

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Informe UIT-R SM.2015-1
(06/2019)

Métodos para la determinación de estrategias nacionales a largo plazo para la utilización del espectro radioeléctrico

Serie SM
Gestión del espectro



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de los Informes UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REP/es>)

| Series | Título |
|-----------|--|
| BO | Distribución por satélite |
| BR | Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión |
| BS | Servicio de radiodifusión sonora |
| BT | Servicio de radiodifusión (televisión) |
| F | Servicio fijo |
| M | Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos |
| P | Propagación de las ondas radioeléctricas |
| RA | Radio astronomía |
| RS | Sistemas de detección a distancia |
| S | Servicio fijo por satélite |
| SA | Aplicaciones espaciales y meteorología |
| SF | Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo |
| SM | Gestión del espectro |

Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2020

© UIT 2020

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

INFORME UIT-R SM.2015-1

**Métodos para la determinación de estrategias nacionales a largo plazo
para la utilización del espectro radioeléctrico**

(1998-2019)

ÍNDICE

| | Página |
|---|---------------|
| CAPÍTULO 1 | 2 |
| 1 Introducción..... | 2 |
| 2 Proceso de planificación nacional a largo plazo..... | 3 |
| 2.1 Definición de necesidades de espectro | 4 |
| 2.2 Disponibilidad de espectro | 4 |
| 2.3 Opciones de planificación del espectro | 4 |
| 2.4 Aplicación de la planificación del espectro | 4 |
| 2.5 El proceso iterativo | 5 |
| 3 Entidad administrativa o de gestión..... | 5 |
| Anexo 1 al Capítulo 1 – Factores de influencia | 5 |
| Anexo 2 al Capítulo 1 – Metodología de elaboración del plan de gestión del espectro a largo plazo..... | 7 |
| CAPÍTULO 2 | 15 |
| 1 Introducción..... | 15 |
| 2 Método de consulta..... | 16 |
| 2.1 Encuesta sobre necesidades futuras de espectro y servicio | 16 |
| 2.2 Interacción entre grupos representativos | 17 |
| 2.3 Análisis de las tendencias de uso | 17 |
| 2.4 Ejemplo..... | 18 |
| 3 El método analítico | 18 |
| 3.1 Introducción | 18 |
| 3.2 Fases para la formulación del método analítico..... | 19 |
| 3.3 Empleo de la técnica analítica en el proceso de planificación de necesidades de espectro a largo plazo | 20 |

| | Página |
|--|---------------|
| CAPÍTULO 3..... | 21 |
| 1 Identificación de los objetivos de gestión del espectro a largo plazo..... | 21 |
| 2 Evaluación del proceso de gestión del espectro vigente..... | 22 |
| 3 Procedimientos de transición..... | 22 |
| 3.1 Impulsar la utilización eficaz del espectro..... | 22 |
| 3.2 Mejora de la flexibilidad en la utilización del espectro | 24 |
| 3.3 Maximizar los beneficios económicos y sociales que se pueden obtener mediante una apropiada gestión del espectro | 25 |
| 3.4 Asegurar que el espectro se utilice en todas las regiones del país que sea necesario | 25 |
| 3.5 Establecer una fuerza laboral calificada y elaborar herramientas de ingeniería del espectro adecuadas..... | 25 |
| Lista de abreviaturas | 26 |

Capítulo 1

Proceso de planificación a largo plazo

1 Introducción

En la Recomendación UIT-R SM.1047-2 (Gestión nacional del espectro), adoptada en 2012, se recomienda que, en el desarrollo de programas nacionales de gestión del espectro, se consideren temas tales como la planificación del espectro y que, a tal efecto, las administraciones se guíen por los puntos correspondientes de las Recomendaciones e Informes del UIT-R y los Manuales de la UIT. En el Capítulo 2 del Manual sobre la Gestión nacional del espectro de 2015, dedicado a la planificación del espectro, se define la terminología relacionada con la planificación del espectro.

Según el Manual, la planificación del espectro puede dividirse en categorías según los plazos de tiempo (a corto plazo, a largo plazo y estratégica). Por «planificación a largo plazo» se entiende aquella que considera las cuestiones que han de resolverse y los sistemas que han de implementarse en un plazo comprendido entre cinco y diez años, mientras que la «planificación a corto plazo» se refiere a un plazo comprendido entre tres y cinco años. Por su parte, la planificación estratégica afecta a la identificación de un número limitado de cuestiones clave, que requieren la atención especial de la gestión del espectro para soluciones que necesitan resolverse en un plazo superior a diez años.

Por tanto, las estrategias a largo plazo comprenden la definición de una visión y una misión encaminadas a la resolución de cuestiones clave relacionadas con la gestión y utilización del espectro, que han de aplicarse en un plazo decenal.

Actualmente, la mayor parte de los procesos de planificación del espectro se centran en plazos relativamente cortos. No obstante, si los recursos del espectro deben secundar adecuadamente las metas y objetivos nacionales, es esencial la planificación a largo plazo. Esta planificación puede proporcionar las bases de una gestión del espectro que asegure su eficaz atribución y asignación, para dar cabida a los requisitos de un espectro radioeléctrico en constante evolución en el marco de los sistemas nuevos y de sus aplicaciones. Esto facilita también la toma de decisiones al proporcionar una base para la consideración y evaluación prácticas de cursos de acción alternativos.

La planificación a largo plazo debería comprender:

- la toma de decisiones actuales sobre estrategias de planificación del espectro en vista de sus consecuencias para el futuro;
- la determinación de las repercusiones futuras de decisiones tomadas en el pasado; y
- la adaptación periódica de las decisiones a las circunstancias cambiantes.

De esta forma, debería existir un margen suficiente para integrar las necesidades nacionales de espectro de los sistemas de radiocomunicaciones conocidos y previstos dentro del marco de tiempo establecido.

Esto también conduce a:

- la revisión del Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias;
- la formulación de posiciones nacionales en el orden del día de conferencias internacionales de radiocomunicaciones; y
- las revisiones de reglamentos, políticas y normas relacionadas con el espectro radioeléctrico.

2 Proceso de planificación nacional a largo plazo

La elaboración de estrategias nacionales a largo plazo para la utilización del espectro requerirá la aplicación de un proceso nacional de planificación del espectro a largo plazo.

Una parte de ese proceso puede consistir en elaborar y aplicar un plan de la utilización prospectiva del espectro, que debería ser objeto de examen y modificación conforme a los últimos datos disponibles en plazos de entre 1 y 3-5 años. Dicho plan debería asimismo basarse en trabajos de investigación sobre las necesidades de espectro de los usuarios civiles y gubernamentales, así como en las tendencias en materia de desarrollo de nuevas tecnologías. En el Cuadro 1 se expone un ejemplo de un plan de este tipo.

CUADRO 1

Ejemplo de plan de utilización prospectiva del espectro

| Banda de frecuencias (kHz, MHz, GHz) | Servicios/aplicaciones existentes y previstos | Especificaciones | Cambios previstos | Notas |
|--------------------------------------|--|-------------------------------------|---|-------|
| 915-921 MHz | SRNA Servicio de operaciones espaciales con fines de telemedida, seguimiento y telemando. Móvil, salvo móvil aeronáutico, a título secundario. RFID | El SRNA funciona a título primario. | Desaparición del SRNA una vez concluido el periodo de amortización y despliegue del mismo servicio en otras bandas. | |

A continuación se indican las fases de desarrollo del plan, así como los factores que cabe tener en cuenta. En el Anexo 2 de este capítulo se formula una metodología que puede utilizarse para elaborar un plan de utilización del espectro a largo plazo.

2.1 Definición de necesidades de espectro

La definición de necesidades de espectro determina los futuros requisitos nacionales en la materia para todos los servicios radioeléctricos y los factores tecnológicos, económicos y de política (véase el Anexo 1 a este Capítulo), que pueden influir en la utilización de este recurso.

Las necesidades de espectro pueden definirse a partir de la evaluación de distintas hipótesis (véase el Capítulo 2). Tradicionalmente, las hipótesis relacionadas con la utilización del espectro se han evaluado de acuerdo con una serie de consultas a las partes interesadas, incluidas las organizaciones nacionales de planificación del espectro de departamentos o agencias gubernamentales, así como de solicitudes a usuarios individuales y a la población en general.

Recientemente, se han tomado medidas para efectuar evaluaciones de hipótesis basadas en técnicas de elaboración de modelos analíticos (véase el Capítulo 2, aplicable asimismo a las fases de disponibilidad de espectro y opciones de planificación de espectro).

2.2 Disponibilidad de espectro

El objetivo de esta fase es evaluar la disponibilidad de espectro en todos los servicios nacionales de radiocomunicaciones y dar cabida a las necesidades de espectro identificadas en la fase de definición de necesidades. Las aportaciones emanan principalmente de las propias administraciones, pero también pueden proceder de la lista internacional de frecuencias de la UIT, de los Planes de atribución de frecuencias de la UIT y de cualquier estudio de planificación regional del espectro existente.

2.3 Opciones de planificación del espectro

El objetivo de esta fase es formular opciones de planificación del espectro adecuadas para satisfacer necesidades de espectro en base a los datos obtenidos de las dos fases precedentes. Todo análisis encaminado a la formulación de opciones de espectro debería tener en cuenta los factores técnicos, económicos y de política. El análisis debería asimismo evaluar las diversas oportunidades para introducir servicios de acuerdo con las atribuciones y/o medios de radiocomunicaciones existentes y proyectados. Las Recomendaciones referentes a las necesidades de servicios que no pueden satisfacerse con las atribuciones nacionales en vigor se basarán en estos análisis y en todos los resultados disponible en materia de comprobación técnica del espectro. Se formulan las opciones de atribución y se determinan los costos relativos de cualquier reatribución y/o movimiento del espectro existente.

2.4 Aplicación de la planificación del espectro

Esta fase debería sentar las bases para la aplicación de diversas estrategias de planificación del espectro (véase el Capítulo 3) y podría considerarse como un proceso continuo. La introducción de nuevos servicios puede requerir cambios en los Cuadros nacionales de atribución de frecuencias y revisiones a los reglamentos nacionales y de la UIT. Las revisiones de las disposiciones reglamentarias internacionales se llevarían a cabo en Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR) de la UIT.

2.5 El proceso iterativo

Las decisiones previas pueden someterse a revisión periódicamente o activarse mediante eventos concretos y, si fuera necesario, modificarse con arreglo a información actualizada. Por consiguiente, el proceso de planificación es un proceso continuo de exploración y procesamiento de datos, en lugar de un proceso lineal.

Cabe la posibilidad de mantener un registro de todas las modificaciones para proporcionar un historial de la evolución del plan a largo plazo.

3 Entidad administrativa o de gestión

Es necesario crear una entidad administrativa o de gestión que dirija y supervise la aplicación del programa de planificación del espectro, a fin de garantizar el tratamiento de los temas relacionados con las estrategias de utilización del espectro a largo plazo. Ello incluirá la implantación de un sistema de reconocimiento temprano en el marco de los procedimientos de planificación. No obstante, dicha entidad puede estar secundada por otras entidades especiales de planificación, tales como grupos de proyecto y grupos de tareas especiales.

La planificación a largo plazo suele ser una tarea primordial a nivel de gestión que no puede ser delegada, debido a las consecuencias e importancia de las decisiones que se han de tomar. Estas entidades de planificación son responsables de:

- la formulación de políticas estratégicas detalladas y la resolución de problemas referentes a la conversión de políticas estratégicas en planes operativos;
- la atribución de los recursos humanos y financieros;
- el análisis estratégico de los procedimientos, resultados y necesidades en conjunción con la aplicación de las estrategias;
- las recomendaciones necesarias referentes a adaptaciones de los sistemas de organización y gestión; y
- la actualización de los datos de planificación utilizados como base para la gestión de frecuencias.

Anexo 1 al Capítulo 1

Factores de influencia

A continuación, se indica la lista de factores de influencia que han de ser considerados en el proceso de planificación a largo plazo:

- 1 Factores jurídicos y de política
 - 1.1 Factores reglamentarios
 - 1.1.1 Atribución Internacional de Frecuencias (UIT-R)
 - 1.1.2 Entidades regionales de gestión de frecuencias
 - 1.1.3 Procedimiento nacional de atribución de frecuencias

- 1.1.4 Procedimientos de gestión de frecuencias de administraciones vecinas
- 1.1.5 Política de normalización
- 1.1.6 Factores infraestructurales de telecomunicaciones
- 1.2 Factores industriales
- 2 Factores económicos
- 2.1 Movilidad del usuario
- 2.2 Mundialización
- 2.3 Desarrollo económico general
- 2.4 Factores de mercado
- 2.4.1 Estructura de precios y tarifas para equipos y servicios
- 2.4.2 Necesidades de mercado y factores de comercialización
- 2.4.3 Procedimientos y prácticas utilizadas por proveedores de servicios
- 2.4.4 Subasta del espectro
- 2.5 Las repercusiones de los nuevos servicios y tecnologías
- 3 Factores sociales
- 3.1 Modificaciones de la demanda como resultado de los cambios en la estructura social
- 3.2 Modificaciones de la demanda como resultado de cambios en el horario de trabajo cotidiano y en la vida laboral
- 3.3 Seguridad pública
- 3.4 Aceptación pública de las aplicaciones de radiocomunicación
- 4 Factores ecológicos
- 4.1 Contaminación electromagnética e interferencias de radiofrecuencias
- 4.2 Desagrado público por grandes estructuras de antena y proliferación de sitios de emplazamiento
- 4.3 Residuos en el espacio
- 5 Factores técnicos
- 5.1 Tecnologías básicas
- 5.1.1 Microelectrónica
- 5.1.2 Procesamiento de la señal
- 5.1.3 Componentes de los equipos
- 5.1.3.1 Fuentes de alimentación
- 5.1.3.2 Baterías
- 5.1.4 Medios de comunicación
- 5.2 Técnicas de codificación y modulación
- 5.2.1 Codificación en origen
- 5.2.2 Codificación de canales

- 5.2.3 Técnicas de modulación
- 5.3 Técnicas de acceso al canal
 - 5.3.1 Acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA)
 - 5.3.2 Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)
 - 5.3.3 Acceso múltiple por división de código (CDMA)
 - 5.3.4 Acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA)
- 5.4 Modo de transmisión
 - 5.4.1 Técnicas de diversidad
 - 5.4.1.1 Diversidad en el tiempo
 - 5.4.1.2 Diversidad de frecuencias
 - 5.4.1.3 Diversidad de antena
 - 5.4.1.4 Diversidad de espacio
 - 5.4.1.5 Diversidad de sentido
 - 5.4.2 Técnicas de multiplexación espacial
 - 5.4.2.1 Multiplexación directa
 - 5.4.2.2 Técnicas de conformación de haces de transmisión
 - 5.4.3 Técnicas de espectro ensanchado
- 5.5 Antenas
 - 5.5.1 Optimización de la antena
 - 5.5.1.1 Utilización de nuevas tecnologías y métodos de fabricación para reducir el nivel de lóbulo lateral y la correlación entre antenas
 - 5.5.1.2 Nuevos métodos en el desarrollo de antenas
 - 5.5.1.3 Antenas de entrada múltiple y salida múltiple (MIMO) masivas
- 5.6 Procesamiento de datos en telecomunicaciones

Anexo 2 al Capítulo 1

Metodología de elaboración del plan de gestión del espectro a largo plazo

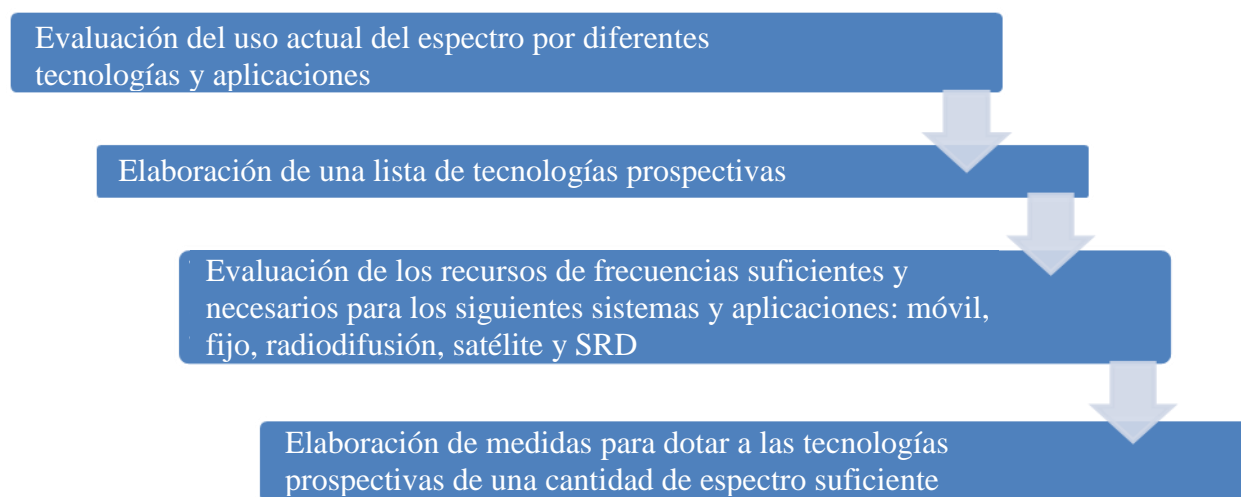
El objetivo principal de la elaboración de un plan de gestión del espectro a largo plazo es garantizar un uso eficaz de las frecuencias. En función de sus objetivos, una administración puede optar por criterios de eficiencia de índole técnica, económica y política.

El proceso de elaboración de un plan de gestión del espectro a largo plazo se articula en torno a las siguientes fases (véase la Fig. 1):

- 1) Evaluación del uso actual del espectro por diferentes tecnologías y aplicaciones.
- 2) Elaboración de una lista de tecnologías prospectivas.
- 3) Evaluación de los recursos de frecuencias suficientes y necesarios para los siguientes sistemas y aplicaciones: móvil, fijo, radiodifusión, satélite y dispositivos de corto alcance (SRD).
- 4) Elaboración de medidas para dotar a las tecnologías prospectivas de una cantidad de espectro suficiente.

FIGURA 1

Evaluación del uso actual del espectro por diferentes tecnologías y aplicaciones



La etapa de evaluación del uso actual del espectro por diferentes tecnologías y aplicaciones comprende las siguientes tareas principales:

- evaluación del espectro realmente utilizado por aplicaciones y sistemas móviles, fijos, de radiodifusión, por satélite y SRD;
- determinación de las bandas de frecuencias en las que podrían implementarse nuevas tecnologías y aplicaciones;
- determinación de las bandas de frecuencias utilizadas de manera ineficiente.

Elaboración de la lista de tecnologías prospectivas

Cabe la posibilidad de utilizar métodos periciales para elaborar la lista de tecnologías prospectivas. En este caso, se ha optado por dicha categoría, dada la escasez de datos estadísticos sobre el uso de las nuevas tecnologías, si las hubiere.

La información necesaria puede recopilarse a través de debates o cuestionarios.

Los dictámenes periciales son opiniones de profesionales altamente calificados, expresadas en forma de evaluaciones cualitativas o cuantitativas del objeto, y deben utilizarse en el proceso de toma de decisiones.

A fin de evaluar los indicadores cualitativos, podría utilizarse una escala verbal-numérica, incluida una descripción de sus niveles y de los valores numéricos o rangos adecuados.

La evaluación pericial puede ser individual o colectiva y comprender una o varias rondas, con miras a permitir o impedir, según el caso, el intercambio de información entre expertos. Además, pueden ser abiertas o anónimas. La variedad de campos en los que pueden aplicarse dota a los métodos periciales de un carácter heterogéneo y flexible. Sin embargo, no siempre es posible poner en práctica un esquema conocido y extendido. Por tanto, se recomienda a las administraciones que, al llevar a cabo evaluaciones periciales complejas y poco comunes, utilicen las técnicas periciales más conocidas de forma creativa y las combinen entre sí. En algunos, convendría formular un nuevo enfoque pericial. Las técnicas periciales más sencillas y conocidas son la evaluación en comisión, la conformación de un jurado de opinión ejecutiva y la lluvia de ideas. La primera consiste en celebrar un conjunto de debates abiertos sobre un tema, con miras a la formulación de una opinión integrada. La segunda (jurado de opinión ejecutiva) supone que la evaluación pericial se lleva a cabo por analogía con un proceso.

En el marco de la lluvia de ideas, cabría examinar todas las ideas sin rechazar ninguna. El gestor de la evaluación pericial es consciente del objetivo final de la discusión y la dirige en consecuencia.

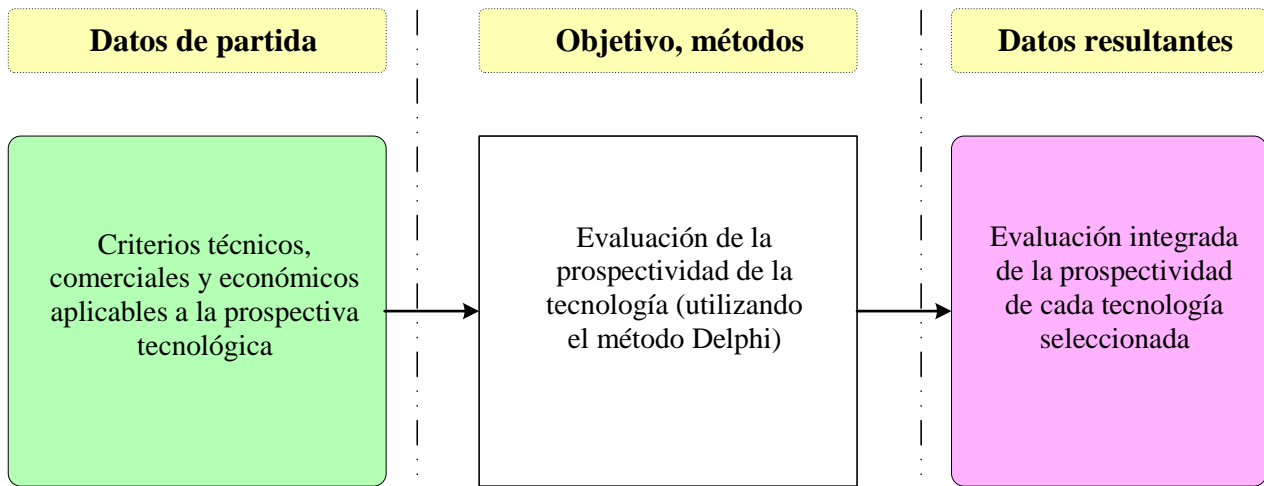
Los expertos llevan a cabo una evaluación de la prospectividad de todas y cada una de las tecnologías elegidas. A fin de evaluar la prospectividad de las distintas tecnologías, puede utilizarse el método Delphi, al que se recurre con frecuencia a estos efectos. Dicho método permite considerar las opiniones independientes de cada experto competente, mediante la consolidación consecutiva de ideas, conclusiones y propuestas, con objeto de lograr un acuerdo final. Este método se basa en múltiples entrevistas grupales anónimas.

La técnica de Delphi comprende un conjunto de métodos combinados de acuerdo con los requisitos de organización del procedimiento general, así como de formas de recibir la evaluación de los expertos. La eficacia de la labor de los expertos viene garantizada por el anonimato del procedimiento y la posibilidad de obtener más información sobre el tema abordado. En general, el proceso se lleva a cabo en múltiples rondas, para poder aportar retroinformación. De esta forma, los expertos pueden ajustar sus opiniones de acuerdo con las evaluaciones medias provisionales y las aclaraciones de sus homólogos. Actualmente, no se ha llegado a ningún acuerdo sobre el número de rondas que debe incluir el método Delphi. Esta cuestión depende de las características específicas del proceso y de sus objetivos. Normalmente, las evaluaciones no se modifican a partir de la segunda ronda.

Cada paso implica una serie de procedimientos típicos. En primer lugar, se solicita a los expertos que evalúen el tema cualitativamente respondiendo a preguntas tales como en qué momento se espera un determinado evento, o qué importancia tienen las características en las puntuaciones. Una vez recibidas las respuestas de los expertos, se clasifican los datos y se calculan la mediana y los cuartiles de los datos ordenados. A continuación, los resultados se comunican a los expertos, a quienes se piden aclaraciones sobre sus opiniones. Esto último se aplica especialmente a los expertos cuyas evaluaciones quedan fuera del límite de los cuartiles. Antes de comenzar el procedimiento, los expertos reciben toda la información disponible sobre el tema.

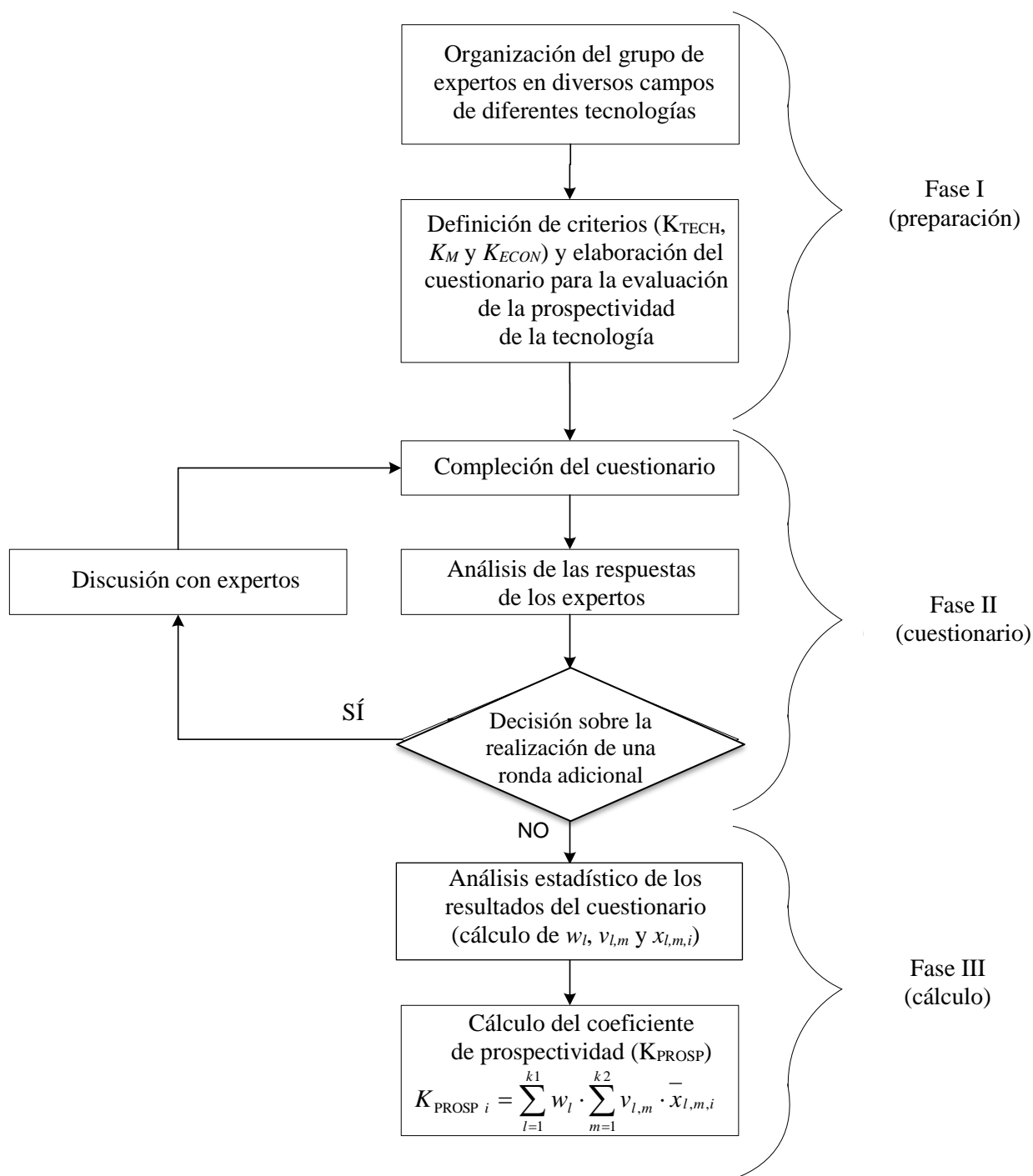
Cada experto recibe un cuestionario. Si las preguntas son difíciles, deben ir seguidas de una nota explicativa. La Fig. 2 ilustra un esquema de evaluación de la prospectividad de la tecnología.

FIGURA 2
Evaluación de la prospectividad de la tecnología



En la Fig. 3 se muestra el algoritmo desarrollado para obtener los datos de partida que se aplicarán en la evaluación de la prospectividad de la tecnología basada en el método Delphi.

FIGURA 3
 Algoritmo para realizar una encuesta a expertos utilizando el método Delphi



De acuerdo con el procedimiento elaborado, el grupo de expertos se conforma en la primera fase. A fin de determinar el número de expertos necesarios para obtener resultados representativos, se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = \frac{z_p^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2} \tag{1}$$

En este caso, z_P se determina de acuerdo con la figura, utilizando el valor de probabilidad de confianza de $1-\alpha$. Para $1-\alpha = 0,95$, $z_P = 1,96$; σ^2 – variación de las evaluaciones de los expertos; y Δ – precisión de la evaluación.

En esta fase, los expertos también definen criterios de evaluación de la prospectividad de la tecnología. A tal efecto, existen tres grupos de criterios:

- técnicos;
- comerciales; y
- económicos.

A continuación, se proporcionan ejemplos de cada grupo de criterios.

Criterios técnicos:

- K_V – Plazo previsto para la liberación del espectro. Este indicador es importante no sólo para el operador, sino también para el gobierno. El plazo para la liberación del espectro determina el plazo tanto de implementación de la nueva tecnología, como de percepción de los beneficios. Cuanto antes se libere el espectro, más perspectivas habrá para el desarrollo de la tecnología considerada (puntuación superior).
- K_D – Número de tipos de dispositivos eliminados de la banda. Este indicador muestra la complejidad y la duración de las medidas de restructuración del espectro. Cuantos más tipos de aparatos se eliminen, menos perspectivas habrá de desarrollo de la tecnología considerada (puntuación inferior).
- K_H – La inmunidad a las interferencias de los dispositivos de la nueva tecnología muestra las posibilidades de compatibilidad de la tecnología prospectiva en la banda disponible. Cuanto mayor sea la inmunidad a las interferencias, más perspectivas habrá para el desarrollo de la tecnología considerada (puntuación superior).
- K_S – Eficacia espectral de la tecnología prospectiva. Este criterio muestra el nivel de eficacia con que la tecnología prospectiva utiliza el espectro. Cuanto mayor sea la eficacia espectral, más perspectivas habrá para el desarrollo de la tecnología considerada (puntuación superior).

Criterios comerciales:

- K_R – Disponibilidad de normas y reglamentos aprobados. Este indicador refleja la disponibilidad de normas tecnológicas aprobadas por organizaciones de normalización internacionales y regionales. Ello promueve el desarrollo de la tecnología.
- K_K – Competencia comercial entre fabricantes. Este indicador caracteriza la prospectividad del desarrollo de la tecnología mediante la influencia de la competencia comercial entre vendedores. Dadas las particularidades de la fijación de precios en el mercado, así como de la ley de la oferta y la demanda, cuantos más vendedores haya en el mercado, más bajos serán los precios de los dispositivos. Cuanto más competitivo sea el mercado, más perspectivas habrá para el desarrollo de la tecnología considerada (puntuación superior).
- K_E – Experiencia en el uso de nuevas tecnologías. La disponibilidad de experiencia en la materia acelera el despliegue de la nueva tecnología y permite considerar todas las peculiaridades de las redes piloto y comerciales.

Criterios económicos:

- K_{dox} – Eficiencia económica (rentabilidad) del uso de la nueva tecnología. Este indicador muestra la eficiencia económica del uso del espectro por diferentes tecnologías. Cuanto mayor sea el grado de eficiencia, más perspectivas habrá para el desarrollo de la tecnología considerada (puntuación superior).

Una vez definidos los criterios, se elabora un cuestionario y se solicita a los expertos encuestados que califiquen las tecnologías de acuerdo con los criterios en cuestión (de 0 a 10). En especial, se les pide que evalúen las repercusiones:

- de grupos definidos de criterios sobre las perspectivas de desarrollo de las tecnologías en general;
- de cada factor sobre las perspectivas de desarrollo de una tecnología incluida en un grupo seleccionado; y
- de cada factor sobre las perspectivas de desarrollo de todas las tecnologías radioeléctricas objeto de examen.

La segunda fase consiste en llevar a cabo el cuestionario propiamente dicho, que se organiza en dos rondas.

En la tercera fase se realiza un análisis estadístico de los resultados recibidos. A tal efecto, se adopta la siguiente condición: si todos los expertos otorgan una importancia «0» a uno de los criterios de cualquier tecnología, dicha tecnología radioeléctrica se excluye de los cálculos posteriores.

Para procesar los datos, puede utilizarse el siguiente algoritmo:

- 1 El valor medio de las evaluaciones de los expertos sobre las repercusiones de los grupos de criterios identificados en su efecto combinado sobre las perspectivas de desarrollo de las tecnologías radioeléctricas ($\bar{\alpha}_l$):

$$\bar{\alpha}_l = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{l,j}}{n} \quad (2)$$

siendo $\alpha_{l,j}$ una puntuación para el grupo de criterios l dada por el experto j ($j=1 \div n$, n – número de expertos).

Para pasar de las puntuaciones a las unidades relativas, se calcula el peso relativo de la importancia de cada grupo de criterios en su efecto combinado:

$$w_l = \frac{\bar{\alpha}_l}{\sum_{l=1}^{kl} \bar{\alpha}_l} \quad (3)$$

siendo w_l el peso de la significación del grupo l en las unidades relativas; y $\bar{\alpha}_l$ el valor medio de las evaluaciones de los expertos para el grupo l en las puntuaciones ($l=1 \div kl$, kl – número de grupos de criterios, $kl=3$). $\bar{\alpha}_l$ se calcula mediante (2).

- 2 El valor medio de las evaluaciones de los expertos de cada criterio relativo a las perspectivas de desarrollo de las tecnologías radioeléctricas se calcula como sigue:

$$\bar{y}_{l,m} = \frac{\sum_{j=1}^n y_{l,m,j}}{n}, \quad (4)$$

siendo $y_{l,m,j}$ una puntuación dada al criterio m en el grupo l por el experto j .

Para pasar de las puntuaciones a las unidades relativas, se calcula un peso para cada criterio de cada grupo.

$$v_{l,m} = \frac{\bar{y}_{l,m}}{\sum_{m=1}^{k2} \bar{y}_{l,m}}, \quad (5)$$

siendo $v_{l,m}$ el peso del criterio m en unidades relativas ($m=1 \div k2$, $k2$ – un número de criterios en el grupo considerado – técnicos o económicos); e $\bar{y}_{l,m}$ la puntuación media del criterio m . $\bar{y}_{l,m}$ viene definida por (4).

3 A continuación, se calcula una puntuación media para cada criterio aplicable a cada tecnología. Para facilitar el análisis, las puntuaciones dadas por los expertos se dividen por 10.

$$\bar{x}_{l,m,i} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{l,m,i,j}}{n}, \quad (6)$$

siendo $\bar{x}_{l,m,i}$ una puntuación media dada a la tecnología i por el criterio considerado ($i=1 \div k3$, $k3$ – número de tecnologías consideradas); y $x_{l,m,i,j}$ la puntuación dada a la tecnología i por el experto j dividida por 10.

4 Por último, se calcula un coeficiente de prospectividad para cada tecnología considerada.

$$K_{\text{PROSP}i} = \sum_{l=1}^{k1} w_l \cdot \sum_{m=1}^{k2} v_{l,m} \cdot \bar{x}_{l,m,i}, \quad (7)$$

siendo $K_{\text{PROSP}i}$ el coeficiente de prospectividad de la tecnología i ($i=1 \div k3$, $k3$ – número de tecnologías), en unidades relativas; w_l el peso del grupo de criterios l ($l=1 \div k1$, $k1$ – número de grupos de criterios), en unidades relativas; $v_{l,m}$ el peso del criterio m ($m=1 \div k2$, $k2$ – número de criterios en el grupo l), en unidades relativas; y $\bar{x}_{l,m,i}$ la puntuación media de la tecnología I por el criterio m en el grupo de criterios l , en unidades relativas.

Evaluación de los recursos de frecuencias suficientes y necesarios para los siguientes sistemas y aplicaciones: móvil, fijo, radiodifusión, satélite y dispositivos de corto alcance (SRD)

A la hora de determinar los recursos de frecuencias estrictamente necesarios, todas las tecnologías seleccionadas se agrupan por categorías: sistemas de comunicaciones móviles, sistemas de comunicaciones fijos, sistemas de radiodifusión, sistemas por satélite y dispositivos de corto alcance.

La metodología utilizada para determinar la demanda de espectro comprende los siguientes pasos:

- Se seleccionan los parámetros de los servicios de comunicación prestados.
- Se calcula el número de abonados por metro cuadrado dividiendo el número total de abonados por la zona de servicio (célula).
- Se seleccionan los factores de penetración (%). Cada zona puede presentar un factor de penetración diferente.
- Se calcula el número de abonados por célula (para los sistemas celulares).

- Se definen los valores de los parámetros de tráfico, en concreto:
 - la carga en horas punta (llamadas/hora);
 - la duración de la sesión de comunicación (en segundos);
 - el coeficiente de actividad de los abonados (en unidades).
- Se calcula el tráfico por abonado.
- Se calcula el tráfico total (Mbps).
- Se calcula la calidad de funcionamiento del sistema, habida cuenta de la calidad de las líneas de comunicación y el número aceptable de bloqueos de llamadas.
- Se evalúa el espectro necesario para implementar la nueva tecnología.

En caso de necesitar más información a efectos de la evaluación del espectro necesario, las Recomendaciones UIT-R M.1390 y UIT-R M.1768-1 comprenden metodologías para el cálculo de las necesidades de espectro de las IMT-2000 y de las IMT-Avanzadas, respectivamente. Además, en la Recomendación UIT-R M.1651 se expone un método de evaluación del espectro necesario para los sistemas de acceso inalámbrico nómadas de banda ancha que utilizan la banda de 5 GHz.

Elaboración de medidas para dotar a las tecnologías prospectivas de una cantidad de espectro suficiente

A fin de dotar a las tecnologías prometedoras de recursos de radiofrecuencia, cabe la posibilidad de adoptar medidas tales como la conversión, la reestructuración o la utilización de nuevos métodos de gestión del espectro (véase el LSA¹).

Capítulo 2

Evaluación de hipótesis

1 Introducción

De acuerdo con el panorama nacional, los recursos disponibles, y el marco reglamentario para la explotación del espectro radioeléctrico, el organismo nacional de gestión del espectro puede efectuar la selección de una serie de métodos para evaluar hipótesis relativas a su posible repercusión en la utilización de este recurso. La evaluación de dichas hipótesis puede llevarse a cabo con arreglo a métodos analíticos o de consulta, o a una combinación de ambos. Esta evaluación puede ser muy detallada, en la que se consideran todos los factores posibles, o más superficial en su visión de conjunto. Asimismo, la responsabilidad de la consideración de factores puede ser principalmente la del organismo nacional de gestión del espectro (véase también el Capítulo 1) o estar distribuido entre las partes interesadas. Esta evaluación de hipótesis ayuda en última instancia a sentar las bases para las decisiones del organismo nacional de gestión del espectro referente a la reglamentación o atribución del espectro. Una hipótesis comprende una secuencia hipotética de eventos basada en acontecimientos y desarrollos relacionados con un campo específico (por ejemplo, las tendencias de la población de un país) o con un periodo de tiempo concreto, que de alguna manera se relacionan entre sí. Una hipótesis no es una previsión en sí misma, sino que complementa las previsiones

¹ El Informe UIT-R [SM.2404](#) – Instrumentos reglamentarios para dar soporte a la utilización compartida del espectro, contiene más información al respecto.

tradicionales proporcionando un registro de una secuencia de eventos particulares posibles relacionada con un aspecto del sistema particularmente interesante.

Dentro del marco de la planificación a largo plazo, las hipótesis se utilizan para predecir la posible evolución. Estas tienen por objeto:

- incrementar el grado de certeza de la predicción e interpretar riesgos (fiabilidad); e
- identificar opciones estratégicas posibles.

Las hipótesis se basan en los principales factores de influencia, es decir, económicos, sociales, técnicos y de política. Estos se pueden desarrollar sistemáticamente con diferentes configuraciones de factores y sus grados de probabilidad estimados.

2 Método de consulta

El método de consulta se basa en la premisa que los organismos de planificación del espectro pueden obtener, a través de cursos de acción de carácter colaborativo en el que intervienen usuarios del espectro, proveedores de servicios, fabricantes de equipos y centros de investigación, una determinación razonablemente exacta y eficaz en función de los costes de las necesidades y utilización del espectro a largo plazo. De esta manera, toma en consideración las contribuciones analíticas e intuitivas aportadas por la comunidad que emplea el espectro, ubicando el peso de la responsabilidad de la mayor parte de análisis y predicción en quienes tengan más intereses en juego. El detalle dado al análisis de factores corresponde a la comunidad del usuario. Dada la rápida evolución de la industria de las telecomunicaciones y los recursos limitados disponibles para los organismos gestores del espectro nacional, este método representa a menudo la mejor opción desde el punto de vista de costes para la planificación del espectro.

2.1 Encuesta sobre necesidades futuras de espectro y servicio

El método de consulta comienza con una nota o aviso público, que informa a las partes interesadas que se va a elaborar un plan de necesidades de espectro a largo plazo o, en algunos casos, de determinados componentes estratégicos de un plan, y que se requerirá información técnica, social, y económica en relación con dicho plan. El aviso ha de ser ampliamente distribuido, preferiblemente en una publicación oficial conocida que tenga gran cantidad de lectores. La naturaleza pública del aviso es esencial para obtener el máximo interés y realimentación de los posibles operadores del sistema. Las restricciones sobre su disponibilidad limitarán la respuesta. Sin embargo, en países donde no existen tales métodos de publicación oficial o en casos en que el tiempo es limitado, la labor de las entidades consultivas en actividad continua puede representar una solución eficaz para la adquisición de información.

Se debe definir el alcance de la encuesta, así como el plazo para presentar las respuestas. Las respuestas pueden provenir de grupos de usuarios del espectro, proveedores de servicio de radiocomunicaciones, fabricantes de equipos, organizaciones gubernamentales, incluidos los organismos militares, y el público en general. Los planificadores del espectro pueden requerir que las respuestas se hagan por escrito o a través de un diálogo directo. En cualquier caso, las respuestas recibidas de esos grupos forman la base para determinar las necesidades de espectro y conducen a las decisiones de gestión del espectro.

Como se indicó anteriormente, la información de este proceso de consulta procede de una serie de grupos. Los grupos de usuarios están compuestos por usuarios finales de servicios de telecomunicación, cuyo interés común es recibir el mejor servicio al menor coste. Estos grupos de usuarios podrán indicar las necesidades en materia de servicios de radiocomunicaciones nuevos o ampliados. Los proveedores de servicios de radiocomunicaciones son aquellas entidades comerciales que suministran servicios a los usuarios finales. Los proveedores de servicios tienen expectativas de

crecimiento de servicios basadas en sus propios estudios y visión comercial. Este crecimiento de los servicios podría reflejarse en una demanda de espectro adicional. Los fabricantes de equipos radioeléctricos tienen un gran interés en el crecimiento de los sistemas basados en las radiocomunicaciones, y pueden aportar observaciones técnicas sobre la idoneidad de las diversas bandas de frecuencias para un servicio radioeléctrico propuesto, junto con previsiones de avances técnicos capaces de mejorar la eficiencia del espectro.

Los gobiernos nacionales y locales, así como las fuerzas armadas, tendrán necesidades de espectro para satisfacer futuros sistemas de radiocomunicaciones. Aunque los servicios comerciales pueden satisfacer una parte de estas necesidades, muchos pueden ser singulares y requerirán espectro y sistemas radioeléctricos especiales dedicados a estos fines. Es probable que algunos de los sistemas pueden exigir seguridad nacional en la medida que su conocimiento no debe estar en el dominio público, y deben ser protegidos por la entidad reglamentaria.

El principio subyacente del proceso consultivo es que los usuarios, los proveedores de servicios y los fabricantes son los más capacitados para evaluar sus necesidades de espectro. En razón que operan negocios o cumplen una función gubernamental, deben poder evaluar sus necesidades, costes y requisitos de usuario. Por tanto, los participantes deben considerar e identificar los factores sociales y económicos para determinar sus necesidades.

Teniendo en cuenta que quienes desean porciones del espectro contestarán las preguntas de la encuesta, puede existir una tendencia comprensible de exagerar sus necesidades de espectro y de servicio. Por consiguiente, los organismos gestores del espectro nacional podrían entablar diálogos interactivos y analizar las tendencias de uso con el fin de asegurar precisión suficiente.

2.2 Interacción entre grupos representativos

Los procedimientos de consulta formales se pueden llevar a cabo mediante un método iterativo de varios pasos. Mientras la interacción de las partes interesadas se produce a través de respuestas y contrarrespuestas formales a la consulta, el tiempo requerido para completar el proceso de la encuesta aumenta. En muchos casos, este tiempo puede ser invaluable para permitir al organismo nacional de gestión del espectro la oportunidad adecuada para considerar las cuestiones en estudio. Además, garantiza que se registren y examinen todas las ideas.

Sin embargo, en interés de maximizar la interacción y, en algunos casos, acelerar el proceso, es apropiado entrevistarse con representantes de los principales grupos de consulta durante el periodo de la encuesta. Esta interacción permite la oportunidad de establecer un diálogo entre usuarios, proveedores de servicios y organismos reguladores para aclarar el motivo de la consulta y reducir o eliminar posibles exageraciones de necesidades de espectro. Ubica cada necesidad en el contexto de otras necesidades (sean nuevas o antiguas) proporcionando entonces una nota de realidad a las negociaciones para la obtención de espectro y, en definitiva, al resultado de la planificación. En algunos casos este diálogo ayuda a los proponentes a revisar sus pedidos cuando actúan junto con otros.

2.3 Análisis de las tendencias de uso

Los resultados de cualquier encuesta se deben comparar con las necesidades basadas en un análisis de las tendencias de uso de servicios de radiocomunicaciones vigentes. El incremento de las necesidades de espectro para una población de usuarios que es estable o disminuye sería muy dudoso, salvo que una falta actual de servicios disponibles impida el crecimiento de los usuarios. La extrapolación de datos de utilización y el cálculo del espectro requerido, suponiendo la aplicación de tecnologías con eficacia de espectro, proporcionarán al organismo regulador una aproximación de la utilización futura para comparar los resultados de la encuesta. La previsión basada en las tendencias de uso puede ser algo errónea en el caso de tendencias no lineales (progresos significativos o

importantes). Estos son casos en los que la utilización puede aumentar exponencialmente en un futuro cercano debido a un gran avance tecnológico o reducciones significativas de precios para el servicio. Sin embargo, en un sistema de consulta, se atribuye especial atención a los procesos eficaces en función de los costes. Por tanto, se debe evaluar la amplitud del análisis de tendencias de uso en términos de mejoras en la precisión que se estima resulte de ellas.

2.4 Ejemplo

En 1993, un organismo de la Administración de los Estados Unidos de América inició un programa para determinar las necesidades de espectro nacional durante un periodo de diez años en el futuro. Se publicó un anuncio de encuesta en el Federal Register, una publicación gubernamental diaria en la que se difunden al público las reglamentaciones federales propuestas, consultas públicas, y notificaciones generales relacionadas con las actividades gubernamentales. Esta encuesta describe la importancia de prever necesidades de espectro, y formula una serie de preguntas con relación a las futuras necesidades de espectro. Se solicitó que las preguntas fueran contestadas por organizaciones, empresas y particulares.

En respuesta a la encuesta, se recibieron más de 70 comentarios de la industria, grupos de usuarios, particulares, y organismos gubernamentales. La amplitud de los comentarios varió entre dos a varios centenares de páginas cada uno. Se examinaron los comentarios y observaciones formuladas y se compilaron las futuras necesidades de espectro para los diversos servicios de radiocomunicaciones atribuidos.

Se examinaron las estadísticas referentes a licencias de radio gubernamentales y del sector privado para determinar el grado de correlación con los comentarios recibidos referentes a las necesidades de espectro futuras. Siguiendo el análisis, se celebraron reuniones con grupos de usuarios del servicio móvil terrestre, proveedores de servicios de comunicaciones personales, y fabricantes, para compartir información adicional referente a las necesidades de espectro futuras.

Se proporcionaron los resultados preliminares de las futuras necesidades de espectro a los comités consultivos gubernamentales integrados por expertos en el campo de las telecomunicaciones. Estos comités revisaron los resultados y proporcionaron comentarios adicionales sobre las necesidades de espectro.

Por último, habiendo examinado todos los comentarios recibidos, se elaboró un informe² con previsiones relativas a las necesidades de espectro de los servicios radioeléctricos atribuidos en Estados Unidos de América. Basado en este informe y en las necesidades de espectro documentadas en otros comités, se podrían formular planes para revisar los Cuadros de atribución de bandas de frecuencias nacionales e internacionales para satisfacer las demandas de servicio de telecomunicaciones futuras.

3 El método analítico

3.1 Introducción

El método analítico comprende un análisis detallado de los factores que afectan la previsión de las tendencias. Las conclusiones e hipótesis del análisis se convierten en cifras comprensibles. Estos datos numéricos se calculan matemáticamente mediante soporte lógico, si se dispone.

² U.S. National Spectrum Requirements: Projections and Trends, U.S. Department of Commerce, marzo de 1995.

Este método, que combina el análisis y las matemáticas, tiene las siguientes ventajas:

- Se utiliza un método ascendente exhaustivo, basado en datos detallados para producir y registrar los resultados.
- Los datos para los factores de influencia se derivan de estadísticas de años anteriores. Los valores para los años venideros se extrapolan de esas estadísticas.
- Se puede determinar la ponderación para cada factor de influencia utilizando encuestas u otros materiales de indagación (por ejemplo, evaluación de estudios internos, informes técnicos, así como material publicitario).
- Se puede determinar inmediatamente cualquier efecto capaz de alterar un factor de influencia individual con respecto a los resultados de la previsión.
- El método analítico no requiere necesariamente extensas contribuciones fuera de las organizaciones de gestión del espectro y se puede aplicar empleando las estadísticas existentes.
- El método analítico detallado y exhaustivo que utiliza estadísticas fiables produce un resultado relativamente objetivo.

3.2 Fases para la formulación del método analítico

El método analítico tiene los siguientes pasos:

Paso 1: Análisis completo de la situación vigente.

Paso 2: Hipótesis razonables efectuadas con respecto a factores (véase el Anexo 1 al Capítulo 1).

Paso 3: Desarrollo de hipótesis:

- una hipótesis fiable, que indique cualquier elemento incierto y sus razones subyacentes;
- hipótesis ulteriores, centradas en los factores de incertidumbre más significativos.

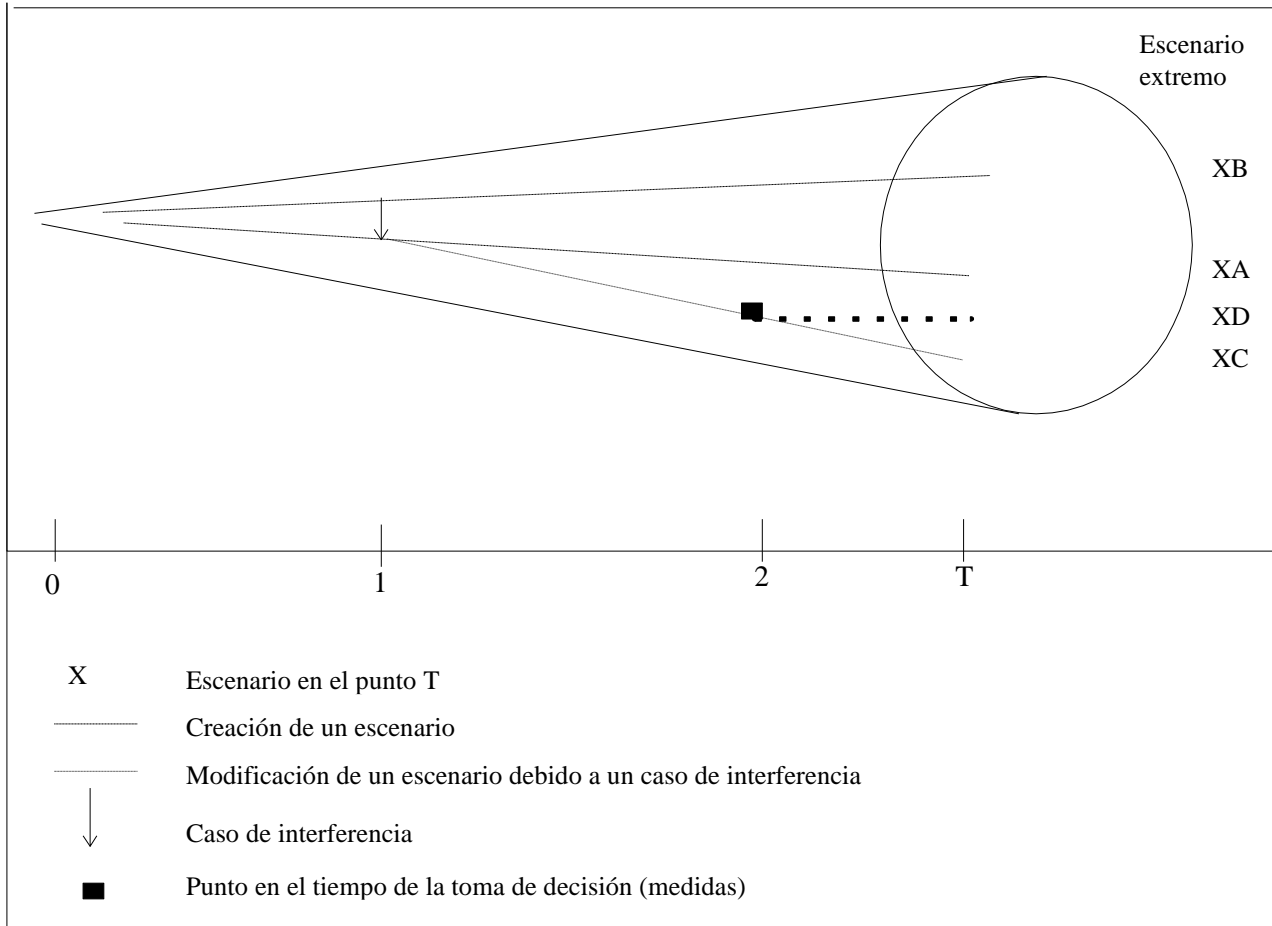
Paso 4: Evaluación de las hipótesis:

- se determina la exhaustividad de las hipótesis, la validez de los factores y sus riesgos, beneficios y prioridades particulares.

Paso 5: Presentación de un conjunto de resultados conclusivos.

En la Fig. 4 se detalla la elaboración de las hipótesis indicadas en el Paso 3. El cono representa la gama de evaluación posible en el tiempo e ilustra las características de la hipótesis.

FIGURA 4
Elaboración de hipótesis



La elaboración de hipótesis para un futuro cercano está ampliamente determinada por el presente (excluidos los eventos imprevisibles). Cuanto más lejano está el futuro mayor será la gama de realizaciones posibles. El cono ilustra cómo se amplía la gama de creaciones posibles. El diámetro de la base del cono se determina por el número de factores variables que se tienen en cuenta. Todos los trayectos de elaboración posibles en el periodo 0 a T finalizan en la base. Algunos de estos trayectos se describen a través de hipótesis: no es posible ni económicamente sensato estudiar todos los trayectos imaginables dentro de tres hipótesis. Las hipótesis A y B representan dos trayectos promedio que tienen en cuenta todos los factores. Si un evento ocurre en 1 e interfiere el trayecto, éste cambiará el curso y finalizará en C. Si la decisión se toma en 2, el trayecto cambiará nuevamente el curso y finalizará en D.

3.3 Empleo de la técnica analítica en el proceso de planificación de necesidades de espectro a largo plazo

La técnica analítica se puede considerar como un modelo que puede ser aplicado en un programa informático o analizado manualmente.

Como ejemplo la autoridad reglamentaria de Correos y Telecomunicaciones de Alemania elaboró, entre otros, una hipótesis sobre tendencias de la cantidad de usuarios del sistema de telecomunicaciones móviles universales (UMTS) hasta el año 2010. La hipótesis reveló una diferencia entre usuarios comerciales y privados.

Se determinaron los tres factores principales que afectan a la cantidad de usuarios privados:

- tendencias de rentas;
- distribución de edades, y
- dimensión del hogar.

Estos factores fueron determinados utilizando documentos de la Oficina de Estadística Federal y combinados con datos sobre equipos radioeléctricos móviles y tendencias de tarifas, edad de la población y distribución del poder adquisitivo, actividades de tiempo libre, e incremento en el número de hogares pequeños (dos salarios, sin hijos). Estos datos se tomaron de los análisis e investigaciones anteriores, literatura técnica, y estadísticas demográficas.

Se determinó el máximo número de usuarios comerciales posibles teniendo en cuenta la cantidad y tendencias en el número de vehículos de compañías empleados lucrativamente. Se determinó la cantidad de usuarios posible esperada en 2010 sustrayendo un determinado porcentaje para permitir usuarios dobles, es decir personas que utilizan el sistema de telecomunicaciones móviles universales para fines comerciales y privados.

Estos datos de usuario se utilizaron para elaborar un modelo de tráfico que en definitiva conduce a elaborar un pronóstico de las necesidades de espectro de los UMTS en 2010, teniendo en cuenta los factores de influencia técnicos tales como la anchura de banda del sistema, separación de canales, radio y configuración de la célula.

Cuando una hipótesis ha sido elaborada en el pasado, cabe la posibilidad de compararla con casos actuales para confirmar su exactitud o revisarla, de ser necesario.

Capítulo 3

Procedimientos apropiados para la transición de la utilización actual del espectro a objetivos a largo plazo

1 Identificación de los objetivos de gestión del espectro a largo plazo

La identificación de los objetivos de gestión del espectro a largo plazo debe considerar la maximización de la utilización del espectro radioeléctrico por diversas metodologías técnicas y operativas conocidas actualmente o en desarrollo. Estos objetivos deben considerar el crecimiento posible de los servicios radioeléctricos existentes, así como la introducción y el crecimiento de nuevos servicios y aplicaciones. Asimismo, se deben analizar los cambios en la utilización del espectro por la industria local y el público en general, los avances tecnológicos, así como los factores técnicos y no técnicos descritos en el Anexo 1 al Capítulo 1.

Los objetivos para la gestión del espectro a largo plazo se pueden determinar básicamente como: fomentar el desarrollo y utilización del espectro radioeléctrico para dar apoyo a los ámbitos tecnológicos, sociales, políticos y económicos, para el máximo beneficio neto de todos.

Los objetivos a largo plazo deben incluir contribuciones de medio(s) gubernamental(es), de la industria local y, dentro de la industria, de organizaciones grandes y pequeñas y de una diversidad de ubicaciones geográficas.

2 Evaluación del proceso de gestión del espectro vigente

Esta evaluación debe incluir un estudio del proceso de gestión del espectro nacional vigente para determinar sus virtudes y deficiencias según son percibidos por la industria y por el gobierno. El resultado de esta evaluación formará la base para la formulación de estrategias de gestión del espectro a largo plazo actualizadas.

3 Procedimientos de transición

El fundamento del proceso de gestión del espectro a largo plazo depende de la selección cuidadosa de estrategias para satisfacer los objetivos de gestión del espectro a largo plazo. Las estrategias seleccionadas se han de integrar a un plan nacional de espectro a largo plazo. Se proporciona a continuación una lista de procedimientos fundamentales de transición de utilización del espectro y estrategias de gestión del espectro a largo plazo.

3.1 Impulsar la utilización eficaz del espectro

La transición de la utilización actual del espectro a objetivos a largo plazo se puede efectuar mediante el empleo de técnicas y procedimientos de ingeniería del espectro avanzados. Los proveedores de servicios deben ser estimulados a utilizar tales técnicas y procedimientos mediante la reducción o fijación, por ejemplo, de derechos de licencias. Los procedimientos de transición tratados aquí son:

3.1.1 Utilización eficaz de nuevas tecnologías para mejorar la reutilización de frecuencias

La reutilización de frecuencias se puede definir como el número de veces que puede emplearse la misma frecuencia en una zona geográfica dada sin afectar negativamente a ningún usuario de la frecuencia. La coordinación de frecuencias suele ser una de las cuestiones determinantes en la técnica de reutilización. La utilización eficaz del espectro se puede efectuar por el empleo de técnicas de ingeniería avanzadas para incrementar la reutilización de frecuencias, reducir la anchura de banda de canal, mejorar las técnicas de codificación y de modulación, mejorar la estrategias de acceso, perfeccionar la compartición de bandas sin interferencia, introducir nuevos criterios de compartición del espectro, elaborar estrategias de asignación de frecuencias y modelos de utilización del espectro, y por el empleo de otras técnicas de ingeniería y operación.

Los métodos técnicos para la reutilización de frecuencias y superposición de sistemas entre servicios son bien conocidos. El Manual de la UIT sobre Gestión nacional del espectro de 2015, en su capítulo sobre prácticas de ingeniería del espectro y utilización del espectro, examina estos temas incluidas las mediciones de utilización del espectro, así como su eficacia de utilización cuando se utilizan estos métodos. Asimismo, el Manual se ocupa de técnicas tales como supresores de interferencia, pantallas de interferencia, antenas reflectoras de ondas milimétricas y antenas adaptativas móviles terrestres. Estos temas no han de ser tratados nuevamente en el presente.

3.1.2 División de canales

Esta técnica comprende la utilización del espectro mediante una nueva planificación de las bandas de espectro radioeléctrico existentes por el empleo de canales de anchura de banda más estrecha. La división de canales conduce a la utilización de tecnologías espectralmente más eficaces y a la introducción de normas técnicas y operativas nuevas. Los procedimientos de división de canales deben tener en cuenta que el espectro que se ha de considerar para una nueva planificación se utiliza, por lo general, intensamente. Los otros temas que se han de analizar para elaborar un plan de división de canales son:

- Continuidad del servicio: la redistribución debe llevarse a cabo sin interrumpir el servicio.
- Costes: aplicación de un método evolutivo para reducir los costes al usuario del espectro.

- Compatibilidad: es esencial alguna medida de interfuncionamiento y compatibilidad hacia atrás, mientras se espera mejorar la funcionalidad y capacidad que brindará la nueva tecnología.
- Riesgo: se debería efectuar un balance entre las políticas para proporcionar capacidad adicional y las necesidades del usuario de soluciones de bajo riesgo.
- Armonización: es necesario armonizar, en la medida de lo posible, con países vecinos e internacionalmente.

3.1.3 Reorganización del espectro

Un plan de espectro puede, en determinadas circunstancias y previa adopción de las correspondientes decisiones de largo alcance, dar lugar a una reorganización de los servicios. Esta medida podría requerir la transición de los usuarios de la banda de espectro en cuestión a nuevas tecnologías o a nuevas bandas de frecuencias. La necesidad de reorganización puede deberse a varias razones, véase:

- una atribución de espectro que ha estado en funcionamiento durante un periodo de tiempo considerable, pero que ya no satisface las demandas de los usuarios o las capacidades de los sistemas modernos;
- la necesidad de atribuir a un nuevo servicio de radiocomunicaciones una determinada gama de frecuencias que ya está ocupada por servicios con los que el nuevo no puede compartir frecuencias;
- una decisión de una CMR consistente en atribuir una banda de frecuencias actualmente ocupada a un servicio distinto con un ámbito de aplicación regional o mundial.

3.1.4 Superposición de servicios y compartición de bandas de frecuencias

La compartición eficaz de bandas de frecuencias para una serie de servicios puede desempeñar un papel importante en la reducción de la demanda del nuevo espectro. Es esencial la identificación de bandas compartidas actuales y futuras.

El concepto de servicios de banda ancha que comparten el espectro radioeléctrico con servicios de banda estrecha es un método que ofrece perspectivas favorables para la reducción de la demanda de mayor espectro. Este concepto se ocupa de situaciones en las que, debido a las características de un determinado esquema de modulación o de determinados parámetros del sistema, es posible que los servicios radioeléctricos compartan una banda del espectro sin producir interferencia perjudicial entre sí. Este método se denomina superposición de servicios.

Un ejemplo típico de superposición de servicios es la capacidad de los sistemas de espectro ensanchado para funcionar eficazmente con sistemas convencionales. Con frecuencia, se recurre a técnicas tales como las de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDM), acceso múltiple por división de código (CDMA) y acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) a fin de permitir la compartición de sistemas. La superposición de sistemas se debería examinar caso por caso, analizando específicamente los protocolos y arquitecturas particulares de los posibles servicios interferentes. A tal efecto, podría requerirse la compartición de espectro, la aplicación de estrategias de atribución de frecuencias y la elaboración de modelos de utilización del espectro.

3.1.5 Sistemas radioeléctricos compartidos

Diversas organizaciones pueden compartir un sistema radioeléctrico en lugar de explotar sus propios sistemas individuales. Se debe aplicar la tecnología para crear los mecanismos de seguridad necesarios entre las funciones de diferentes usuarios y proporcionar priorización transparente. Esto requiere un mecanismo para determinar y tomar en cuenta los diferentes diagramas de carga de cada servicio del sistema compartido para maximizar la capacidad de compartición. La compartición del sistema radioeléctrico de diversas organizaciones (policía, bomberos, ambulancias) tiene la capacidad

de mejorar significativamente la utilización del espectro radioeléctrico, especialmente en áreas espectralmente congestionadas. Esta compartición reducirá también el coste del sistema radioeléctrico.

3.1.6 Empleo del espectro no utilizado

La falta de equipos o de recursos, o los beneficios económicos de bloquear la utilización del espectro por terceros, ocasiona corrientemente que algunos licenciatarios no utilizan su porción autorizada del espectro. Las políticas, reglamentaciones y programas deben tener por objeto reducir al mínimo la baja utilización por el titular de la licencia del espectro autorizado. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, penalizando al licenciatarario con el retiro de la licencia, por ejemplo, por la no utilización del espectro autorizado.

Las políticas, reglamentaciones y programas deben también alentar la ampliación del servicio en bandas de GHz elevadas (>40 GHz), especialmente para servicios que requieren espectro exclusivo y aplicaciones de banda ancha. El espectro radioeléctrico por encima de 40 GHz está generalmente poco utilizado. Este segmento del espectro tiene la posibilidad de sustentar servicios de banda muy ancha, y reutilización de frecuencias elevadas debido al pequeño tamaño de célula en estas frecuencias elevadas. Esta porción del espectro también proporciona diversas ventajas de ejecución tales como antenas más pequeñas, anchuras de haz más angostas, tamaño y peso de equipos reducido, y facilidad de instalación y reconfiguración.

3.1.7 Utilización de redes de distribución alámbricas como complemento

Las redes de líneas alámbricas se podrían utilizar como una alternativa de las inalámbricas para reducir la demanda de espectro especialmente en áreas congestionadas y para aplicaciones de banda ancha. Se deben formular políticas y elaborar reglamentaciones para alentar la utilización de tecnologías de redes inteligentes avanzadas para permitir las interfaces sin discontinuidad entre la distribución de líneas alámbricas y los enlaces inalámbricos de corta distancia.

3.2 Mejora de la flexibilidad en la utilización del espectro

Se deberá diseñar un programa de gestión del espectro a largo plazo desde el comienzo para permitir la flexibilidad de estrategias y de su calidad prioritaria. Este programa deberá:

- permitir la flexibilidad del servicio, es decir, la utilización del espectro radioeléctrico para proporcionar cualquier servicio (señales vocales, datos, imágenes, etc.) sujeto a las limitaciones técnicas de la banda de frecuencias en cuestión;
- permitir flexibilidad técnica, es decir, el empleo de cualquier tecnología para proporcionar servicios sujetos a la limitación por interferencia;
- introducir políticas y reglamentos flexibles, no prescriptivos, para adaptarse a las innovaciones y a las fuerzas del mercado. Las políticas y disposiciones reglamentarias deben tener la flexibilidad necesaria para satisfacer las cambiantes necesidades sociales, económicas y técnicas.

Como ejemplo, un programa que facilita la flexibilidad en la utilización del espectro es el concepto de otorgamiento de licencias en bloque o espectro. Esto es cuando a un usuario se le otorga la licencia de un bloque o espectro de frecuencias, generalmente varios MHz, sobre una base geográfica. El titular de la licencia se hace responsable de la ingeniería del sistema y de la coordinación de frecuencias, en los límites de la zona autorizada y, cuando el espectro se comparte con otros titulares de bloques, dentro de la zona autorizada. La aplicación del criterio de concesión de licencias de un bloque de frecuencias amplio en lugar del concepto de canal por canal permite una mejor utilización del espectro radioeléctrico.

3.3 Maximizar los beneficios económicos y sociales que se pueden obtener mediante una apropiada gestión del espectro

La gestión del espectro radioeléctrico desempeña una importancia fundamental para aumentar el bienestar económico y social de un país maximizando la utilización del espectro para aplicaciones inalámbricas. Se destaca especialmente que el beneficio económico en este sentido se debe utilizar en un contexto amplio en lugar de incrementar simplemente los ingresos por concesión de licencias. La aplicación de este concepto se puede efectuar durante el proceso de otorgamiento de licencia para que:

- asegure la utilización de la mejor gama de frecuencias disponible adecuada a la aplicación con la eficacia más elevada permitida por la tecnología;
- fomente una competencia perdurable entre los proveedores de servicios;
- conduzca a una mayor densidad de utilización dentro de las atribuciones de servicios empleando tecnologías de eficacia de espectro, reutilización de frecuencias, modelos de planificación de frecuencias mejorados, criterios de compartición mejorados y proyecciones de densidad de tráfico;
- propicie la introducción de nuevos participantes en el servicio radioeléctrico;
- identifique, cuantifique (en la medida de lo posible) y maximice los beneficios sociales que resultan de la estrategia de concesión de licencias en estudio.

Las políticas, disposiciones reglamentarias, normas y programas de gestión del espectro a largo plazo serán: flexibles, eficaces, estratégicas, no prescriptivas, y de tecnología y servicio neutro. Se ha de prestar atención a los efectos sanitarios negativos reales o percibidos en la utilización del espectro. Se deben establecer planes de educación pública precisos y eficaces sobre estos temas.

3.4 Asegurar que el espectro se utilice en todas las regiones del país que sea necesario

Hay una tendencia general que los proveedores de servicios den mayor prioridad a las ciudades principales, dejando a las ciudades más pequeñas y menos pobladas deficientemente servidas. La utilización del espectro en todas las regiones del país, incluidas ciudades y pueblos pequeños, se puede obtener considerando este tema en el proceso de concesión de licencias.

3.5 Establecer una fuerza laboral calificada y elaborar herramientas de ingeniería del espectro adecuadas

Se deben formular políticas y programas apropiados para capacitar y mantener la calidad y competencia de la fuerza laboral de gestión nacional del espectro. Esta mano de obra se debe proporcionar con los medios más avanzados, particularmente en términos de sistemas automatizados y ayudas informáticas, que permitan ocuparse eficazmente de las solicitudes de licencias y estudio de interferencia para tecnologías nuevas y existentes.

Asimismo, se deben hacer inversiones en investigación y desarrollo relacionadas con la gestión del espectro para satisfacer el objetivo de utilización del espectro a largo plazo.

Lista de abreviaturas

| | |
|-------|---|
| CDMA | Acceso múltiple por división de código (<i>code division multiple access</i>) |
| FDMA | Acceso múltiple por división de frecuencia (<i>frequency division multiple access</i>) |
| LSA | Acceso compartido con licencia (<i>licensed shared access</i>) |
| MIMO | Entrada múltiple y salida múltiple (<i>multiple-input multiple-output</i>) |
| OFDMA | Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (<i>orthogonal frequency division multiple access</i>) |
| RFID | Identificación por radiofrecuencia (<i>radio frequency identification</i>) |
| SRD | Dispositivo de corto alcance (<i>short-range device</i>) |
| SRNA | Servicio de radionavegación aeronáutica |
| TDMA | Acceso múltiple por división en el tiempo (<i>time division multiple access</i>) |
| UMTS | Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (<i>universal mobile telecommunications system</i>) |
