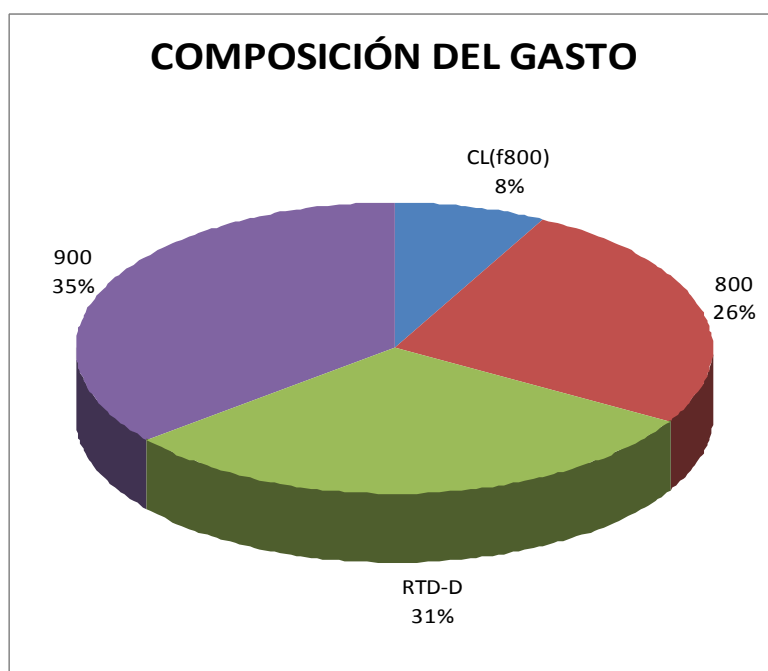
Los resultados de la simulación para las condiciones de experimentación permiten obtener información sobre los siguientes aspectos relacionados con el análisis de la eficiencia económica: i) La composición del gasto total y el análisis de los factores que influyen en los diferentes costes ii) los escenarios de uso de espectro que proporcionan unos beneficios suficientes para compensar los costes de la flexibilización.

El análisis de la composición del gasto permite establecer cuáles son las actuaciones determinantes en la opción de flexibilización simulada. Mediante el estudio de los factores que influyen en cada uno de los costes pueden reconocerse aquellos que tienen un mayor impacto en la constitución de cada coste. Ambos elementos, factores y composición del gasto definen los resultados de una simulación para unas condiciones de flexibilización particulares. Los resultados de diferentes simulaciones pueden compararse entre sí para poder seleccionar aquella que asigne de un modo más eficiente los recursos. El cálculo del gasto total en la simulación realizada, incluye los siguientes componentes de coste del modelo:

$$CL(f_{800}), 800, 900, RTD(f_{800}), D(f_{800}, td).$$

La composición del gasto total para el conjunto de los cinco países analizados es la siguiente:

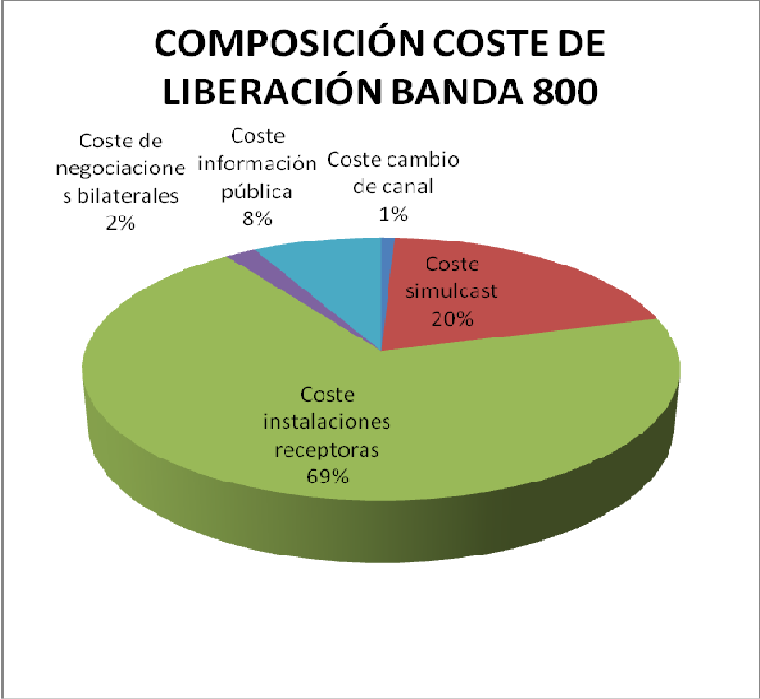
Tipo de coste	Costes totales por concepto (En millones de €)
CL(f800)	2.355
RTD-D	9.472
800	7.903
900	11.078
TOTAL	30.808



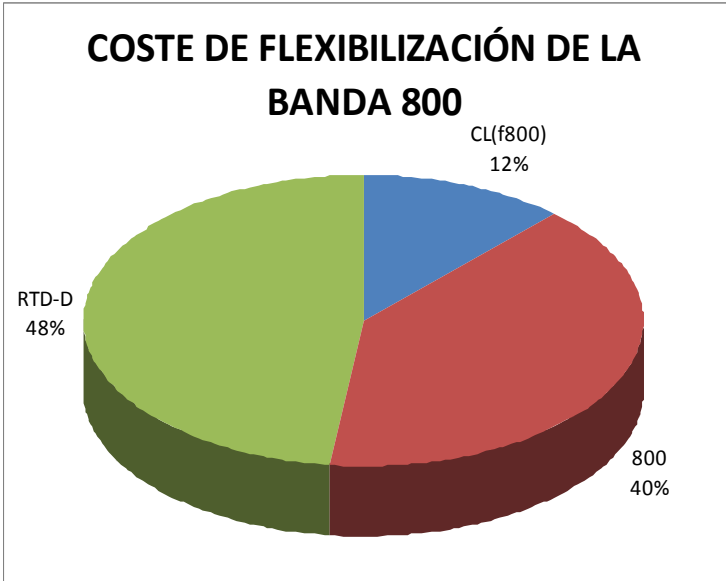
Como puede observarse el coste que menos representa en relación al gasto total es el de liberación de la banda 800 (dividendo digital) de los servicios audiovisuales, que representa un 8% del coste total de la simulación. El motivo es que el resto de conceptos incluyen los costes de operación durante los 10 años siguientes al despliegue, mientras que los de liberación solo incluyen las actuaciones a realizar durante los tres años del levantamiento de las instalaciones de la red. El mayor coste en el que se incurre es el de flexibilización de la banda 900 que representa el 35% del total. El motivo de la importancia de este concepto es que incluye no solo la adaptación de las estaciones de la banda 900 para actualizarlas a UMTS900 si no también el despliegue de estaciones en la banda 1800 para recoger el

tráfico de voz de la 900. El otro componente importante en la composición del gasto total es el coste de oportunidad de no desplegar redes de televisión digital menos el coste de despliegue de dichas redes (RTD-D) con un peso del 31% del gasto total.

En relación a los factores que influyen en el coste de liberación de la banda 800 la adaptación de las instalaciones receptoras de los usuarios representa el 69% del total y el período de transmisión simultánea durante el despliegue de las redes representa el 20%.

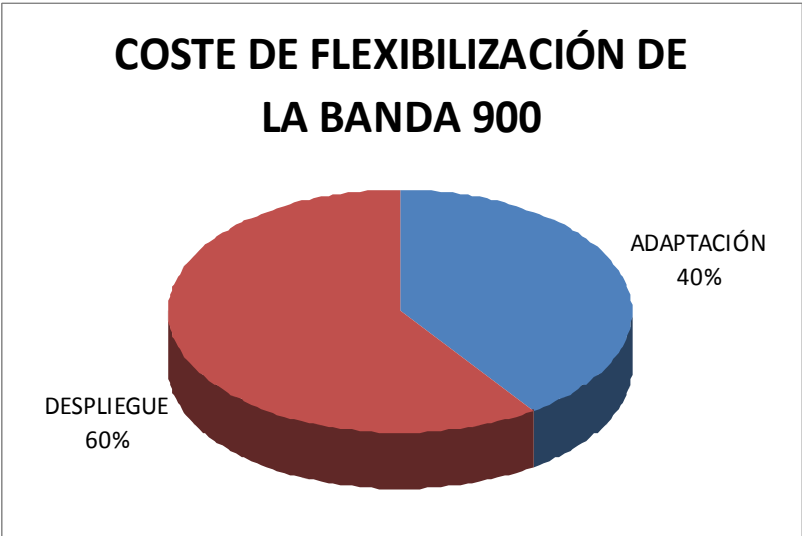


Si se analiza la composición del gasto en cada una de las dos bandas de frecuencia flexibilizadas en la simulación se observa lo siguiente: En la banda 800 el 48% del gasto total proviene del coste de oportunidad de no poder desplegar redes para servicios audiovisuales. Los costes de despliegue de estaciones de banda ancha móvil en la banda 800 representan el 40% del total y los de liberación el 12%.

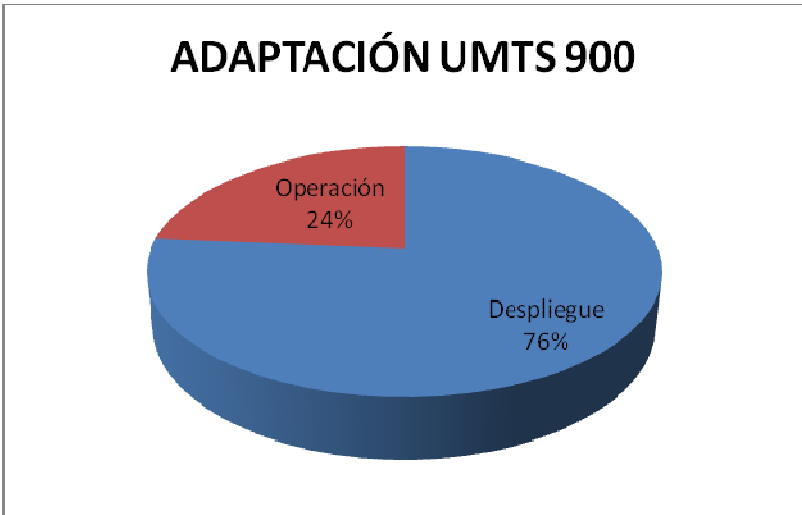


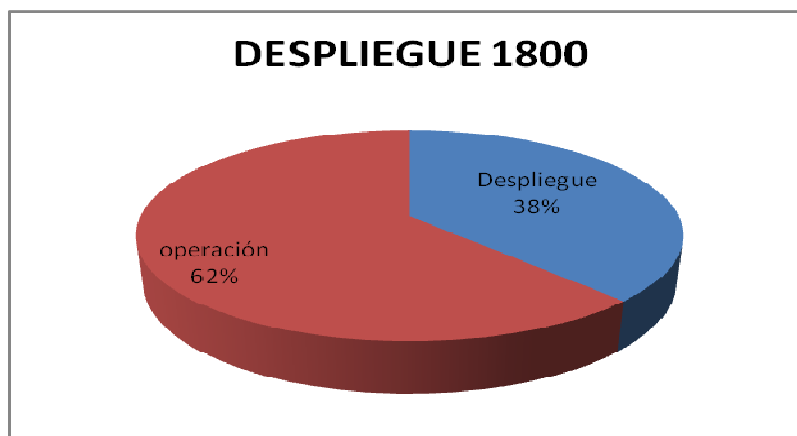
Si se analiza la composición de costes en la banda 900, el coste del despliegue de estaciones en la banda 1800 para recoger el tráfico de voz representa un 60% del coste de flexibilización de la banda. La adaptación de las estaciones para operar en UMTS900 representa el 40% restante.

Adaptación	Despliegue
2.371.487.603 €	3.508.005.649 €



Los factores que influyen en el coste de adaptación y despliegue son diferentes. Mientras que en la adaptación los costes de operación solo representan el 24% del total; en el despliegue de estaciones en banda 1800 representan el 62%



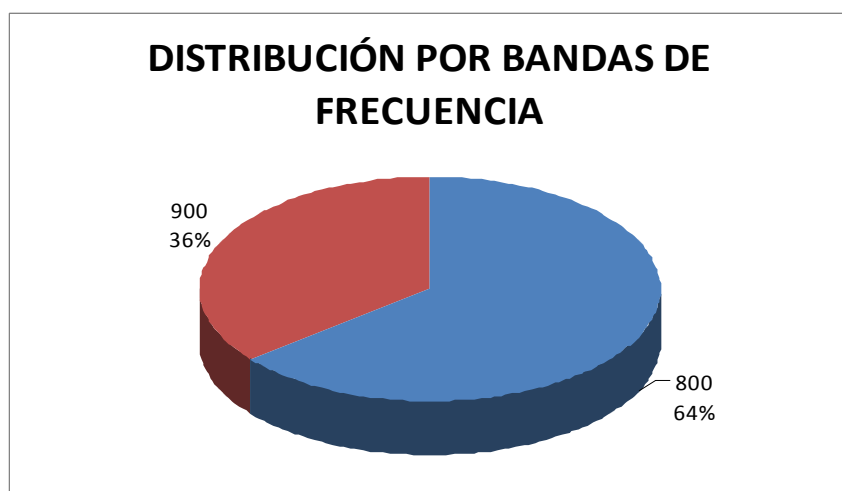


El resultado obtenido es coherente con el hecho de que los costes de operación adicionales que requiere la adaptación a UMTS900 son menores que los costes de operación de nuevas estaciones en la banda 1800.

El estudio del coste de flexibilización por bandas de frecuencia muestra que las actuaciones necesarias para la liberación de la banda 900 representan el 36% del gasto total y por tanto son menos costosas que las necesarias para la liberación de la banda 800 que suponen el 64% del total¹⁵.

El coste total flexibilización de las dos bandas representa un 0,038 ‰ del PIB conjunto de los 5 países.

% del coste banda 800	% del coste banda 900	%sobre el PIB Total
0,64	0,36	0,003845



¹⁵ No se consideran en los costes de flexibilización de la banda 900 los posibles gastos en los que se incurriría en el fomento de la competencia en aquellos casos en los que la situación de partida suponga que no todos los operadores móviles tienen la misma capacidad espectral. Esta necesidad depende de la situación en cada país.

La estimación de los costes totales de la flexibilización permite responder a la pregunta relativa a los beneficios que debe generar la utilización de servicios de banda ancha móvil para compensar los costes simulados. El análisis de los beneficios necesarios en comparación con las previsiones de aumento de la demanda de los servicios de banda ancha móvil muestra si las inversiones necesarias para la flexibilización generan beneficios para la sociedad. El paso previo antes de relacionar los costes con los beneficios necesarios para su compensación es determinar qué beneficios que se van a considerar en el estudio.

Como quedó recogido en el apartado de definición de la metodología, los beneficios se pueden clasificar en: i) externalidades ii) beneficios financieros obtenidos por los productores del servicio y los consumidores. El enfoque que se va a considerar en este documento es que todos los costes de un modo u otro acabarán repercutiendo en la sociedad¹⁶, y por tanto se consideran únicamente los beneficios directos que repercuten en ella: i) beneficios del consumidor ii) incrementos de la productividad de la sociedad.

El análisis de los efectos positivos para la sociedad derivados del beneficio del productor; como la contribución al desarrollo de la sociedad mediante el pago de impuestos y la generación de empleo por las inversiones realizadas por los operadores, queda fuera del ámbito de este estudio y es una posible vía futura de investigación. El aumento de productividad producido por la banda ancha se evalúa como el ahorro en número de horas producido por el uso productivo de Internet de banda ancha móvil. Este aumento es generado por el incremento de eficiencia ocasionado por la conexión a Internet móvil en el desarrollo de determinadas actividades. De los nueve puntos enunciados en el apartado de beneficios de la metodología nos centraremos en los que provocan un beneficio al consumidor y un aumento de la productividad. Para ello se responderá a las siguientes cuestiones.

¿Cuánto tendría que bajar el precio de la banda ancha para que compense el coste de flexibilización?

Para responder a la pregunta se calcula el coste total de las líneas de banda ancha residenciales con velocidades comprendidas entre 2 y 9,99 Mbps en los cinco países analizados. El cálculo se realiza para los tres años de despliegue de las redes sumados a los 10 años de evaluación de la simulación. Se supone una inflación del 2% y una tasa de descuento de 3,33%. El coste medio de cada línea proviene de la mejor oferta de acceso a banda ancha publicado en el informe CMT (2009 a). La elección de la velocidad está motivada en la similitud con las velocidades que se estima ofrecerá la banda ancha en movilidad.

Coste medio de la banda ancha en €	Número total de líneas	Coste total de todas la líneas (Millones €)	Bajada de precio necesaria en € por línea	Nuevo coste total (Millones €)
24,64 €	96.980.264	330.392	2,22 € / línea	299.584

Si se produce una bajada de 2,22 € en el precio de la conexión a Internet de banda ancha provocada por la mayor oferta debida a la existencia de la banda ancha en movilidad se habrán compensado los costes de flexibilización.

¹⁶ Los costes de despliegue de las redes pueden traspasarse a la sociedad mediante las tarifas del acceso a Internet o mediante subvenciones estatales en la liberación de las bandas ocupadas por otros servicios. Se considera que los operadores por tanto serán eficaces en el traspaso de los costes desde los accionistas a los usuarios.

¿En cuánto tendría que aumentar la productividad de la sociedad para que se compense el coste de flexibilización?

Para responder a esta preguntase se calcula la productividad media en euros por hora trabajada a partir de los datos del PIB conjunto de los 5 países, el número medio de horas trabajadas al año por trabajadores asalariados y no asalariados publicado por la OCDE, y el número de trabajadores de los cinco países según Eurostat.

Horas trabajadas anuales medias	Productividad Media en € por hora trabajada	Incremento de la productividad necesario en euros	Incremento de productividad %
1603,4	38,95 €	0,15 €	0,00387

El resultado es que para compensar el coste de la flexibilización, la productividad media tiene que aumentar en 0,15 € por hora trabajada, o lo que es lo mismo un incremento del 0,00387% de la productividad total.

Si el aumento de la productividad se valora mediante el número de horas ahorradas por uso productivo de banda ancha móvil podemos realizar las siguientes cuestiones.

¿Cuántas horas ahorradas debidas a la existencia de la banda ancha móvil compensarían el coste de la flexibilización?

Como ha quedado recogido en otros apartados de este documento en la evaluación de los beneficios de proyectos de infraestructuras de telecomunicaciones se debe considerar el ahorro en tiempo que éstas generan. El valor de estas horas es equivalente al de la hora trabajada. Para responder a la pregunta planteada se calcula el número de horas de trabajo necesarias para compensar el coste de la flexibilización de acuerdo al cálculo de la productividad por hora del apartado anterior. Posteriormente las horas trabajadas se reparten entre el número de habitantes, el número de trabajadores y el número de usuarios de banda ancha calculados a partir del número de hogares conectados, publicado por la CMT (2009 b).

Horas totales trabajadas para compensar coste	Horas por habitante	Horas por habitante al año	Horas por trabajador	Horas por trabajador al año
791.038.673	2,52	0,19	5,84	0,45

Si consideramos el ahorro por habitante y por trabajador obtenemos que con un ahorro de 2,52 horas por habitante o 5,84 por trabajador se compensaran totalmente los costes de la flexibilización. Si se reparte este número de horas entre los 13 años considerados se obtiene un ahorro necesario en horas de 0,19 por habitante al año y 0,45 por trabajador al año

Si distribuimos estas horas únicamente entre los usuarios de banda ancha el resultado es el siguiente:

Horas totales por usuario de banda ancha	Horas por usuario al año
4,8	0,37

Si cada internauta se ahorra 4,8 horas por el uso de Internet de banda ancha móvil en actividades productivas se habrá compensado el coste de la flexibilización. Si se reparte entre el número de años evaluados el resultado es de 0,37 horas anuales. Se recuerda que el incremento a imputar a la flexibilización en el uso de Internet fijo es únicamente el uso más intensivo provocado por la ubicuidad y que éstos usuarios constituyen sólo un pequeño porcentaje de los usuarios.

¿Cuántas horas ahorradas debidas al aumento del número de usuarios compensarían el coste de la flexibilización?

Uno de los beneficios producidos por la flexibilización es el aumento de número de usuarios conectados. Para responder a la pregunta se calcula el número de horas ahorradas necesarias para que se compensen los costes de flexibilización suponiendo incrementos en el número de usuarios del 5%, 10% y 15% respectivamente. Para realizar el cálculo se utilizan los datos de hogares conectados a Internet publicado por la CMT (2009 b).

Horas por nuevo usuario conectado (5%)	Horas por nuevo usuario conectado (10%)	Horas por nuevo usuario conectado (15%)	Horas anuales por nuevo usuario conectado (5%)	Horas anuales por nuevo usuario conectado (10%)	Horas anuales por nuevo usuario conectado (15%)
95,9	47,95	31,96	7,38	3,69	2,46

Si se produce un incremento del 10% en el número de usuarios serían necesarias 47,95 horas por nuevo usuario para compensar el coste total, o lo que es lo mismo 3,69 horas al año en el período considerado.

¿Cuántas horas ahorradas debidas a la utilización de Internet móvil compensarían el coste de la flexibilización?

Por último se analizan los beneficios producidos por utilización de Internet en terminales móviles inteligentes. Para responder a la pregunta se calcula el número de horas ahorradas necesarias para que se compensen los costes de flexibilización suponiendo incrementos en el número de usuarios de Internet móvil a través del uso de terminales móviles inteligentes del 100%, 200% y 300% respectivamente.

Para realizar el cálculo se utilizan los datos de usuarios que acceden a Internet mediante terminales inteligentes publicado por la CMT (2009 b).

Horas por nuevo usuario móvil conectado (100%)	Horas por nuevo usuario móvil conectado (200%)	Horas por nuevo usuario móvil conectado (300%)	Horas anuales por nuevo usuario móvil conectado 100%)	Horas anuales por nuevo usuario móvil conectado (200%)	Horas anuales por nuevo usuario móvil conectado (300%)
29,15	21,31	15,98	2,24	1,64	1,23

Para un incremento del 200% en el número de usuarios de banda ancha móvil desde teléfonos inteligentes, los costes de flexibilización se compensarían mediante un ahorro de 21,31 horas por nuevo usuario o lo que es lo mismo un ahorro en horas de 1,64 anuales durante el período de evaluación del proyecto

7. CONCLUSIONES

En el presente documento se ofrece una metodología diseñada para estimar el beneficio neto de las diferentes opciones en la flexibilización del espectro. Para comprobar su validez se ofrece una simulación utilizando la metodología diseñada que analiza el impacto de la flexibilización del espectro de diferentes bandas de frecuencias, para la acomodación inicial de servicios audiovisuales y de banda ancha en movilidad para un conjunto de cinco países (Reino Unido, Alemania, Francia, Italia y España). Realizada la simulación pueden extraerse las siguientes conclusiones:

Si observamos los resultados estudiando la composición del gasto podemos advertir que los costes de despliegue de redes de telecomunicaciones de banda ancha móvil están ligados a la superficie del país que influye en el número de estaciones a desplegar. El coste por usuario depende de la densidad de población. En la flexibilización de la banda 900 se cumple el criterio de superficie expuesto ya que en el despliegue de este tipo de redes para todos los países la densidad de estaciones por unidad de superficie es parecida. En relación al uso del servicio éste es también parecido en todos los países analizados.

Sin embargo la flexibilización del espectro en la banda 800 tiene un mayor coste en los países en los que existe una mayor tradición de radiodifusión de televisión independientemente de la superficie del país. El motivo es doble, por un lado el coste de oportunidad de no desplegar en estos países nuevas redes de televisión digital es superior ya que la audiencia potencial es mayor. Por otro lado el uso intensivo de la banda 800 debido a la mayor tradición en su utilización, hace más probable que sean necesarios cambios de canal en las instalaciones transmisoras y adaptaciones en las receptoras y por tanto un mayor coste en la liberación de la banda.

En consecuencia sin tener en cuenta los aspectos propios de cada país, superficie y densidad de población; el factor más importante para determinar el coste total en la banda 800 es la tradición de utilización de la radiodifusión de televisión.

Si observamos la composición del gasto total, se advierte también que en la flexibilización de la banda 900 se incurre en menores costes que en la flexibilización de la banda 800. La banda 900 es por tanto la candidata principal al comienzo de la flexibilización. Sin embargo esta afirmación solo es válida en ausencia de problemas relacionados con la competencia entre operadores de la banda 900. La situación de partida determinará por tanto por cuál de las dos bandas comenzará la flexibilización. En la banda 900 las posibles restricciones son las siguientes:

- i) El reparto actual de la banda en relación a la cantidad de espectro a disposición de cada operador. Una menor cantidad de espectro en la banda por parte de alguno o algunos de los operadores puede causar problemas de competencia.
- ii) La fecha de finalización de las licencias concedidas.

En el caso de la banda 800 es factible una migración inmediata de los canales utilizados para poder liberar la banda, ya que los receptores de televisión están preparados para recibir correctamente cualquier canal en el rango de frecuencias 470-862 MHz dentro de las cuales se encuentra la banda 800. Una migración de estas características no puede realizarse en la flexibilización de la banda 900. La banda 800 puede por tanto comenzar a flexibilizarse en cualquier momento, teniendo en cuenta que un factor que disminuiría los costes de su flexibilización es la reducción del período de transmisión simultánea de estaciones de radiodifusión (simulcast). Este factor supone el 20% del coste total de la liberación y es el único sobre el que se puede actuar de modo directo.

La elección de la primera banda a flexibilizar tiene un impacto en términos de cambios futuros en el proceso de flexibilización. Como se suponen rendimientos de utilidad decrecientes, es posible que después de la flexibilización de una de las bandas, si los beneficios obtenidos por su flexibilización para banda ancha móvil no se corresponden con las predicciones realizadas, la otra banda disponible para la flexibilización se destine a otros usos.

En relación con los escenarios de uso de espectro que proporcionan unos beneficios suficientes para compensar los costes de la flexibilización. Se extraen las siguientes conclusiones de acuerdo a los resultados obtenidos:

Bajada de precio	Incremento de la productividad	Horas por usuario de banda ancha	Horas por nuevo usuario conectado (10%)	Horas por nuevo usuario móvil
2,22 €	0,15 €	4,8	47,95	21,31

Los cálculos realizados suponen la compensación del gasto total con cada uno de los posibles beneficios. Sin embargo en realidad se producirá una combinación de todos estos efectos y por tanto aunque no se materialice por completo la compensación del coste con uno de los beneficios, el efecto conjunto podría ser positivo. Si se analiza la posibilidad de ocurrencia de cada una de las condiciones que han de cumplirse para la compensación del coste, se observa que algunas de las opciones tienen mayor probabilidad de ocurrencia.

En relación al aumento del número de usuarios, el crecimiento potencial debido a la bajada de precio de la banda ancha oscila entre el 6% en Italia y el 14% en Francia de los usuarios no conectados¹⁷. Los usuarios no conectados representan entre el 46% de la población en España y el 21% en Alemania según CMT (2009 b) y por tanto si lo observamos en términos de nuevos usuarios sobre el total de la población conectada, el aumento está por debajo del 5% supuesto en la simulación, incluso añadiendo las nuevas conexiones de zonas de baja densidad de población.

Por este mismo motivo; aumento del número de usuarios inferior al 5% de la población; tampoco se puede asegurar que el aumento de la demanda produzca la caída del 9% en el precio del acceso a Internet necesaria para compensar el coste de la flexibilización.

Según los datos de Eurostat de la tabla que se muestra a continuación se podrían incluso obtener incrementos superiores en el número de usuarios conectados si se reduce la falta de capacidad de algunos ciudadanos en el acceso a la sociedad de la información. Esto incluye por ejemplo la formación de personas mayores para capacitarlas en el uso de Internet. No se justifica por tanto la flexibilización del espectro en base al aumento del

¹⁷ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>

número de usuarios conectados bien por bajada del precio, bien por la conexión de ciudadanos de zonas de baja densidad de población.

Motivos para no conectarse a Internet (Fuente Eurostat)

	Coste muy alto	No le atrae el uso	Costes de equipamiento alto	Seguridad	Falta de capacidad
España	10	27	10	1	13
Alemania	8	13	9	4	8
Francia	14	17	16	5	14
Reino Unido	4	8	5	1	4
Italia	6	23	6	1	15

En relación al aumento de la productividad de 0,15 € por hora trabajada resulta complejo discriminar el aumento producido por la banda ancha móvil respecto a otras causas, y queda por tanto como posible futura vía de investigación.

En relación a los beneficios producidos por el acceso a Internet desde terminales móviles inteligentes, de acuerdo con los estudios de mercado y con los crecimientos actuales de este tipo de conexiones según CMT (2009 b), sí parece razonable un aumento del 200% en el número de usuarios que acceden a Internet mediante estos dispositivos. También parece probable que el ahorro en número de horas de los usuarios de banda ancha móvil supere las 1,64 horas al año durante el período de evaluación.

Por tanto la flexibilización del espectro simulada es beneficiosa para la sociedad considerando los beneficios provocados por la satisfacción de la demanda latente de acceso a internet desde dispositivos móviles inteligentes. Se estima que este concepto por si solo compensa los costes de la flexibilización. La elección de la alternativa más eficiente depende de la situación particular de cada país.

REFERENCIAS

Dominguez J. (2009), I. Elices (2009), "Eficiencia y equidad en el uso del espectro: consideraciones económicas sobre el paso a un sistema de gestión del espectro basado en criterios de mercado". Política económica y regulatoria en telecomunicaciones Núm2, mar 2009, pag. 76,89

Coase, R. (1959), The Federal Communication Commission. The journal of Law & Economics, 2, 1-40

Webb, W (2009), An optimal way to licence the radio spectrum. Regulatory and Economic Policy in Telecommunications N2, mar09, pag. 100,112.

Mitola J. (1999), mobile multimedia communications", *IEEE Workshop on Mobile Multimedia Communications, Volume 6, Issue 5*, pp. 435-441

Cave, M (2002), Review of radio spectrum management. An independent review for Department of Trade and Industry and HM Treasury. Pag 6.

Comisión europea (2007), Comunicación de la Comisión al Consejo y al parlamento Europeo: Sobre un acceso rápido al espectro para los servicios de comunicaciones electrónicas inalámbricas a través de una mayor flexibilidad COM (2007) 50,

Lehr W, (2005) et al, Measuring Broadband's economic impact.
http://web.si.umich.edu/tprc/papers/2005/475/TPRC2005_Gillett%20Lehr%20Sirbu%20Osorio%20submitted.pdf

Optus (2009), UMTS 900 a Case Study GSA, The Global Mobile Suppliers Association.
<http://www.gsacom.com/index.php4>

Hübner D. (2008), Guide to cost benefit analysis of investment projects. European Union. Regional Policy.

Analysys Manson (2009), Exploiting the digital Dividend, a European approach.
<http://www.analysysmason.com/>

Ministerio de Vivienda de España (2010), Estimación del Parque de Viviendas
http://www.mviv.es/es/xls/estadisticas/parque/nm_parque.pdf

Federcasa, Italian Housing Federation, (2006), Housing statistics in the European Union 2005-2006
http://www.federcasa.it/news/housing_statistics/Report_housing_statistics_2005_2006.pdf

ARCEP (2004), Etude sur la valorisation du dividende numerique
http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/etude-dividende-numerique-mai2008.pdf

DTI (2004), "Stated and revealed preference survey of digital television services"
http://www.digitaltelevision.gov.uk/pdf_documents/publications/SDG_report.pdf

Value Partners (2008), Getting the most out of the digital dividend
http://www.valuepartners.com/VP_publications/PDF_Publications/notizie%20e%20idee/2008/Spectrum-Getting-the-most-out-of-the-digital-dividend-2008.pdf

CMT (2009 a), Informe anual.
http://www.cmt.es/cmt_publicaciones/SelectOption.do?nav=publicaciones_anuales

CMT (2009 b), Comparativa Internacional de ofertas comerciales de banda ancha en la Unión europea y España.
http://www.cmt.es/cmt_publicaciones/SelectOption.do?nav=publicaciones_precios_banda_ancha

Ofcom (2010), Application of spectrum liberalisation and trading to the mobile sector – A further consultation
<http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/spectrumlib/>

Federal Network Agency for Electricity, Gas, Telecommunications, Post and Railway of Germany (2010), Annual Report 2009.
<http://www.bundesnetzagentur.de/cae/servlet/contentblob/158096/publicationFile/7883/AnnualReport2009.pdf>

ARCEP (2010), Las cifras claves de las comunicaciones electrónicas en Francia en el 2009.
<http://www.arcep.fr/fileadmin/reprise/publications/rapport/rap-2009/chiffres-cles-2009-esp.pdf>