



Propuestas para la evaluación de la eficiencia de una atribución de espectro a un servicio de radiocomunicaciones

ÁREA: 1
TIPO: Teoría

85

Some proposals for the evaluation of the efficient allocation of spectrum for radio communication service
Propostas para a avaliação da eficiência de uma atribuição de espectro a um serviço de radiocomunicações

AUTORES

José Marino García-García
Columbia University,
USA
jmg2277@columbia.edu
Ministerio de Industria,
Energía y Turismo,
España
JMGARCIAGAR@minetur.es

Aurelia Valiño-Castro
Universidad Complutense de Madrid, España
avalinoc@ccee.ucm.es

1. Autor de contacto:
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Complutense de Madrid; Campus de Somosaguas s/n; Pozuelo de Alarcón, 28223 (Madrid); España.

La atribución de frecuencias del espectro radioeléctrico a servicios de radiocomunicaciones por el mercado produce resultados ineficientes dada la tecnología actual, por la existencia de problemas en la asignación de derechos de uso, economías de escala, externalidades en servicios comerciales que utilizan el espectro, servicios con características de bienes públicos, y condicionantes ligados a la utilización actual del espectro. Este artículo analiza el papel del mercado en la gestión del espectro, identifica los límites que éste encontrará en la atribución de frecuencias, y ofrece una metodología para la estimación del beneficio social neto de los procesos de re-atribución del espectro que pretenden incrementar la eficiencia de su utilización.

The allocation of radio spectrum by market prices is not efficient with current technology. The reasons are the existence of problems in the assigning of usage rights, externalities from commercial services, services with the characteristics of public goods, scales economies together with the constraints caused by the previous allocation in the use of spectrum. This article analyses the role of the market in spectrum management, identifying the limits of spectrum allocation by market, and provides a methodology for estimating the social net benefit of the spectrum re-allocation processes intended to increase the efficiency in the use of spectrum.

A atribuição de frequências do espectro radioeléctrico a serviços de radiocomunicações pelo mercado produz resultados ineficientes atenta a tecnologia atual, o que se fica a dever à existência de problemas na atribuição de direitos de utilização, economias de escala, externalidades em serviços comerciais que utilizam o espectro, serviços com características de bens públicos, e condicionantes ligados à utilização atual do espectro. Este artigo analisa o papel do mercado na gestão do espectro, identifica os limites que este encontrará na atribuição de frequências, e apresenta uma metodologia para estimar o benefício social líquido dos processos de reatribuição do espectro que pretendem aumentar a eficiência da sua utilização.

DOI
10.3232/GCG.2013.V7.N2.06

RECIBIDO
24.04.2013

ACEPTADO
01.07.2013

1. Introducción

El espectro, o rango de frecuencias radioeléctricas, es la materia prima de los servicios de telecomunicaciones inalámbricos. Su valor aumenta a medida que se desarrolla la sociedad de la información y del conocimiento, con un papel cada vez más importante en el crecimiento 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. Además tiene una función pública de alto valor social que se manifiesta en usos como la seguridad aérea y marítima, la defensa nacional, la radioastronomía o la protección ciudadana en situaciones de desastres y emergencias que entran en el concepto de bienes públicos puros (bienes para los que no existe mercado).

Aunque la gestión del espectro es realizada por el Estado, casi desde los inicios de las radiocomunicaciones se ha considerado al mercado como el mecanismo eficiente para su asignación, bajo una mínima regulación. Los artículos seminales que defienden la asignación de frecuencias por las fuerzas del mercado, en lugar de por decisiones gubernamentales, pertenecen a R. Coase (1959,1960). Cuando una agencia estatal administra el espectro, tendrá dificultades para asignarlo de modo eficiente porque desconoce información relevante sobre las preferencias de los consumidores y porque probablemente sufrirá presiones políticas. En estas condiciones, el gobierno debe limitarse a establecer los derechos de propiedad y las reglas que permitan los intercambios del bien en el mercado (Hazlett, 1998, 2003; Kwerel y Williams, 2002; Baumol y Robyn, 2006). Especialmente en la literatura norteamericana, se ha propuesto como alternativa el uso común del espectro, acompañado de una mínima regulación para evitar la interferencia perjudicial (Noam, 1998; Benkler, 2002; Werbach, 2004).

A continuación comentamos los modelos de gestión del uso de los servicios de radiocomunicaciones, los procesos de flexibilización del uso del espectro y presentamos una metodología para calcular la eficiencia de una atribución de espectro a un servicio de radiocomunicaciones, dentro del proceso de introducción de criterios de mercado en la gestión del mismo.

2. Modelos de gestión del uso de los servicios de radiocomunicaciones

Descartado el modelo de gestión administrativa, diversos autores -G.R. Faulhaber (2005) entre otros- proponen sistemas alternativos de gestión. En todos ellos se tiene en cuenta que existen una gran cantidad de servicios de comunicaciones inalámbricas de diferente naturaleza: de alta y baja potencia, unidireccionales y multidireccionales, de voz, de datos, entre personas, entre máquinas y que incorporar todas estas posibilidades en un único modelo no es una tarea sencilla.

PALABRAS CLAVE

Espectro radioeléctrico, eficiencia, neutralidad tecnológica, derechos de propiedad, dividendo digital

KEY WORDS

Radio spectrum, efficiency, technological neutrality, property rights, digital dividend

PALAVRAS-CHAVE

Espectro radioelétrico, eficiência, neutralidade tecnológica, direitos de propriedade, dividendo digital

CÓDIGOS JEL:

D61, O33, L96, G14, L5

Cualquiera que sea el modelo a utilizar debe acomodar tres tipos de servicios:

1. *Servicios de uso común* en los que la interferencia se evita o bien porque no se produce, al transmitir los dispositivos con muy baja potencia, o porque éstos se coordinan entre sí, sin necesidad de restringir sus parámetros de emisión; o bien porque son conscientes del entorno radioeléctrico y se adaptan a él de modo que no provocan interferencias a otros dispositivos.
2. *Servicios de uso exclusivo para fines comerciales*, donde se limita la producción de interferencias mediante la definición de restricciones a los parámetros de emisión -la frecuencia, la potencia y el alcance- a fin de evitar la producción de interferencias a otros servicios.
3. *Servicios de uso exclusivo con fines sociales* que presta el Estado y que son bienes públicos; incluidos: la investigación científica, la defensa nacional, la seguridad de las personas y la protección de la vida. En estos servicios se implementan las mismas restricciones que en los anteriores relacionadas con las interferencias.

Teniendo en cuenta estos tres tipos de servicios existen varias fórmulas posibles. Una opción es utilizar el modelo de uso exclusivo con derechos de propiedad para todas las bandas de frecuencia. Si se elige esta opción, la existencia de los usos sociales y el uso común del espectro dependen de la compra por el Estado de bandas de frecuencias para acomodar estos servicios. En este sistema es el mercado el que rige las transacciones en todas las frecuencias. Otra opción es un modelo mixto en el que unas bandas son atribuidas por el mercado y otras son destinadas a servicios estatales y de uso común. Y por último un modelo en el que todo el espectro sea de uso común¹.

Especialmente en la literatura norteamericana, el uso común se considera una alternativa válida al modelo de gestión administrativa actual. En un futuro la tecnología podría hacer innecesaria la regulación o reducirla al mínimo gracias al desarrollo de dispositivos capaces de gestionar el acceso al espectro de modo autónomo mediante técnicas de compartición, como las de espectro subyacente, la superposición activa y el acceso dinámico, o los sistemas cognoscitivos capaces de identificar de forma autónoma frecuencias disponibles no utilizadas por los sistemas primarios existentes. Esta última tecnología está asociada al concepto de uso compartido del espectro, que consiste en la utilización de frecuencias atribuidas de modo exclusivo a un servicio, por otro servicio, al no estar siendo utilizadas o no ser utilizables estas frecuencias por aquel que las tiene atribuidas de modo exclusivo. Por sus características, el dividendo de frecuencias proveniente de la compartición de una banda es particularmente adecuado para su utilización por aplicaciones de uso común.

Un ejemplo de esta situación son los canales de televisión que no están siendo utilizados en un área geográfica; o aquellos canales que no son utilizables en una zona porque no están dentro de la zona de cobertura de una estación pero sí del área interferida por ella, de tal modo que la programación de la estación no puede recibirse en esa zona al estar fuera de la zona de cobertura, y tampoco recibirse programación de otra estación al estar dentro de la zona de interferencia, pero sin embargo es posible la utilización de ese canal por otro servicio diferente.

1. Se consideran de uso común 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. El uso común del espectro permite el acceso al mismo de cualquier dispositivo que siga un determinado estándar.

Tanto el modelo mixto como el de uso exclusivo con derechos de propiedad funcionan bien, desde un punto de vista estático, en relación con la proporción de frecuencias destinadas a cada uno de los tres tipos de servicios. Sin embargo, ambos presentan problemas desde un punto de vista dinámico.

El sistema basado en derechos de propiedad será más eficiente cuando se necesite una reasignación de bandas de frecuencia entre usos comerciales, sin embargo no está claro el resultado en una situación en la que los usos sociales del espectro necesitaran un aumento de frecuencias. En ese caso el modelo mixto sería más conveniente. Si el Estado debe acceder al espectro a precio de mercado puede encontrar dificultades en la adquisición de frecuencias. La experiencia demuestra que en el modelo actual de gestión planificada ciertos usos sociales del espectro tienen dificultades para obtener bandas de frecuencias, lo que hace suponer que en una gestión basada exclusivamente en derechos de propiedad tendría aún más impedimentos.

Coase (1959) apoya la creación de derechos de propiedad incluso en las bandas de frecuencias que se utilizan con fines sociales, porque introducen señales de precio. Sin embargo, no es cierto que no existan tales señales en todos los casos. Al menos en algunas de estas bandas puede realizarse la comparación directa con servicios comerciales de la misma naturaleza. En el caso de los sistemas de protección pública y actuación ante desastres, la comparación puede realizarse con los servicios comerciales de banda ancha móvil. Otra posibilidad es la utilización de precios de incentivo administrado (PIA) (Smith-Nera, 1996; Independen *et al.*, 2004) como indicadores del coste de utilización de una banda para fines sociales. El PIA que se paga por el uso del espectro al organismo regulador, se fijaría a partir del cálculo del coste de oportunidad marginal del uso actual del espectro y el de usos alternativos. El coste de oportunidad se define como el coste (ahorro) adicional de un usuario razonablemente eficiente por añadir (sustraer) una unidad marginal de espectro a un servicio determinado. La utilización de PIA promueve la re-atribución de frecuencias desde los usos de menor coste de oportunidad marginal a los de mayor coste. El cálculo se realiza incluyendo opciones como prestar el servicio con otro insumo, tal como una frecuencia diferente o un insumo no espectral.

G.R. Faulhaber (2005) evalúa la eficiencia de los diferentes modelos de gestión del espectro basándose en los criterios de: capacidad del sistema para que el espectro sea asignado al uso de mayor valor, minimización de los costes de transacción, posibles mecanismos de resolución de disputas y capacidad de adaptación ante cambios tecnológicos y de la demanda. Concluye que el modelo de uso exclusivo para todas las bandas de frecuencia es el más eficiente. Pero no tiene en cuenta que el objetivo de gestión del espectro es conseguir la eficiencia en todas sus dimensiones: técnica, social y económica (M. Cave, 2002). La UIT (2009) en línea con M. Cave, identifica como objetivos de la gestión del espectro además de la eficiencia económica, la eficiencia técnica y la eficiencia política, definida esta última como el impulso del desarrollo económico, la promoción de la competencia y la búsqueda del equilibrio de oportunidades de grupos desfavorecidos de la sociedad. Así pues, incluye las externalidades.

En relación con las externalidades, se debe recordar que el acceso a la banda ancha -uno de los posibles usos comerciales del espectro- produce beneficios en la economía que incluyen el incremento de la productividad, el aumento de la tasa de empleo, de la riqueza y la calidad de vida (Gillet, Sh. E. *et al.* 2006; Litan y Rivlin, 2001; Goss, 2001; López Sánchez *et al.* 2004, 2006; DMR Consulting-SEDISI 2002, 2003). El uso común podría ser un importante apoyo en la pro-

moción de la banda ancha, ya que puede proporcionar ubicuidad y universalidad a Internet en aquellas situaciones en las que no sea necesaria la movilidad. Ubicuidad porque podría ser utilizado en cualquier lugar; y universalidad porque podría ser útil en la cobertura de zonas rurales y por tanto en la reducción de la brecha digital. También es esencial para aplicaciones innovadoras como la telemedicina, la conexión entre centros universitarios, y para el desarrollo de ciudades inteligentes.

La cuestión a resolver, por tanto, para decidir si la cantidad de espectro dedicada al uso común y a fines sociales debe ser determinada por el Estado o por el mercado es la cuantificación del valor de las externalidades que provocan determinados usos del espectro y que incorporan tanto las externalidades originadas en el uso comercial como las producidas por los servicios de uso exclusivo que pueden ser considerados como bienes públicos puros.

3. Los procesos de flexibilización del uso del espectro

G.R. Faulhaber (2005) expone que una definición cuidadosa de los derechos de propiedad y el apoyo del sistema judicial en la resolución de posibles conflictos sustituye a la regulación, evita la producción de interferencias, y permite el funcionamiento natural del mercado. El regulador queda relegado a establecer reglas en las frecuencias en las que es licenciatario. Sin embargo la flexibilización del uso del espectro no es un ejercicio teórico relacionado únicamente con la gestión de los derechos de propiedad, es también un problema técnico que aún no está completamente resuelto y que además es dinámico, por lo que el regulador seguirá teniendo un importante papel como canalizador del proceso de introducción de criterios de mercado en la gestión del espectro.

Con la flexibilización del uso del espectro se pretende facilitar el cambio de uso y/o de tecnología de las frecuencias con los mínimos costes de transacción, teniendo en cuenta no solo la eficiencia económica sino también la eficiencia técnica y político social. Los mecanismos que pueden aplicarse para que el mercado atribuya el espectro a los usos de mayor valor son los siguientes:

1. Definición de derechos de propiedad, permanentes o temporales, sobre el espectro que especifiquen los derechos de protección contra interferencias de los propietarios y las obligaciones, en términos de restricciones, para evitar interferencias a terceros.
2. Permitir la comercialización de las bandas de frecuencias en el mercado secundario de modo que se puedan comprar, vender, subdividir o agregar porciones de espectro.
3. Permitir el uso flexible del espectro, autorizando el cambio de tecnología y de servicio en una banda de frecuencias, o permitiendo la compartición de una banda previamente atribuida de forma exclusiva.
4. Uso de subastas como mecanismo de atribución, de modo que en las bandas disponibles acceda al uso del espectro el usuario que más lo valore.
5. Utilización de precios de incentivo administrado en aquellas bandas que fueron atribuidas con criterios administrativos, para introducir señales de precios e incentivar un uso más eficiente.

Los mecanismos descritos en los párrafos anteriores, especialmente aquellos que pretenden fomentar las transacciones y aquellos que impliquen cambios de uso y de tecnología, están limitados por la existencia de un conjunto de fallos de mercado que impiden la adecuada flexibilización de la atribución del espectro. Por este motivo, en la mayoría de las situaciones, la neutralidad de la tecnología y de los servicios solo podrá ser parcial, limitada y dependiente del caso particular, por tanto es necesaria una metodología que permita evaluar, dentro de los escenarios posibles, la mejor opción. En unos casos podrá introducirse la comercialización de frecuencias en el mercado secundario; en otros, la posibilidad del cambio tecnológico; y en otros, además, la posibilidad de migración entre servicios. Por tanto, aunque el mercado cada vez cobrará más importancia, el papel del regulador seguirá siendo imprescindible.

Actualmente uno de los ejemplos más importantes en relación con los procesos de flexibilización del espectro y la aplicación de criterios de mercado es el de determinación del uso de las frecuencias procedentes del llamado dividendo digital. Las frecuencias liberadas podrían ser otorgadas atendiendo a los principios de neutralidad tecnológica y de servicios y con la posibilidad de compraventa de los bloques de frecuencia en el mercado secundario.

Para valorar la aplicación de criterios de mercado a las frecuencias del dividendo digital se realizan análisis coste beneficio de las diferentes opciones de uso. Los análisis realizados hasta ahora tienen algunas carencias, fundamentalmente la escasa consideración de las externalidades ligadas a los usos comerciales del espectro, y beneficios indirectos de las asignaciones a los diferentes servicios. Así, Analysys Mason (2009), sostiene que no hay evidencia de que su inclusión vaya a provocar un resultado sustancialmente diferente. Spectrum Value Partners (2008) y Ofcom (2006) valoran las externalidades como un multiplicador del 10% tanto para el servicio de banda ancha móvil como para los servicios audiovisuales, sin aclarar cómo se obtiene dicho multiplicador, o qué implica su cuantía. La mayoría de los estudios ni se plantean su existencia y se limitan a realizar un recuento de los costes y beneficios directos que tendrían las asignaciones de espectro a los servicios que consideran ocuparán las frecuencias del dividendo digital para comprobar qué servicio sería más rentable desde un punto de vista financiero. Sin embargo diversos trabajos (Gillet, Sharon E. *et al.*, 2006; Litan y Rivlin, 2001; Goss, 2001; López Sánchez *et al.*, 2003, 2005; BBVA y DMR, 2002) demuestran que los efectos sobre la economía de servicios como la banda ancha podrían tener importantes impactos en el crecimiento de la productividad, la generación de empleo y el desarrollo económico. Tampoco se recoge en los análisis existentes que aplican la técnica coste beneficio, el impacto de las atribuciones de frecuencias sobre la equidad. Otra carencia detectada es que, aunque existe numerosa literatura técnica que estima los posibles problemas de interferencia entre nuevos servicios y los existentes, no se ha incorporado este conocimiento técnico a los análisis coste/beneficio existentes.

.....

4. Metodología para calcular la eficiencia de una atribución de espectro a un servicio de radiocomunicaciones dentro del proceso de introducción de criterios de mercado en la gestión del espectro

Ante las dificultades ya mencionadas, la determinación de los usos del espectro por parte del mercado no puede realizarse de modo global en todas las bandas de frecuencias, y por tanto la participación del mercado será progresiva, limitada y dependiente del caso particular. Y aunque el mercado sea relevante en la atribución de frecuencias y determinación de las transacciones para incrementar la eficiencia, la intervención del regulador es imprescindible para solventar las dificultades existentes.

La aplicación de instrumentos como la definición de derechos de propiedad sobre el espectro, permitir la comercialización de las bandas de frecuencias en el mercado secundario, el uso flexible del espectro autorizando el cambio de tecnología y de servicio o la compartición con otros servicios, el uso de subastas como mecanismo de atribución y la utilización de precios de incentivo administrado son modos de conseguir una mayor introducción de criterios de mercado en la determinación del uso de las frecuencias. Para poder aplicar algunas de estas soluciones es necesario resolver antes problemas técnicos relacionados con la definición de los derechos de uso.

No en todos los casos se podrán adoptar todas las soluciones descritas debido a la situación de partida y por tanto la atribución por parte del mercado dependerá en mayor o menor medida de las decisiones adoptadas con anterioridad. Por ejemplo, la existencia de un mercado secundario implica la consecución de la eficiencia productiva, pero no la eficiencia atributiva ni la eficiencia dinámica antes comentadas. Es decir, de entre los posibles prestadores de un determinado servicio, utilizarían el espectro aquellos que son capaces de producir al menor coste posible, pero esto no garantiza que sea el uso óptimo en un futuro inmediato.

Por este motivo es necesaria la existencia de una metodología para medir el impacto de los diferentes procesos de flexibilización del uso del espectro que estime el beneficio social neto de cada uno de ellos. Esta evaluación debe tener en cuenta el coste de oportunidad de usos alternativos e incluir las externalidades que cada uno produce.

A continuación estimamos el beneficio social neto de las posibles opciones que aparecen en los procesos de flexibilización del uso del espectro. Buscamos la opción más eficiente, dado un proceso de transición desde frecuencias gestionadas mediante el modelo administrativo a frecuencias gestionadas mediante un modelo en el que se introduzcan todos o algunos de los criterios de mercado en una banda de frecuencias concreta.

El objetivo es estimar la atribución más eficiente de un conjunto de frecuencias candidatas a un proceso de flexibilización al haber sido identificadas por su utilización ineficiente. Para ello se calcula el beneficio económico neto de proporcionar frecuencias adicionales a servicios candidatos a utilizarlas y conseguir una atribución de frecuencias en la que, al menos, se iguale el beneficio marginal del servicio al que se atribuye la frecuencia al coste de oportunidad marginal. Se evalúa la eficiencia de una opción específica de utilización de un conjunto de frecuencias por uno o más servicios de radiocomunicaciones. Las dificultades para su desarrollo se concentran en las com-

plejas interrelaciones entre las bandas de frecuencias y su utilización. Para la elaboración de la metodología se han aprovechado conceptos utilizados en el cálculo de los precios de incentivo administrado del modelo de Smith-Nera (1996).

Antes de este análisis debe haberse seleccionado la banda candidata a la aplicación de criterios de mercado. En WIC Consult (2012) se describen posibles parámetros a utilizar para determinar si la utilización de una banda de frecuencias es ineficiente y por tanto susceptible de flexibilización y aplicación de criterios de mercado; si bien el análisis sólo es aplicable a los usos comerciales del espectro. Los parámetros son: la intensidad de utilización, la demanda del servicio o servicios que ocupan la banda, y el porcentaje de cobertura que proporciona en un área geográfica. Utilizando estos criterios, ofrecen una clasificación de la eficiencia relativa del uso actual del espectro en bandas comprendidas entre 400 MHz y 6 GHz en la Unión Europea, mediante la comparación de las bandas de uso eficiente con aquellas infrautilizadas.

Los beneficios pueden compararse con otras opciones posibles, para determinar la solución más eficiente. Cada opción depende del escenario de demanda estimado de cada servicio y de la composición de insumos para la producción del servicio y medios alternativos para la satisfacción de la demanda. En relación a la demanda, el papel que juega el espectro es distinto en cada servicio: en algunos servicios de radiocomunicaciones la necesidad de frecuencias depende de la densidad de usuarios mientras que en otros es independiente de la densidad. El espectro es sólo uno de los factores que intervienen en la producción del servicio y por tanto en la satisfacción de la demanda. En algunos casos podrían utilizarse insumos o medios alternativos que permitan la prestación del servicio sin la utilización del espectro: sustituibilidad de la banda de frecuencias. En otros casos, sin embargo, la sustitución del espectro es imposible. Factores que intervienen en la satisfacción de la demanda, además de la cantidad de frecuencias son: la orografía del terreno, que influye en la distancia de reutilización de las frecuencias y por tanto en su necesidad; el uso de tecnologías espectralmente eficientes, que reduce la necesidad de frecuencias, y la topología de la red, en aquellos casos en los que la demanda dependa de la densidad de usuarios. En este tipo de servicios, el aumento del número de estaciones puede considerarse un insumo sustitutivo del espectro.

En la evaluación de la sustituibilidad de una banda de frecuencias se consideran tanto opciones que utilicen o no el espectro. Para aquellas alternativas que lo utilicen, se tiene presente también que las diferentes bandas tienen distintas propiedades y por tanto diferente impacto en la satisfacción de la demanda del servicio. Se considera la sustituibilidad de una banda de frecuencias para cada servicio en cada una de las opciones y por tanto en cada opción pueden existir distintos escenarios.

El valor marginal del espectro es el coste adicional o ahorro en coste de un usuario razonablemente eficiente por obtener o ser sustraído de una pequeña cantidad de espectro.

Tanto para el cálculo de los beneficios como del coste de oportunidad se suponen rendimientos de utilidad decrecientes; es decir, la utilidad marginal de la atribución de una frecuencia a un determinado servicio decrece con el número de frecuencias que se han atribuido ya a ese servicio. Por tanto es relevante el análisis de la cantidad de espectro utilizado en una zona geográfica para ese servicio en relación a su demanda en todas las bandas de frecuencias. En consecuencia, se deben analizar todas las bandas de frecuencias que puedan satisfacer la demanda de cada uso, especialmente las de características similares a la candidata a ser utilizada por ese servicio.

Además es importante tener presente que la utilidad de las frecuencias es variable porque cada una tiene diferentes características y en consecuencia precio. En caso de prestarse el servicio en varias frecuencias de diferentes características podrían existir márgenes de sustitución variables entre las diferentes frecuencias que compliquen la resolución del problema.

El coste de oportunidad es el coste mínimo que puede afrontar un usuario del espectro, teniendo en cuenta las posibles alternativas existentes, al no tener disponible una frecuencia. En el cálculo del coste de oportunidad se incluyen todas las posibles opciones para cada servicio y se toma, para cada uno, aquella de menor coste. En caso de no producirse la satisfacción de la demanda, será necesario calcular la minoración en los beneficios que podrían haberse obtenido y el valor de las externalidades no disfrutadas. En el caso de poder satisfacerse la demanda, las alternativas son: la utilización de otro insumo para la producción del servicio o de un medio alternativo, ambas opciones generarán costes. Por ejemplo:

- Coste de prestar ese mismo servicio en otra frecuencia.
- Coste de sustituir el espectro en la provisión del servicio por otros insumos: invertir en infraestructuras de red para conseguir la misma cantidad y calidad de servicio con menos espectro, utilizar un mayor número de estaciones de menor potencia para utilizar menos frecuencias, adoptar una nueva tecnología que use más eficientemente el espectro y permita prestar el servicio con menos frecuencias, adaptar el equipamiento para que funcione con un ancho de banda más estrecho.
- Utilizar un medio no espectral para prestar el servicio. Por ejemplo fibra óptica en lugar de un radioenlace.

Además, si la demanda de un servicio no se satisface con las frecuencias que utiliza actualmente y es necesario ampliar la cantidad o calidad del servicio con las frecuencias disponibles, dentro del coste de oportunidad se incluirán las externalidades que dejan de producirse por no dedicar la banda a ese servicio. El coste de mantenimiento de los equipos es también relevante en el cálculo del coste de oportunidad.

En las situaciones en las que se evalúen costes o beneficios relacionados con un servicio que ya se presta en el rango de frecuencias analizado, y que la demanda del servicio dependa de la densidad de usuarios, se asume la madurez de las redes existentes. Es decir, que las redes están completamente desplegadas en términos de cobertura y que un cambio marginal en el espectro asignado sólo afectaría un área de demanda pico, incrementando o reduciendo el número de infraestructuras en esas áreas.

La situación de partida es relevante a la hora de decidir qué frecuencia atribuir a un determinado servicio. La existencia de infraestructuras ya desplegadas -estaciones transmisoras e infraestructuras de recepción-, que utilicen frecuencias cercanas a la candidata a ser destinada a un servicio de radiocomunicaciones, incrementa los beneficios de dedicar esas frecuencias a ese servicio por la existencia de economías de escala. Por tanto, en cada opción de utilización de una porción de espectro se analizan las frecuencias utilizadas por las infraestructuras ya desplegadas para ese servicio.

Las externalidades ligadas al uso del espectro aparecen tanto en los servicios no comerciales -cuyo beneficio es precisamente el producido por las externalidades- como en los comerciales, cuya prestación también puede estar ligada a las externalidades. En algunos servicios la satisfac-

ción de la demanda implica determinar el número óptimo de infraestructuras para la producción del servicio, tal que no aparezcan costes de congestión para una densidad de usuarios determinada. En esta situación, el tamaño óptimo de infraestructuras es aquel que maximiza la demanda, de forma que el coste marginal de consumo se haga cero en aquellos servicios en los que pueda existir congestión y el número de unidades del bien coincida con el número de unidades demandadas en aquellos casos en los que no exista congestión. Esta aproximación presupone el despliegue de infraestructuras hasta la satisfacción de la demanda y la rentabilidad económica del despliegue en todas las áreas geográficas. Si bien esto no es cierto en todas las ocasiones, sí puede tomarse como una aproximación válida, especialmente en aquellos casos en los que los objetivos políticos incluyan el despliegue de infraestructuras para la prestación de servicios de telecomunicaciones en zonas de baja densidad de población, estén o no dentro de los criterios de servicio universal; o en aquellos casos en los que la satisfacción de la demanda forme parte de objetivos políticos irrenunciables, como la investigación científica, la seguridad nacional o los sistemas de protección pública y prevención de desastres.

La unidad marginal de espectro que produce un beneficio marginal es diferente para cada servicio de radiocomunicaciones; o lo que es lo mismo, desde un punto de vista técnico, la canalización o ancho de banda mínimo utilizable de cada servicio es diferente. Por este motivo cada servicio se caracteriza por la cantidad mínima de espectro útil y el número de frecuencias utilizadas por el servicio en una banda será múltiplo del número de frecuencias que contenga la unidad mínima. En consecuencia, no son posibles todas las opciones potenciales de re-atribución de frecuencias ya que para ser útiles, el conjunto de frecuencias a re-atribuir, debe ser múltiplo del conjunto de frecuencias que componen la unidad mínima del servicio candidato. Además, en ocasiones, la relación entre los costes necesarios para utilizar una nueva banda de frecuencias y el número de frecuencias de la banda no es lineal porque una alta proporción de los costes son fijos e independientes de la cantidad de frecuencias. En consecuencia, es más rentable la atribución de bandas de frecuencias amplias mayores que la unidad mínima.

El beneficio neto de una opción de uso del espectro depende de la diferencia entre los beneficios producidos por la re-organización y los costes de oportunidad y de re-organización. Los beneficios y costes de oportunidad incluyen las externalidades producidas o no disfrutadas como consecuencia de la re-organización y sólo se consideran si la banda analizada es imprescindible para el disfrute o pérdida de las externalidades.

La siguiente expresión matemática describe el cálculo del beneficio neto social:

$$B_n = \left[\sum_{i=1}^n (E_i + BD_i) - \sum_{j=1}^m (CD_j + CE_j + CA_j - DC_j) \right]$$

Siendo:

B = Beneficio neto social de la utilización de una banda de frecuencias.

E = Externalidades producidas por un servicio imputables a la disponibilidad de la banda o coste ahorrado en el despliegue del servicio por la disponibilidad de la banda.

BD = Beneficios directos producidos por la utilización de la banda de frecuencias por un servicio.

CD = Coste de oportunidad directo en el que se incurre por no utilizar una banda para un servicio.
 CE = Coste de oportunidad en el que se incurre por no disfrutar las externalidades que se hubiesen disfrutado si se dispusiese de la banda de frecuencias para su utilización por un servicio.
 CA = Costes de adaptación que produce la re-atribución y re-ordenación de frecuencias.
 DC = Disminución de costes en la prestación de un servicio producidos por la re-atribución de frecuencias.

i = Servicios que utilizarán la banda de frecuencias analizada en la opción considerada.

j = Servicios que potencialmente podrían utilizar la banda, pero que no la utilizan en la opción considerada.

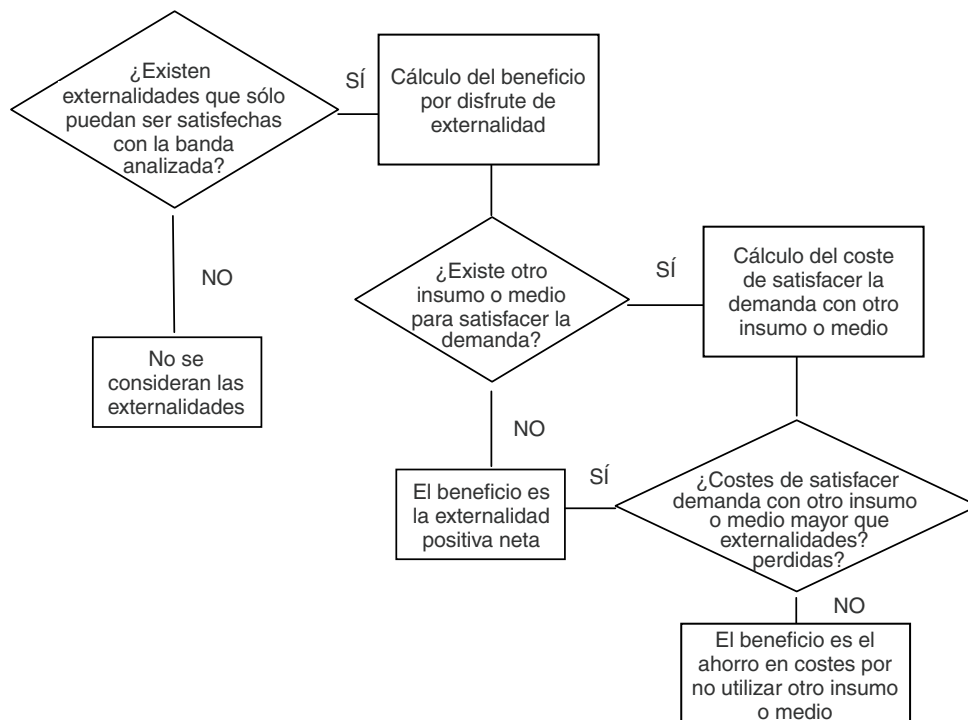
$[\sum_{j=1}^m (CD_j + CE_j + CA_j - DC_j)]$ = Coste de oportunidad total de los servicios que no utilizan la banda.

$[\sum_{i=1}^n (E_i + BD_i)]$ = Beneficios totales generados por los servicios que utilizan la banda en la opción considerada.

A continuación se describen cada uno de los elementos de la expresión matemática:

Externalidades producidas por un servicio imputables a la disponibilidad de la banda o coste ahorrado en el despliegue del servicio por la disponibilidad de la banda (E). El menor de los siguientes valores: la externalidad positiva neta producida por la atribución de una banda de frecuencias a un determinado servicio de telecomunicaciones, o el coste de construir infraestructuras hasta el tamaño óptimo en el que el consumo marginal sea cero, o se satisfagan las unidades del bien demandadas.

Graf. 1: proceso de decisión sobre las externalidades (E)



Fuente: elaboración propia.

Beneficios directos producidos por la utilización de la banda de frecuencias por un servicio (BD).

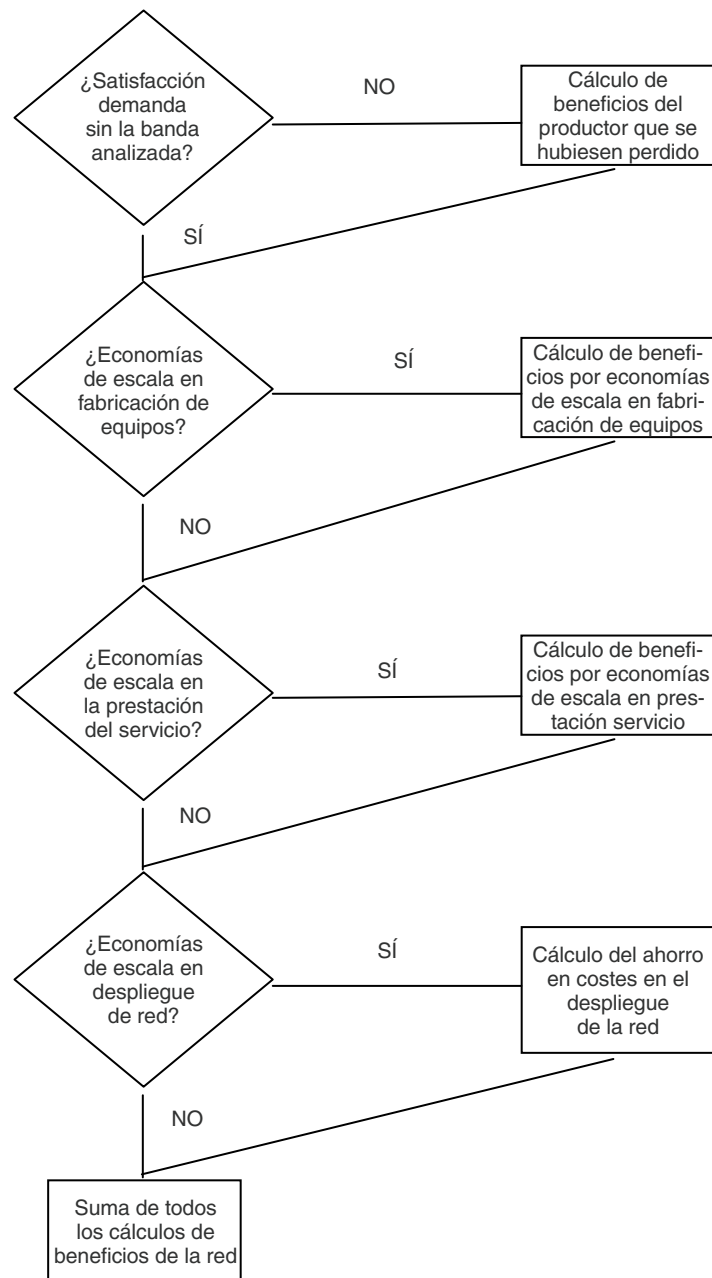
Son los beneficios que produce la atribución de una banda de frecuencias a un servicio, para un escenario de demanda, composición de insumos para la producción del servicio y medios alternativos de producirlo. No se incluye el cálculo de los beneficios del productor en caso de ser posible la satisfacción completa de la demanda sin la banda de frecuencias analizada, ya que su utilización no es imprescindible para su disfrute. Los beneficios directos consisten en el ahorro de costes necesarios para la satisfacción de la demanda, que produce la disponibilidad de una banda de frecuencias. Este ahorro depende de las infraestructuras de red existentes y las bandas de frecuencias ya dedicadas a ese servicio en la localización geográfica analizada, e incluye las economías de escala en la fabricación de equipos, en la prestación del servicio, y en el despliegue de la red.

Las economías de escala en la fabricación de los equipos necesarios para la prestación del servicio aparecen si la banda de frecuencias analizada está siendo utilizada o se prevé su utilización por un gran número de usuarios en áreas geográficas amplias. Este fenómeno procede de la distribución de los costes de investigación y desarrollo de los componentes electrónicos necesarios para la utilización de una banda entre un mayor número de usuarios y de la reducción de la complejidad y cantidad de componentes electrónicos necesarios para la fabricación de dispositivos. Además, la utilización de bandas de frecuencias cercanas a las ya utilizadas minimiza los costes de investigación y desarrollo de nuevos componentes y el tiempo en el que éstos estarán disponibles para su utilización, elemento clave para el éxito de una tecnología y generación de un ecosistema tecnológico. Los beneficios de las economías de escala en la fabricación de los equipos se distribuyen entre el consumidor y el productor de dichos equipos.

Existen también economías de escala en la prestación del servicio que provienen de la armonización de una banda de frecuencias en una o varias zonas geográficas, de modo que los usuarios de otras zonas disfruten de la posibilidad de utilizar el servicio en la región estudiada cuando se desplacen, sin necesidad de adquirir nuevo equipamiento ni cambiar de operador. Los beneficios para el productor del servicio provienen tanto del incremento de usuarios en su área geográfica por la entrada de consumidores procedentes de otras zonas, como por la capacidad de ofrecer a sus usuarios la utilización del servicio fuera de su área geográfica habitual y cobrar por ello. En comunicaciones móviles este fenómeno se conoce como “roaming”.

Las economías de escala también aparecen en el despliegue de la red. Se pueden obtener dos tipos de ahorros de coste ligados a la banda de frecuencias utilizada para prestar el servicio. Para los servicios en los que la demanda dependa de la densidad de usuarios, un insumo sustituto de la disponibilidad de frecuencias es el incremento en la densidad de estaciones en la zona geográfica en la que se pretende satisfacer la demanda. En esta situación, el beneficio directo de la utilización de una banda de frecuencias es el ahorro en costes producido al evitar el incremento de estaciones de la red que sería necesario para satisfacer la demanda sin la banda de frecuencias. Por otro lado los despliegues de estaciones existentes en bandas de frecuencias cercanas a las ya utilizadas permiten la reutilización de los emplazamientos existentes gracias a que las características de propagación de bandas de frecuencias cercanas son similares. El ahorro en costes es equivalente al diferencial de costes de despliegue de la red en la banda a considerar y aquellos que habría que afrontar en otra banda de frecuencias alternativa o el coste de utilización, si es posible, de un medio alternativo para la satisfacción de la demanda.

Graf. 2: proceso de decisión sobre los beneficios directos (BD)

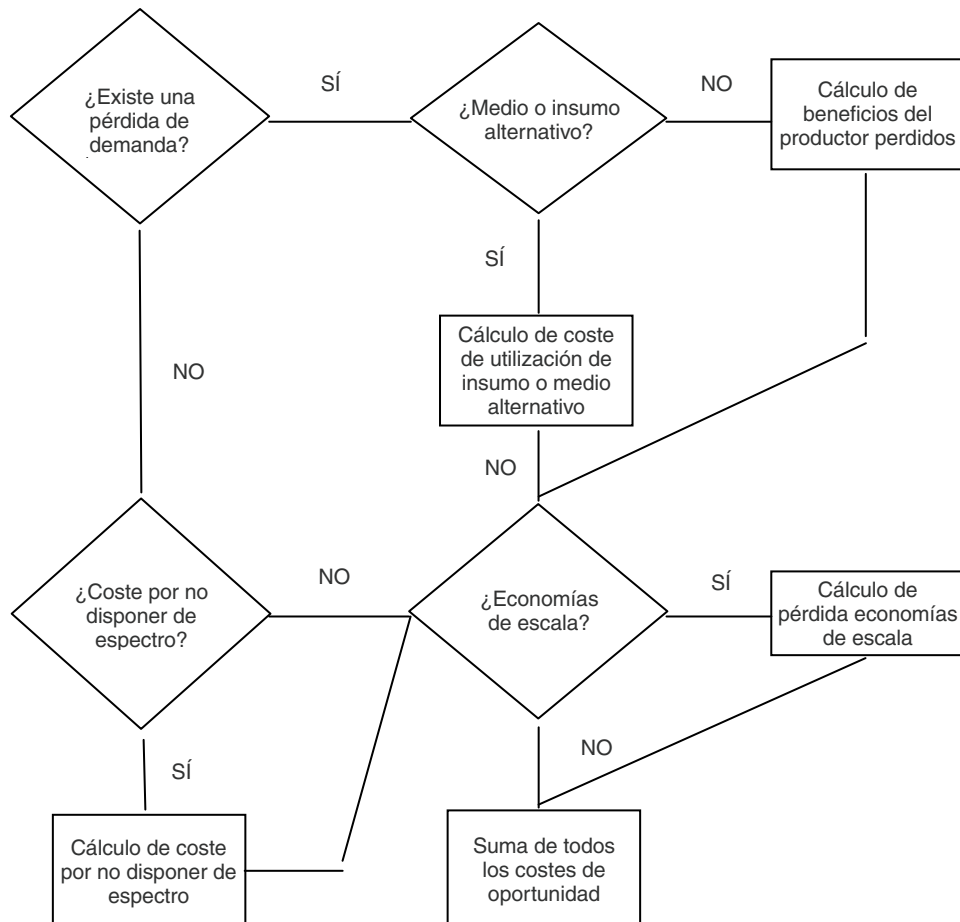


Fuente: elaboración propia.

Coste de oportunidad directo en el que se incurre por no utilizar una banda para un servicio (CD). Son los costes en los que se incurre por no dedicar una porción de espectro a un servicio determinado para un escenario de demanda y una composición de insumos y medios alternativos para la producción del servicio. En caso de producirse una reducción de la oferta existente no compensable con la utilización de un insumo o medio alternativo, se incluirán las pérdidas de beneficios para el productor del servicio relacionadas con el decremento en la oferta. En caso de ser necesaria la utilización de un insumo distinto, sea o no espectral o de un medio alternativo, se contabilizarán los costes de utilización de ese insumo o medio. Además la no disponibilidad de frecuencias para un servicio puede suponer costes en el despliegue de las redes en los que no se incurriría de poder ser utilizadas las frecuencias; por ejemplo si la banda es cercana a otra utilizada por ese servicio.

Si la hubiere, se debe incluir además en el cálculo de los costes de oportunidad la pérdida de economías de escala, tanto en la fabricación de dispositivos, como en la prestación del servicio y en su caso también en el despliegue de la red, de acuerdo a lo definido en párrafos anteriores.

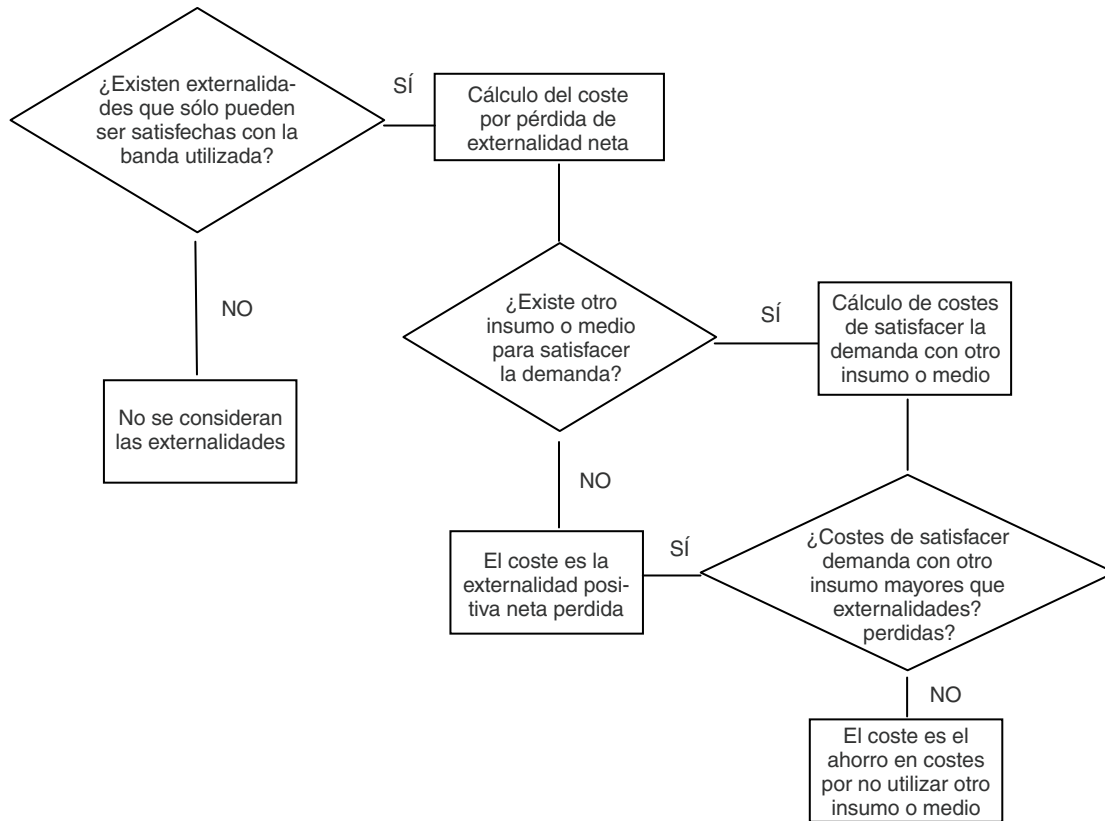
Graf. 3: proceso de decisión sobre el coste de oportunidad directo (CD)



Fuente: elaboración propia.

Coste de oportunidad en el que se incurre por no disfrutar las externalidades que se hubiesen disfrutado si se dispusiese de la banda de frecuencias para su utilización por un servicio (CE). Coste de oportunidad de las externalidades no disfrutadas. En caso de producirse una reducción de la oferta debe incluirse el coste de oportunidad en el que se incurre por no disfrutar las externalidades que se hubiesen producido o bien el coste de recuperar la externalidad perdida mediante la utilización de un insumo distinto o medio alternativo para la producción del servicio. Por este motivo es necesario computar el menor de los siguientes costes: el coste de la externalidad positiva neta no disfrutada por la no satisfacción de la demanda y el coste de satisfacción de la externalidad con otro insumo o medio alternativo para poder satisfacer la demanda perdida.

Graf. 4: proceso de decisión sobre el coste de oportunidad de externalidades (CE)

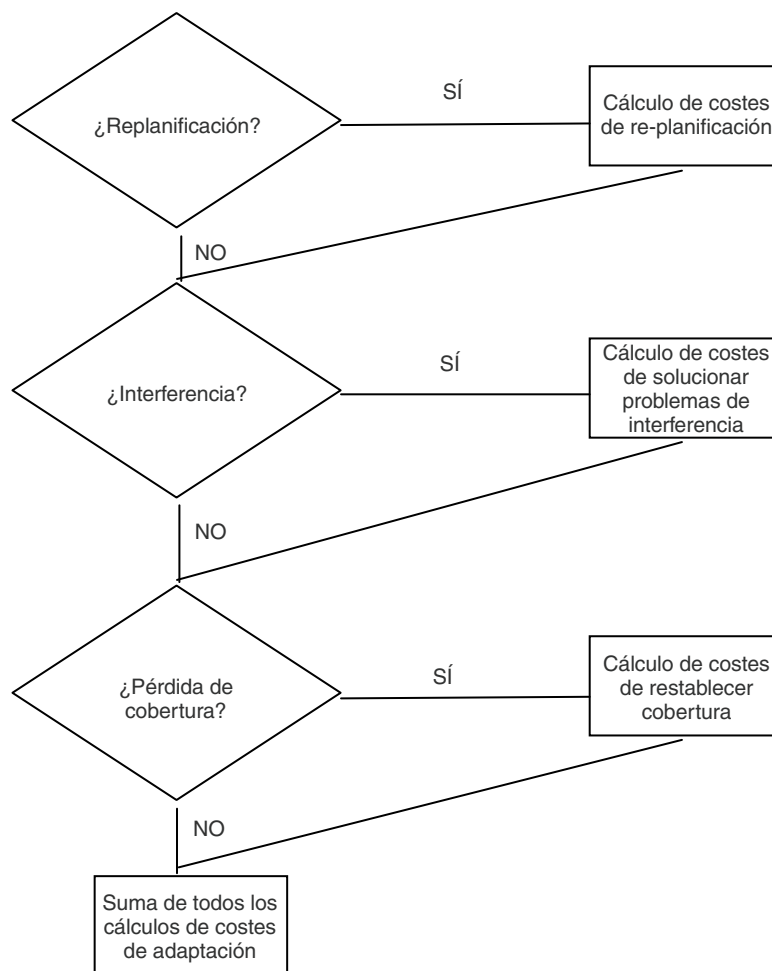


Fuente: elaboración propia.

Costes de adaptación que produce la re-atribución y re-ordenación de frecuencias (CA). La re-atribución y re-organización de bandas de frecuencias para conseguir una mayor eficiencia en el uso del espectro es un proceso que tiene costes asociados. Estos costes deben ser inferiores a los beneficios que provoca la reorganización, ya que en caso contrario no debe acometerse el proceso. Los costes en los que se incurre son todos o alguno de los siguientes: costes asociados

a la re-asignación de los servicios existentes, por ejemplo costes en las instalaciones existentes para adaptarlas y en su caso de transmisión simultánea durante el período de migración, costes relacionados con la solución de problemas de interferencia y realización de estudios de compartición, costes asociados a la pérdida de la cobertura del servicio en determinadas zonas y su regeneración mediante la utilización de otro insumo o medio alternativo de prestar el servicio. El análisis de estos problemas es muy sensible a los servicios implicados en la re-organización y re-atribución.

Graf. 5: proceso de decisión sobre los costes de adaptación (CA)

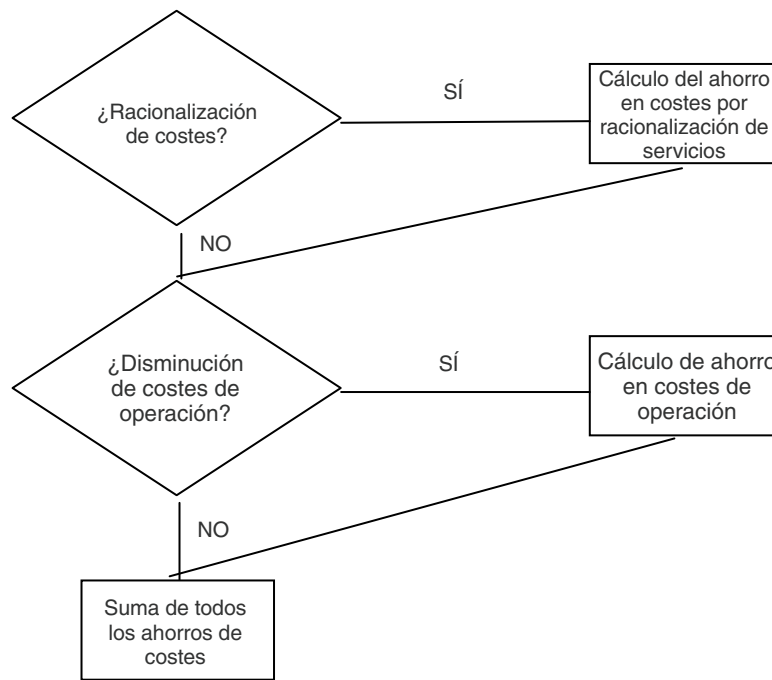


Fuente: elaboración propia.

Disminución de costes en la prestación de un servicio producidos por la re-atribución de frecuencias (DC). La adaptación producida por una re-organización puede producir una racionalización de la utilización de las infraestructuras existentes que implique una disminución de costes en

la prestación de un servicio. Asimismo si se produce una minoración de la oferta del servicio dejarán de producirse algunos de los costes de operación y mantenimiento necesarios para la prestación del servicio.

Graf. 6: proceso de decisión sobre la disminución de costes (DC)



Fuente: elaboración propia.

5. Secuencia de etapas necesarias para la aplicar la metodología

1. Identificar la banda de frecuencias sobre la que se llevará a cabo el proceso de aplicación de criterios de mercado.
2. Selección de la zona geográfica sobre la que se va a realizar el análisis.
3. Definición de los parámetros del análisis coste beneficio: Horizonte temporal, tasa de descuento y otros parámetros.
4. Selección de los servicios de radiocomunicaciones implicados en el análisis.

No sólo deben identificarse los usos actuales y el candidato propuesto, también deben considerarse otros los servicios candidatos para calcular su coste de oportunidad.

5. Caracterización de la demanda para cada uno de los servicios analizados.

La definición de demanda para cada tipo de servicio es diferente. Para algunos la demanda depende de la densidad de usuarios y el parámetro fundamental es la densidad de capacidad, para otros es más importante la capacidad total ya que la densidad de la demanda es constante.

6. Definición de la función de producción de cada servicio, análisis de los insumos que intervienen en la producción y de los medios alternativos existentes.
7. Estimación de la demanda para cada uno de los servicios para cada año del análisis y generación de escenarios de demanda.
8. Generación de escenarios de satisfacción de la demanda de cada servicio para un conjunto de insumos para su producción y medios alternativos.

Algunos servicios se prestan en varias bandas de frecuencias y por tanto debe analizarse la satisfacción de la demanda en el conjunto de bandas disponibles para ese servicio. En algunos casos existirán insumos no espectrales o medios alternativos que podrán satisfacer la demanda. La tecnología siempre es un insumo para la satisfacción de la demanda. La tecnología actual determina la situación de partida a partir de la cual deben estimarse las mejoras tecnológicas esperadas en el período estudiado.

9. Estimación de las externalidades producidas por la re-organización.
 10. Estimación de los beneficios directos producidos por la re-organización.
 11. Estimación de los costes de oportunidad directos de la re-organización.
 12. Estimación de los costes de oportunidad relacionadas con las externalidades no disfrutadas.
 13. Estimación de los costes de adaptación.
 14. Estimación de la disminución de costes provocada por la reorganización.
 15. Cálculo del beneficio neto de la reorganización.
 16. Selección de opciones alternativas que utilicen otra combinación de insumos y medios alternativos.
 17. Análisis de riesgos y escenarios.
-

6. Conclusiones

La atribución de frecuencias del espectro radioeléctrico a servicios de radiocomunicaciones es un ejemplo de asignación de recursos escasos en un entorno en el que se producen fallos de mercado.

En la actualidad, la tecnología no permite resolver estos fallos y por tanto es imprescindible la intervención estatal para garantizar el correcto funcionamiento de los mercados que utilizan tecnologías inalámbricas como materia prima para la prestación de servicios.

Sin embargo, la explosión en la demanda de frecuencias y el gran valor para la economía de los servicios asociados obligan a minimizar el impacto que la intervención estatal pudiera producir

en la eficiencia de uso de las frecuencias. Concretamente, en la eficiencia atributiva, que permite que los recursos estén disponibles para aquellos servicios que generan más valor a la sociedad; en la eficiencia dinámica, que permite la existencia de cambios de uso que favorezcan la innovación tecnológica; y en la eficiencia productiva, que obliga a que las frecuencias sean utilizadas por aquellos que son capaces de producir los servicios al menor coste posible.

Con este artículo proporcionamos una guía útil a los organismos reguladores gubernamentales a fin de poder aplicar una herramienta de evaluación, dentro de los escenarios posibles, para escoger la mejor opción a fin de atribuir el espectro a los usos de mayor valor.

Se han propuesto numerosas técnicas para incrementar la eficiencia de la utilización del espectro. Para analizar el beneficio social neto que aporta cada una de estas técnicas es imprescindible tener en cuenta las siguientes consideraciones:

El espectro es sólo uno de los elementos productivos que intervienen en la producción de un servicio de radiocomunicaciones. Por este motivo, en el análisis de eficiencia de la utilización de las frecuencias está ligado al papel de éstas en la producción de los servicios y también al de los bienes sustitutivos del espectro.

Lo que produce cada servicio de radiocomunicaciones es diferente y por tanto se debe definir una función de producción para cada uno de los servicios implicados en el análisis de eficiencia de utilización de una banda. En algunos servicios el output es independiente de la densidad de usuarios, mientras que en otros depende de esta. En este último caso la función de producción puede ser diferente en zonas de alta densidad de población y en zonas de baja densidad.

Existen rendimientos marginales decrecientes en la utilización de frecuencias por un servicio, por tanto, en el análisis de eficiencia se deben tener en cuenta todas las bandas de frecuencias que está utilizando un servicio determinado, aunque no formen parte del conjunto de frecuencias analizado. Además la utilidad de cada banda es diferente.

El cálculo de beneficios de utilización concreta de una banda debe incluir no sólo los beneficios directos, si no también las externalidades que éste produce.

Del mismo modo en el cálculo del coste de oportunidad, se debe incluir no sólo el coste de oportunidad directo si no también el de las externalidades positivas que dejan de producirse.

La re-atribución de bandas de frecuencias que estén siendo utilizadas en la actualidad provoca costes de adaptación en los servicios existentes, asimismo la re-atribución podría producir incrementos en la eficiencia en la prestación de servicios existentes.

La existencia de economías de escala tiene una dimensión múltiple, y en su cálculo deben incluirse varios factores: la reducción del coste medio de fabricación de equipos, y las reducciones del coste medio de prestación del servicio asociadas a la armonización de bandas de frecuencias sobre el diseño de la red, y el número de usuarios que pueden acceder al servicio.

La metodología presentada en este artículo sistematiza las conclusiones obtenidas en relación con el cálculo del beneficio neto de las diferentes opciones de incrementar la eficiencia de utilización del espectro.

Referencias

- Analysys Mason (2009) "Exploiting the digital Dividend, a European approach". Report for the European Commission. Analysis Mason, e.con, Hogan and Hartson 14 august. Final report 13495-336. <http://www.analysismason.com/PageFiles/13825/Analysys%20Mason's%20final%20report%20'Exploiting%20the%20digital%20dividend%20-%20a%20European%20approach'%2020090814.pdf> (última visión julio 2013).
- Baumol, W.J. and Robyn, D. (2006) "Toward an Evolutionary Regime for Spectrum Governance: Licensing or Unrestricted Entry?", Washington, D.C.: Brookings Institution Press. AEI-Brookings Joint Centre for Regulatory Studies.
- Benkler, Y. (2002) "Some Economics of Wireless Communications", *Harvard Journal of Law & Technology*, Vol. 16, Num. 1, pp. 25-83.
- Cave, M (2002) "Review of radio spectrum management". Report for Department of Trade and Industry and HM Treasury. http://www.ofcom.org.uk/static/archive/ra/spectrum-review/2002review/1_whole_job.pdf (última visión julio 2013).
- Cave, M. and Webb, W. (2003) "Designing Property Rights for the Operation of Spectrum Markets", *Papers in Spectrum Trading*, Num. 2, University of Warwick (UK), Warwick Business School.
- Coase, R.H. (1959) "The Federal Communication Commission", *The Journal of Law & Economics*, Num 2, pp. 1-40. <http://www.eecs.berkeley.edu/~dtse/coase.pdf> (última visión julio 2013).
- Coase, R.H. (1960) "The Problem of Social Cost", *The Journal of Law & Economics*, Vol. 3, Num. 1, pp. 1-44.
- DMR Consulting – SEDISI (2002, 2003). "Las Tecnologías de la Sociedad de la Información en la Empresa Española 2002". SEDISE/DMR Consulting Madrid.
- Faulhaber, G.R. (2005). "The Question of Spectrum: Technology, Management, and Regime Change", *Journal of Telecommunications and High Technology Law*, Vol. 5, pp. 111-158.
- Gillet, Sharon E. et al. (2006) "Measuring Broadband's Economic Impact". Final Report prepared for the U.S. Department of Commerce, Economic Development Administration National Technical Assistance, Training, Research, and Evaluation Project #99-07-13829. Economic Development Administration U.S Department of Commerce. http://cfp.mit.edu/publications/CFP_Papers/Measuring_bb_econ_impact-final.pdf (última visión julio 2013).
- Goss, E. (2001) "The Internet's contribution to U.S. productivity growth", *Business Economics*, Vol. 36, Num.4, pp. 32-42.
- Hazlett, T.W. (1998) "Spectrum Flash Dance: Eli Noam's Proposal for 'Open Access' to Radio Waves", *Journal of Law & Economics*, Vol. 41, Num. 2, part 2, pp. 805-820.
- Hazlett, T.W. (2003) "Liberalizing US Spectrum Allocation", *Telecommunications Policy*, Vol. 27, Num. 7, pp. 485-499.
- Hazlett, T. W. (2004) "Property Rights and Wireless License Values", George Mason University Dept. of Economics and School of Law March 2004. AEI-Brookings Joint Center Working Paper núm. 04-08.
- Hazlett, T.W. (2006) "An Economic Evaluation of Spectrum Allocation Policy", in Richards, E., Foster, R. and Kiedrowski, T., eds., "Communications: The Next Decade", London, Ofcom, pp. 249-258.
- Hazlett, T.W. and Muñoz, R.E. (2009) "A Welfare Analysis of Spectrum Allocation Policies", *The RAND Journal of Economics*, Vol. 40, Issue 3, Autumn 2009, pp. 424-454.
- Independen et al. (2004), "An economic study to review spectrum pricing". Independen, Aegis Systems and Warwick business school. London.
- Kwerel, E. and Williams, J. (2002). "A Proposal for a Rapid Transition to Market Allocation of Spectrum", Washington, D.C., FCC - Office of Plans and Policy, Working Paper núm. 38.
- Litan, R. y Rivlin, A. (2001) "Projecting the economic impact of the Internet", *The American Economic Review*, Vol. 91, Num. 2, pp. 313-31.
- López Sánchez et al. (2004) "¿Pueden las Tecnologías de la Información mejorar la Productividad?" *Universia Business Review*, primer trimestre, Num. 001, pp. 82-95.

López Sánchez et al. (2006) "Uso de Internet y paradoja de la productividad: el caso de las empresas españolas". *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*. Num. 2, pp. 149-174.

Marcus et al. (2012) "Inventory and review of spectrum use: Assessment of the EU potential form improving spectrum efficiency". *Study for the European Commission*. WIK Consult, Final Report.

Minervini y Piacentino (2007) "Spectrum management and regulation: Towards a Full Fledged market of spectrum bands". Working Paper núm. 7. Università degli Studi di Macerata. Dipartimento di Studi Sullo Sviluppo Economico. <http://www.unimc.it/sviluppoeconomico/wpaper/wpaper00007/filePaper> (última visión julio 2013).

Morris, A. C. (2005) "Spectrum auctions: distortionary input tax or efficient revenue instrument?" *Telecommunications Policy*, Num. 29 (9-10), pp. 687-709.

Noam, E. (1998) "Spectrum Auctions: Yesterday's Heresy, Today's Orthodoxy, Tomorrow's Anachronism. Taking the Next Step to Open Spectrum Access", *The Journal of Law & Economics*, Vol. 41, Num. 2, part 2, pp. 765-790.

Ofcom (2006) *Digital Dividend Review*. <http://stakeholders.ofcom.org.uk/consultations/ddr/?a=0> (última visión julio 2013).

Smith-Nera (1996) "Study into the use of spectrum pricing". London: Radiocommunications Agency. <http://www.radio.gov.uk> (última visión julio 2013).

Spectrum Value Partners (2008), "Getting the most out of the digital dividend. Allocating UHF spectrum to maximise the benefits for European society". http://www.valuepartners.com/downloads/PDF_Comunicati/Media%20e%20Eventi/2008/Spectrum-Getting-the-most-out-of-the-digital-dividend-2008.pdf (última visión julio 2013).

UIT (2009) "ICT regulation Toolkit". Module 5. RadioSpectrum Management. <http://www.ictregulationtoolkit.org/en/Section.1247.html> (última visión julio 2013).

Webb, W (2009) "An optimal way to licence the radio spectrum". *Regulatory and Economic Policy in Telecommunications*, Num. 2, mar09, pp. 100, 112.

Werbach, K. (2004) "Supercommons: Toward a United Theory of Wireless Communication", *Texas Law Review*, Vol. 82, Num. 4, pp. 863-973.