

Manual sobre la Gestión nacional del espectro

Edición 2015

Manual sobre la Gestión nacional del espectro

Edición de 2015

UIT-R



PREFACIO

Esta nueva revisión del Manual sobre la Gestión nacional del espectro consistió en una importante actualización y ampliación de la edición de 2005. La labor estuvo a cargo del Grupo por correspondencia creado por el Grupo de Trabajo 1B en 2011 y, posteriormente, por el Grupo de Relator establecido por el Grupo de Trabajo 1B en 2012, aprobado por la Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones. El Sr. Hasan Sharif de Emiratos Árabes Unidos actuó como Relator del Grupo, asistido por el Sr. Philippe Aubineau, el Sr. Ruoting Chang, Vicepresidente del Grupo de Trabajo 1B, de China (República Popular de), el Sr. Ilkyoo Lee de Corea (República de), el Sr. Roy Woolsey de Estados Unidos de América, y muchos otros participantes en las reuniones del Grupo de Trabajo 1B, que se mostraron muy activos en la preparación de la revisión de este Manual.

François Rancy
Director de la Oficina de Radiocomunicaciones

ÍNDICE

	<i>Página</i>
PREFACIO	iii
CAPÍTULO 1 – Fundamentos de la gestión del espectro	1
CAPÍTULO 2 – Planificación espectral.....	47
CAPÍTULO 3 – Concesión de licencias y asignaciones de frecuencias.....	75
CAPÍTULO 4 – Comprobación, inspección técnica e investigación del espectro ...	111
CAPÍTULO 5 – Práctica de la ingeniería del espectro	121
CAPÍTULO 6 – Economía del espectro	179
CAPÍTULO 7 – Automatización de las actividades de gestión del espectro.....	209
CAPÍTULO 8 – Mediciones de la utilización del espectro y de la eficacia de utilización del espectro	291
ANEXO 1 – Formación en gestión del espectro.....	319
ANEXO 2 – Reglamentación de los dispositivos de corto alcance en la CEPT.....	339
ANEXO 3 – Prácticas idóneas para la gestión nacional del espectro	347

CAPÍTULO 1

Fundamentos de la gestión del espectro**Índice**

	<i>Página</i>
1.1	Introducción 4
1.2	Fines y objetivos 4
1.3	Aspectos internacionales del espectro..... 5
1.4	Principales directivas y leyes en materia de gestión nacional del espectro..... 6
1.4.1	La ley de radiocomunicaciones 6
1.4.2	Cuadros nacionales de atribución de bandas de frecuencias 6
1.4.3	Normas y procedimientos 6
1.5	Estructura organizativa y procesos 7
1.5.1	Estructura y coordinación..... 7
1.5.2	El proceso de adopción de decisiones 8
1.6	Requisitos y responsabilidades funcionales de la gestión del espectro..... 8
1.6.1	Elaboración de políticas y normas para la planificación de la gestión del espectro..... 10
1.6.2	Elaboración de un Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias ... 11
1.6.3	Asignación de frecuencias y concesión de licencias 11
1.6.4	Relación entre las tasas espectrales y el proceso de gestión del espectro..... 12
1.6.5	Especificación de normas y autorización de equipos 13
1.6.6	La comprobación técnica y la fiscalización..... 15
1.6.7	Cooperación internacional..... 17
1.6.8	Cooperación nacional (coordinación y consulta) 20
1.6.9	Soporte de ingeniería del espectro..... 21
1.6.10	Soporte informático 21
1.7	Desarrollo de la estructura organizativa de gestión del espectro 21
1.7.1	Generalidades 21
1.7.2	Gestión descentralizada frente a gestión centralizada 21
1.7.3	Gestión con estructura matricial 22
1.7.4	Resumen de los principios 22
1.7.5	Sistemas de gestión del espectro 22
1.8	Utilización del cibergobierno, los sistemas de gestión de calidad y los modelos de excelencia en la gestión del espectro 25

	<i>Página</i>
1.8.1	Generalidades 25
1.8.2	Utilización de sistemas de gestión de la calidad (ISO 9001:2008)..... 25
Bibliografía 27
ANEXO 1 AL CAPÍTULO 1 27
1	Historia..... 27
2	Estructura organizativa 27
ANEXO 2 AL CAPÍTULO 1 32
1	Generalidades..... 32
2	Análisis 32
ANEXO 3 AL CAPÍTULO 1 34
1	Alcance y propósito 34
1.1	Generalidades 34
1.2	Propósito..... 34
2	Introducción al DEAE..... 34
3	Descripción de los procesos 35
4	Sistema de gestión de la calidad 38
4.1	Requisitos generales 38
4.2	Requisitos documentales 38
5	Responsabilidad de gestión 39
5.1	Compromiso de gestión..... 39
5.2	Orientación al cliente..... 39
5.3	Política de calidad..... 39
5.4	Planificación 40
5.5	Responsabilidad, autoridad y comunicación 40
5.6	Examen de gestión..... 41
6	Gestión de recursos 41
6.1	Suministro de recursos..... 41
6.2	Recursos humanos 41
6.3	Infraestructura..... 42
6.4	Entorno de trabajo 42
7	Materialización de los productos 42
7.1	Planificación de la materialización de los productos..... 42
7.2	Procesos relacionados con los clientes 43
7.3	Diseño y desarrollo..... 43
7.4	Adquisiciones 44
7.5	Producción y prestación de servicio 44

		<i>Página</i>
	7.6 Control de los dispositivos de medición y comprobación técnica.....	44
8	Medición, análisis y mejora	44
	8.1 Aspectos generales	44
	8.2 Medición y supervisión	45
	8.3 control de productos no conformes	45
	8.4 Análisis de los datos	45
	8.5 Mejora.....	46

1.1 Introducción

El uso cada vez mayor que hace la sociedad de las tecnologías basadas en las radiocomunicaciones y las enormes oportunidades de desarrollo social que ofrecen, demuestran la importancia del espectro radioeléctrico y de los procesos de gestión del espectro nacional. El progreso tecnológico ha dado paso constantemente a una gran variedad de nuevas aplicaciones del espectro, que han aumentado el interés y la demanda por este recurso limitado. El aumento de la demanda exige una utilización más eficiente del espectro y la aplicación de procesos de gestión del espectro más eficaces. En este marco, la capacidad de tratamiento de datos y los métodos modernos de análisis de ingeniería son importantes para dar cabida a la diversidad de posibles usuarios que pretenden acceder a ese recurso.

Las radiocomunicaciones se utilizan intensamente en un número cada vez mayor de servicios¹ tales como defensa nacional, seguridad pública, radiodifusión, comunicaciones comerciales e industriales, comunicaciones aeronáuticas y marítimas, navegación y comunicaciones personales. Los enlaces de radiocomunicaciones, al contrario que a las telecomunicaciones alámbricas, son imprescindibles en los entornos dinámicos o móviles en que las telecomunicaciones alámbricas pueden no ser viables o en caso de interrupción de las mismas, por ejemplo, en situaciones de emergencia o de catástrofes naturales. Los sistemas de radiocomunicaciones pueden funcionar desde satélites o desde plataformas terrenales.

Para aprovechar el espectro de manera eficaz, su utilización se debe coordinar y regular mediante los reglamentos nacionales y el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). La capacidad de cada país para aprovechar plenamente las ventajas que ofrece este recurso depende en gran medida de actividades de gestión del espectro que faciliten la implementación de sistemas de radiocomunicaciones y garanticen que la interferencia sea mínima. Para ello, todas las administraciones deben, según proceda, utilizar sistemas informáticos de gestión del espectro.

Aunque no es fácil definir qué se entiende por eficacia de un sistema de gestión del espectro, se sabe que, en general, está relacionada con la capacidad del sistema para satisfacer las necesidades del país, y salvaguardar el interés general cuando se distribuye el espectro entre los usuarios de las radiocomunicaciones. La gestión nacional del espectro consiste en las estructuras, procedimientos y normas mediante los que una administración controla la utilización del espectro radioeléctrico dentro de su territorio. Por acuerdo internacional, cada gobierno cuenta con la flexibilidad y autonomía necesarias para la reglamentación de su propio uso del espectro radioeléctrico. Cada administración debe desarrollar sus leyes y la organización necesaria para llevar a cabo las tareas propias de la gestión del espectro. La gestión eficaz del recurso espectral abarca directrices principales que definan las responsabilidades del organismo nacional. Este organismo regula la utilización del espectro y los procesos relacionados. Aunque tal vez no haya dos administraciones que gestionen el espectro exactamente de la misma forma, hay procesos básicos que son esenciales en todos los planteamientos nacionales.

1.2 Fines y objetivos

Para que un sistema de gestión del espectro sea satisfactorio, se deben definir fines y objetivos. Entre estos fines, que suelen estipularse en las leyes del país, deben estar los siguientes:

- la disponibilidad del espectro radioeléctrico para usos públicos y privados a fin de fomentar el progreso económico y social; y
- la utilización eficaz y efectiva del espectro.

La gestión nacional del espectro depende en gran medida de la legislación nacional, las declaraciones de política y el Reglamento de Radiocomunicaciones del país, así como de un plan nacional del espectro a largo plazo². La gestión nacional del espectro debe garantizar la adecuada disponibilidad del espectro a corto y largo plazo, para que las organizaciones de servicio público puedan cumplir con su misión, para la correspondencia

¹ En el presente Manual, la palabra «servicio» abarcará los servicios de radiocomunicaciones descritos en el Reglamento de Radiocomunicaciones y otras aplicaciones de las radiocomunicaciones.

² Véase el Informe UIT-R SM.2015 – Métodos para la determinación de estrategias nacionales a largo plazo para la utilización del espectro radioeléctrico.

pública, para las comunicaciones comerciales privadas y para la radiodifusión. Hay también muchas administraciones que otorgan una gran prioridad a la utilización del espectro para actividades de investigación, científicas y de radioaficionados.

Entre los objetivos nacionales relacionados con la utilización del espectro cabe citar los siguientes:

- ofrecer servicios de telecomunicaciones eficaces, a escala nacional y a escala mundial para usos personales y comerciales;
- impulsar las innovaciones en el desarrollo de infraestructuras y prestación de servicios de radiocomunicaciones;
- servir los intereses nacionales, incluidas la seguridad y la defensa;
- salvaguardar la vida humana y la propiedad privada;
- contribuir a la prevención de la delincuencia y al cumplimiento de las leyes;
- colaborar con los sistemas nacionales e internacionales de transporte;
- fomentar la conservación de los recursos naturales;
- colaborar en la difusión de información y entretenimiento de interés educativo, general y público;
- promover la investigación científica, el desarrollo de recursos y su prospección;
- fomentar la divulgación del patrimonio cultural y la protección del folclore nacional y regional;
- procurar reducir la brecha digital.

Para cumplir estos objetivos, el sistema de gestión del espectro debe disponer de un método ordenado de atribución y asignación de bandas de frecuencias, autorización e inscripción de las asignaciones de frecuencias, y elaboración de normas y reglamentos. Una declaración política o un reglamento puede especificar factores técnicos, establecer los criterios de concesión de licencias y fijar las prioridades que determinen a quién se autorizará el acceso a una banda de frecuencias y para qué propósito se utilizará. Aunque las declaraciones de políticas pueden vincular el programa del gobierno con la actividad de los gestores del espectro, la estabilidad de las políticas de radiocomunicaciones es fundamental para las inversiones. El gobierno puede delegar en el organismo de gestión del espectro la responsabilidad para establecer las políticas y normas en materia del espectro. El gobierno puede también optar por nombrar a los responsables de la dirección de los organismos sobre la base de criterios políticos, y delegar en el gestor del espectro únicamente atribuciones para elaborar los métodos de actuación y ejecutar las decisiones.

Además, un plan nacional del espectro a largo plazo debería establecer previsiones para la futura utilización del espectro con arreglo al análisis de las necesidades nacionales a largo plazo, la evolución de la tecnología y las capacidades de gestión del espectro. Un elemento clave de dicho plan es el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias, puesto que ofrece un marco para que los usuarios establezcan sus propios objetivos³. El plan debe especificar igualmente los pasos que debe dar el organismo de gestión del espectro para dar cabida a las futuras necesidades. Asimismo, el plan puede formular recomendaciones sobre cambios en la política del espectro, por interés general⁴.

1.3 Aspectos internacionales del espectro

La coordinación internacional y la notificación de las estaciones de radiocomunicaciones a la UIT tienen por objeto establecer reglamentaciones de radiocomunicaciones y procedimientos conexos, y alentar la coordinación multilateral para asegurar una utilización eficiente de los recursos del espectro, sin interferencias. Cada administración es parte constitutiva de esta organización intergubernamental y desempeña una importante función en esos procesos (véase asimismo el Informe UIT-R SM.2093). En el Anexo 1 al presente Capítulo figura una descripción de la estructura y las actividades de la UIT.

³ Véase la Recomendación UIT-R SM.1265 – Métodos nacionales de atribución alternativos.

⁴ Véase la Recomendación UIT-R SM.1047 – Gestión nacional del espectro.

1.4 Principales directivas y leyes en materia de gestión nacional del espectro

Para llevar a cabo actividades de gestión del espectro de manera que fomente la utilización eficiente de este recurso, deben elaborarse directrices y leyes, y ponerlas a disposición del público. El objetivo de estas directrices y leyes es establecer una base legal para gestionar la utilización del espectro y definir la política nacional pertinente, junto con un reglamento específico.

1.4.1 La ley de radiocomunicaciones

Debido al rápido avance de la tecnología de las radiocomunicaciones y al papel primordial que desempeñan las telecomunicaciones en el desarrollo económico de un país, las leyes relativas al espectro son tan importantes como las que rigen la utilización de las tierras y los recursos hídricos en el país. Aunque el entorno de funcionamiento y los requisitos de la gestión son diferentes, las disposiciones sobre radiocomunicaciones deben estar claramente delimitadas en la legislación. En los lugares en los que las radiocomunicaciones todavía no se utilizan intensamente, el Estado debe prever el incremento de esa utilización y garantizar la existencia de una estructura jurídica adecuada.

Es conveniente que la ley de radiocomunicaciones sea un documento básico que reconozca que el espectro radioeléctrico es un recurso nacional y que es necesario regularlo, en interés de todos los ciudadanos. Así pues debe definir el derecho del Estado a regular la utilización del espectro y, en particular, la aplicación de la normativa de gestión del mismo. Además, debe reconocer el derecho de los ciudadanos y de los órganos gubernamentales a la explotación de equipos radioeléctricos. La calidad y disponibilidad de los servicios de radiocomunicaciones pueden estar estrechamente vinculadas con el tipo de actividades autorizadas a los operadores y el grado de flexibilidad que se les otorgue. La competencia en la explotación de determinados servicios de radiocomunicaciones permitiría ofrecer dichos servicios a los usuarios a un coste reducido.

Otros aspectos que podrían contemplarse en la ley nacional de radiocomunicaciones son los requisitos para el acceso público al proceso de decisión de la gestión del espectro y la respuesta del Estado a las aportaciones de los ciudadanos. La ley debe definir el derecho al acceso y los límites al mismo. Por consiguiente, la ley de radiocomunicaciones podría imponer al organismo de gestión del espectro la obligación de hacer públicas sus decisiones. La ley puede también definir un proceso de examen de decisiones con arreglo a procedimientos y criterios establecidos. Este proceso debe ser lo más sencillo posible.

1.4.2 Cuadros nacionales de atribución de bandas de frecuencias

Un Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias es fundamental para un proceso eficaz de gestión del espectro.

La UIT, en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones para las tres Regiones de la Unión, acuerda el Cuadro internacional de atribución de bandas de frecuencias (Artículo 5 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR)). Este Cuadro constituye la base de los cuadros nacionales. No obstante, el Cuadro de la UIT (que cubre las tres Regiones) suele considerar distintos servicios en una misma banda de frecuencias. Por consiguiente, una administración puede desear adoptar su propio cuadro nacional a fin de facilitar la utilización del espectro en su territorio. Por ejemplo, algunos países dividen su cuadro nacional en bandas atribuidas a la administración y bandas atribuidas al sector privado. Con mucha frecuencia los países incorporan información sobre la utilización presente y estratégica de las aplicaciones de radiocomunicaciones en las bandas de frecuencias atribuidas, además de sus condiciones de utilización, en el Cuadro nacional; otros consignan esa información en un reglamento distinto.

Independientemente del planteamiento del país en cuestión, cada administración debe tener en cuenta la forma de utilización de las bandas en los demás países, no sólo por razones de compatibilidad con los países vecinos, sino también para garantizar que se pueda disponer de equipos a un precio razonable para un servicio concreto.

1.4.3 Normas y procedimientos

Las normas y procedimientos promulgados y adoptados por el organismo de gestión nacional del espectro deben estipular los pasos para interponer recursos judiciales contra algunas decisiones (para adoptar o modificar las normas y procedimientos) y contemplar temas tales como las condiciones de utilización de las aplicaciones de radiocomunicaciones, los trámites para la adquisición y renovación de licencias, las normas

técnicas, los procedimientos de autorización de equipos, los planes de distribución de canales, y los requisitos de explotación. Aunque estas normas y procedimientos pueden enunciarse para cada servicio de radiocomunicaciones por separado, es más eficaz agrupar en una sola publicación toda la normativa aplicable. En el Anexo 2 al presente Capítulo se muestra un ejemplo simplificado de un manual nacional de normas y procedimientos para la gestión del espectro.

Cada administración necesita evaluar el nivel de detalle normativo que considera necesario para alcanzar los objetivos nacionales y ofrecer la protección necesaria, en cumplimiento de los acuerdos internacionales. Una organización de gestión del espectro debe inspirarse en las políticas nacionales y velar por que dicha normativa se ajuste a los objetivos nacionales definidos en las leyes del país y a la reglamentación internacional.

1.5 Estructura organizativa y procesos

1.5.1 Estructura y coordinación

La ley nacional de radiocomunicaciones debe delegar las competencias y responsabilidades en materia de gestión de la utilización del espectro en uno o varios organismos estatales. Aunque lo ideal es que haya una sola entidad, la realidad y el nivel de recursos disponibles determinarán a menudo la adopción de otros planteamientos.

En la mayoría de los casos una administración puede preferir que un solo departamento, ministerio u organismo gestione la utilización de todos los servicios de radiocomunicaciones. Esta solución tiene la ventaja de simplificar el proceso de toma de decisiones, y establecer políticas aplicables a todos los usuarios. La autoridad decisoria optimiza su cometido, al dar cabida a las necesidades del mayor número posible de usuarios del espectro. Una autoridad única puede reducir su carga de trabajo y aumentar su eficacia, si se justifica, delegando competencias en otros grupos.

Ciertas administraciones pueden delegar las competencias de gestión del espectro a dos o más entidades. Sin embargo, cuanto mayor sea el número de entidades con competencias y responsabilidades autónomas y separadas, más difícil será la coordinación, y más fraccionadas podrán estar las atribuciones de bandas de frecuencias. En ciertos casos, puede que grupos diferentes (ministerios o departamentos) no lleguen a un acuerdo sobre la utilización del espectro, y puede ser necesario recurrir a una instancia superior de decisión, tal como el Primer Ministro o el Presidente.

Cuando se establezcan varios organismos, la relación entre ellos debe especificarse detalladamente en las normas. Un método para separar sus funciones consiste en dividir las bandas de frecuencias entre esos organismos. En el gobierno y en el sector privado, se pueden crear grupos de coordinación con distintas responsabilidades de gestión para ayudar al organismo u organismos correspondientes. El grupo puede encargarse de resolver los temas más importantes relativos al espectro, y de determinar las atribuciones de bandas de frecuencias. Puede nombrarse un representante de la estructura de gestión del espectro del sector privado, para servir de enlace con estas comisiones, a fin de ampliar su perspectiva. Sin embargo, el grupo de coordinación no puede actuar como autoridad general de gestión del espectro.

Con independencia de dónde se sitúen la autoridad y la responsabilidad, la designación y amplitud de las atribuciones debe publicarse y difundirse entre todos los usuarios de los sistemas de radiocomunicaciones, tanto actuales como posibles.

La ley nacional de telecomunicaciones debe estipular, además, quién representa los intereses nacionales en el marco de las actividades internacionales (por ejemplo, el organismo de gestión del espectro puede llevar a cabo este cometido). Si la gestión de la utilización del espectro dentro de un país es responsabilidad de varias autoridades, la representación nacional en las negociaciones internacionales puede ser complicada. Por consiguiente, se recomienda que se otorgue la autoridad global para la coordinación de la utilización del espectro y la gestión internacional del espectro a un organismo o ministerio único.

1.5.2 El proceso de adopción de decisiones

Los procesos establecidos para la atribución del espectro en el plano nacional, la asignación de frecuencias a los titulares de licencias y la comprobación técnica del cumplimiento de los términos de la licencia son instrumentos esenciales para el cumplimiento de los fines y objetivos nacionales.

Las organizaciones administrativas responsables de elaborar las normas y disposiciones deben ajustarse a un proceso de adopción de decisiones predeterminado, a fin de que la gestión del espectro se desarrolle de forma ordenada y puntal.

Cuando los objetivos nacionales contemplan la participación de entidades privadas, no estatales, en la prestación de servicios de radiocomunicaciones, los procesos de adopción de decisiones deben ofrecer cierto grado de apertura normativa. Esto es indispensable para que las empresas del sector privado inviertan en estos servicios y los exploten.

La independencia del organismo de gestión del espectro es fundamental para tomar decisiones de interés nacional. Cuando el organismo que gestiona el espectro limita el papel de los usuarios a una función meramente consultiva, hay menos posibilidades de parcialidad. Sin embargo, la participación de los usuarios en el proceso de adopción de decisiones puede ayudar a mantener la confianza, lo que es muy importante para llevar a la práctica eficazmente los objetivos nacionales.

1.6 Requisitos y responsabilidades funcionales de la gestión del espectro

Los requisitos y responsabilidades (funciones) básicos de la gestión nacional del espectro son las siguientes:

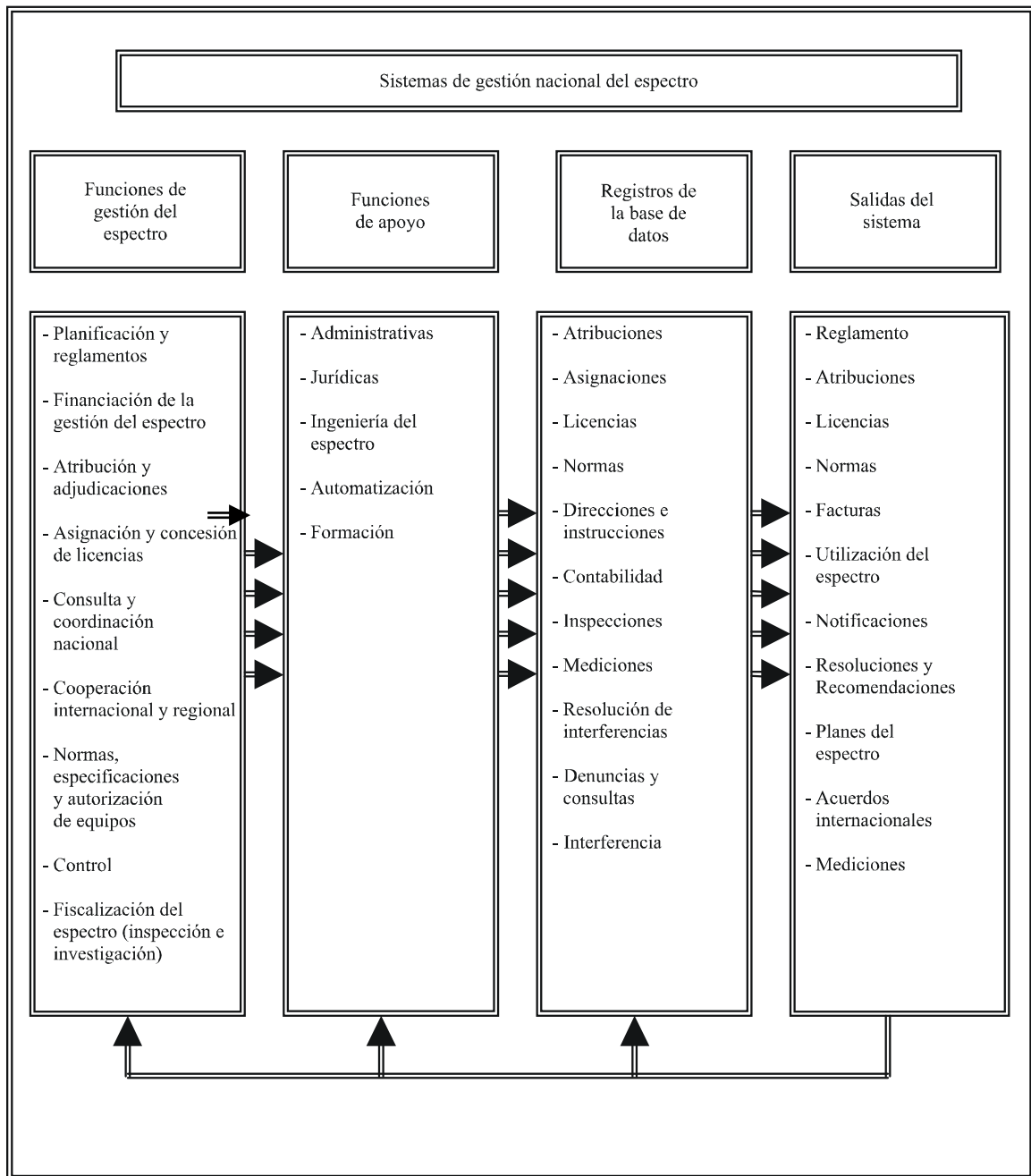
- a) Planificación y normativa de la gestión del espectro;
- b) Financiación de la gestión del espectro, en particular mediante la aplicación de tasas;
- c) Atribución y adjudicación de las bandas de frecuencias;
- d) Asignación de frecuencias y concesión de licencias;
- e) Consulta y coordinación nacional;
- f) Cooperación internacional y regional, incluidas la notificación y coordinación de frecuencias;
- g) Normas⁵, especificaciones y homologación de equipos;
- h) Comprobación técnica;
- i) Fiscalización del espectro;
- j) Funciones de apoyo a la gestión del espectro, entre ellas:
 - administrativas y legales;
 - informatización;
 - ingeniería del espectro; y
 - formación.

El organismo de gestión del espectro puede estructurarse de diversas formas de acuerdo con las leyes, los antecedentes, las costumbres y los recursos de telecomunicaciones del país de que se trate. Deben contemplarse todas las funciones antes indicadas, de las cuales algunas pueden combinarse o subdividirse, según el tamaño de la organización. El organismo de gestión del espectro debe hacer públicos los detalles de su organización y de sus procedimientos de funcionamiento, de modo que los usuarios del espectro puedan conocerlos en toda su extensión. La Fig. 1.1 esboza el sistema global de gestión nacional del espectro.

⁵ La palabra «norma» hace referencia a las Recomendaciones UIT-R o cualquier otra norma reconocida.

FIGURA 1.1

Sistema de gestión nacional del espectro basado en las responsabilidades funcionales



1.6.1 Elaboración de políticas y normas para la planificación de la gestión del espectro

El organismo de gestión del espectro debe desarrollar y aplicar planes, normas y políticas, teniendo en cuenta los adelantos tecnológicos así como la realidad política, económica y social.

El resultado de las labores de planificación y de definición de políticas es la atribución de bandas de frecuencias a los diversos servicios de radiocomunicaciones. Cuando hay intereses encontrados para la utilización del espectro, el organismo de gestión debería decidir qué usos son más acordes con los intereses de los sectores público y privado y, en particular, cómo compartir el espectro. Al atribuir el espectro deben considerarse los siguientes factores.

Consideraciones sobre las necesidades y beneficios para los sectores público y privado

- Necesidad de frecuencias radioeléctricas para el servicio.
- Número probable de personas que obtendrán provecho del servicio.
- Importancia relativa, social y económica, del servicio y en particular para la seguridad de la vida humana, la protección de la propiedad privada y las actividades de socorro en casos de catástrofe.
- Probabilidad de establecimiento del servicio y grado de apoyo público previsible.
- Repercusión del nuevo servicio en las inversiones existentes dentro de la banda de frecuencias propuesta.
- Necesidades del Estado para los servicios de seguridad, aeronáuticos, marítimos y científicos.

El método de redistribución para la gestión del espectro

Consideraciones técnicas

- Necesidad de que el servicio utilice partes concretas del espectro y consideración de las características de propagación y compatibilidad con otros servicios dentro de la banda de frecuencias seleccionada y fuera de ésta.
- Cantidad necesaria de espectro.
- Intensidad de señal necesaria para ofrecer un servicio fiable.
- Volumen de interferencia radioeléctrica y de otras interferencias eléctricas que quepa esperar.
- Viabilidad de la tecnología (es decir, si la tecnología está probada y disponible, se trata de un desarrollo de vanguardia o no está totalmente desarrollada).

Limitaciones de los equipos

- Límite superior útil del espectro radioeléctrico y, en general, qué límite superior previsible en el futuro.
- Características de funcionamiento de los transmisores y, entre ellas, las limitaciones de orden práctico sobre la potencia de salida, la capacidad de mantenerse en frecuencia y la posibilidad de suprimir las emisiones no esenciales y las emisiones fuera de banda.
- Tipos de antenas disponibles para el servicio y limitaciones prácticas de las mismas (es decir, tamaño, coste y características técnicas), así como los métodos más adecuados de utilizar las frecuencias del modo más eficaz.
- Receptores disponibles y en proceso de desarrollo, así como datos relativos a su selectividad y factibilidad para el servicio correspondiente.

La redistribución entre las diferentes organizaciones nacionales encargadas de diferentes servicios podría intensificar las necesidades de coordinación y conducir al establecimiento de unas condiciones y criterios de compartición detallados. Si las atribuciones de frecuencias a escala nacional están formadas por un número relativamente reducido, es decir, de varias centenas de miles, la subdivisión de la adjudicación del espectro entre las organizaciones nacionales (es decir, civiles y gubernamentales) podría suponer una ventaja frente a la compartición en la misma banda.

1.6.2 Elaboración de un Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias

La elaboración de un Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias comienza por conocer las asignaciones nacionales de frecuencias en un determinado momento y un plan nacional de utilización para el futuro. Ésta debe orientarse por el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la UIT para la región del mundo a la que pertenezca el país en cuestión. Aunque los países no tienen que ceñirse exactamente al Cuadro de la UIT es importante ajustarse a él por los siguientes motivos:

- los equipos disponibles para la región lo serán también para las bandas de frecuencias que se ajustan al Cuadro de atribución;
- los problemas de interferencia con países vecinos se reducirán al mínimo;
- la planificación de bandas de frecuencias incluye consideraciones de orden técnico en relación con los equipos, de conformidad con el Cuadro Regional;
- servicios tales como el aeronáutico, el marítimo y ciertos servicios por satélite exigen la utilización de una banda determinada en todos los países, con el fin de ofrecer servicios de comunicaciones a escala mundial.

Un país tiene la posibilidad de apartarse de las atribuciones internacionales, hasta cierto punto, con objeto de satisfacer necesidades de carácter nacional. Este tipo de utilización se considera conforme con el número **0.4** del RR⁶ si no causa interferencia perjudicial y no requiere protección.

Según se indicó anteriormente, el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias ofrece un registro detallado de la manera según la cual se utiliza actualmente el espectro, con inclusión de todos los datos sobre los servicios terrenales y espaciales y sus aplicaciones. Por lo general los usuarios de determinada banda de frecuencias se oponen a modificar las adjudicaciones de espectro, puesto que ello afectaría a sus operaciones en curso y porque, dependiendo del tipo de servicio, correrían la posibilidad de perder a los clientes de dicho servicio. Todo cambio en cuanto a la utilización de las bandas resulta muy costoso, debido al costo de los nuevos equipos, a la necesidad de acostumar a los clientes a utilizarlos, al desarrollo de procedimientos para el mantenimiento de los mismos y a la formación del personal encargado de mantener a los equipos en buenas condiciones. No obstante, el usuario podría estar de acuerdo en modificar la utilización de determinadas bandas si ese cambio es transparente y si otros sufragan el costo de los nuevos equipos (modernos). Una vez se dispone del registro de usos actuales, debe elaborarse un plan que recoja el modo de utilización de cada uno de los servicios en el futuro. Los servicios nacionales de seguridad pueden exigir grandes cantidades de espectro que pueden no ser conformes con el Cuadro de atribuciones de la UIT. Debe hacerse hincapié en la necesidad de verificar las justificaciones sólidas de utilización del espectro y de que éste utilice realmente y no se mantenga únicamente para su utilización en un futuro.

Otros principios que deben inspirar la elaboración de un Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias son los siguientes:

- ajustarse al Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la UIT, según proceda y en la medida de lo posible;
- elaborar un plan basado en los usos actuales del espectro siempre que este plan no impida el desarrollo futuro del espectro;
- autorizar atribuciones para el Estado y la seguridad que sean eficaces y estén alineadas con las de otros países.

1.6.3 Asignación de frecuencias y concesión de licencias

La asignación de frecuencias representa el eje de la actividad diaria del organismo de gestión del espectro. La unidad de asignación de frecuencias realiza o coordina los análisis necesarios para seleccionar las frecuencias

⁶ «**0.4** Todas las estaciones, cualquiera que sea su objeto, deberán ser instaladas y explotadas de tal manera que no puedan causar interferencias perjudiciales a las comunicaciones o servicios radioeléctricos de otros Miembros, de las empresas de explotación reconocidas o de aquellas otras debidamente autorizadas para realizar un servicio de radiocomunicación y que funcionen de conformidad con las disposiciones del Reglamento (Número 197 de la Constitución).»

más adecuadas para los sistemas de radiocomunicaciones y coordina las asignaciones proyectadas con las existentes.

La función de asignación de frecuencias combinada con la de concesión de licencias aplica, por supuesto, la legislación nacional, y las normas y procedimientos conexos. Controla asimismo la explotación de las estaciones del siguiente modo:

- examina las solicitudes de licencia y los documentos conexos para determinar si los solicitantes reúnen los requisitos jurídicos y normativos y si los equipos propuestos son técnicamente aceptables;
- asigna distintivos de llamada radioeléctrica a las distintas estaciones;
- expide licencias y recauda, en su caso, las tasas correspondientes;
- define los métodos de administración del sistema y de las licencias de red, en su caso;
- renueva, suspende y cancela las licencias, en su caso;
- convoca exámenes de aptitud de operadores y expide los certificados de operador, cuando sea necesario.

Los procedimientos deben especificar la información que debe suministrarse junto con solicitudes de frecuencias. Dependiendo de los objetivos nacionales, esta información puede referirse al uso que se pretende hacer del espectro o simplemente a las características técnicas que permitirán al organismo de gestión coordinar más adecuadamente las actividades de los usuarios. La aplicación de procedimientos innecesarios o arduos puede entorpecer el desarrollo de las radiocomunicaciones. Algunas administraciones han implementado con éxito la subcontratación de la coordinación de frecuencias a empresas privadas.

Cuando existe la posibilidad de causar interferencia perjudicial fuera de las fronteras nacionales, la coordinación internacional es necesaria y la intervención de la UIT-R puede ser un paso necesario del procedimiento de asignación de frecuencias.

Los registros de las solicitudes y aprobaciones de utilización del espectro deben conservarse para poder consultarlos en el futuro. Algunas administraciones han optado por utilizar la comprobación técnica de las emisiones como medio de identificar las frecuencias no utilizadas. Aunque con este método se puede llegar a la conclusión de que una frecuencia no se utiliza sólo por no haber detectado ninguna actividad durante el periodo de comprobación técnica, puede que sea el único medio de selección de frecuencias cuando no se cuenta con ningún registro.

1.6.4 Relación entre las tasas espectrales y el proceso de gestión del espectro

El espectro radioeléctrico es un recurso natural del que dispone la Humanidad, limitado y que puede fácilmente sufrir interferencias. También es un activo nacional muy valioso que suele estar controlado por el Estado. Los problemas para el Estado radican en alcanzar un equilibrio entre las necesidades en competencia y desarrollar al mismo tiempo políticas que satisfagan el propósito de dichas necesidades. Las tasas espectrales aplicables a los diversos servicios de radiocomunicaciones pueden ser un elemento crítico del proceso de gestión del espectro.

El fin principal de la política económica de gestión del espectro debe ser:

- mejora de la infraestructura de telecomunicaciones del país mediante el aprovechamiento eficaz del espectro radioeléctrico;
- tasas administrativas que sufraguen la infraestructura de gestión del espectro;
- determinación equitativa de las tasas administrativas para todos los usuarios del espectro radioeléctrico, de modo que se fomente la eficacia del espectro por medio de los incentivos adecuados;
- determinación de las tasas con arreglo a la cantidad de espacio espectral utilizado en la mayor parte de los servicios, que debe tener en cuenta el número de transmisores de la red;
- principios económicos inspirados en las Recomendaciones e Informes pertinentes del UIT-R;
- normas de radiocomunicaciones que sean como mínimo tan exigentes como las del RR y las de las Recomendaciones del UIT-R;

- devolución del espectro que no se utilice eficazmente o efectivamente, en base a los criterios aceptados.

Se pueden definir diversos tipos de tasas por licencias:

- Tasas de depósito – aplicables cuando se solicita la participación en una licitación de concesión de frecuencias.
- Tasas de licencia de obras – aplicables a la construcción o puesta en marcha de nuevas infraestructuras o redes.
- Tasas reglamentarias o de utilización del espectro – aplicables, con carácter anual o periódico, a la utilización de una porción calculada del espectro y a la compensación de los gastos de la gestión nacional del espectro.
- Tasas de certificado de operador – asociadas a los exámenes de aptitud y a la renovación de certificados.
- Tasas administrativas – para cubrir los costes administrativos de concesión de licencias, cuando no están sufragados por las tasas de depósito.

Es necesario aplicar tasas o cánones para la gestión del espectro, aunque en ningún caso deben considerarse como impuestos sobre el valor del espectro. Dada la gran diversidad de prioridades, los objetivos de las tasas por licencias varían considerablemente entre los países (véase el Capítulo 6).

1.6.5 Especificación de normas y autorización de equipos

1.6.5.1 Generalidades

El Artículo 3 del RR se refiere a los requisitos asociados a las características técnicas de las estaciones con el objetivo de evitar la interferencia. Los Apéndices 2 y 3 del RR indican los valores máximos de tolerancia de la frecuencia y de las emisiones de dominio no esenciales, respectivamente. Las administraciones son responsables de garantizar que los equipos autorizados en sus territorios se ajustan a este Reglamento. Esto se consigue mediante la utilización de «normas de los equipos» (documentos que especifican las normas de calidad de funcionamiento mínima de los transmisores y receptores radioeléctricos y demás equipos) y procedimientos asociados que garanticen la conformidad con dichas normas.

Las normas de los equipos pueden ser elaboradas por organizaciones nacionales, regionales o internacionales (principalmente el UIT-R). Los gestores del espectro deben prestar especial atención a un subconjunto de normas técnicas relativas a la calidad de funcionamiento de los sistemas y a la compatibilidad electromagnética. La aplicación de normas ayuda a preservar la compatibilidad electromagnética de un sistema con su entorno, lo que suele suponer limitar las señales transmitidas a una anchura de banda especificada o mantener un nivel concreto de estabilidad para no causar interferencias perjudiciales. En algunos casos, una administración puede optar por fijar normas para los receptores que impongan un cierto nivel de inmunidad frente a las señales no deseadas.

Ya existe un gran número de normas operacionales y relacionadas con la compatibilidad en el seno de la UIT y en el Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR). Éstas pueden adoptarse como normas nacionales, según proceda, aunque algunos países o grupos de países han completado el proceso de elaboración de sus propias normas, entre las que se cuentan, por ejemplo, las creadas por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI) o la Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América. La utilización de normas ya contrastadas y eficaces facilita el proceso de aprobación de normas nacionales. La redacción de dicho conjunto de normas nacionales representa una labor a largo plazo ya que incluso el examen de las normas nacionales e internacionales vigentes supone una ingente tarea.

Un aspecto fundamental de la definición de las normas es la especificación del cumplimiento de los requisitos de prueba y otros procedimientos administrativos relacionados con la conformidad. Los requisitos de prueba y los trámites administrativos relativos al cumplimiento de dichos requisitos no deben sobrepasar el nivel de exigencia necesario. Procedimientos tales como la autocertificación del fabricante de equipos reducen la burocracia y por tanto los costes.

La aceptación de los resultados de las pruebas de los equipos de otras administraciones puede ser uno de los trámites de una administración. Muchas administraciones estiman que la autocertificación del fabricante o la utilización de laboratorios de prueba del sector privado son métodos adecuados para asegurar que los equipos radioeléctricos cumplen los requisitos normativos. La autocertificación exige que la administración pueda someter a prueba los equipos de manera selectiva para verificar su calidad de funcionamiento. Si una administración decidiera emplear este método, podría desear contar también con sus propios laboratorios para realizar comprobaciones puntuales. El grupo de pruebas y mediciones suele ofrecer al organismo de gestión de frecuencias los siguientes servicios:

- pruebas de laboratorio de los equipos de transmisión y recepción de acuerdo con los procedimientos de homologación prescritos;
- mantenimiento y calibración de los equipos de pruebas de laboratorio y demás equipos utilizados por el personal de inspección y comprobación técnica de emisiones de la organización;
- determinación de la aceptación del equipo adquirido con fines de inspección y comprobación técnica de las emisiones;
- equipamiento de los vehículos especiales de comprobación técnica y calibración de los equipos a bordo de los mismos.

Ejemplo de procedimiento de autocertificación y evaluación de la conformidad

Hay administraciones que consideran que en estos momentos la homologación nacional es innecesaria (para algunos tipos de equipos) y constituye una barrera comercial en potencia, especialmente si se tiene en cuenta que hay cada vez más equipos destinados a comercializarse, trasladarse y funcionar sin restricciones normativas en muchos países (por ejemplo, los teléfonos móviles). En estas administraciones se tiende a trasladar del regulador al fabricante o proveedor, la responsabilidad de garantizar que los equipos cumplan los requisitos técnicos indispensables (evaluación de conformidad). Por consiguiente se vigila el mercado para identificar los equipos no conformes e imponer sanciones a los fabricantes y proveedores negligentes. Las condiciones de la licencia imponen al usuario la obligación legal de garantizar que sólo se ponen en servicio equipos conformes.

La evaluación de la conformidad de un producto con sus requisitos pasa entonces a ser responsabilidad del fabricante. Éste presenta una declaración de conformidad y no necesita obtener un certificado de aprobación de un organismo oficial si ha superado las pruebas en un laboratorio legalmente reconocido. Cuando no haya normas disponibles (por ejemplo para un producto nuevo o innovador), o no sean adecuadas (por ejemplo, en el caso de una producción limitada con fines específicos), el fabricante tiene que demostrar aún más el cumplimiento de los requisitos antes de comercializar los equipos. Esta información debe estar disponible durante un cierto plazo (normalmente de varios años). Los Estados Miembros de la Unión Europea están obligados a publicar sus normas nacionales sobre acceso al espectro radioeléctrico (Reglamento de Interfaces) de modo que los fabricantes sean plenamente conscientes de las diferencias entre países en cuanto a atribuciones y usos, y puedan construir productos capaces de funcionar en grandes mercados. Los fabricantes están obligados a informar a los clientes de las posibilidades de utilización de los equipos y de las restricciones para su utilización, insertando la información pertinente en los embalajes y en los manuales de instrucciones. Los fabricantes deben informar asimismo al Estado Miembro de la UE de su propósito de comercializar el equipo. El Estado en cuestión tiene un plazo para comunicar si acepta.

De conformidad con los requisitos de la Organización Mundial del Comercio, hay muchos países que han establecido Acuerdos de Reconocimiento Mutuo con otros Estados Miembros. Estos Acuerdos suelen basarse en la hipótesis de grado de desarrollo técnico comparable y de compatibilidad en los planteamientos de evaluación de conformidad. En estos Acuerdos se definen las condiciones de aceptación mutua de certificados, las marcas de conformidad y los informes de pruebas emitidos por los organismos de evaluación de conformidad de cualquiera de las partes en un Acuerdo bilateral.

1.6.5.2 Autorización de equipos

La UIT aprueba Recomendaciones relacionadas con normas mundiales. La Unión colabora con otras organizaciones de normalización (SDO).

En un contexto de carácter cada vez más internacional, la UIT se encuentra en un ámbito al que se han incorporado muchos otros participantes (véase la página web de la UIT sobre Organizaciones de normalización y organizaciones internacionales: <http://www.itu.int/en/ITU-T/C-I/conformity/Pages/organizations.aspx>).

Las normas ayudan a evitar la fragmentación del mercado en beneficio tanto de los consumidores como de la industria. Con el ánimo de seguir desarrollando con éxito normas mundiales, la UIT continúa respetando los principios esenciales de consenso, transparencia, apertura, imparcialidad, mantenimiento, acceso público a las publicaciones, coherencia normativa, eficacia, responsabilidad, y congruencia.

A través de la colaboración internacional, la UIT pretende alcanzar el objetivo de desarrollar normas aplicables en todo el mundo que satisfagan las necesidades de los Estados Miembros y de la humanidad en conjunto.

1.6.6 La comprobación técnica y la fiscalización

En esta sección se presentan brevemente la comprobación técnica y la fiscalización del espectro y se explica su importancia en el contexto de la gestión del espectro global. Puede encontrarse en el Manual de Comprobación Técnica del Espectro de la UIT información más detallada sobre la organización de un servicio de comprobación técnica del espectro y los procedimientos y equipos de medición.

1.6.6.1 Comprobación técnica del espectro

Ya no basta con realizar una planificación teórica del espectro. Es necesario conocer la utilización real del espectro antes de poder adoptar decisiones acertadas sobre las adjudicaciones o asignaciones de frecuencia.

La comprobación técnica soporta todo el proceso general de gestión del espectro, incluidas la asignación de frecuencias y la planificación del espectro, por medio de mediciones de carácter práctico de la utilización de canales y bandas, de modo que puedan obtenerse estadísticas de disponibilidad de canales, y pueda evaluarse la eficacia de la utilización del espectro. Gracias a estos datos, puede verificarse la planificación del espectro efectuando una comparación entre la planificación teórica y la utilización real. El resultado de esta comparación puede utilizarse para ajustar la planificación. El espectro se utiliza 24 horas al día, 7 días a la semana durante todas las semanas del año a nivel local, regional y mundial. Por consiguiente, la comprobación técnica del espectro también ha de estar disponible 24 horas al día.

La comprobación técnica del espectro consiste en:

- la comprobación técnica de las emisiones para verificar su conformidad con las condiciones de asignación de frecuencias (características técnicas y operativas de las señales);
- observaciones de las bandas de frecuencias y medición de la ocupación de los canales, que ofrecen información sobre la utilización real del espectro;
- la ayuda en la investigación de interferencias radioeléctricas a escala local, regional y mundial;
- la detección, localización e identificación de transmisores ilegales;
- la identificación y medición de las señales interferentes.

Esta información puede utilizarse para justificar actividades de fiscalización posteriores como, por ejemplo, la inspección *in situ* de las estaciones de radiocomunicaciones.

La información de la comprobación técnica es necesaria porque no siempre se utiliza espectro como está previsto que se haga. Esto puede deberse a la complejidad de los equipos, a su interacción con otros equipos, a su mal funcionamiento, o al uso deliberadamente indebido de los mismos. Estos problemas se agudizan por la proliferación de sistemas de radiocomunicaciones terrenales y de satélites, y por la introducción de radiadores fortuitos, tales como los computadores que pueden causar interferencia local.

1.6.6.2 Fiscalización del espectro

La eficacia de la gestión del espectro depende de la capacidad del gestor del espectro para disponer de las herramientas eficaces para imponer la observancia de los reglamentos pertinentes. Debe otorgarse a los gestores del espectro la autoridad necesaria para aplicar el reglamento de utilización del espectro y establecer las penalizaciones oportunas. Por ejemplo, puede otorgarse al personal encargado de la fiscalización o a los gestores del espectro, al identificar una fuente de interferencia perjudicial, la autoridad para exigir su

desconexión o bien para confiscar los equipos de acuerdo con las disposiciones legales oportunas. No obstante, es necesario especificar también los límites de dicha autoridad.

1.6.6.3 Cooperación entre la comprobación técnica y la fiscalización del espectro

En la Sección 1.6.6 se dice que la información de comprobación técnica puede dar lugar a que se realicen actividades de fiscalización. También al contrario, la necesidad de identificar la fuente de una interferencia radioeléctrica puede hacer que se solicite una comprobación técnica. Además, las técnicas utilizadas por los sistemas de radiocomunicaciones modernos reducen la posibilidad de diferenciar claramente algunas tareas de comprobación técnica, de fiscalización del espectro y algunos métodos de medición. Sin embargo, para poder organizar la gestión del espectro de una administración, ambas entidades deben cooperar estrechamente. Así, puede considerarse la posibilidad de completar la integración orgánica de las entidades de comprobación técnica y de fiscalización con estaciones de comprobación técnica habitadas y estaciones y vehículos de comprobación técnica controlados a distancia.

Esto nos lleva a otras tareas de medición:

- asistencia en ocasiones especiales, como grandes acontecimientos deportivos y visitas de Estado;
- medición de la cobertura radioeléctrica;
- medición de la calidad de servicio;
- asistencia en los estudios de compatibilidad radioeléctrica;
- realización de estudios técnicos y científicos, por ejemplo, medición de la propagación;
- medición de campos electromagnéticos para prevenir problemas de salud debidos a la radiación electromagnética.

1.6.6.4 Integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro y gestión del espectro

En la Recomendación UIT-R SM.1537 se recomienda que las administraciones que llevan a cabo la gestión del espectro y la comprobación técnica del espectro consideren la utilización de un sistema integrado y automático que emplee una base de datos relacional común con las siguientes funcionalidades:

- Acceso remoto a los recursos del sistema.
- Detección automática de infracción.
- Asignación de frecuencia y concesión de licencias.
- Herramientas para apoyar la ingeniería del espectro.
- Medición automática de los parámetros de la señal.
- Medición automática de la ocupación junto con mediciones opcionales de radiogoniometría.
- Calendario de mediciones para realización inmediata o futura.

Al considerar la adquisición de un sistema integrado, se ha de realizar una evaluación de qué funciones son necesarias y cuánta integración resulta adecuada para la administración. No cabe duda de que los servicios de comprobación técnica y de fiscalización deben poder acceder a la base de datos de licencias y de que los gestores del espectro pueden utilizar parte de la información facilitada por el servicio de comprobación técnica.

Por ejemplo, los gestores del espectro deben tener acceso a los resultados de las mediciones automáticas de la ocupación del espectro, pues resultan útiles para la planificación del mismo.

La detección automática de infracciones, que consiste en comparar automáticamente la información de las licencias con la de la comprobación del espectro para detectar transmisores que carezcan de licencia o funcionen con parámetros distintos de los que figuran en su licencia, resulta útil para filtrar todas las frecuencias e identificar aquéllas donde se comete una infracción y el operador debe investigar más a fondo. Esas investigaciones deberán realizarse para confirmar la infracción antes de que se almacenen los resultados en la base de datos de licencias.

Una de las mayores ventajas de los sistemas automáticos es que pueden realizar mediciones de comprobación técnica repetitivas de manera rutinaria. Esa automatización exime al operador de realizar dichas mediciones

repetitivas y rutinarias de manera que pueda analizar los resultados de esas mediciones y ser mucho más productivo. El sistema automático debe procesar las mediciones brutas en informes de fácil comprensión, gráficos incluidos, que ayuden al operador a analizar los datos y extraer conclusiones.

Como se indica en la Recomendación UIT-R SM.1537, hay algunos proveedores capaces de ofrecer sistemas integrados, que pueden incluir hasta la función de facturación. Se ha de verificar cuidadosamente si los sistemas candidatos cumplen con todas las especificaciones necesarias para todas las bandas de frecuencias, servicios de radiocomunicaciones y funciones. En último término el cliente de un sistema integrado se ve limitado a un único proveedor; por eso debe saber que estos sistemas siempre deben adaptarse a las particularidades nacionales y necesitan de mantenimiento durante un largo periodo.

1.6.7 Cooperación internacional

1.6.7.1 Generalidades

Con frecuencia el efecto de los sistemas de radiocomunicaciones va más allá de las fronteras internacionales. Entre las actividades internacionales figuran las actividades de la UIT, las actividades que se llevan a cabo en el seno de otros organismos internacionales y los debates bilaterales y multilaterales.

Las Conferencias Regionales y Mundiales de Radiocomunicaciones de la UIT (CMR y CRR), junto con las actividades habituales que efectúan los tres Sectores de la UIT (Radiocomunicaciones, Normalización de las Telecomunicaciones y Desarrollo de las Telecomunicaciones) exigen un gran volumen de recursos y trabajos preparatorios. Entre estas labores se encuentran la preparación de las posiciones de cada país, así como la participación en las reuniones internacionales. La participación en reuniones regionales puede ser de gran ayuda a las administraciones a la hora de preparar la CMR y la CRR con un carácter más amplio.

La coordinación de las autorizaciones de frecuencias entre los Estados Miembros para su notificación a la Oficina de Radiocomunicaciones (BR) constituye otra actividad de vital importancia. A menudo, el departamento que otorga la autorización de frecuencias realiza también esta función. Igualmente lleva a cabo las acciones de coordinación y todas las necesarias cuando esto se solicite, para proteger los sistemas de radiocomunicaciones del país contra la interferencia, o cuando la información sobre las asignaciones notificadas por otras administraciones aparezca en la Circular Internacional de Información sobre las Frecuencias de la BR (BR IFIC).

Existen otras organizaciones, tales como la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), la Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas (CISPR), que negocian muchos acuerdos y normas que repercuten sobre el uso del espectro. Por este motivo, las administraciones deben considerar también su participación en estas organizaciones.

Puede encontrarse información sobre esas y otras organizaciones en el Directorio Mundial de la UIT (en línea en la dirección <http://www.itu.int/en/membership/Pages/global-directory.aspx>), y más concretamente en su página web dedicada a las organizaciones regionales y otras organizaciones internacionales (CV231), las organizaciones regionales de telecomunicaciones (CV269B) y las organizaciones intergubernamentales que explotan sistemas de satélites (CV269C) en la dirección: http://www.itu.int/online/mm/scripts/mm.list?_search=OTHERORGS&languageid=1&_foto=y.

En los siguientes dos cuadros⁷ se enumeran las principales organizaciones con influencia en la reglamentación inalámbrica internacional, aparte de la UIT: las organizaciones intergubernamentales asociadas con los gobiernos y la industria. En el Cuadro 1-1 se reseñan los principales grupos intergubernamentales de reguladores regionales de telecomunicaciones y que influyen en la gestión internacional del espectro de radiofrecuencias.

⁷ Los cuadros se basan la próxima publicación de John Wiley & Sons, «Radio Spectrum Management: Policies, Regulations, Standards and Techniques» de Haim Mazar.

CUADRO 1-1

Principales reguladores regionales de telecomunicaciones

Nombre	Reguladores regionales intergubernamentales de telecomunicaciones
APT	Telecomunidad Asia-Pacífico, 38 países
ASMG	Grupo de Gestión del Espectro de los Países Árabes, 23 países (22 sin la suspendida Siria)
ATU	Unión Africana de Telecomunicaciones, 44 países
CEPT ⁸	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones, 48 países
CITEL ⁹	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, 36 países
EACO	Organización de Comunicaciones del África Oriental, Burundi, Kenya, Rwanda, Tanzania, Uganda (igual que EAC)
FACSMAB	Comité de Asignación de Frecuencias de Singapur, Malasia y Brunei
CRC ¹⁰	Comunidad Regional de Comunicaciones, 12 países
REGULATEL ¹¹	Foro Latinoamericano de Entes Reguladores de Telecomunicaciones, 20 reguladores
SADC	Comunidad para el Desarrollo del África Meridional, 15 países
WATRA	Asamblea de Reguladores de Telecomunicaciones del África Occidental, 15 países

En el Cuadro 1-2 se consignan los grupos intergubernamentales. La mayoría de organizaciones intergubernamentales se agrupan geográficamente, pero otras se forman por idiomas: el árabe para AREGNET, el portugués para ARCTEL-CPLP, el francés para CAPTEF y el inglés para CTO.

⁸ *Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications.*

⁹ No es necesaria en español.

¹⁰ *Dominada por Rusia en el pasado, ahora se encuentra bajo su influencia.*

¹¹ No es necesaria en español.

CUADRO 1-2

Organizaciones intergubernamentales con influencia en la reglamentación de las telecomunicaciones

Nombre	Organizaciones Regionales e Intergubernamentales
AICTO	Organización Árabe para la Tecnología de la Información y la Comunicación, 22 países de la Liga Árabe
ASEAN	Asociación de Naciones del Sudeste Asiático
ARCTEL-CPLP ¹²	Asociación de Reguladores de Comunicaciones y Telecomunicaciones de la Comunidad de Países de Lengua Portuguesa, 8 países
AREGNET	Red de Reguladores Árabes, 20 países
ARICEA	Asociación de Reguladores de la Información y las Comunicaciones del África Oriental y Meridional
AUR	Unión Africana de Radiodifusión
ORECE	Organismo de Reguladores Europeos de las Comunicaciones Electrónicas
CAATEL ¹³	Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones, 4 países (miembros de la CAN)
CAN	Comunidad Andina de Naciones, 4 países
CANTO	Asociación de Organizaciones Nacionales de Telecomunicaciones del Caribe, 27 países
CAPTEF ¹⁴	Conferencia Administrativa de Correos y Telecomunicaciones de los países de Habla Francesa
CJK	China, Japón y Corea del Sur, 3 países
COMTELCA ¹⁵	Comisión Técnica Regional de Telecomunicaciones, 6 países centroamericanos
CRASA	Asociación de Reguladores de Comunicaciones del África Meridional, 13 países (la CRASA es la antigua TRASA)
CTO	Organización de Telecomunicaciones del Commonwealth, 54 países
CTU	Unión de Telecomunicaciones del Caribe, 13 países
EAC	Comunidad del África Oriental Burundi, Kenya, Rwanda, Tanzania, Uganda
ECTEL	Autoridad de Telecomunicaciones del Caribe Oriental, 5 países
ECO	Oficina Europea de comunicaciones, 48 países de la CEPT
CEDEAO* ¹⁶	Comunidad Económica de los Estados del África Occidental, 15 países
EFTA	Asociación Europea de Libre Comercio, formada por Islandia, Liechtenstein, Noruega y Suiza
UE, CE ¹⁷	Unión Europea y Comisión Europea, 28 países
FRATEL ¹⁸	Red Francófona de Reglamentación de las Telecomunicaciones, 47 países
GCC	Consejo de Cooperación de los Estados Árabes del Golfo Oficina de Telecomunicaciones, EAU, Bahrein, Arabia Saudita, Omán, Qatar, Kuwait
ICNIRP	Comisión Internacional sobre la protección frente a radiaciones no ionizantes

¹² Associação de Reguladores de Comunicações e TELEcomunicações da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa.

¹³ No es necesaria en español.

¹⁴ Conférence Administrative des Postes et Télécommunications des pays d'Expression Française.

¹⁵ Commission technique régionale des télécommunications.

¹⁶ También Asamblea de Reguladores de Telecomunicaciones del África Occidental (WATRA), www.trasa.org.bw

¹⁷ Comunidad Europea, posteriormente también Unión Europea, UE.

¹⁸ Réseau Francophone de la régulation des Télécommunication.

CUADRO 1-2 (fin)

Nombre	Organizaciones Regionales e Intergubernamentales
IIRSA ¹⁹	Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Sudamericana, 12 países
MERCOSUR ²⁰	Mercado Común del Sur: Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay, Venezuela y Bolivia (en curso)
NAFTA	Acuerdo de Libre Comercio de América del Norte: Canadá, México y Estados Unidos
PITA	Asociación de Telecomunicaciones de las Islas del Pacífico, entidades de telecomunicaciones de Melanesia, Micronesia, Polinesia, Australia y Nueva Zelandia
PTC	Consejo de Telecomunicaciones del Pacífico, sus miembros representan a más de 60 países
SCG	Grupo de Coordinación del Espectro, 5 países ²¹
UNASUR ²²	Unión de Naciones Suramericanas, 12 países
CESPAP	Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico, 53 países
OMS	Organización Mundial de la Salud, 193 países

En paralelo, los acuerdos bilaterales con los países vecinos ayudan a arreglar cuestiones operacionales a fin de coordinar el establecimiento de sistemas de radiocomunicación y otros elementos de interés mutuo. Puede ser necesario establecer convenios que resuelvan los casos de interferencia a través de las fronteras internacionales.

1.6.7.2 Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT)

Los Sectores de Desarrollo de las Telecomunicaciones y de Radiocomunicaciones de la UIT en el marco de sus actividades conjuntas, ayudan a los países en desarrollo en sus funciones de gestión nacional del espectro. Esta actividad se estableció por la Resolución 9 de la CMDT-98, habiéndose adoptado una revisión en la CMDT-02, la CMDT-06 y CMDT-10. Los resultados de estas actividades conjuntas se comunicaron a las mencionadas CMDT, así como a la CMDT-14 (véase <http://www.itu.int/pub/D-STG-SG02.RES09.1-2014>). También la CMDT-14 revisó la Resolución 9 (véase la parte correspondiente del Informe Final de la CMDT-14 en la dirección <http://www.itu.int/pub/D-TDC-WTDC-2014>). Sigue reuniéndose periódicamente un Grupo de Expertos en gestión del espectro de países desarrollados y en desarrollo para coordinar e impulsar los trabajos.

1.6.8 Cooperación nacional (coordinación y consulta)

Para que el organismo nacional de gestión del espectro sea eficaz, debe comunicarse y entablar consultas con los usuarios, ya sean éstos empresas, industrias de las comunicaciones, la administración o los ciudadanos en general. Debe divulgarse la información sobre políticas, normas y prácticas de la administración y proporcionar los mecanismos de realimentación de información para evaluar los resultados. La unidad de coordinación se hará cargo de las relaciones con los medios de comunicación, publicará anuncios, convocará reuniones e intermediará para resolver problemas de interferencia entre usuarios, recabando el apoyo de los organismos de inspección, comprobación técnica e investigación.

Esa coordinación puede realizarse por contacto directo informal entre individuos con intereses en el espectro y el organismo de gestión del espectro, por contacto formal con arreglo a una serie de trámites administrativos específicos de revisión, a través de representantes mediante la creación de comités asesores o por una combinación de estos modos u otros. El contacto directo con el organismo de gestión del espectro permite establecer un diálogo eficaz y obtener resultados con rapidez, aunque puede perder muchas opiniones, dado que no todas las partes interesadas podrían recibir idéntico tratamiento. Los procedimientos estrictamente

¹⁹ No es necesaria en español.

²⁰ No es necesaria en español.

²¹ Brunei, Indonesia, Malasia, Singapur y Tailandia.

²² No es necesaria en español.

administrativos garantizan el tratamiento equitativo e imparcial, pero pueden llegar a resultar complicados e ineficaces. Los comités asesores públicos pueden contrastar puntos de vista distintos y resultar eficaces en los procesos de adopción de decisiones importantes. Se alienta a las administraciones de los países que establezcan procedimientos para que las personas y organizaciones soliciten al gestor del espectro la introducción de modificaciones en su reglamento y en las decisiones sobre asignaciones o atribuciones. De este modo, los afectados por el reglamento contarían con un mecanismo que les permitiría efectuar modificaciones y garantizar que los gestores del espectro tengan en cuenta, como corresponde, las necesidades de todos los sectores de la colectividad de usuarios del país.

1.6.9 Soporte de ingeniería del espectro

Como la gestión del espectro implica la toma de decisiones de carácter técnico, es necesario contar con un soporte de ingeniería para evaluar adecuadamente la información, las capacidades y las diversas alternativas que se presentan. Si bien la mayoría de las decisiones entraña elementos sociales y económicos, muchas de ellas se basan en un análisis de ingeniería de los factores técnicos. Por consiguiente, es necesario que una parte de la organización sea experta en técnicas de análisis de compatibilidad electromagnética y esté al tanto de los adelantos tecnológicos y de las capacidades de los sistemas, a fin de ofrecer valoraciones equilibradas a los responsables de la elaboración de políticas y planes. El Capítulo 5 trata de las herramientas de ingeniería del espectro.

1.6.10 Soporte informático

El grado de disponibilidad de los medios de soporte informático y el de su utilización por el organismo de gestión del espectro depende de los recursos, prioridades y necesidades específicas del país en cuestión. La utilización de computadores resulta indispensable para la eficacia de los trabajos de gestión del espectro de cualquier índole, con independencia de su magnitud. El soporte informático no debe limitarse a mantener registros de concesión de licencias o efectuar cálculos de ingeniería complejos, sino que debe asumir la responsabilidad del desarrollo, provisión y mantenimiento de las facilidades de apoyo para casi todas las actividades de gestión del espectro, entre ellas el mantenimiento de registros, la elaboración de previsiones y la gestión financiera propia de la concesión de licencias. La informatización de la gestión del espectro se trata en el Capítulo 7.

1.7 Desarrollo de la estructura organizativa de gestión del espectro

1.7.1 Generalidades

Ahora, las estructuras organizativas de alineamiento con estrategias empresariales suelen ser más sencillas que antes y lo suficientemente flexibles como para acomodar los cambios y optimizar las comunicaciones entre las distintas unidades operacionales. Hay dos tipos importantes de estructuras que podrían resultar indispensables para las organizaciones de gestión del espectro, a saber:

- una pequeña organización de gestión del espectro;
- una organización tradicional de gestión del espectro.

En el primer caso, el organismo de gestión del espectro está integrado por una reducida plantilla permanente de entre 10 y 15 técnicos en espectro, con una red de usuarios de espectro variable. Las relaciones laborales tienen carácter temporal, se establecen por proyectos y dependen del proyecto emprendido en cuestión. En el segundo caso, la organización recibe el nombre de «organización virtual», cuyo ejemplo se ilustra en la Figura 1.3.

1.7.2 Gestión descentralizada frente a gestión centralizada

Una estructura centralizada de gestión del espectro (como se aplica en la mayoría de los países) puede dar como resultado un proceso eficaz gracias a las economías de escala, la normalización de procesos y sistemas de la organización, y la toma de decisiones en el vértice de la organización. La ventaja de la gestión descentralizada es la capacidad de gestión in situ y la de ofrecer incentivos reales que pueden mejorar, o hacer más eficaces, los resultados de la organización.

Para mejorar la gestión global es preciso adoptar decisiones estratégicas con carácter centralizado, sin dejar de tomar decisiones operacionales cotidianas localmente. El proceso descentralizado funciona eficazmente siempre que la información necesaria (por ejemplo, las asignaciones de frecuencia) llegue a todo el personal gracias a un proceso de información centralizado. En algunos países con estructura de gestión centralizada, determinados elementos de las responsabilidades de gestión del espectro están descentralizados; por ejemplo, la gestión de los elementos relativos a las cuestiones marítimas es competencia de otro organismo gubernamental, del mismo modo que puede aplicarse a las cuestiones de aeronáutica y radiodifusión.

1.7.3 Gestión con estructura matricial

Una organización en equipo orientada a proyectos puede desembocar en un planteamiento matricial para la gestión del espectro. En el planteamiento matricial las capacidades funcionales están agrupadas. El planteamiento matricial se puede establecer en las cinco fases que se indican a continuación:

- Definir el proceso y las funciones implicadas.
- Definir lo que hace cada uno y la forma de realizar los trabajos.
- Identificar los espacios de la organización entre los componentes funcionales de la misma por los que pasan los procesos más importantes.
- Diseñar la infraestructura del equipo.
- Identificar las oportunidades de mejora de la eficacia del equipo.

1.7.4 Resumen de los principios

A continuación se resumen los principios básicos que deben considerarse al diseñar la estructura del organismo nacional de gestión del espectro:

- *General* – Minimizar el número de niveles de gestión (estructura plana). Todos los planteamientos de gestión del espectro requieren técnicas informáticas y programas informáticos avanzados. El organismo de gestión del espectro necesita basarse en información para ser eficaz. La complejidad de los problemas de gestión del espectro requiere de un planteamiento de gestión de equipos de proyecto.
- *Organizaciones grandes* – Si los problemas más importantes suceden en una zona local distinta de la zona de la estructura de gestión centralizada hay que descentralizar la estructura de la organización. Las estructuras descentralizadas pueden aportar soluciones eficaces y oportunas. La gestión matricial es un planteamiento eficaz para la resolución de problemas complejos con plantillas de reducido tamaño.
- *Organizaciones pequeñas* – En éstas se minimizan los niveles de gestión. Las organizaciones pequeñas, muy especialmente, necesitan tecnología informática y programas informáticos avanzados, y han de basarse en la información. Las organizaciones pequeñas no deben ocuparse de problemas complejos.

1.7.5 Sistemas de gestión del espectro

En la Fig. 1.1 se muestra un organigrama de las relaciones entre los requisitos funcionales y los resultados de la gestión del espectro. En ella se supone que el organismo de gestión del espectro tiene una plantilla de tamaño suficiente para poder dar soporte a todas las actividades, y que el Estado garantiza la ejecución de todas las actividades funcionales especificadas.

La primera cuestión que se plantea es si, «¿la Ley de Telecomunicaciones y el reglamento asociado necesitan todos esos requisitos funcionales?». La segunda cuestión es si, «¿los organismos de gestión del espectro disponen de recursos humanos suficientes para desempeñar cada una de esas funciones?». A continuación se describen tres ejemplos que pueden aplicarse en muchos países en desarrollo.

El tamaño de la plantilla profesional en relación con los requisitos funcionales se puede determinar de varias maneras. El tamaño de la plantilla debe basarse en los requisitos funcionales que a su vez podrían basarse en el valor actual de la estructura de telecomunicaciones del país, el número de solicitudes de nuevas licencias, o el número de frecuencias actuales y proyectadas. El parámetro más fácil de utilizar y entender es el número de frecuencias necesarias. En el Cuadro 1-3 se muestran asignaciones características de gamas de frecuencia para

cada uno de los tres sistemas de gestión de espectro. Aunque no es posible definir con precisión las diversas categorías, este Cuadro puede ser de utilidad para que los países planifiquen sistemas de gestión de espectro funcionales.

CUADRO 1-3

Número típico de actuaciones para estructuras de distintos tamaños

Sistema de gestión del espectro	Número típico de actuaciones, licencias o asignaciones de frecuencia	Tamaño estimado de la plantilla de personal	Observaciones
Pequeño	de 100 a 10 000	de 5 a 10	
Mediano	de 10 000 a 100 000	de 10 a 50	
Grande	más de 100 000	más de 50	Caso típico de un país desarrollado con más de 100 000 asignaciones de frecuencia

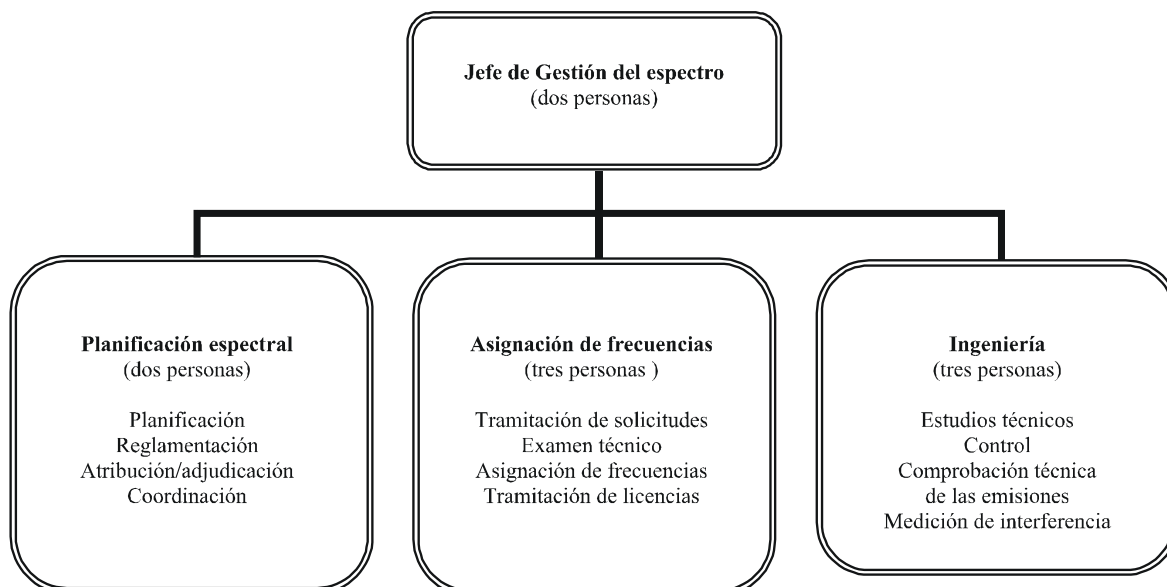
La cantidad típica de actuaciones importante depende del número de asignaciones de licencias/frecuencias procesadas por semana, o de las modificaciones introducidas en los parámetros de las licencias existentes. El tamaño de la plantilla depende también de la preparación técnica, formación y titulación técnica del personal.

Sistema de gestión de espectro del tamaño pequeño

Una organización de gestión del espectro de tamaño reducido con escasos sistemas de telecomunicación y pocas asignaciones de frecuencia necesita una plantilla básica de 5 a 10 personas. Dado que es probable que el número de frecuencias que realmente se utilizan sea superior a lo que indican los registros, conviene disponer de un pequeño grupo de comprobación técnica. Dicha plantilla no es la adecuada para realizar funciones de planificación e ingeniería de alto nivel. En este caso, puede ser necesario aplicar ciertas tasas por licencias para poder aumentar la plantilla de personal. Aunque no es preciso disponer de un sistema automatizado, es conveniente mantener una base de datos y efectuar trabajos básicos de ingeniería.

FIGURA 1.2

Organización de gestión del espectro de pequeño tamaño con personal profesional



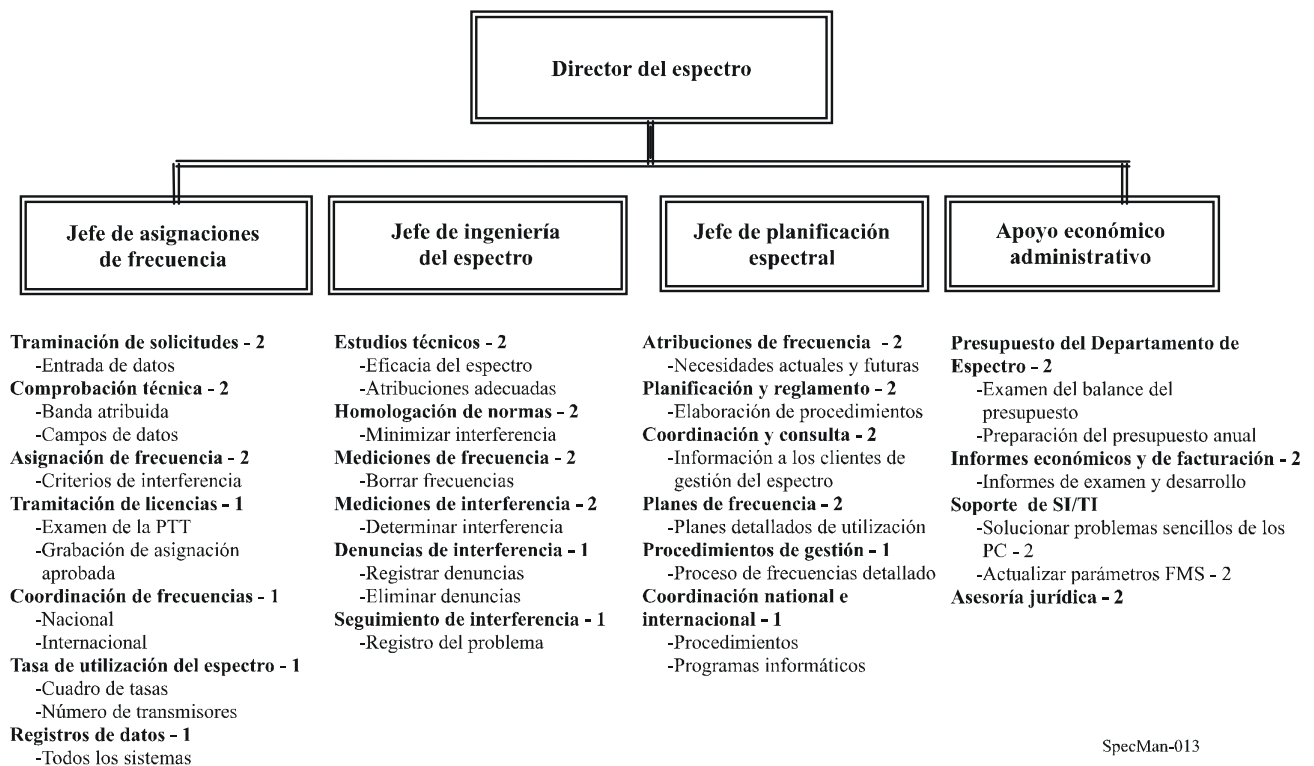
Sistema de gestión del espectro de mediano tamaño

Un sistema de gestión del espectro de mediano tamaño con una plantilla de entre 10 y 50 personas dispone de recursos suficientes para crear todos los puertos funcionales anteriormente descritos. Las funciones pueden estructurarse de diversas maneras. En la Fig. 1.3 se presenta un ejemplo en el que se supone un registro de asignaciones de frecuencia que asciende a 75 000 y unas 1 000 solicitudes de nuevas asignaciones al mes. No se incluyen aquí las funciones administrativas requeridas por el departamento de gestión del espectro. De acuerdo con esta directriz, se necesitarían aproximadamente 50 (es decir 75 000/1 500) personas. La Fig. 1.3 muestra una estructura que permitiría implementar efectivamente los elementos funcionales correspondientes a un organismo de gestión del espectro de tamaño mediano. En este modelo existen cuatro divisiones con las relaciones siguientes:

- La División de Asignación de Frecuencias se encarga de la tramitación de las asignaciones de frecuencia como se ha indicado. Este análisis lo efectúa el personal técnico y de ingeniería utilizando el SMS4DC. En la tramitación normal de asignaciones de frecuencia no se suele incluir investigaciones técnicas detalladas. Cuando una asignación exija un análisis detallado, la labor se encomendará a la División de Ingeniería del Espectro.
- La División de Ingeniería del Espectro vela por que los sistemas de radiocomunicaciones empleados funcionen de manera eficaz. En esta División se suele utilizar un sistema automatizado de gestión del espectro para realizar mediciones. Esta División apoya a las Divisiones de Asignación de Frecuencias y de Planificación del Espectro y también al gestor del espectro para ayudarle en tareas especiales.
- La División de Planificación del Espectro se encarga de elaborar el Plan creado gracias a la coordinación con las organizaciones nacionales apropiadas. Esto suele requerir el respaldo de las Divisiones de Asignación de Frecuencias y de Ingeniería del Espectro.
- La División de apoyo económico administrativo recauda las tasas por licencias y realiza diversas funciones administrativas y de planificación económica para el gestor del espectro.

FIGURA 1.3

Estructura de gestión del espectro de tamaño mediano con personal profesional



Sistema de gestión del espectro de tamaño grande

Un organismo de gestión del espectro de tamaño grande debe realizar también las funciones descritas anteriormente. El número de personas que trabajan en estas organizaciones suele ser mayor de 100 y el de asignaciones de frecuencia mayor de 100 000. Es necesario disponer de un sistema informático avanzado de gestión del espectro que mantenga los datos de todos los servicios y dé soporte de análisis de ingeniería para todas las gamas de frecuencias y sistemas. Su estructura puede organizarse como se ha indicado anteriormente, por servicios de radiocomunicaciones, o matricialmente por la función básica que aplica a los servicios. También se pueden implementar otros tipos de estructura organizativa.

1.8 Utilización del cibergobierno, los sistemas de gestión de calidad y los modelos de excelencia en la gestión del espectro

1.8.1 Generalidades

La organización de la gestión del espectro debe funcionar a un nivel óptimo con eficiencia y eficacia. Servir los intereses públicos exige que las actividades de autorización y concesión de licencias de espectro se realicen eficientemente y satisfagan las necesidades de los usuarios de radiocomunicaciones. En los últimos años, las organizaciones de gestión del espectro han empezado a utilizar con cada vez más frecuencia portales en línea a través de los cuales pueden presentarse las solicitudes de atribución y asignación de espectro radioeléctrico, que posteriormente se tramitan con sistemas informáticos. Estos sistemas suelen formar parte del Cibergobierno y ofrecen servicios de pago en línea y otros servicios como la facturación, la autorización, etc. Las organizaciones de gestión del espectro también miden la satisfacción de los clientes como parte de los modelos de excelencia (por ejemplo, EFQM), que ponen en práctica a través de los sistemas de gestión de la calidad.

1.8.2 Utilización de sistemas de gestión de la calidad (ISO 9001:2008)

Para que los clientes estén satisfechos, la organización ha de ajustarse a sus necesidades. La norma ISO 9001:2008 ofrece un marco probado para la adopción de un método sistemático de gestión de los procesos corporativos a fin de que sus resultados satisfagan las expectativas de los clientes.

La familia de normas ISO 9000 representa un consenso internacional sobre prácticas idóneas de gestión de la calidad. Está compuesta de normas y directrices relativas a los sistemas de gestión de la calidad y de las normas anexas relacionadas.

ISO 9001:2008 es la norma que presenta una serie de requisitos normalizados para los sistemas de gestión de la calidad, independientemente de lo que haga la organización del usuario, de su tamaño o de si pertenece al sector público o al privado. Es la única norma de la familia que puede certificar a las organizaciones, aunque la certificación no sea un requisito obligatorio de la norma.

En el Anexo 3 al presente Capítulo se presenta, como ejemplo, un esbozo de manual de sistema de gestión de la calidad utilizado por una organización de gestión del espectro.

Bibliografía

- FCC, Federal Communications Commission, Title 47 Telecommunications. U.S. Code of Federal Regulations, Part O, Organizations.
- MALONE, T. W., SCOTT, M., HALPERIN, M. y RUSSMAN, R. [julio/agosto de 1996] Organizing for the 21st Century: Research on Effective Organizational Structure for the Future. *Strategy & Leadership*, Vol. 24, 4, p. 6-11.
- NTIA [febrero de 1991] National Telecommunications and Information Administration. U.S. Department of Commerce, NTIA Special Publication 91-23, U.S. Spectrum Management Policy: Agenda for the Future.

Textos del UIT-R

- Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (Edición de 2012)
- Manual del UIT-R Comprobación técnica del espectro (Edición de 2011)
- Manual del UIT-R Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (CAT) (Edición de 2015)
- Rec. UIT-R SM.855 Sistemas de telecomunicación multiservicio
- Rec. UIT-R SM.1047 Gestión nacional del espectro
- Rec. UIT-R SM.1049 Método de gestión del espectro destinado a facilitar el proceso de asignación de frecuencias a estaciones de servicios terrenales en zonas fronterizas
- Rec. UIT-R SM.1131 Factores que intervienen en la atribución de espectro a escala mundial
- Rec. UIT-R SM.1132 Principios y métodos generales de compartición entre servicios de radio-comunicación o entre estaciones radioeléctricas
- Rec. UIT-R SM.1133 Utilización del espectro por servicios definidos en acepción amplia
- Rec. UIT-R SM.1138 Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones
- Rec. UIT-R SM. 1265 Métodos nacionales de atribución alternativos
- Rec. UIT-R SM.1413 Diccionario de datos de Radiocomunicaciones para notificación y coordinación
- Rec. UIT-R SM.1603 Reorganización del espectro como método de gestión nacional del espectro

ANEXO 1

AL CAPÍTULO 1

**La gestión internacional del espectro y la
Unión Internacional de Telecomunicaciones****1 Historia**

El primer registro de cooperación internacional en las telecomunicaciones aparece con motivo de la creación de la Unión Telegráfica Internacional en París (Francia) en 1865. La cooperación internacional en el ámbito de las radiocomunicaciones comenzó en 1903 con la Conferencia Preliminar sobre Radiotelegrafía, aunque no se consolidó plenamente hasta la primera Conferencia Radiotelegráfica Internacional, celebrada en Berlín en 1906. El Cuadro de atribución de bandas de frecuencias de la UIT se remonta a la Conferencia sobre Radiotelegrafía que atribuyó bandas de frecuencias entre 500 y 1 000 kHz para la correspondencia pública al servicio marítimo, una banda de frecuencias (por debajo de 188 kHz) para la comunicación a larga distancia de las estaciones costeras, y otra banda (188-500 kHz) para las estaciones no abiertas a la correspondencia pública.

Para facilitar la cooperación internacional, se crearon estructuras y procedimientos organizativos. En 1927, la Conferencia de Washington constituyó el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR) para el estudio de los problemas técnicos de radiocomunicaciones. En Madrid, en 1932, los países participantes decidieron crear una única organización con el nombre de Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), regida por un único Convenio Internacional de Telecomunicaciones y complementada por el Reglamento Teleográfico, el Reglamento Telefónico y el Reglamento de Radiocomunicaciones. Entre los resultados de la Conferencia de Madrid, con repercusión en las radiocomunicaciones, se encuentran los siguientes:

- división del mundo en dos Regiones a los efectos de atribución de bandas de frecuencias (Europa y las demás regiones);
- establecimiento de dos cuadros técnicos (uno de tolerancias de frecuencia y otro de anchuras de banda aceptables);
- definición de normas para el registro de nuevas estaciones transmisoras.

En 1947, la UIT celebró una Conferencia de Plenipotenciarios en Atlantic City con el propósito de desarrollar y modernizar su organización. En virtud de un acuerdo con las Naciones Unidas, se convirtió en una agencia especializada de las Naciones Unidas el 15 de octubre de 1947, y la Conferencia decidió que la sede central de la Organización se trasladase de Berna a Ginebra. Puede encontrarse más información sobre la historia de la UIT en la dirección <http://www.itu.int/en/history/Pages/DiscoverITUsHistory.aspx>.

2 Estructura organizativa

En el nivel de gestión más alto, las Conferencias de Plenipotenciarios de la Unión se reúnen cada cuatro años para examinar las políticas generales a fin de cumplir el propósito de la UIT. Revisan la Constitución y el Convenio, cuando es necesario, establecen el Plan Financiero y el límite fiscal para los gastos y eligen al Secretario General, al Vicesecretario General, a los Estados Miembros del Consejo, a los miembros individuales de la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones y a los Directores de los tres Sectores. El Consejo, integrado por la cuarta parte de los Estados Miembros de la UIT (48), se reúne anualmente para adoptar decisiones políticas y presupuestarias entre dos Conferencias de Plenipotenciarios. El Consejo supervisa las funciones administrativas de la UIT y aprueba el presupuesto bianual y los Planes Operacionales de los Sectores.

La UIT tiene tres Sectores: el de Radiocomunicaciones, el de Normalización de las Telecomunicaciones y el de Desarrollo de las Telecomunicaciones.

Las actividades y decisiones de la UIT desempeñan un papel esencial en el ámbito de la gestión nacional del espectro radioeléctrico. Por lo tanto resulta indispensable que las administraciones conozcan estas actividades y sean plenamente conscientes de las mismas, de modo que su participación en ellas permita que se tengan en cuenta sus intereses nacionales.

El grado de participación dependerá del tipo de actividad, junto con las prioridades, intereses y recursos de la administración.

La notificación, coordinación e inscripción de frecuencias son tareas esenciales para que las administraciones y sus servicios de radiocomunicaciones obtengan protección internacional. Estas actividades pueden realizarse por correspondencia con la UIT y otras administraciones o, en el caso de la coordinación de satélites, mediante negociaciones bilaterales y multilaterales.

Sector/Oficina de Radiocomunicaciones

La Oficina de Radiocomunicaciones (BR) del Sector de Radiocomunicaciones está presidida por un Director apoyado por la Secretaría de la BR.

La Oficina:

- ofrece soporte administrativo y técnico a las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones, la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB), las Asambleas de Radiocomunicaciones y las Comisiones de Estudio, y también a los Grupos de Trabajo y los Grupos de Tareas Especiales;
- aplica las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones y de los diversos Acuerdos Regionales;
- inscribe y registra las asignaciones y adjudicaciones de frecuencia así como las características orbitales de las estaciones espaciales, y mantiene el Registro Internacional de Frecuencias;
- asesora a los Estados Miembros sobre la utilización equitativa y efectiva del espectro radioeléctrico y de las órbitas de los satélites, e investiga los expedientes de interferencia perjudicial y contribuye a su resolución;
- coordina la preparación, redacción y despacho de circulares, documentos y publicaciones elaborados en el Sector, necesarios para desempeñar sus responsabilidades;
- proporciona información técnica y organiza seminarios sobre gestión nacional de frecuencias y de radiocomunicaciones, en estrecha colaboración con la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones para ayudar a los países en desarrollo.

Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones

Los doce miembros electos de la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB), en representación de cinco (5) regiones administrativas de la UIT, ejecutan su cometido a tiempo parcial, y suelen reunirse un máximo de cuatro veces al año, en Ginebra.

La Junta:

- aprueba las Reglas de Procedimiento, utilizadas por la Oficina de Radiocomunicaciones para aplicar las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones e inscribir las asignaciones de frecuencia efectuadas por los Estados Miembros;
- se encarga de los asuntos remitidos por la Oficina que no pueden resolverse por aplicación del Reglamento de Radiocomunicaciones ni de las Reglas de Procedimiento;
- considera los Informes de las investigaciones de interferencia no resueltas realizados por la Oficina a petición de una o varias administraciones y formula Recomendaciones al respecto;
- ofrece consejo a las Conferencias de Radiocomunicaciones.

El Director de la Oficina es el Secretario Ejecutivo de la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones (CMR y CRR)

Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones

Las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR) establecen y revisan el Reglamento de Radiocomunicaciones, tratado internacional que contempla la utilización del espectro radioeléctrico por los servicios de radiocomunicaciones. En función de su orden del día, las CMR pueden:

- revisar el Reglamento de Radiocomunicaciones y cualquier asignación de frecuencias y Plan de Adjudicación, según proceda;
- abordar cualquier asunto en materia de radiocomunicaciones de carácter mundial o regional de la UIT;
- formular encargos a la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones y examinar sus actividades;
- determinar cuestiones para su examen en las Comisiones de Estudio a fin de preparar futuras Conferencias de Radiocomunicaciones.

Las CMR se suelen convocar cada tres o cuatro años. El Consejo fija el orden del día a partir del proyecto de orden del día, según lo acordado en la CMR anterior.

Las modificaciones de las atribuciones internacionales pueden tener una repercusión importante en el funcionamiento de los servicios nacionales existentes. La mayor parte de las administraciones tiene la oportunidad de preparar la CMR participando en los Grupos preparatorios de las organizaciones regionales (CITEL, CEPT, APT, ASMG, la CRC y la ATU). Estos grupos regionales preparan propuestas comunes para cada punto del orden del día e información de carácter técnico y reglamentario sobre antecedentes. Los preparativos regionales pueden aliviar la carga sobre las administraciones que dispongan tan sólo de recursos limitados gracias a que se comparten los resultados de los estudios técnicos y reglamentarios que sean necesarios.

Muchos países establecen grupos de coordinación integrados por miembros que representan a usuarios de radiocomunicaciones del sector público y del privado a fin de facilitar un amplio proceso de consultas. El objetivo es desarrollar posiciones nacionales acordadas y documentación informativa para cada punto del orden del día de la CMR. En muchos casos, puede ser suficiente que la posición nacional se limite a apoyar la posición regional correspondiente.

Una vez celebrada la CMR, es preciso dar curso a las decisiones de la Conferencia a escala nacional. Como parte del proceso de consulta vigente, el primer paso suele ser la publicación de un informe de los resultados, en el que se expliquen adecuadamente las repercusiones previstas en los usuarios y las oportunidades de ofrecer nuevos servicios. El segundo paso consistirá en adaptar el Cuadro de atribución nacional de bandas de frecuencias a los cambios mundiales acordados y a los plazos de entrada en vigor de las modificaciones.

Conferencia Regional de Radiocomunicaciones

En las Conferencias Regionales de Radiocomunicaciones (CRR) se estudian temas de radiocomunicaciones interesantes para la Región de que se trate y las necesidades de sus Estados Miembros.

Asamblea de Radiocomunicaciones

La Asamblea de Radiocomunicaciones (AR) es responsable de la estructura, programa y aprobación de los estudios de radiocomunicaciones. La Asamblea:

- aprueba las Recomendaciones y Cuestiones del UIT-R elaboradas en las Comisiones de Estudio encargadas de temas relativos a las Radiocomunicaciones;
- define el programa de trabajo de las Comisiones de Estudio, y constituye o disuelve Comisiones de Estudio con arreglo a las necesidades de cada momento.

Las Asambleas de Radiocomunicaciones suelen convocarse cada tres o cuatro años y asociarse temporal y espacialmente a las CMR.

Grupo Asesor de Radiocomunicaciones

El Grupo Asesor de Radiocomunicaciones (GAR) forma parte del Sector de Radiocomunicaciones definido en la Constitución (CS84A) y el Convenio (CV160A-160I) de la UIT, siendo sus cometidos los siguientes:

- examinar las prioridades y estrategias adoptadas en el Sector;
- supervisar el progreso de los trabajos de las Comisiones de Estudio;
- ofrecer orientaciones para los trabajos de las Comisiones de Estudio; y
- recomendar medidas para fomentar la cooperación y coordinación con otras organizaciones y con los demás Sectores de la UIT.

El GAR asesora al Director (BR) y la Asamblea de Radiocomunicaciones puede remitir determinados asuntos de su competencia al GAR (CV137A).

Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones

Hay miles de especialistas de administraciones y otros organismos y entidades de telecomunicaciones de todo el mundo que participan en los trabajos de las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones, en las que:

- elaboran proyectos de Recomendaciones e Informes del UIT-R sobre las características técnicas de los servicios y sistemas de radiocomunicaciones, y los procedimientos operacionales para aplicarlos; y
- compilan Manuales sobre la gestión del espectro y los servicios y sistemas de radiocomunicación incipientes.

Los proyectos de Recomendaciones UIT-R pueden aprobarse por correspondencia o en la siguiente Asamblea de Radiocomunicaciones.

En la actualidad existen seis Comisiones de Estudio (CE):

- CE 1 Gestión del espectro²³
- CE 3 Propagación de las ondas radioeléctricas²⁴
- CE 4 Servicios por satélite²⁵
- CE 5 Servicios terrenales²⁶
- CE 6 Servicio de radiodifusión²⁷
- CE 7 Servicios científicos²⁸

Por otra parte, la Asamblea de Radiocomunicaciones recibe informes de los siguientes grupos especializados:

- SC Comisión Especial para Asuntos Reglamentarios y de Procedimiento, que se dedica principalmente a preparar un Informe para la RPC;
- CCV Comité de Coordinación para el Vocabulario;
- RPC Reunión Preparatoria de la Conferencia, cuya función básica es preparar un Informe para la CMR.

Las Recomendaciones, los Informes y demás material elaborado por las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones, mediante la participación de los Miembros y Asociados de la UIT y gracias a sus contribuciones, proporcionan las bases técnicas para la gestión del espectro. Cabe mencionar las

²³ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg1/Pages/default.aspx>.

²⁴ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/default.aspx>.

²⁵ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg4/Pages/default.aspx>

²⁶ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/Pages/default.aspx>

²⁷ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg6/Pages/default.aspx>

²⁸ <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg7/Pages/default.aspx>

Recomendaciones sobre los criterios de compartición entre servicios de radiocomunicaciones que se definen en el RR. Cada Comisión de Estudio tiene uno o más Grupos de Trabajo que se encargan de subconjuntos de temas dentro de su ámbito y, en ciertos casos, pueden tener Grupos de Tareas Especiales para resolver cuestiones específicas y urgentes.

Las Comisiones de Estudio y sus Grupos de Trabajo organizan reuniones al menos una vez al año, normalmente en la Sede de la UIT, en Ginebra. Debido a la limitación de los recursos, las administraciones deben identificar sus intereses de modo que su participación pueda centrarse eficazmente en las actividades que tengan un interés nacional directo.

Reunión preparatoria de la conferencia

En las Reuniones preparatorias de la conferencia (RPC) se prepara un informe consolidado sobre las bases técnicas, operacionales, reglamentarias y de procedimiento para la siguiente CMR.

Cada Comisión de Estudio elabora los estudios de carácter técnico u operacional pertinentes. Los estudios sobre asuntos reglamentarios/procesales también pueden llevarse a cabo en el seno de las Comisiones de Estudio y Grupos de Trabajo identificador por la RPC. Los asuntos reglamentarios y de procedimiento se tratan en la Comisión Especial, según determinen la AR y la CMR. Esa Comisión actúa como una Comisión de Estudio.

La RPC actualiza y racionaliza los documentos de las Comisiones de Estudio y de la Comisión Especial junto con los nuevos documentos que le puedan ser presentados.

ANEXO 2

AL CAPÍTULO 1

Ejemplo esquemático del Manual nacional de normas y procedimientos para la gestión del espectro radioeléctrico

1 Generalidades

Todos los usuarios del espectro deben poder acceder a un Manual de normas y procedimientos de gestión de frecuencias. Este Manual, que compila información sobre la gestión del espectro, facilitaría orientaciones normativas a los usuarios del espectro. El Manual podría dividirse en 11 Capítulos, como sigue:

- Capítulo 1: Organización de la gestión del espectro
- Capítulo 2: Competencia de la asignación de frecuencias
- Capítulo 3: Objetivos de la gestión nacional del espectro
- Capítulo 4: Acuerdos internacionales
- Capítulo 5: Definiciones utilizadas en la gestión del espectro
- Capítulo 6: Atribución de bandas de frecuencias y planes de distribución de canales
- Capítulo 7: Solicitudes de utilización de frecuencias
- Capítulo 8: Procedimientos de tramitación de licencias
- Capítulo 9: Normas aplicable a servicios y aplicaciones de radiodifusión especiales:
- Capítulo 10: Normas para equipos dependientes del espectro
- Capítulo 11: Usos de la comprobación técnica en la gestión de frecuencias.

2 Análisis

En el *Capítulo 1* del Manual se describiría la infraestructura de gestión del espectro. La gestión del espectro suele efectuarla una autoridad de reglamentación independiente. Este organismo tiene la responsabilidad básica de efectuar las asignaciones de frecuencia y la tramitación de licencias. Deben incluirse un diagrama de la organización y las descripciones correspondientes.

El *Capítulo 2* contiene las leyes y normas que otorgan a la autoridad de reglamentación independiente la responsabilidad de asignar frecuencias y otorgar licencias. En este Capítulo figuraría la Ley de Telecomunicaciones.

El *Capítulo 3* trata de la gestión nacional de frecuencias en términos de los objetivos nacionales de utilización de los sistemas de telecomunicaciones. Para que la gestión del espectro tenga en cuenta eficazmente los futuros sistemas de telecomunicaciones, la prioridad de dichos sistemas debe entenderse en el contexto de los objetivos nacionales.

En el *Capítulo 4* se describe la UIT y sus funciones en la gestión internacional de frecuencias, incluidas las actividades de la Oficina de Radiocomunicaciones. Los acuerdos internacionales sobre la utilización de frecuencias sirven de base para atribuir y adjudicar bandas de frecuencias nacionales.

El *Capítulo 5* contiene un conjunto de definiciones (servicios de radiocomunicaciones, clases de estaciones radioeléctricas, parámetros técnicos de las estaciones, etc.) utilizadas por la comunidad internacional de gestión del espectro, las cuales permiten a los gestores del espectro comunicar la información sobre las asignaciones de frecuencia y respaldar de común acuerdo las asignaciones que figuran en la Lista Internacional de Frecuencias de la UIT.

El *Capítulo 6* es el más importante del Manual. Está integrado por las atribuciones internacionales y nacionales de bandas de frecuencias y por las adjudicaciones de frecuencia nacionales y planes de distribución de canales. La autoridad de reglamentación independiente debe utilizar el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias para planificar la disponibilidad de espectro. Las bandas que no tienen una atribución nacional específica se atribuyen conforme al Reglamento de Radiocomunicaciones para la región correspondiente. Se referenciarán disposiciones nacionales especiales, cuando convenga, como «Notas del País». También se referencian notas internacionales aplicables al Cuadro Nacional. Los planes de distribución de canales se insertarán, tras el Cuadro de atribución, para las bandas de frecuencias que tengan esquemas de distribución de canales recomendados. A los efectos de asignación de frecuencias, estos planes tienen carácter orientativo.

El *Capítulo 7* trata de la tramitación de solicitudes de asignación de frecuencia o de autorización de utilización de bandas de frecuencias especializadas (por ejemplo, del servicio móvil marítimo). Asimismo, se facilita un esquema del proceso de asignación de frecuencias en el marco de la autoridad de reglamentación independiente y se incluye un diagrama de flujo del proceso.

El *Capítulo 8* trata del sistema de tramitación de licencias para los equipos radioeléctricos en uso. Mediante las licencias, la autoridad de reglamentación independiente controla la importación, exportación, disfrute y uso de los equipos radiotransmisores. Los operadores de radiocomunicaciones también están obligados a obtener una licencia cuando se trata de los servicios marítimo y de aficionados. En el Anexo figuran los diversos formularios de solicitud y de licencias.

El *Capítulo 9* contiene los reglamentos correspondientes a cuatro clases especiales de servicio de radiocomunicaciones. Estos servicios son el de radioaficionados, el experimental, el ICM (dispositivos industriales, científicos y médicos) y los dispositivos de baja potencia.

Las estaciones experimentales de radiocomunicaciones son necesarias, para los procesos de investigación y desarrollo en muchos ámbitos tecnológicos. Estas estaciones no ejecutan funciones de comunicaciones aunque son necesarias para el desarrollo de nuevos sistemas de radiocomunicaciones y como soporte de la investigación científica. En la mayor parte de los países no existen normas para acomodar esta clase de estaciones, salvo la de no provocar interferencia perjudicial.

Entre los dispositivos de RF industriales, científicos y médicos (ICM) se encuentran elementos tales como los soldadores de arco estabilizados, los equipos médicos de diatermia, los instrumentos quirúrgicos de RF y los hornos de microondas.

Las leyes de la radiocomunicación no suelen distinguir entre los equipos radioeléctricos normales y los transmisores de baja potencia utilizados en aplicaciones tales como mandos a distancia y teléfonos inalámbricos. A falta de que se revisen estas leyes, el Manual debe especificar las características de los dispositivos de baja potencia y definir una política global con respecto a la no obligatoriedad de reunir los requisitos de licencia.

El *Capítulo 10* debe enumerar las normas de la autoridad de reglamentación independiente para los equipos dependientes del espectro. Estas normas pueden utilizarse como criterios para las pruebas de los equipos radioeléctricos en los laboratorios correspondientes y para el examen de las solicitudes de licencias de importación a fin de verificar el cumplimiento de las normas.

El *Capítulo 11* debe tratar de la comprobación técnica del espectro radioeléctrico y de las políticas de la autoridad de reglamentación independiente sobre utilización de la comprobación técnica en el proceso de gestión de frecuencias.

ANEXO 3

AL CAPÍTULO 1

Manual de Calidad de una organización de gestión del espectro

1 Alcance y propósito

1.1 Generalidades

En este Anexo se especifica el alcance del sistema de gestión de la calidad del Departamento de Espectro y Asuntos Exteriores de la Autoridad de Reglamentación de las Telecomunicaciones (en adelante denominado DEAE).

El manual rige todas las actividades y procesos del sistema de gestión de la calidad del DEAE, que se ocupa de lo siguiente: atribución del espectro, radiodifusión, comprobación técnica del espectro, estrategia del espectro y asuntos exteriores.

Exclusiones

El DEAE ha excluido la cláusula 7.3 (Diseño y desarrollo) del alcance de su sistema de gestión de la calidad, pues no lleva a cabo ninguna actividad de diseño y/o desarrollo, así como la cláusula 7.5.2, pues el DEAE no exige la validación para ninguno de sus procesos.

1.2 Propósito

El objetivo del manual de calidad es determinar el alcance del sistema de gestión de la calidad y servir de referencia para los procedimientos documentados creados para el sistema de gestión de la calidad. En el manual de calidad también se describe la interacción entre diversos procesos del sistema de gestión de la calidad.

2 Introducción al DEAE

La Autoridad de Reglamentación de las Telecomunicaciones (TRA) de Emiratos Árabes Unidos (EAU) fue creada de conformidad con la Ley Federal de los EAU por el Decreto nº 3 de 2003, enmendado, Ley de Telecomunicaciones.

Los objetivos orgánicos de la TRA se derivan de la Ley de Telecomunicaciones de EAU, su Ordenanza Ejecutiva y la Política Nacional de Telecomunicaciones de EAU. Estos objetivos puede resumirse en la garantía de la adecuación de los servicios de telecomunicaciones en todo EAU; la mejora de los servicios, tanto en términos de calidad como de variedad; la garantía de la calidad del servicio y el respeto de los términos de las licencias por parte de los detentores de las mismas; el fomento de las telecomunicaciones y los servicios de TI en EAU; la promoción y mejora del sector de telecomunicaciones en EAU; el fomento y desarrollo del sector de telecomunicaciones de EAU mediante la formación, el desarrollo y la creación de las instituciones de formación pertinentes; la resolución de controversias entre los operadores con licencia; la creación y aplicación de un marco político y reglamentario; el fomento de nuevas tecnologías; la garantía de que EAU se convierte en un centro regional de TIC; el desarrollo del capital humano del país y el fomento de la investigación y el desarrollo.

El Departamento de Espectro y Asuntos Exteriores participa en todas las actividades relacionadas con el espectro y los asuntos exteriores, como la planificación, la atribución la coordinación, la comprobación técnica y la fiscalización. El DEAE está formado por las siguientes secciones:

- estrategia del espectro
- atribución del espectro
- radiodifusión

- comprobación técnica del espectro
- asuntos exteriores

El DEAE está dirigido por el Director Ejecutivo de Espectro y Asuntos Exteriores. Cada sección está dirigida por un Administrador Jefe. El DEAE tiene sede en Abu Dhabi y Dubái.

A continuación se describe el objetivo principal de cada sección:

- **Estrategia del espectro** – Regula y gestiona eficazmente el espectro radioeléctrico, que es un recurso natural nacional escaso, prepara los instrumentos de reglamentación del espectro (políticas, reglamentos, normas, procedimientos, órdenes, resoluciones, etc.) para su promulgación y atrae nuevas tecnologías inalámbricas al mercado de EAU.
- **Atribución del espectro** – Se ocupa de las autorizaciones de espectro (atribuciones y asignaciones) para todos los usuarios de EAU y todos los servicios, excepto los recursos orbitales y la radiodifusión.
- **Servicios de radiodifusión** – Gestiona y regula todos los servicios de radiodifusión, incluidos los servicios de «sonido, multimedia + datos y televisión ofrecidos por vía terrenal, por satélite o por cable» y se ocupa de todos los asuntos y proyectos conexos, tanto desde el punto de vista técnico como reglamentario.
- **Comprobación técnica del espectro** – Se ocupa de la comprobación técnica del espectro radioeléctrico, las mediciones y la resolución de los casos de interferencia perjudicial; además, lleva a cabo investigaciones sobre interferencia y otros asuntos.
- **Asuntos exteriores** – Lleva a cabo la coordinación del espectro radioeléctrico con otros países, representa a EAU en todos los foros internacionales en tanto que Administración de EAU para las telecomunicaciones y las TIC, y gestiona y regula los servicios espaciales de EAU.

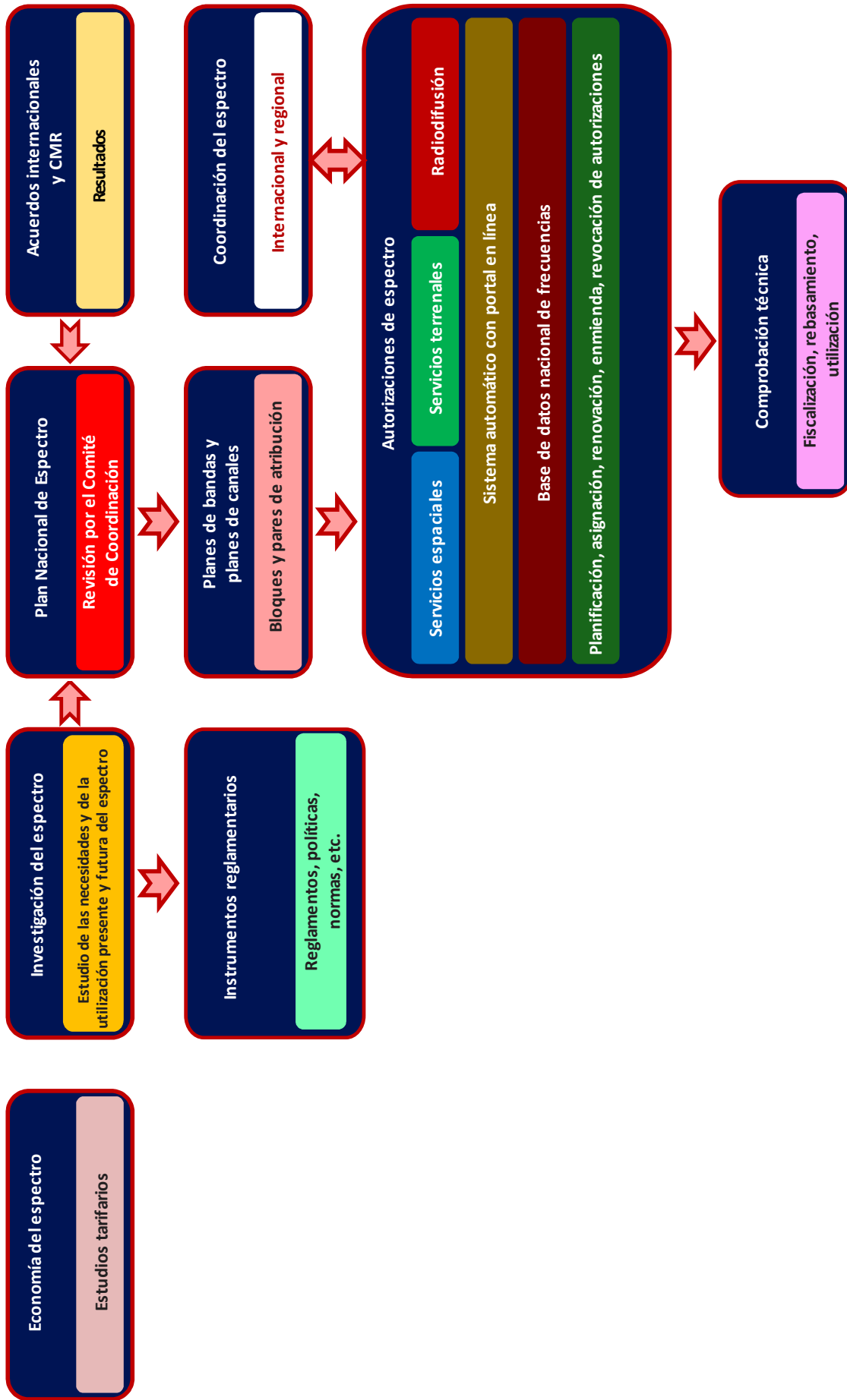
3 Descripción de los procesos

El DEAE ha definido diversos procesos para llevar a cabo las tareas que le ha confiado la TRA. El DEAE interactúa con otros departamentos de la TRA, los EAU y entidades internacionales. En la siguiente figura se resaltan algunas de las entidades con que interactúa el DEAE.



El DEAE también mantiene una base de datos con todas las autorizaciones de espectro. El DEAE se ha asociado con un proveedor que le proporciona las herramientas más modernas para la gestión de la base de datos de espectro. También se ha asociado con tres proveedores que le facilitan las herramientas y equipos de comprobación técnica del espectro.

En la siguiente figura se muestran las interacciones entre las diversas secciones del DEAE.



4 Sistema de gestión de la calidad

4.1 Requisitos generales

El DEAE ha creado, documentado y aplicado un sistema de gestión de la calidad, que mantiene y mejora continuamente, que cubre los requisitos de ISO 9001:2008. El DEAE:

- a) ha definido los diversos procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad;
- b) ha definido la secuencia y la interacción de dichos procesos;
- c) ha definido los criterios y métodos necesarios para garantizar el funcionamiento efectivo y el control de esos procesos;
- d) ha garantizado la disponibilidad de la información necesaria para el funcionamiento y el control de los procesos;
- e) ha tomado medidas para supervisar y analizar los procesos;
- f) ha tomado las medidas necesarias para lograr los resultados previstos y mejorarlos continuamente.

El DEAE gestiona esos procesos de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 9001:2008.

4.2 Requisitos documentales

4.2.1 Aspectos generales

La organización ha preparado la documentación de su sistema de gestión de la calidad, que comprende lo siguiente:

- a) **Manual del sistema de calidad:** el Manual del sistema de calidad es un documento político de alto nivel donde se esbozan la estructura y los principios generales del sistema de gestión de la calidad. Se describe la interacción de los diversos elementos de ISO 9001:2008 con el sistema de gestión de la calidad del DEAE.
El *QCR – SS* prepara el Manual del sistema de calidad, que posteriormente revisa el *QMR* y aprueba el *EDSIA*. Se distribuyen copias controladas del Manual del sistema de calidad a todos los interesados de la lista de distribución controlada, que figura en la segunda página del Manual de calidad.
- b) **Procedimientos:** Los procedimientos son documentos del sistema de calidad de un nivel inferior que contienen una descripción detallada de cómo se han abordado y cumplido los requisitos especificados en ISO 9001:2008 en las diversas funciones de la organización. Cada sección prepara los procedimientos que le conciernen y éstos son revisados por los jefes de cada sección y aprobados por el *EDSIA*. Los procedimientos sirven de guía operativa para todo el personal concernido y garantizan que los procesos se llevan a cabo de manera controlada y sistemática. Se distribuyen copias controladas a todos los interesados de la lista de distribución controlada, que figura en la segunda página de cada procedimiento.
- c) **Registros de calidad:** los registros de calidad, generados como resultado de las actividades del DEAE, se referencian convenientemente en todos los procedimientos pertinentes e incluyen datos/registros como informes, hojas de control y demás información generada durante la realización rutinaria de las actividades.

4.2.2 Manual de calidad

En la Sección 1 se indica el alcance y se detallan las exclusiones; en la Sección 3 se describen las interacciones de los procesos.

4.2.3 Control de documentos

La organización ha establecido un procedimiento para el control de los documentos utilizados en su sistema de gestión de la calidad. Con este control se garantiza:

- a) que se aprueba la adecuación de los documentos antes de su publicación;
- b) que los documentos se examinan, actualizan, de ser necesario, y se vuelven a someter a aprobación;
- c) que los documentos se identifican, indicándose su nivel de revisión;
- d) que las versiones pertinentes de los documentos están disponibles allí donde se realizan las actividades esenciales al funcionamiento efectivo del sistema y los procesos de calidad;
- e) que los documentos son legibles y pueden identificarse y extraerse fácilmente;
- f) que se identifican los documentos aplicables (reglamentos, notificaciones, etc.) de origen externo y su distribución está controlada;
- g) que los documentos obsoletos se eliminan de todos los puntos de publicación o utilización, o se controlan para evitar su utilización involuntaria. Todo documento obsoleto mantenido por motivos jurídicos o de memoria histórica se identifica convenientemente.

Cabe señalar que el QMR guarda y controla las copias más recientes. Todas las copias se descargan del servidor e imprimen, y las que no van selladas se consideran copias no controladas. El procedimiento establecido para el control de documentos es el procedimiento interno de «Control de documentos y datos» TRASIAP21.

4.2.4 Control de registros

Los registros de calidad se mantienen y controlan para demostrar su conformidad con los requisitos y el funcionamiento efectivo del sistema de gestión de la calidad. El DEAE ha creado y aplica procedimientos del sistema de gestión de la calidad para la identificación, almacenamiento, extracción, protección, tiempo de retención y eliminación de los registros de calidad. El procedimiento establecido para el control de documentos es el procedimiento interno de «Control de documentos y datos» TRASIAP21.

5 Responsabilidad de gestión

5.1 Compromiso de gestión

El DEAE hace de la calidad una de sus grandes prioridades y lo demuestra con la elaboración y mejora del sistema de gestión de calidad:

- a) comunicando a todas las secciones del DEAE la importancia de satisfacer los requisitos de los clientes y los requisitos reglamentarios y jurídicos;
- b) habiendo establecido una política y unos objetivos de calidad del DEAE, que se preparan para cada sección individualmente, y garantizando su aplicación efectiva;
- c) realizando exámenes de gestión y garantizando que se lleva a cabo cada seis meses y examen de la calidad del rendimiento; y
- d) garantizando la disponibilidad de los recursos necesarios para el funcionamiento y el mantenimiento del sistema de gestión de la calidad.

5.2 Orientación al cliente

El DEAE participa constantemente en la promoción de eventos relacionados con las telecomunicaciones más modernas mediante una activa participación en la UIT y demás foros nacionales e internacionales. La dirección del DEAE se asegura de que éste se muestra proactivo en su preparación para responder a cualquier requisito presente o futuro de sus clientes.

5.3 Política de calidad

El DEAE ha elaborado una política de calidad, que se da a conocer en sesiones de información y de formación y se pone a la vista, en inglés y árabe, en las oficinas. La política de calidad de se examina, como mínimo, una vez al año en el marco de las reuniones de examen de gestión, a fin de garantizar su continua adecuación.

A continuación se reproduce la política de calidad para facilitar su consulta. Puede obtenerse una copia original de la política de calidad en el QMR.

«POLÍTICA DE CALIDAD (Espectro y Asuntos Exteriores)

El Departamento de Espectro y Asuntos Exteriores de la Autoridad de Reglamentación de las Telecomunicaciones de Emiratos Árabes Unidos se compromete a aplicar las más elevadas normas de calidad al ofrecer sus servicios a clientes y socios utilizando sistemas avanzados de asignación, atribución, comprobación técnica y coordinación del espectro de radiofrecuencias, de conformidad con las prácticas idóneas internacionales en materia de gestión del espectro.

El Departamento se compromete asimismo a salvaguardar los intereses de Emiratos Árabes Unidos de sus clientes y socios de manera eficiente y eficaz en los foros regionales e internacionales de TIC.»

5.4 Planificación

5.4.1 Objetivos de calidad

El DEAE ha definido objetivos de calidad para todas sus secciones. Estos objetivos se formulan en términos mensurables y se basan en los Indicadores fundamentales de rendimiento de cada sección. Estos objetivos se revisan periódicamente, como se define en la matriz de objetivos de calidad, y son coherentes con la política de calidad y el compromiso de mejora continua y cumplimiento de los requisitos definidos para los productos.

5.4.2 Planificación del sistema de gestión de la calidad

El DEAE ha creado varias herramientas de planificación que incluyen los objetivos de calidad definidos por la dirección. La participación del DEAE en los diversos foros regionales e internacionales también ayuda a la planificación de las distintas actividades que lleva a cabo el DEAE dentro de la TRA.

5.5 Responsabilidad, autoridad y comunicación

5.5.1 Responsabilidad y autoridad

El DEAE es uno de los departamentos de la TRA responsable del espectro y los asuntos exteriores. En el marco de la TRA, la sección de Capital Humano del Departamento de Servicios de Apoyo se encarga de definir las funciones y responsabilidades de cada puesto. En los procesos del sistema de calidad también se describen las responsabilidades del personal en función de los distintos requisitos del sistema de calidad. En la página siguiente se reproduce el organigrama de la organización para facilitar su consulta. Puede obtenerse una copia original de la política de calidad en el QMR.

5.5.2 Representante de la dirección

El EDSIA ha designado al Gestor Principal de la Estrategia del Espectro como Representante de gestión de la calidad (QMR) que, independientemente de sus demás responsabilidades, ha definido las responsabilidades y autoridades dentro del sistema de gestión de la calidad y comprenden:

- a) la garantía de que los procesos del sistema de gestión de la calidad se definen y mantienen de conformidad con los requisitos de ISO 9001:2008;
- b) la rendición de informes a la dirección sobre el rendimiento del sistema de gestión de la calidad, incluidas las necesidades de mejora;
- c) el conocimiento de los requisitos de los clientes en toda la organización;
- d) la coordinación con entidades externas en relación con el sistema de gestión de la calidad.

5.5.3 Comunicación interna

El DEAE ha establecido una comunicación interna entre niveles y funciones distintos. Todos los puestos pertinentes disponen de direcciones de correo electrónico individuales y de equipos de comunicación interna

propios. Además, todos disponen de ordenadores personales y portátiles, según corresponda. También el EDSIA interactúa periódicamente con los directivos y demás personal para garantizar el flujo ininterrumpido de comunicación. Siempre que es necesario se celebran reuniones de departamento para garantizar que todo el personal está al día de la planificación y ejecución de las diversas estrategias formuladas por la dirección.

5.6 Examen de gestión

El DEAE examinará el sistema de gestión de la calidad en su integridad en el marco de exámenes de gestión periódicos. El examen de gestión se realizará, como mínimo, una vez por semestre. Estos exámenes garantizarán la continua adecuación, adaptación y eficacia de todo el sistema de calidad. El examen comprende una evaluación de la necesidad de modificar el sistema de gestión de la calidad, incluidos la política y los objetivos de calidad. El orden del día de la reunión para el examen de gestión se distribuirá al menos una semana antes de la fecha de la reunión.

Como mínimo, en el examen de gestión se abordarán los siguientes temas:

- a) resultados de los informes de auditoría interna y externa;
- b) comunicación de los clientes, incluidas las quejas que se deban tratar en el examen de gestión;
- c) rendimiento de los procesos y conformidad de los productos;
- d) aplicación de medidas preventivas y correctivas;
- e) actividades de seguimiento derivadas de anteriores exámenes de gestión;
- f) cambios que podrían afectar al sistema de gestión de la calidad;
- g) examen de la política de calidad y de los objetivos de calidad;
- h) recomendaciones de mejora.

Se documentarán todas las decisiones adoptadas en el examen de gestión, donde se atribuirán las responsabilidades y se fijarán los plazos para la aplicación de dichas decisiones. Los exámenes de gestión quedan registrados en las actas de cada reunión de examen de gestión.

6 Gestión de recursos

6.1 Suministro de recursos

Habida cuenta de los exámenes de gestión y demás controles de gestión, la dirección considera las necesidades en materia de recursos y garantiza su suministro puntual. Cada sección del DEAE cuenta con un representante del círculo de calidad. Dado que el DEAE forma parte de la TRA, la relación con los clientes se gestiona a través del Departamento de Comunicaciones Corporativas, aunque los registros de comunicación con los clientes se conservan en el EDSIA.

6.2 Recursos humanos

6.2.1 Aspectos generales

La gestión de los recursos humanos se considera uno de los procesos más importantes del sistema de gestión de la calidad. Dentro de la TRA, la Sección de Capital Humano se encarga principalmente de garantizar el cumplimiento de los requisitos de competencia. Los datos relativos a la competencia y formación de cada empleado también se conservan en la Sección de Capital Humano.

6.2.2 Competencia, formación y conocimientos

Aunque forma parte de la TRA, el DEAE no participa directamente en los procesos de formación, conocimiento y competencia. Dado que la TRA es una entidad del Gobierno de Emiratos Árabes Unidos y la emiratización es uno de los principales objetivos de la Sección de Capital Humano, se contrata a los emiratíes en función de su formación y, posteriormente, se les imparte una formación adaptada a fin de que adquieran las competencias necesarias.

Dentro del DEAE, el EDSIA, en consulta con los altos directivos, de ser necesario, se encarga de definir los requisitos de competencia de cada puesto. Al principio o al final de cada año se evalúan los requisitos de formación, que se comunican al EDSIA para su posterior ejecución. Se crea entonces un calendario de formación con todas las necesidades de formación. Se rinde informe de cada formación al final de la misma. La evaluación del efecto de la formación en el rendimiento de los empleados se efectúa a través de los informes anuales de rendimiento.

6.3 Infraestructura

La TRA facilita al DEAE toda la infraestructura necesaria para efectuar adecuadamente las tareas que le son asignadas. El DEAE opera desde Abu Dhabi y desde Dubái. Se dispone de un espacio de trabajo adecuado en edificios bien diseñados. Las instalaciones facilitadas comprenden ordenadores personales, equipos de trabajo, mesas, separaciones, etc. para todos los empleados. Cuando surgen nuevos requisitos infraestructurales, EDSIA los comunica al Departamento de Administración de la TRA. Dado que una de las principales funciones del DEAE es la gestión del espectro, se le ha facilitado un sistema de gestión del espectro para tratar los casos relacionados con las aplicaciones. El proveedor del sistema de gestión del espectro lo actualiza periódicamente. También el proveedor se encarga de su mantenimiento regular. Uno de los principales factores de una gestión eficaz del espectro es una comprobación técnica eficaz del espectro. Se ha facilitado un sistema de comprobación técnica del espectro para tratar los casos de verificación del espectro, etc. El mantenimiento del sistema de comprobación técnica del espectro es el procedimiento interno «Procedimiento de mantenimiento del sistema de comprobación técnica del espectro» (TRASIAP05).

6.4 Entorno de trabajo

La adecuación del entorno de trabajo es uno de los importantes factores que afectan a toda organización a la hora de gestionar el sistema de calidad. En este sentido, el DEAE garantiza un entorno sano, seguro y motivante en el trabajo. El DEAE define y gestiona las necesidades del entorno de trabajo a fin de garantizar su conformidad con los requisitos de productos, lo que comprende que en el trabajo se disfrute de unas condiciones agradables en cuanto a ruido, temperatura, etc.

7 Materialización de los productos

7.1 Planificación de la materialización de los productos

El DEAE participa en diversas actividades relacionadas con la gestión del espectro y los asuntos exteriores. El DEAE se divide en las siguientes cinco secciones:

- estrategia del espectro;
- atribución del espectro;
- radiodifusión;
- asuntos internacionales; y
- comprobación técnica del espectro.

La sección de Asuntos Internacionales colabora con entidades internacionales relacionadas con el espectro y comunica las necesidades a las secciones de Estrategia del espectro, Atribución del espectro, radiodifusión y al EDSIA. También se ocupa de la coordinación con otras entidades de los EAU y regionales, así como con otros departamentos de la TRA.

La sección de Atribución del espectro es responsable de la prestación del servicio a los clientes del DEAE y es la sección que expide las autorizaciones de espectro. La sección de Comprobación técnica del espectro se ocupa de resolver diligentemente todos los problemas relacionados con la comprobación técnica del espectro de los clientes del DEAE.

La planificación efectiva de la ejecución de todas las disposiciones adoptadas se realiza:

- a) fijando objetivos de calidad para cada sección en función de sus procesos;

- b) mediante la necesaria verificación, validación, control, inspección y prueba de las solicitudes de espectro y mediante la comprobación técnica del espectro;
- c) con los registros de la tramitación de solicitudes de espectro, así como de comprobación técnica del espectro, y los registros pertinentes de otras secciones.

Dentro de los procedimientos internos se han previsto disposiciones para la necesaria verificación de las solicitudes de espectro y demás controles.

7.2 Procesos relacionados con los clientes

7.2.1 Definición de requisitos relacionados con los productos

El DEAE recibe las solicitudes de autorización de espectro a través del sistema SPECTRAweb en línea. La sección de Comprobación técnica del espectro puede recibir quejas por interferencia o por otros motivos por cualquier medio de comunicación. La definición de los requisitos para la autorización del espectro se realiza con el sistema SPECTRAplus y siguiendo el procedimiento interno «Tramitación de solicitudes, incluido el análisis técnico y la asignación de frecuencias» (TRASIAP01). La comprobación técnica del espectro se realiza mediante los procedimientos internos «Tramitación de quejas por interferencia y comprobación técnica» (TRASIAP04) y «Fiscalización del espectro» (TRASIAP07). Para otras secciones como la de Radiodifusión, el procedimiento interno «Análisis de la BR-IFIC» (TRASIAP03) da los requisitos relacionados con el análisis de la BR-IFIC, que también realiza la sección de Asuntos Internacionales por lo que los requisitos relacionados con la BR-IFIC relevantes para Asuntos Internacionales también figuran en TRASIAP03. La sección de Asuntos Internacionales también se responsabiliza de la coordinación regional e internacional y participa en diversas interacciones internacionales. El procedimiento interno correspondiente es «Preparación de reuniones internacionales» (TRASIAP02). La sección de estrategia de espectro participa en la elaboración de instrumentos reglamentarios siguiendo el procedimiento interno «Preparación, coordinación, aprobación, publicación y examen de instrumentos reglamentarios del DEAE» (TRASIAP06).

7.2.2 Examen de los requisitos de productos

El DEAE examina los requisitos de cada producto antes de expedir al cliente la autorización de espectro. Con este examen se garantiza:

- a) que los requisitos de frecuencias espectrales están claramente definidos;
- b) que se han obtenido las aprobaciones necesarias de cada sección pertinente.

Se registran los resultados de los exámenes y las posteriores actividades de seguimiento. Se verifica que, como resultado del examen, se enmiendan los parámetros de autorización de espectro pertinentes. En caso de modificación del proceso de examen, ésta se comunicará debidamente a todo el personal del DEAE pertinente.

7.2.3 Comunicación con los clientes

El DEAE es un departamento de la TRA y ésta tiene un departamento de Comunicaciones Corporativas encargado de toda la comunicación con los clientes. Del DEAE no se comunica directamente con sus clientes, aunque todos los registros de comunicaciones con los clientes, incluidas las solicitudes de espectro, los problemas de interferencia y demás comunicaciones, se conservan en el EDSIA. El EDSIA conserva un registro de las comunicaciones con los clientes recibidas del Departamento de Comunicaciones Corporativas, que posteriormente remite a las secciones pertinentes, y efectúa un seguimiento de las mismas para garantizar que se da una pronta respuesta.

7.3 Diseño y desarrollo

En tanto que departamento, el DEAE no participa en las actividades de diseño y/o desarrollo, por lo que esta cláusula no figura en el alcance del sistema de gestión de la calidad.

7.4 Adquisiciones

El DEAE no ejerce un control directo sobre la selección de proveedores, aunque desempeña un papel principal en su selección, lo que también le lleva a interactuar con otros departamentos de la TRA. El DEAE tiene dos proveedores principales, cuyo rendimiento afecta directamente a la capacidad del DEAE para realizar sus tareas. LS Telcom, TCI, Rohde & Schwarz y ASCOM Network Testing son los proveedores del sistema de gestión del espectro y del sistema de comprobación del espectro, respectivamente. LS Telcom, TCI, Rohde & Schwarz y ASCOM Network Testing se someten a evaluaciones periódicas, cuyos resultados se les comunican. En el procedimiento interno «Selección de proveedores y procedimiento de evaluación» (TRASIAP26) se detalla este proceso.

7.5 Producción y prestación de servicio

7.5.1 Control de la producción y la prestación de servicio

El DEAE lleva a cabo su trabajo de manera planificada ajustándose a los procedimientos y procesos pertinentes. El sistema de gestión del espectro gestiona las especificaciones relacionadas con las autorizaciones de espectro. Para comprobar y fiscalizar la utilización del espectro se utilizan los más modernos sistemas de comprobación técnica.

7.5.2 Validación de los procesos

El DEAE no necesita validar los procesos que realiza, por lo que este punto se excluye del alcance del sistema de gestión de la calidad.

7.5.3 Identificación y trazabilidad

Todas las autorizaciones de espectro tienen un número de identificación exclusivo que puede utilizarse para hacer un seguimiento desde la solicitud hasta la expedición definitiva de la autorización. Los registros correspondientes se almacenan en el sistema de gestión del espectro.

7.5.4 Propiedad de los clientes

El DEAE considera que toda la información de los clientes recibida en las solicitudes de espectro es propiedad de los clientes y no comparte tal información ni permite que se comparta con personal no autorizado.

El DEAE almacena los datos de los clientes en una base de datos albergada en el Centro de Almacén de Datos.

7.5.5 preservación del producto

El DEAE se asegura de que todas las autorizaciones de espectro se tramitan adecuadamente, se identifican y empaquetan convenientemente para garantizar su protección durante la entrega.

7.6 Control de los dispositivos de medición y comprobación técnica

El DEAE utiliza un sistema de comprobación técnica del espectro para realizar comprobaciones técnicas en diversos emplazamientos dentro de los EAU. TCI le ha proporcionado un sistema de comprobación técnica del espectro autocalibrado que, por tanto, no es necesario calibrar. En el manual de funcionamiento y el manual de mantenimiento se especifican todos los pasos que hay que seguir para garantizar que el sistema de comprobación técnica del espectro funciona de acuerdo con los requisitos previstos.

8 Medición, análisis y mejora

8.1 Aspectos generales

A fin de medir, analizar y posteriormente mejorar los procesos, el DEAE utiliza un sistema de sugerencias y quejas en combinación con IFR.

8.2 Medición y supervisión

8.2.1 Satisfacción del cliente

El DEAE ha definido y establecido procesos para controlar la satisfacción y/o insatisfacción de los clientes a fin de evaluar si el DEAE ha satisfecho los requisitos de los clientes. Se ha elaborado un cuestionario de servicio a los clientes que se utiliza para determinar su satisfacción. La encuesta se lleva a cabo al menos una vez cada doce meses. Los resultados de la encuesta se analizan y debaten en la reunión de examen de gestión. El DEAE ha documentado el procedimiento interno «Tramitación de quejas e información de los clientes» (TRASIAP25), que contiene detalles relevantes para la realización de la encuesta de satisfacción.

8.2.2 Auditoría interna

La auditoría interna es una herramienta de gestión para la evaluación independiente de cualquier proceso o actividad.

El DEAE ha creado el procedimiento interno «Auditoría de calidad interna» (TRASIAP22) y tiene la intención de planificar la auditoría al final de cada año. El DEAE dispone de auditores internos competentes que se encargarán de la auditoría, cuyos resultados se consignarán, junto con las conclusiones, en un Informe resumido de auditoría.

Las conclusiones podrán ser:

- conclusiones positivas;
- observaciones;
- disconformidades.

Los resultados de la auditoría de calidad interna se presentarán a la reunión de examen de gestión.

8.2.3 Medición y supervisión de los procesos

El DEAE aplica métodos adecuados a la medición y supervisión de los procesos necesarios para satisfacer los requisitos de los clientes y demostrar la continua adecuación de los procesos para lograr ese fin. En caso de no conformidad con el resultado previsto, se toman medidas correctivas para garantizar la conformidad del producto al procedimiento indicado en la sección 8.3.

8.2.4 Medición y supervisión de los productos (cláusula 8.2.4 de ISO 9001:2008)

El DEAE aplica métodos adecuados a la medición y supervisión de las autorizaciones de espectro. Las autorizaciones de espectro se conceden tras haber obtenido las aprobaciones pertinentes y se remiten a la sección de Comprobación técnica del espectro para su conocimiento. De ser necesario, también hay procesos destinados a garantizar que las autorizaciones de espectro que se expiden están libres de interferencia. Se registran todas las pruebas de la realización de las mediciones y comprobaciones de la conformidad con los criterios de aceptación.

8.3 control de productos no conformes

El DEAE garantiza que los productos que no se ajustan a los requisitos se controlan para impedir su entrega o utilización involuntarias. Los controles y las correspondientes responsabilidades y autoridades encargadas del tratamiento de productos no conformes se definen y documentan en el procedimiento interno «Control de servicio no conforme» (TRASIAP23).

8.4 Análisis de los datos

Del DEAE recopila y analiza los datos necesarios para evaluar la adecuación y eficacia del sistema de gestión de la calidad y para identificar los elementos susceptibles de mejora. Esto incluye los datos generados por las actividades de medición y supervisión y de otras fuentes pertinentes. Las decisiones basadas en hechos dependen de la utilización efectiva y eficaz de técnicas estadísticas adecuadas.

El análisis de los datos ofrece información sobre:

- a) la satisfacción y/o insatisfacción de los clientes;
- b) las características de los procesos y productos y sus tendencias.

8.5 Mejora

8.5.1 Mejora continua

El DEAE se esfuerza constantemente por mejorar la eficacia del sistema de gestión de la calidad utilizando la política de calidad, los objetivos de calidad, los resultados de las auditorías, los análisis de datos, las medidas correctivas y preventivas y el examen de gestión. Los objetivos de calidad se revisan en cada reunión de examen de gestión a fin de mejorar el rendimiento de las distintas secciones.

8.5.2 y 8.5.3 Medidas correctivas y medidas preventivas

El DEAE se asegura de que se toman medidas correctivas y preventivas para eliminar las causas de inconformidad a fin de evitar su repetición. El alcance de las medidas correctivas adoptadas dependerá de las consecuencias de los problemas encontrados.

Cualquier empleado puede solicitar la aplicación de una medida correctiva/preventiva. Las quejas de los clientes también se tratarán como una inconformidad y se solicitará la adopción de medidas correctivas/preventivas.

El DEAE ha documentado el proceso de adopción de medidas correctivas y preventivas en su procedimiento interno «Medidas correctivas y preventivas» (TRASIAP24).

CAPÍTULO 2

Planificación espectral**Índice**

	<i>Página</i>
2.1	Introducción 49
2.2	Significación de la planificación..... 50
2.2.1	Beneficios de la planificación en relación con su coste..... 50
2.2.2	Definiciones de la planificación espectral 51
2.3	Procesos de planificación..... 52
2.3.1	Definición de los objetivos de la planificación espectral 53
2.3.2	Elementos a considerar 54
2.3.3	Disponibilidad de espectro 56
2.3.4	Opciones de planificación 57
2.3.5	Implementación del proceso 57
2.3.6	Proceso de iteración..... 57
2.3.7	Plan de apoyo a la planificación del espectro radioeléctrico 57
2.4	Planteamiento consultivo 58
2.4.1	Consulta sobre futuras necesidades de espectro y servicios 58
2.4.2	Interacción con los grupos representativos y entre éstos 59
2.5	El planteamiento analítico..... 60
2.6	Planteamiento de escenarios 60
2.7	Tendencia de utilización 61
2.8	Planteamientos complementarios..... 61
2.9	Planificación y revisión del sistema de gestión del espectro 62
2.10	Implementación de la planificación 63
2.10.1	Planificación a corto plazo (entre tres y cinco años) 63
2.10.2	Planificación a largo plazo (entre cinco y diez años) 64
2.10.3	Planificación estratégica 67
2.11	Aspectos técnicos del proceso de planificación del espectro..... 68
2.11.1	Planificación del espectro para los servicios actuales y futuros 68
2.11.2	Alternativas tecnológicas..... 68
2.11.3	Frecuencias de reserva para el futuro 68
2.11.4	Liberación y reorganización del espectro 70
2.11.5	Utilización efectiva de nuevas tecnologías para mejorar la reutilización de frecuencias 71
2.11.6	División de canales..... 71
2.11.7	Solapamiento de servicios y compartición de bandas de frecuencias 71
2.11.8	Utilización del espectro no utilizado 71
2.11.9	Consideraciones particulares 72

	<i>Página</i>
2.11.10 Concentración de población y congestión del espectro	72
2.12 Mejora del sistema de planificación de la gestión del espectro	72
2.13 El organismo de gestión o administrativo	73
Bibliografía	74

2.1 Introducción

El objetivo de toda labor de planificación es organizar y concentrar los pensamientos y las acciones para alcanzar eficaz y efectivamente los fines y objetivos perseguidos o acordados. Esta labor es importante para cualquier país que desee iniciar o mejorar su proceso de gestión nacional del espectro, y especialmente importante para los países en desarrollo.

Un plan debe promover acciones en vez de provocar reacciones. Puede aplicarse durante un plazo específico o con ocasión de un evento determinado con un límite temporal finito, o puede tratarse de una declaración permanente que se actualice periódicamente para reflejar los cambios en las políticas o eventos. Puede realizarse por escrito o verbalmente y tener carácter genérico o específico, comportando cada forma ventajas e inconvenientes. Se recomienda que los planes se hagan por escrito.

La planificación es un proceso que debe preceder a la ejecución eficaz y efectiva de cualquier actividad, ya sea en el sector público o en el privado. La resolución urgente o «crítica» de cuestiones suele acarrear la pérdida de las mejores soluciones. Con la planificación espectral ocurre exactamente lo mismo. Las soluciones óptimas exigen perspectivas de futuro que den tiempo suficiente para considerar todos los factores en juego. No obstante, la planificación requiere el establecimiento de procesos que permitan llevarla a cabo y el compromiso con los mismos, ya que las situaciones de emergencia pueden distraer la atención de las tareas a largo plazo. La planificación, a corto, medio o largo plazo, es absolutamente necesaria para la gestión del espectro y debe satisfacer adecuadamente las necesidades espectrales sujetas a modificaciones dinámicas.

La gestión y uso del espectro radioeléctrico exige la concentración de esfuerzos y la cohesión proporcionadas por la planificación, si se pretende que este recurso satisfaga adecuadamente los fines y objetivos nacionales. La planificación espectral es el proceso mediante el cual se establecen los fines de la gestión del espectro para el futuro, así como los pasos necesarios para alcanzarlos. Así pues, proporciona el marco en el que buscar espectro para las necesidades de radiocomunicaciones en constante evolución y elaborar y mejorar el propio sistema de gestión del espectro. La planificación facilita además la toma de decisiones creando las bases para la consideración y evaluación de las acciones emprendidas. La planificación espectral debe respaldar y seguir las orientaciones y necesidades principales de los usuarios, actuales y futuros, del espectro.

El objeto de la planificación de la gestión del espectro es optimizar la acomodación de estos usuarios mediante:

- el desarrollo e implementación de una organización efectiva de gestión del espectro;
- el desarrollo e implementación de políticas, normas y reglamentos espectrales;
- el establecimiento de capacidades que promuevan la utilización eficaz y efectiva del espectro;
- la atribución de espectro a los servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones y
- la organización, estructuración y autorización de sistemas y servicios de radiocomunicaciones específicos.

Por ejemplo, si las necesidades espectrales de los sistemas móviles aumentasen en los próximos cinco o diez años, el proceso de gestión del espectro debería intentar anticiparse a estos acontecimientos para garantizar la atribución del espectro adecuado al servicio móvil y satisfacer sus necesidades. Para poder alcanzar este objetivo, es fundamental contar con capacidad de análisis, procedimientos de coordinación y bases de datos de soporte que permitan dar servicio a los sistemas móviles. El desarrollo de estas capacidades lleva su tiempo. Además, la dificultad de identificar espectro adicional disponible en el futuro, fuerza a los diseñadores a producir equipos más eficaces que permitan satisfacer las necesidades de telecomunicaciones utilizando menos espectro que con la tecnología existente.

La forma más básica, totalmente aceptada y fundamental de plan espectral es el Cuadro de atribución de bandas de frecuencias. El Cuadro nacional se obtiene a partir del Cuadro internacional y ambos representan una labor fundamental de estructuración del espectro para satisfacer las necesidades futuras. Aunque el Cuadro *internacional* de atribución de bandas de frecuencias es el resultado de un proceso de identificación de las necesidades futuras, la definición del orden del día de las conferencias de radiocomunicaciones, los estudios, las negociaciones, los acuerdos y los planes *nacionales* de los Estados Miembros de la UIT, son las fuerzas que impulsan este proceso, que termina por recomendar puntos para el orden del día de futuras conferencias, estudiar los aspectos de la compartición y proponer atribuciones acompañadas de las disposiciones reglamentarias correspondientes. A continuación, el plan nacional se confronta con el marco de acuerdos

internacionales para revisarlo o plasmarlo en el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias y reglamento asociado.

Este Capítulo trata del valor de la planificación espectral, de las definiciones asociadas, de la definición de objetivos de la planificación, del propio proceso de planificación, con mención especial de las técnicas aplicables, y de las fuentes de datos sobre los que se apoya la planificación.

2.2 Significación de la planificación

Las aplicaciones del espectro son indispensables para estimular el crecimiento económico, el bienestar de los ciudadanos y la participación en la comunidad internacional. Además, el nivel y la diversidad de usos de las radiocomunicaciones está aumentando con rapidez y las propiedades de la propagación radioeléctrica en las frecuencias más elevadas permiten que muchas de las nuevas necesidades puedan acomodarse en bandas de frecuencias superiores. En muchos casos, los gestores del espectro utilizan soluciones de ingeniería cada vez más complejas para permitir la utilización de frecuencias y emplazamientos geográficos adyacentes o solapados, lo que supone nuevas cargas en un caso y mayores en otro para la estructura de gestión del espectro y el personal. En algunos casos, la acomodación de nuevos usos supone el traslado o redistribución de las operaciones existentes, aunque con un coste importante. En este Capítulo se señalan los compromisos pertinentes posibles.

El espectro es un recurso muy flexible. Si se dispone de tiempo suficiente para adoptar decisiones, pueden acomodarse nuevas necesidades de espectro. La identificación anticipada de conflictos en el espectro contribuirá a alcanzar soluciones rentables y eficaces sin perjuicio del fomento del desarrollo de las telecomunicaciones. La creación, con la anticipación necesaria, de herramientas avanzadas de gestión del espectro resulta esencial para encontrar dichas soluciones. El desarrollo y la adquisición de equipos de comunicaciones suelen exigir un compromiso a largo plazo debido al coste y complejidad de los equipos. Por consiguiente, los planes de gestión del espectro y las decisiones relativas al mismo pueden estar en vigor durante muchos años, acomodando algunos usuarios, aunque tal vez posponiendo a otros e incluso aumentando el potencial de interferencia para los usuarios existentes, en espera de encontrar soluciones técnicas y administrativas. La definición de los objetivos estratégicos nacionales podría suponer para los fabricantes de equipos y para los usuarios del espectro un marco para la aplicación con éxito de las tecnologías espectrales y nuevos servicios en el futuro.

La buena planificación es indispensable para obtener los mayores beneficios económicos y sociales de la implementación de sistemas de radiocomunicaciones. La planificación espectral puede facilitar el desarrollo de las radiocomunicaciones. Su importancia crecerá con la demanda de espectro y con la dedicación de las labores de gestión del espectro a la prevención de la interferencia y a la identificación de las crecientes necesidades de espectro.

En todas las áreas de actividad, los gestores tienden a dedicar la mayor atención a las cuestiones inmediatas. A menudo se presta menos atención a la planificación para dedicarla a la resolución de los problemas del momento. Siempre da la impresión de que la planificación puede posponerse. Sin embargo, un sistema de gestión del espectro de la calidad necesaria para facilitar el desarrollo económico y satisfacer las demandas modernas, necesitará con toda seguridad dicha planificación. Hay pocos ámbitos de los sectores públicos o privados que se arriesguen a avanzar con éxito sin planificación previa.

2.2.1 Beneficios de la planificación en relación con su coste

Cualquier labor de planificación tiene por objeto maximizar los beneficios, preparándose para el futuro. Enfrentarse a circunstancias caóticas fruto de la falta de dirección o cambiar de objetivos de forma brusca o frecuente entraña un coste elevado y una gran pérdida de tiempo y oportunidades. La modificación de un equipo diseñado para cierta banda, para que trabaje en otra (redistribución de las bandas de frecuencias), puede ser por una parte extremadamente costoso pero por la otra, si se planifica adecuadamente, puede ser rentable por permitir la aplicación anticipada de mejores tecnologías que aprovechen mejor el espectro. Los servicios ineficaces, afectados por la interferencia y mal planificados, pueden entorpecer el crecimiento económico y frustrar el desarrollo. Los retrasos en la implementación de sistemas debidos a la falta de espectro disponible o a la ausencia de un plan normativo adecuado pueden provocar una disminución de los beneficios obtenidos por el funcionamiento de los mismos.

Como en cualquier otra actividad, habrá costes asociados a la provisión de los recursos adecuados. Entre estos costes cabe citar los de recogida, examen y mantenimiento de la información; las consultas a usuarios y representantes internacionales; la coordinación de posiciones, la preparación de planes y la negociación de acuerdos. No obstante, el principal argumento contra la planificación espectral no es el coste que conlleva sino la dinámica de la utilización del espectro y de la tecnología que es tal que sólo permite adoptar decisiones reactivas o con escasa antelación. Así pues, continuando con este argumento, la planificación resultará afectada inevitablemente por la incorrección de los planes y se incurrirá en costes indebidos. Puede aducirse que la gestión del espectro siempre ha funcionado bien sin necesidad de efectuar proyecciones a largo plazo y que la imprecisión de las proyecciones puede resultar en atribuciones a servicios que no lleguen a desarrollarse como estaba previsto (por problemas tecnológicos o económicos). Aunque estas atribuciones son teóricamente reversibles, esto puede resultar difícil de realizar en la práctica una vez establecido un cierto nivel de servicio y teniendo en cuenta las inversiones en equipos por parte de los proveedores de servicios y de sus clientes.

Las perspectivas de la planificación resultan más problemáticas cuando las actividades pasan del corto al largo plazo; no obstante, el rechazo de la planificación no constituye una solución adecuada. El resultado más probable de la falta de un plan es el traslado a corto plazo de los usos preexistentes, lo que resulta bastante más caro. Cuando no se pueden adaptar los nuevos usos y servicios a las frecuencias superiores (donde queda espectro disponible en ese momento y durante cierto tiempo), los gestores del espectro pueden no tener más alternativa que hacerles sitio desplazando usos y servicios preexistentes que no estén limitados en frecuencia. Esta necesidad de desplazar los usos preexistentes puede ser especialmente perentoria cuando los nuevos parezcan muy interesantes y ofrezcan oportunidades de un rápido crecimiento de los servicios y de los beneficios económicos. Estos criterios de decisión ponen en peligro a muchos usuarios y a las inversiones correspondientes si los gestores del espectro no ofrecen la antelación suficiente para la redistribución. Si la planificación no permite la antelación suficiente, la implementación de nuevos sistemas resultará lenta.

Un argumento contrario a la planificación a largo plazo presupone la incapacidad, por parte de los gestores del espectro, de actualizar los planes conforme se disponga de mejor información. Sin embargo, todo proceso de planificación, y especialmente la planificación a largo plazo, debe vincularse a un programa de examen y revisión periódicos.

Si los planes se vuelven rígidos o dogmáticos pierden su utilidad. En un ámbito dinámico, como el de la gestión del espectro radioeléctrico, debe evitarse la adopción de decisiones irreversibles, en el marco de estos planes, que fueren resultados específicos; por el contrario, deberían efectuarse estudios durante un plazo suficientemente dilatado para definir el camino para alcanzar los objetivos de la gestión del espectro. Cualquier compromiso de planificación a largo plazo debe contener un compromiso de revisión para que los gestores se replanteen los planes periódicamente a la luz de los acontecimientos que se vayan produciendo.

Los gestores del espectro siguen siendo responsables de la planificación de nuevos usos de este recurso de propiedad pública, debiendo dedicarse aquella, con preferencia, a la mejora de la gestión y utilización del espectro en vez de al fortalecimiento de la autoridad de reglamentación. Algunos de los aspectos de la utilización y gestión del espectro en los planes espectrales podrían resolverse mediante políticas generales, aunque otros necesitarán del diseño de pasos más específicos. Si se dota a los métodos de gestión del espectro de mayor flexibilidad resulta más fácil aceptar las innovaciones y los cambios de orientación, pero incluso los métodos de conseguir dicha flexibilidad deben planificarse. Por ejemplo, el desarrollo e implementación de una mayor dependencia de los principios del mercado y de flexibilidad para el usuario en el proceso de gestión del espectro, son elementos adecuados de la planificación espectral, particularmente en los países en desarrollo.

2.2.2 Definiciones de la planificación espectral

Para entender debidamente la planificación espectral es preciso establecer acuerdos terminológicos. La planificación puede dividirse en categorías según los plazos de tiempo (a corto plazo, a largo plazo y estratégica) y según las áreas contempladas (utilización del espectro o sistemas de gestión del espectro). Las definiciones del Cuadro 2-1 permiten realizar esta exposición. En otros ámbitos la misma terminología puede tener un sentido distinto.

Es mejor dejar la planificación de servicios y redes al cuidado de los operadores de servicios o redes, por lo que no se tratarán en adelante en el presente Manual.

CUADRO 2-1

Definiciones

Planificación a corto plazo	Planificación que considera las cuestiones que han de resolverse y los sistemas que han de implementarse en un plazo comprendido entre 3 y 5 años
Planificación a largo plazo	Planificación que considera las cuestiones que han de resolverse y los sistemas que han de implementarse en un plazo comprendido entre 5 y 10 años
Planificación estratégica	Planificación que 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 10 años
Planificación de usos espectrales	Planificación que afecta a cuestiones relativas a la utilización del espectro, por ejemplo las atribuciones, adjudicaciones, asignaciones, normas, etc.
Planificación del sistema de gestión del espectro	Planificación que afecta a las técnicas de gestión del espectro, los métodos de análisis, la organización, los recursos, la informatización, etc.
Planificación de redes y servicios	Planificación de las características y operaciones de sistemas específicos

2.3 Procesos de planificación

Los procesos de planificación espectral comprenden las acciones y decisiones sobre la gestión del espectro que determinan de forma directa el modo de utilizar éste. Esto comprende aspectos tales como las atribuciones, las políticas de actuación, las adjudicaciones, las reglas de asignación y las normas. Las acciones en cada una de estas áreas determinan la manera de utilizar las bandas, el modo de implementación de los servicios de radiocomunicaciones y, en ciertos casos, la utilización de unas tecnologías u otras o la adopción únicamente de las que impone el mercado. El Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias constituye el plan fundamental de usos espectrales. Otras acciones de planificación constituyen subconjuntos de dicho marco general.

La asignación y adjudicación de frecuencias, la atribución de bandas del espectro y el establecimiento de normas sobre el mismo son aspectos fundamentales de la gestión de este recurso. Los planes de realización y acomodación de cambios de los usos espectrales pueden facilitar sobremanera la implementación de servicios espectrales y contribuir al desarrollo del país. Los planes de usos espectrales deben tener en cuenta factores tales como los desplazamientos más importantes de los usos espectrales, las nuevas tecnologías, los nuevos servicios no previstos en el actual Cuadro de atribución de bandas de frecuencias, los planes de los usuarios sobre modificación de usos y previsión de la saturación en determinadas bandas o posiciones y, finalmente, la posibilidad de cambios en los planes de adjudicación o en las atribuciones que serán determinados por una CMR.

El alcance de un plan de usos espectrales puede venir limitado por su periodo de vigencia, por la gama de frecuencias o servicios considerados, o por alguna otra razón específica. Los planes a largo plazo suelen abarcar temas más amplios teniendo en cuenta, por ejemplo, los resultados de la CMR. La información considerada en la planificación de usos espectrales debe incluir datos sobre utilización actual, atribuciones, asignaciones y tecnologías, futuras necesidades de utilización, y disponibilidad de espectro. Para que el análisis de las necesidades de utilización del espectro sea válido debe considerar factores políticos y económicos ajenos a los estrictamente técnicos. Cuando las soluciones técnicas permiten satisfacer todos los criterios políticos y económicos es fácil elaborar los planes. Lo normal es que haya que considerar todos los compromisos, a saber, los políticos, jurídicos, económicos, sociales, ecológicos y técnicos. Es preciso adoptar decisiones que permitan definir planes que ayuden a la administración a alcanzar sus metas. Estos planes suelen desarrollarse a tenor de las nuevas atribuciones, políticas o normas, y reglamentos nacionales. En muchos casos, los planes se presentan con varias etapas de realización. Dado que éstos se implementan paulatinamente, existe la oportunidad de revisarlos en el futuro. En el Cuadro 2-2 se enumeran los factores que pueden influir en la planificación espectral.

2.3.1 Definición de los objetivos de la planificación espectral

La identificación y definición de los objetivos de la planificación espectral es una parte necesaria del proceso de planificación y requiere el estudio de la optimización de los usos del espectro radioeléctrico. Dicho estudio debe considerar el crecimiento potencial de los servicios de radiocomunicaciones existentes y la introducción y crecimiento de nuevos servicios y aplicaciones. Además, deben considerarse los cambios en la utilización del espectro por parte de las industrias, empresas, administración y los ciudadanos en general. Para la identificación y definición de objetivos resultan críticas las aportaciones de los organismos administrativos locales y nacionales, de las industrias interesadas (tanto grandes como pequeñas) y de los demás interesados de cualquier punto del país. Deben evaluarse los procesos y elementos de planificación nacional del espectro existentes para determinar los puntos fuertes y débiles desde la perspectiva de los sectores público y privado. El resultado de esta evaluación constituirá la base de desarrollo de los objetivos de la planificación espectral.

CUADRO 2-2

Factores que pueden influir en la planificación espectral

<p>Factores políticos y jurídicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Ley Nacional de Radiocomunicaciones Requerimiento reglamentarios Cuadro internacional de atribución de bandas de frecuencias (UIT) Organismos regionales de gestión de frecuencias Procedimiento nacional de atribución de bandas de frecuencias Procedimientos de gestión de frecuencias de las administraciones vecinas Política de normalización Infraestructura de telecomunicaciones Cuestiones industriales Necesidades de usuarios Seguridad y protección públicas <p>Factores económicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Mundialización Desarrollo económico global Estructura de precios y tarifas para equipos y servicios Necesidades del mercado y cuestiones de comercialización Procedimientos y prácticas utilizadas por los proveedores de servicios Subastas del espectro y tasas Repercusión económica de los nuevos servicios y tecnologías 	<p>Factores sociales y ecológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Variación de la demanda como consecuencia de los cambios en la estructura social Variaciones de la demanda como consecuencia de los cambios en la jornada laboral diaria y en la duración de la vida laboral Aceptación pública de las aplicaciones inalámbricas Contaminación electromagnética e interferencia de radiofrecuencia Rechazo público a las grandes estructuras de antenas y a la proliferación de emplazamientos Basura espacial <p>Factores tecnológicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Movilidad de los usuarios Tecnologías básicas Microelectrónica Procesamiento de señal Procesamiento de datos en telecomunicaciones Componentes de los equipos Fuentes de alimentación Baterías Medios de comunicación Técnicas de codificación (fuente y canal) y de modulación Técnicas de acceso al canal y modos de transmisión Técnicas de espectro ensanchado Técnicas de diversidad, por ejemplo, en el tiempo, en frecuencia, y espacial Diseño y optimización de antenas Características de antenas, por ejemplo en dirección o adaptable Reducción del nivel de los lóbulos laterales del diagrama de radiación de la antena
--	---

2.3.2 Elementos a considerar

La planificación espectral con arreglo a cualquiera de las definiciones de planificación puede determinar las futuras necesidades de espectro nacional, a grandes rasgos, para los servicios de radiocomunicaciones en función de factores tecnológicos, jurídicos, sociales, ecológicos, políticos y económicos, que pueden influir en la utilización del espectro. Para satisfacer las necesidades de utilización del espectro, sus gestores deben identificar en primer lugar las necesidades actuales y futuras²⁹, y el espectro disponible, antes de determinar la mejor manera de acomodar dichas necesidades. Los gestores del espectro deben disponer de información adecuada que les permita efectuar análisis sobre los que basar las estimaciones y decisiones de la planificación. La identificación de las necesidades futuras debe hacerse con antelación suficiente, para permitir efectuar la reorganización del espectro, o de sus activos, que pueda ser necesaria (y en su caso la redistribución). Antes de comenzar a gestionar el espectro con eficacia, es necesario disponer de un inventario de usuarios del espectro identificando los recursos espectrales disponibles. Estos recursos dependerán de los siguientes factores:

- número de usuarios del espectro (es decir número de asignaciones de frecuencia otorgadas, junto con el número de estaciones radioeléctricas);
- características de interés de las estaciones radioeléctricas;
- distribución geográfica de las estaciones radioeléctricas con un grado de exactitud determinado y uniforme;
- influencia potencial de las estaciones radioeléctricas entre sí.

Registro Nacional de Frecuencias

Esta información suele extraerse del Registro Nacional de Frecuencias aunque puede también complementarse e integrarse con información procedente de otras fuentes, por ejemplo del Registro Internacional de Frecuencias de la UIT, del sistema nacional de comprobación técnica, de los registros de inspección, etc. Un recurso complementario muy importante sería una base de datos con los valores calculados para los indicadores de utilización del espectro. El grado de utilidad de la base de datos de utilización del espectro dependería del tipo de planificación en curso.

Los Registros Nacionales de Frecuencias deben ser el recurso primario para evaluar la utilización existente. Para poder adoptar decisiones que repercutan en los usuarios del espectro, el Registro debe proporcionar el adecuado nivel de información técnica y de gestión. Un Registro que sólo contuviera las frecuencias, los nombres de los usuarios y los emplazamientos no proporcionaría información adecuada para la consideración de la mayor parte de las cuestiones. La información asociada a la función realizada por los equipos, los costes que acarrea la implantación de los sistemas y las características técnicas detalladas suelen ser elementos esenciales del proceso de decisión. En los casos en los que deba considerarse la utilización internacional, es posible que haya que complementar el Registro Nacional con la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias (BR IFIC).

Comprobación técnica

La información obtenida a partir de la comprobación técnica del espectro sobre utilización real de las frecuencias puede emplearse para complementar los Registros Nacionales. Gracias a la comprobación técnica del espectro, integrada por las mediciones sobre ocupación del espectro, los gestores de éste pueden establecer una correlación entre el nivel real de utilización en base a los registros de asignaciones o bien proporcionar información cuando no existen tales registros.

Para evaluar el nivel de utilización hay que tener en cuenta el tipo de servicio. Hay ciertos usuarios del servicio público que plantean problemas peculiares para la medición. Por ejemplo, dado el carácter de los organismos estatales que se encargan de los servicios de emergencias o defensa, las mediciones de la utilización diaria pueden no servir para calcular sus necesidades de espectro. Por consiguiente hay que prestar atención especial al cálculo de la utilización espectral mediante métodos de comprobación técnica, y examinar los resultados

²⁹ La palabra «requisitos» pretende describir de forma genérica las necesidades actuales y futuras de espectro, integrando los conceptos de las capacidades requeridas, los sistemas y sus características, y las frecuencias necesarias asociadas.

con el mayor detalle confrontándolos con otras informaciones relativas a los usos previstos (véase el Capítulo 4).

Intercambio de información con otras administraciones

Los resultados de las actividades de planificación repercutirán por regla general en los usuarios del espectro situados en el extranjero. En estos casos, las actividades de planificación deberían comprender la coordinación de la información y de los planes en consideración con los países vecinos o con la comunidad internacional en su conjunto. La información disponible de las administraciones variará. En algunos casos, la existencia de temas reservados dificultará la obtención de la información adecuada.

Consultas de tipo general

El gestor del espectro puede reunir también información mediante consultas, como parte de un planteamiento general de consulta. Gracias a estas consultas públicas el gestor del espectro puede obtener una gran diversidad de información sobre temas específicos, tales como las gamas de frecuencias y la prestación de servicios de radiocomunicaciones. La consulta puede realizarse mediante un proceso abierto en el que la información se obtenga a través de peticiones públicas por escrito o de un foro de diálogo abierto, o mediante un proceso más restringido que utilice la consulta directa con grupos nacionales específicos. Estos grupos pueden ser comités permanentes o grupos constituidos con el fin específico de responder a la consulta. Independientemente de ello, la consulta debe plantear cuestiones sobre los temas esenciales implicados en la decisión de planificación en cuestión.

Utilización futura del espectro

Todo plan de utilización del espectro debe tener en cuenta los usos futuros, nacionales e internacionales, del espectro. Es evidente que los registros de asignaciones y la comprobación técnica no pueden utilizarse como el total de fuentes de información, no obstante lo cual las velocidades de cambio de información proporcionadas por cualquiera de estas fuentes, y la comprobación técnica de usos experimentales, pueden utilizarse como información complementaria para obtener ciertas estimaciones.

Tendencias internacionales

Dado el carácter mundial de la implementación de muchos sistemas de radiocomunicaciones, las tendencias internacionales pueden resultar indispensables para los planes que afecten a usos futuros. En los casos en los que se contempla la utilización de equipos de amplia distribución, no tiene mucho sentido que un país establezca reglas por su cuenta, por ejemplo, definiendo su propio plan de distribución de canales, mientras que el único equipo disponible se construye con arreglo a otras normas distintas. Estas tendencias pueden identificarse a través de la literatura profesional, por consulta directa a los representantes de los sectores público y privado de otros países, o por participación en las Comisiones de Estudio del UIT-R y en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones.

Previsiones de la utilización del espectro

Otro medio de tratar de vislumbrar el futuro estado de la utilización del espectro consiste en formular previsiones sobre dicha utilización. Las previsiones pueden definirse como los procesos y métodos de estimación de las necesidades de espectro basados en proyecciones. Las previsiones pueden consistir en predicciones de la aplicación de nuevas tecnologías o de la tendencia de la demanda de espectro, y estimaciones de su repercusión. Los gestores del espectro pueden basar estas predicciones en métodos empíricos y en opiniones fundamentadas completas.

Como la mayor parte de los procesos de planificación conllevan estimaciones sobre el futuro, la alternativa que se presenta al gestor del espectro es si las predicciones son explícitas y bien estructuradas, o implícitas y basadas en hipótesis no declaradas ni demostradas. Entre las ventajas de los métodos estructurados cabe citar la de que pueden enseñarse y la de que los resultados son repetibles. Además, con estos métodos, las hipótesis y los datos de partida están claramente indicados y los métodos analíticos empleados son susceptibles de revisión. En consecuencia, las limitaciones y calificaciones aplicables a estas previsiones se comprenden con más facilidad. A menudo se esgrime como motivo de no utilizar las previsiones de espectro, los cambios rápidos e impredecibles de la tecnología. Sin embargo, rara vez se produce algún adelanto tecnológico sin previo aviso y, por otra parte, las modificaciones más importantes suelen introducirse paulatinamente.

Para la planificación espectral pueden utilizarse cuatro fuentes fundamentales de previsiones. A saber, la opinión de los expertos, el análisis de las tendencias, el seguimiento de la tecnología y las experiencias de otros países. Estas fuentes están al alcance de la mayor parte de las administraciones. La primera de ellas consiste en solicitar predicciones a expertos en el campo de las radiocomunicaciones. Cuanto más amplio sea el Grupo de Expertos y más se controle el método, mejores serán los resultados. Las respuestas serán principalmente de carácter intuitivo, pero las previsiones de estos expertos pueden ofrecer una gran perspectiva sobre las actividades del espectro en el futuro. El análisis de las tendencias consiste normalmente en una extrapolación empírica hacia el futuro del comportamiento pasado. Este método es especialmente útil para considerar el crecimiento que pueden experimentar las asignaciones de frecuencia en una zona y para predecir las acciones necesarias con objeto de evitar la congestión del espectro. Las tendencias empíricas pueden deducirse a partir de otros datos, como por ejemplo las características técnicas de los equipos, por ejemplo su anchura de banda de transmisión. En algunas bandas análogas del servicio móvil terrestre, las anchuras de banda de funcionamiento de los equipos han ido disminuyendo paulatinamente gracias a los nuevos adelantos. El ritmo de esta disminución puede tenerse en cuenta para analizar la necesidad de espectro adicional para las necesidades de crecimiento. Si continúa el ritmo de reducción de la anchura de banda o, alternativamente, si se aplican técnicas de modulación más eficaces, podría evitarse la necesidad de disponer de espectro adicional para el mismo propósito. El seguimiento de los adelantos tecnológicos también puede arrojar luz sobre el futuro. Las tecnologías que actualmente están en fase de desarrollo estarán en el mercado dentro de pocos años. El seguimiento de estos adelantos en publicaciones especializadas y en simposios, así como los contactos con las administraciones en las que se han producido los adelantos, podría ayudar a los gestores del espectro a estudiar la repercusión de dichos eventos sobre la utilización del espectro en el propio país.

La adaptación de las técnicas de predicción al proceso de planificación del espectro exige la definición precisa del alcance de las responsabilidades del gestor del espectro en materia de elaboración de predicciones. Dado que los gestores del espectro no suelen dedicarse al desarrollo de tecnologías de telecomunicaciones, su principal cometido ha sido dar respuesta a las necesidades actuales y futuras de los usuarios, gestionando el espectro de modo tal que se optimice la utilización del espectro a largo plazo de acuerdo con los intereses nacionales. Por consiguiente, las predicciones deben basarse en gran medida en el análisis de las predicciones de los usuarios relativas a las necesidades de espectro. A pesar de la evidente utilidad y de la necesidad manifiestamente práctica de basarse en este planteamiento, existe el riesgo de aceptar las predicciones de los usuarios, que pueden haberse exagerado para obtener una porción mayor del recurso. Las predicciones de los usuarios favorecerán, sin duda alguna, los objetivos de los que las preparan, por lo que los gestores del espectro sólo deben basarse en las predicciones de aquellos usuarios que describan sus métodos e hipótesis de predicción y expongan las probabilidades de error de las predicciones.

Para generar predicciones más útiles, los gestores del espectro pueden añadir a las contribuciones de los usuarios sus propias predicciones. Aunque tal vez no sea razonable que los gestores del espectro predigan el crecimiento de los usuarios individuales, la acumulación de estimaciones de los usuarios ajustadas con las evaluaciones del gestor del espectro pueden arrojar luz sobre las amplias necesidades del futuro y contribuir a la atribución del espectro. Además, los gestores del espectro pueden desarrollar tendencias cuantificables basadas en los datos de utilización del espectro correspondientes a todos sus usuarios.

Aunque todas las predicciones son aventuradas hasta cierto punto, pueden mejorarse las decisiones sobre la futura demanda de espectro si se basan en predicciones bien estructuradas y sometidas a un cuidadoso análisis. Las predicciones sobre utilización, tecnologías, congestión, etc. pueden resultar de gran utilidad en el proceso de gestión, especialmente para las decisiones de atribución de espectro.

2.3.3 Disponibilidad de espectro

Es necesario efectuar la determinación de la disponibilidad de espectro para todos los servicios nacionales de radiocomunicaciones, con el objetivo de acomodar las necesidades de espectro definidas inicialmente. Los datos se obtendrán principalmente de la propia administración pero pueden proceder también de la Lista Internacional de Frecuencias de la UIT, de los planes de la UIT y de los estudios regionales de planificación espectral que puedan existir.

2.3.4 Opciones de planificación

Deben desarrollarse opciones de planificación espectral adecuadas con el objetivo de satisfacer las necesidades de espectro, apoyándose en los datos obtenidos al identificar la disponibilidad de espectro. Los análisis para el desarrollo de las opciones espectrales deberán tener en cuenta los factores técnicos, jurídicos, sociales, ecológicos, políticos y económicos. Estos análisis deben valorar asimismo las diversas oportunidades para los servicios teniendo en cuenta los entornos de radiocomunicaciones existentes y proyectados y las atribuciones. Las Recomendaciones relativas a las necesidades de servicios que no puedan acomodarse dentro de las atribuciones nacionales existentes se basarán en estos análisis y en los resultados de la comprobación técnica del espectro que pueda haber disponibles. Se desarrollarán opciones de atribución y se valorarán los costes relativos de la reatribución a los usuarios de espectro existentes que puedan tener lugar, así como los de su traslado.

2.3.5 Implementación del proceso

Cabe esperar que la implementación de las diversas estrategias de planificación espectral sea un proceso continuo. La introducción de nuevos servicios puede requerir la modificación de los Cuadros de atribución del espectro así como la revisión del reglamento del país y del de la UIT. La revisión del Reglamento internacional debe efectuarse con ocasión de las conferencias mundiales de radiocomunicaciones que se celebran periódicamente.

2.3.6 Proceso de iteración

Las decisiones anteriores pueden volver a evaluarse periódicamente o ante la ocurrencia de eventos específicos para modificarlas, cuando sea necesario, con arreglo a la información actualizada. Por consiguiente, la planificación constituye un proceso continuo de exploración y procesamiento de los datos y no un proceso lineal. Puede mantenerse un registro de los cambios introducidos que constituya una historia de los desarrollos para un plan a largo plazo.

2.3.7 Plan de apoyo a la planificación del espectro radioeléctrico

A fin de proceder a la planificación del espectro, las administraciones pueden crear y elaborar planes para la aplicación continua o fijar plazos (anuales o a largo plazo) para determinar la utilización real del espectro a fin de alimentar el proceso de planificación.

Examen de frecuencias asignadas. Conviene formular y aplicar un plan continuo a la revisión de frecuencias asignadas para determinar la utilización real y efectiva de las asignaciones de espectro. Los objetivos de este plan deben ser los siguientes:

- validar y normalizar toda la información relativa a las frecuencias asignadas;
- garantizar que las frecuencias asignadas se utilizan adecuadamente y que figuran en las bases de datos de gestión y control automáticos del espectro;
- verificar que las frecuencias asignadas son necesarias para la prestación de servicios de telecomunicaciones y la realización de las actividades de telecomunicaciones de conformidad con las licencias de utilización del espectro;
- garantizar que las asignaciones de frecuencias se ajustan a los reglamentos en vigor;
- actualizar el Registro nacional de frecuencias con el nivel de gestión adecuado e información técnica sobre los equipos, los emplazamientos y los parámetros técnicos detallados.

Plan de medida del espectro radioeléctrico. Conviene diseñar y aplicar un plan de comprobación técnica del espectro, que podría ejecutarse anualmente, para determinar los parámetros técnicos de las estaciones de radiocomunicaciones autorizadas. Los objetivos de este plan deben ser los siguientes:

- determinar si las estaciones de radiocomunicaciones funcionan de acuerdo con los parámetros indicados en las licencias;
- analizar la ocupación del espectro y la conveniencia de reasignar y/o reorganizar las frecuencias radioeléctricas en una zona o región concreta;
- ayudar a evitar o resolver casos de interferencia radioeléctrica;

- examinar y actualizar constantemente los procesos de planificación del espectro para optimizarlos y que sean más eficaces y efectivos.

Plan de designación del espectro para fines específicos. Las administraciones deben tener planes para la designación de bandas de frecuencias para fines específicos. Uno de los objetivos más importantes es la atribución de bandas de frecuencias a la seguridad nacional y los equipos de socorro. Este plan debe centrarse en lo siguiente:

- determinar las bandas de frecuencias para los servicios de defensa;
- elaborar y actualizar constantemente planes de distribución de canales y planes de frecuencias a nivel local y nacional.

Del mismo modo, corresponde a las administraciones elaborar planes para las nuevas tecnologías.

Reorganización del espectro. Conviene formular y ejecutar programas de redistribución del espectro. Los objetivos de este plan deben ser los siguientes:

- determinar la nueva utilización de las radiofrecuencias;
- analizar la ocupación del espectro existente y del espectro reorganizado en una zona o región concreta;
- determinar qué bandas de frecuencias se han de reorganizar de acuerdo con las tendencias internacionales, el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, las necesidades del país y la evolución tecnológica.

2.4 Planteamiento consultivo

El planteamiento consultivo se basa en la premisa de que los planificadores del espectro pueden llegar, mediante procedimientos de colaboración que afectan, en la medida de lo posible, a los usuarios del espectro, a los proveedores de servicios y a los fabricantes de equipos, a determinar de manera razonablemente precisa y rentable las necesidades de espectro a largo plazo y su utilización. De este modo, la consulta tiene en cuenta las contribuciones analíticas e intuitivas del gestor del espectro, de modo que la mayor responsabilidad de gran parte del análisis y de la predicción recae en aquellos que tienen más que ganar o perder. El nivel de detalle del análisis de los factores depende de la comunidad de usuarios. Dada la rápida evolución de las industrias de radiocomunicaciones, este planteamiento representa la opción más rentable para los planificadores.

2.4.1 Consulta sobre futuras necesidades de espectro y servicios

El planteamiento consultivo comienza con una notificación pública inicial o anuncio, que informa a todas las partes interesadas de que un plan espectral o, en ciertos casos, algunos componentes estratégicos específicos de un plan, van a ser desarrollados, por lo que se solicita toda la información relativa a dicho plan. Esta notificación debe ser difundida en el ámbito más amplio posible, a ser posible a través de alguna publicación oficial con un gran número de lectores. El carácter público de la notificación es indispensable para suscitar el máximo interés y los comentarios y aportaciones de los operadores potenciales del sistema. Las limitaciones sobre su disponibilidad irán en detrimento de la respuesta. No obstante, en los países donde no existan tales publicaciones oficiales o en los casos en que los plazos disponibles sean muy limitados, la utilización de organismos asesores permanentes puede representar una solución efectiva para recoger esta información. En ciertos países esta consulta pueden realizarla subcontratistas u organismos asesores creados para este fin específico.

Debe definirse tanto el alcance de la consulta como el calendario de respuestas. Las respuestas podrán venir de grupos de usuarios del espectro, de proveedores de servicios de radiocomunicaciones, de fabricantes de equipos, de organismos estatales, entre ellos los departamentos de defensa, y de los ciudadanos en general. Los planificadores del espectro pueden requerir que las respuestas se formulen por escrito o bien por diálogo directo. En aras de la perfección y apertura del procedimiento público, el diálogo directo suele requerir la presentación de un informe por escrito en el registro de consulta oficial. En todo caso, las respuestas recibidas de estos grupos constituirán la base para determinar las necesidades de espectro y facilitarán la adopción de decisiones en materia de planificación espectral.

Como se ha indicado anteriormente, hay varios grupos que pueden proporcionar información a este proceso consultivo. Los grupos de usuarios son los usuarios finales de los servicios de telecomunicaciones con un

interés común en recibir el mejor servicio al menor coste. Estos grupos de usuarios pueden comunicar su necesidad de servicios de radiocomunicaciones nuevos o ampliados. Los proveedores de servicios de radiocomunicaciones son las entidades comerciales que prestan servicios a los usuarios finales. Las expectativas de crecimiento de estos proveedores de servicios se basan en sus propios estudios y en la perspicacia empresarial. El crecimiento del servicio puede reflejarse, por ejemplo, en la demanda de espectro adicional. Los fabricantes de equipos radioeléctricos tienen intereses creados en lo que se refiere al crecimiento de los sistemas basados en radiocomunicaciones, y pueden formular observaciones de carácter técnico sobre la idoneidad de las diversas bandas de frecuencias para un servicio de radiocomunicaciones propuesto, junto con predicciones de los adelantos técnicos que podrían mejorar la eficacia del espectro.

Los usuarios del sector público, a nivel nacional y local, así como los órganos de la defensa, necesitarán espectro para la satisfacción de los futuros sistemas de radiocomunicaciones. Aunque los servicios comerciales pueden satisfacer una parte de estas necesidades del sector público, muchos tendrán un carácter peculiar y exigirán espectro dedicado y sistemas de radiocomunicaciones exclusivos para estos fines. Es probable que algunos de los sistemas afecten a la seguridad nacional hasta el punto de que su existencia no deba ser del dominio público. Esta información debe protegerla el órgano de reglamentación.

El principio subyacente al proceso consultivo es que los usuarios, proveedores de servicios y fabricantes son los más indicados para evaluar sus necesidades espectrales. Dado que ellos explotan negocios o desempeñan funciones de la administración, deben ser capaces de evaluar sus necesidades y costes, y las demandas de sus usuarios, porque de lo contrario no tendrán éxito en sus empresas y profesiones. Por consiguiente, los interesados deben considerar los factores de orden social y económico para formular sus necesidades.

Teniendo en cuenta que los demandantes de espectro responderán a la encuesta, es razonable que tiendan a exagerar sus necesidades de espectro y servicios. Por este motivo, los gestores nacionales de espectro pueden recurrir al diálogo interactivo y al análisis de las tendencias de utilización para alcanzar la precisión suficiente.

2.4.2 Interacción con los grupos representativos y entre éstos

Pueden realizarse procesos consultivos formales con arreglo a un planteamiento iterativo de varias etapas. Aunque la interacción de las partes interesadas puede producirse mediante respuestas formales y contrarrespuestas a una encuesta pública, este procedimiento supone un aumento del tiempo necesario para completar el proceso de encuesta. En muchos casos, este tiempo resulta precioso para que el gestor nacional del espectro tenga plena oportunidad de estudiar todos los temas. Además, garantiza la anotación y consideración de todas las ideas aportadas.

Con el ánimo de maximizar la interacción y, en ciertos casos, de acelerar el proceso, puede ser conveniente reunirse con los representantes de los principales grupos de respuesta (si es que los hay) durante el periodo de la encuesta. Esta interacción supone la oportunidad de establecer un diálogo entre usuarios, proveedores de servicios e instancias de reglamentación para despejar las ambigüedades en cuanto a los objetivos del procedimiento y reducir o eliminar las posibles exageraciones de las necesidades de espectro. Esto permite el contraste de cada necesidad con todas las demás (ya sean nuevas o antiguas) añadiendo una pincelada de realismo a las negociaciones sobre el espectro y en última instancia al resultado de la planificación. En muchos casos este diálogo facilita la revisión por parte de los proponentes de sus solicitudes en el proceso de trabajo conjunto con los demás proponentes.

Hay iniciativas, como la creación de grupos de trabajo temáticos donde los interesados pueden presentar información y compartir sus puntos de vista con las administraciones para preparar las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, mostrar sus tendencias de utilización del espectro y sus posibles necesidades futuras, entre otras cosas, que podrían ayudar a las administraciones a disponer de la máxima información posible para tenerla en cuenta a la hora de tomar decisiones.

Algunas administraciones están utilizando ahora diversas herramientas de Internet para facilitar el intercambio de opiniones o extender las consultas a interesados que anteriormente no estaban representados, por ejemplo, a los foros de desarrollo de políticas y planificación, para la radiodifusión por Internet de las sesiones, y para la publicación de las observaciones recibidas.

2.5 El planteamiento analítico

El planteamiento analítico consiste en analizar detalladamente los factores que afectan a la tendencia que ha de predecirse. Las hipótesis y resultados del análisis se convierten en cifras comprensibles, calculadas matemáticamente con ayuda de los programas informáticos disponibles. Para este planteamiento puede ser de gran ayuda utilizar programas informáticos que utilicen, por ejemplo, el método de análisis de Monte Carlo. Este método, que combina el análisis con las matemáticas, presenta las siguientes ventajas:

- Para obtener y registrar los resultados se utiliza un método integrado, inductivo, basado en datos detallados.
- Los datos para los factores de influencia se obtienen de las estadísticas de años anteriores. Los datos para los años futuros pueden extrapolarse de dichas estadísticas.
- La ponderación de cada factor de influencia puede determinarse por medio de estudios o de otro material de investigación (por ejemplo, de la evaluación de estudios externos, informes técnicos y material publicitario).
- Pueden determinarse inmediatamente los posibles efectos sobre los resultados de la predicción provocados por los cambios en factores de influencia específicos.
- El método analítico no requiere forzosamente una colaboración masiva por parte de los organismos exteriores de gestión del espectro y puede aplicarse recurriendo a las estadísticas existentes.
- El método analítico detallado e integrado junto con estadísticas fiables permite obtener un resultado relativamente objetivo.

La implementación del planteamiento analítico exige la ejecución de los cinco pasos siguientes:

Paso 1: Análisis completo de la situación actual.

Paso 2: Establecimiento de hipótesis razonables sobre los factores de influencia (véase el Cuadro 2-2).

Paso 3: Definición de escenarios (véase la sección 2.6):

- un escenario fiable sobre análisis de sensibilidad, mientras pueda predecirse, que indique los elementos de incertidumbre y sus motivos subyacentes;
- otros escenarios que contemplen los factores de incertidumbre más significativos.

Paso 4: Evaluación de escenarios:

- para comprobar que no falta ningún elemento, se validan los factores y sus riesgos individuales, así como las ventajas y prioridades.

Paso 5: Presentación de un conjunto de resultados concluyentes.

2.6 Planteamiento de escenarios

Un escenario es una secuencia hipotética de posibles eventos basados en sucesos anteriores y en acontecimientos conocidos relativos a un campo específico (por ejemplo, la tendencia de la población de un país), o a periodos específicos de tiempo que guardan entre sí cierta relación. Un escenario no es propiamente una predicción sino un complemento de la elaboración tradicional de las predicciones que ofrece el registro de una posible secuencia de eventos individuales relacionados con un aspecto del sistema especialmente interesante.

No obstante, en el marco de la planificación, pueden utilizarse los escenarios para facilitar la predicción de posibles acontecimientos. Los escenarios sirven para:

- aumentar la fiabilidad de las predicciones e interpretar los riesgos (fiabilidad);
- identificar opciones estratégicas en potencia.

Los escenarios se basan en los principales factores de influencia, es decir, en los factores políticos, jurídicos, económicos, sociales, ecológicos y técnicos (véase el Cuadro 2-2), y pueden crearse sistemáticamente con diversas configuraciones de factores y grados de probabilidad estimados.

Hay varios factores que pueden ser comunes, al menos en términos generales, a la mayor parte de los escenarios. Estos factores representan el fundamento preferente para la elaboración de la planificación

espectral. Con este planteamiento las diferencias residuales se manifiestan con mayor claridad y representan los factores de riesgo del plan, que se presentan a los técnicos con un formato y claridad que no habrían sido posibles si no se hubiese realizado el ejercicio del escenario; asimismo representan las áreas en las que deben observarse con especial atención los cambios y tendencias en desarrollo.

El concepto de «planteamiento de escenario» puede resultar más útil en la planificación a largo plazo de la gestión del espectro, porque en ella las tendencias y necesidades están mucho menos definidas. Por ejemplo, la convergencia de los ámbitos de la telecomunicación y la radiodifusión, utilizando nuevas tecnologías, anuncia un aumento sustancial del ancho de banda inalámbrico y expectativas similares en el ámbito móvil. Estos cambios son difíciles de predecir e incluso más difíciles de acomodar en la planificación, y desafían el análisis de las tendencias ya que no tienen carácter incremental. Los cambios radicales pueden requerir ajustes bastante más drásticos de las hipótesis de planificación espectral, y el correspondiente ajuste de los planes.

El planteamiento del escenario puede incorporar procedimientos en los que los organismos ajenos a las radiocomunicaciones contemplen varios cambios posibles en el comportamiento de la sociedad y de las empresas previsibles en un periodo de tiempo definido. Los cambios señalados podrían traducirse en varios escenarios, distintos, y de igual probabilidad de suceso, aunque mutuamente exclusivos. Con posterioridad podrían analizarse las necesidades de telecomunicaciones y de gestión del espectro de estos escenarios diferentes.

Dependiendo de la situación del país, de los recursos disponibles y del marco reglamentario del espectro, el gestor nacional del espectro puede optar por diversos métodos de evaluación de los escenarios en cuanto a su repercusión potencial en la utilización del espectro. La evaluación de los escenarios con repercusión en la utilización del espectro puede apoyarse en planteamientos consultivos o analíticos, o en una combinación de planteamientos. El grado de detalle de la evaluación puede ser bastante elevado, con la consideración de todos los factores potenciales, o menos exigente, limitándose a una visión general. Por otra parte, la responsabilidad del estudio de los factores puede corresponder principalmente al gestor nacional del espectro o distribuirse entre los participantes interesados. Esta evaluación de escenarios contribuye en última instancia a la formación de la base para las decisiones de gestión nacional del espectro sobre su atribución o sobre su reglamento.

2.7 Tendencia de utilización

Los resultados de las encuestas deben compararse con las necesidades en base a un análisis de la tendencia de utilización de los actuales servicios de radiocomunicaciones. El aumento de las necesidades de espectro para una población de usuarios estable o en declive sería evidentemente sospechoso, salvo que la falta de servicios disponibles impidiera el crecimiento del número de usuarios. La extrapolación de los datos de utilización y los cálculos del espectro requerido, suponiendo entran en juego tecnologías de aprovechamiento del espectro, proporcionarán al regulador una aproximación de la utilización futura para compararla con los resultados de la encuesta. Las predicciones basadas en la tendencia de utilización pueden resultar algo engañosas cuando éstas no son lineales (hitos tecnológicos). Se trata de los casos en los que la utilización puede crecer exponencialmente en un futuro próximo debido a los hitos tecnológicos o más probablemente por una reducción significativa de los precios del servicio. No obstante, en un planteamiento consultivo, lo más importante es la rentabilidad de los procesos. Por consiguiente, debe evaluarse la amplitud del análisis de la tendencia de utilización en términos de la mejora de la precisión que se estima se obtendrá de aquél.

Seguir las tendencias de utilización podría alertar a tiempo a las administraciones de las ineficiencias y la utilización decreciente del espectro. Esas alertas ayudan a las administraciones a buscar mejores maneras de utilizar el espectro en el futuro próximo. En el Capítulo 8 se presentan algunas útiles mediciones de la utilización eficiente del espectro.

2.8 Planteamientos complementarios

En el proceso de planificación deben considerarse planteamientos complementarios para emplearlos siempre que sea posible. La dependencia de las fuerzas del mercado para repartir los recursos espectrales y el de la flexibilidad de los planteamientos de la gestión pueden permitir reducir en parte el esfuerzo de la planificación. El aumento de la eficacia que puede obtenerse gracias a los incentivos del mercado puede reducir la necesidad de que los gestores del espectro modifiquen la atribución de las bandas de frecuencias o ejecuten determinaciones espectrales basadas en complicados análisis de ingeniería. Una mayor flexibilidad en la

atribución, asignación y utilización de frecuencias puede ser de gran utilidad para los gestores del espectro al hacer los procesos de gestión más adaptables a las necesidades espectrales en evolución.

Ningún sistema de planificación o de predicción será capaz de prever todas las necesidades de los sistemas o servicios con antelación suficiente para facilitar su incorporación al entorno del espectro. Para acomodar una necesidad imprevista sin que ello afecte gravemente a la estructura de la atribución existente, ésta debe ser lo suficientemente flexible como para tolerar las limitaciones de la planificación.

La utilización de los registros existentes y, en algunos casos, la comprobación técnica para identificar las bandas espectrales (ya asignadas) poco o nada utilizadas, puede contribuir a identificar frecuencias para usos futuros. El inventario de estas frecuencias constituye un recurso inmediato.

Otro método de incrementar la flexibilidad sería apartar o reservar espectro para necesidades inespecíficas. La disponibilidad de bandas no utilizadas de tamaño suficiente para acomodar utilizaciones imprevistas permitiría actuar con rapidez y sencillez en caso de conflicto. Podría ofrecerse espectro a los nuevos sistemas y retirarse si el servicio no llegara a formalizarse. Una solución para crear y gestionar una reserva de espectro sería identificar las bandas de frecuencias, o subbandas de éstas, con varios años de antelación a su disponibilidad para nuevos usuarios, pudiendo abrir una banda de espectro cada año o cada dos años en una gama espectral diferente. Diez años sería, por ejemplo, un periodo de antelación razonable. El ciclo real podría venir determinado por la obsolescencia natural identificada para los equipos utilizados en esta banda. Esto proporcionaría a los innovadores cierta flexibilidad y avisaría a los usuarios preexistentes con antelación suficiente para desalojar dicha banda.

Uno de los efectos indeseables de disponer de frecuencias reservadas a largo plazo sería el de las ineficacias consecuencia del mantenimiento de dichas reservas frente al incremento de la demanda. No obstante, el planteamiento de la reserva puede ser más conveniente si se elimina el costoso desplazamiento no planificado de otros sistemas. La decisión de desplazar a los usuarios establecidos en aras del carácter novedoso de otras utilizaciones puede resultar extremadamente costosa y perturbadora debido a que los gestores del espectro tal vez sólo puedan notificar dichos desplazamientos con muy poca antelación. Estos costes y perturbaciones alimentarán la resistencia tenaz de los usuarios existentes a las labores de reatribución del espectro, lo que puede detener, o retardar significativamente, la introducción de los nuevos servicios. Las reservas pueden ser útiles si ofrecen a los gestores del espectro flexibilidad tecnológica y política para abordar las nuevas utilizaciones, imprevistas pero interesantes desde un punto de vista social, del recurso espectral.

2.9 Planificación y revisión del sistema de gestión del espectro

La planificación del proceso de gestión nacional del espectro debe contar con elementos tales como reglamentos, métodos de análisis y capacidades de procesamiento de datos. Deben identificarse las modificaciones necesarias. A continuación puede elaborarse un plan de mejora de dichos aspectos del sistema nacional. La conclusión de un plan puede poner en marcha el proceso escalonado de mejora del sistema de gestión. Por ejemplo, cada vez cobrarán más importancia los planes específicos de mejora de los modelos de programación informática, recogida de datos, capacidad de manipulación matemática y capacidades de recuperación de datos. Se necesitan planes concretos para poner en marcha los conceptos de mercado y flexibilidad. Hay que establecer un orden de prioridad y una planificación, con arreglo a los fondos disponibles, de las mejoras específicas a introducir en el sistema de gestión del espectro y de las tareas permanentes de análisis y evaluación.

Deben revisarse periódicamente las siguientes áreas relacionadas con la planificación espectral:

- el proceso de toma de decisiones y las alternativas de aprovisionamiento;
- los procedimientos reglamentarios;
- los equipos y programas informáticos y las redes;
- las necesidades de bases de datos;
- el proceso de coordinación transfronteriza;
- la participación en actividades internacionales y regionales;
- las técnicas de análisis;
- la capacidad de comprobación e inspección técnicas;
- los procesos de normalización y homologación.

2.10 Implementación de la planificación

La planificación de los usos espectrales y del desarrollo de la infraestructura del sistema de gestión del espectro puede realizarse a corto plazo, a largo plazo o con arreglo a una estrategia. Cada uno de estos tres planteamientos de implementación requiere un compromiso con una actividad periódica o, en ciertos casos, planificada. La planificación deja de serlo cuando viene impuesta por una crisis inmediata o por sus consecuencias. Por consiguiente, el primer paso de la implementación de una planificación con éxito es la creación de un proceso formal de estudio de las cuestiones y de actualización de los planes. Este proceso debe contar con medios específicos de realización de la planificación a corto plazo, a largo plazo y de la estratégica. La planificación a corto plazo y la estratégica, en la medida en la que tienen por objeto temas específicos o puntuales, no encajarán en esquemas o fórmulas preconcebidas. No obstante, siempre deberán definir las necesidades, la disponibilidad de recursos, las decisiones políticas y su implementación. Por otra parte, los planes a largo plazo, se ajustarán normalmente, a un patrón normalizado y contemplarán ciertas áreas como mínimo.

La evaluación de las alternativas individuales por las que puede optarse en el proceso de planificación dependerá, como se indica en el Cuadro 2-2, de los factores pertinentes de índole política, jurídica, económica, social, ecológica y técnica. Cada administración debe considerar la repercusión de los planes sobre sus administrados, sus vecinos, los fabricantes de los equipos, los proveedores de servicios y los usuarios del espectro. Las decisiones deben adoptarse con arreglo a las prioridades nacionales. Así pues, no pueden aplicarse reglas sencillas que especifiquen la consideración de los factores individuales.

2.10.1 Planificación a corto plazo (entre tres y cinco años)

La planificación a corto plazo suele considerarse como tal por la falta de antelación disponible. Por ejemplo, la determinación de un esquema de asignación de frecuencias para un nuevo sistema a nivel nacional en fase de desarrollo podría considerarse un asunto a corto plazo. Dado que el sistema estará listo para ser desplegado en pocos años, los planes deben pasar a acciones rápidamente y limitar el abanico de opciones, especialmente la selección de bandas de frecuencias. La elección de los usuarios actuales que se trasladarán a largo plazo, por ejemplo, no es posible en este marco temporal. No obstante, deben seguirse los pasos del proceso de planificación. Teniendo en cuenta este nuevo requisito, deben examinarse los usos de las bandas en estudio e identificar, además, las frecuencias poco o nada usadas. Deben analizarse las cuestiones de compatibilidad con los usuarios actuales y consultarse a las partes interesadas recabando de ellas propuestas relativas a la mejor solución para acomodar los nuevos usos. Puede ser necesario crear comisiones de coordinación o negociación para la resolución de conflictos. La modificación del diseño de los sistemas o de los límites de la explotación puede resultar conveniente para la viabilidad de la implementación del nuevo sistema. Deben considerarse los factores que recoge el Cuadro 2-2, junto con los acuerdos internacionales que pueden guiar o limitar las opciones nacionales. Pueden utilizarse herramientas analíticas tales como los modelos de asignación de frecuencias, para la definición del plan de asignaciones.

La mayor parte de los planes a corto plazo tendrán como resultado algún tipo de documento decisorio en el que se exprese la alternativa adoptada y los pasos necesarios para alcanzar los objetivos.

A corto plazo, la inflexibilidad del entorno pasa a ser un factor primordial. Así pues, el plan a corto plazo debe definir un proceso de adaptación al entorno existente. No obstante, las implicaciones de la planificación a corto plazo serán, en la mayor parte de los casos, a largo plazo porque la nueva utilización del espectro, o la nueva capacidad de gestión del espectro, estarán vigentes durante mucho tiempo.

El plan a corto plazo debe ser lo suficientemente amplio como para acomodar las necesidades de espectro nacional de los sistemas de radiocomunicaciones conocidos y previstos en el marco temporal especificado. Asimismo impondrá:

- la revisión del Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias;
- la elaboración de posiciones nacionales para el orden del día de las conferencias internacionales de radiocomunicaciones;
- la revisión del reglamento, políticas y normas del espectro.

2.10.2 Planificación a largo plazo (entre cinco y diez años)

En la actualidad, la mayor parte de la planificación se efectúa a corto plazo. No obstante, si se pretende que los recursos del espectro den adecuado soporte a los fines y objetivos nacionales, resulta indispensable la planificación a largo plazo. Ésta puede constituir una base de gestión eficaz del espectro para lograr la atribución y asignación eficaz del espectro a fin de acomodar constantemente las necesidades de espectro de los nuevos sistemas y sus aplicaciones, en permanente cambio. Facilita asimismo el proceso de toma de decisiones ofreciendo una base de consideración práctica y de evaluación de alternativas. La planificación a largo plazo debe centrarse en:

- la adopción de las decisiones de hoy sobre estrategias de planificación espectral previendo las consecuencias para el futuro;
- la identificación de la repercusión que cabe esperar tengan las decisiones anteriores sobre el futuro;
- la adaptación periódica de las decisiones a las circunstancias cambiantes.

El Cuadro 2-3 indica muchos de los aspectos que deben contemplarse como mínimo en los planes a largo plazo. No obstante, los planes no tienen por qué limitarse a estos aspectos.

La planificación a largo plazo debe ser lo suficientemente amplia como para acomodar las necesidades nacionales de espectro de los sistemas conocidos y previstos en el marco temporal especificado.

La planificación a largo plazo, por otra parte, tiene una gran flexibilidad. Es posible trasladar o expandir los usos actuales a otras bandas o posiciones de acuerdo con su obsolescencia natural. Pueden cambiarse características mediante planes de revisión de normas o de redistribución de canales. Pueden introducirse más modificaciones en las técnicas de gestión del espectro si las bases de datos admiten su reestructuración, se definen nuevos servicios o se cambia la definición de los antiguos, o se elaboran nuevos planteamientos de gestión.

La planificación a largo plazo y la actualización del plan establecido deben tener gran amplitud de miras en todos los sentidos que quepa considerar. Es necesario revisar el plan periódicamente a la luz de los factores considerados en el Cuadro 2-2, aunque no todas las porciones del plan necesiten actualizarse. Normalmente, cuando hay un plan a largo plazo, las porciones se actualizan cuando se identifican con ocasión de la revisión, pero no cuando es necesario contemplar alguna actividad específica en la comunidad de radiocomunicaciones. En lo que se refiere al plan de utilización del espectro a largo plazo, hay que tener en cuenta los usos espectrales actuales, los futuros y los predichos, ya que su migración puede no ser necesaria. Deben revisarse los costes a largo plazo y las prioridades nacionales. Asimismo debe conocerse la tendencia en los países vecinos y en los socios comerciales. En este tipo de planificación se suelen estudiar nuevos métodos de gestión del espectro.

CUADRO 2-3

Planificación a largo plazo

Plan de utilización del espectro	Plan del sistema de gestión del espectro
<p><i>Objetivos de utilización del espectro</i> – Objetivos para satisfacer las necesidades de los interesados con arreglo a las políticas nacionales, por ejemplo:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Cuerpos y fuerzas de seguridad – Comercio y transporte – Defensa – Radiodifusión – Educación – Usuarios <p><i>Recursos espectrales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias – Bandas poco o nada utilizadas y carencias <p><i>Necesidades de espectro</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Lista de frecuencias en uso – Necesidades futuras – Tecnologías incipientes – Predicciones – Tendencias internacionales y regionales <p><i>Disponibilidad de espectro</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Datos en los ficheros de la administración – Datos medidos <p><i>Plan a largo plazo</i></p> <p><i>Calendario de actividades y etapas</i></p>	<p><i>Autoridades</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ley de Radiocomunicaciones – Autoridad delegada – Reglamentos y procedimientos <p><i>Funciones de la gestión del espectro</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Desarrollo de políticas – Fiscalización y reglamentación – Concesión de licencias y recaudación de tasas <p><i>Ingeniería del espectro y soporte informático</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Normas de los equipos – Planes de distribución en canales – Modelos de CEM – Métodos de análisis de ingeniería – Equipos y programas informáticos <p><i>Actividades internacionales y regionales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Estrategias de participación en la UIT y en otros foros internacionales y regionales – Acuerdos internacionales y regionales – Coordinación con los países vecinos <p><i>Necesidades del recurso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Fuentes de financiación – Recursos humanos – Necesidades futuras <p><i>Calendario de actividades y etapas</i></p>

Desde el punto de vista del propio espectro, un Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias constituye el plan fundamental a largo plazo para la utilización del espectro. Cada administración debe tener un Cuadro reconocido por sí misma y por sus administrados como guía de implementación de los servicios de radiocomunicaciones.

Los países en desarrollo, especialmente, pueden optar por estudiar procesos de mejora y actualización de su infraestructura nacional de radiocomunicaciones, lo que supondrá a menudo el establecimiento o la mejora de la estructura y capacidad de gestión del espectro. También pueden establecer un plan de implementación de las tecnologías de radiocomunicaciones y una política nacional sobre el papel de la empresa privada en el desarrollo del sistema nacional de comunicaciones.

Bajo ciertas circunstancias, y de acuerdo con las oportunas decisiones a largo plazo, un plan espectral puede desembocar en la redistribución de los servicios. Esto podría suponer el traslado de los usuarios existentes desde una banda espectral a nuevas tecnologías o a nuevas bandas de frecuencias. La necesidad de redistribución puede surgir por diversos motivos:

- es posible que una atribución espectral haya estado en explotación durante un periodo considerable de tiempo y en la actualidad no satisfaga las necesidades de los usuarios, o las capacidades de los sistemas modernos;
- se necesita una atribución dentro de una gama de frecuencias específicas para un nuevo servicio de radiocomunicaciones y estas frecuencias ya están ocupadas por servicios incompatibles con el nuevo; o
- la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones ha adoptado la decisión de atribuir o adjudicar una banda de frecuencias actualmente ocupada, a un servicio diferente con carácter mundial, regional o nacional (nota sobre la atribución).

Como instrumento de planificación nacional del espectro, la redistribución del espectro puede, teóricamente, aplicarse a cualquier banda de frecuencias de cualquier sistema. No obstante, en la práctica, la redistribución del espectro resulta ser bastante más limitada ya que suele aplicarse únicamente a los casos en los que la administración puede justificar su enorme trabajo y coste. La redistribución del espectro puede tener carácter voluntario (caso en el que no es necesaria la planificación, salvo para hacerla constar en las disposiciones reglamentarias), u obligatorio.

Redistribución del espectro con carácter voluntario

Este método se refiere al caso en el que un usuario existente decida voluntariamente emplear nuevas tecnologías en la banda en la que está autorizado a funcionar, o devolver frecuencias al gestor del espectro para su reasignación. Cuando se desea aplicar nuevas tecnologías y no hay disposiciones reglamentarias en contra, el usuario puede adoptar las nuevas tecnologías a su discreción, por ejemplo migrando de las comunicaciones inalámbricas de segunda generación a las de la tercera. Cuando un usuario reconozca que ya no necesita el espectro ocupado, o si las ventajas obtenidas de la utilización del espectro no compensan el coste de continuar utilizándolo, puede renunciar a la autorización. Esta situación puede darse cuando el coste de la autorización se incrementa, el equipo existente deba ser sustituido o reparado, o ya no se disponga de financiación para la explotación.

La redistribución voluntaria puede presentarse de forma espontánea, aunque suele hacerlo a pequeña escala. Las administraciones podrían considerar el potencial del proceso voluntario al establecer políticas reglamentarias del espectro.

Redistribución del espectro con carácter obligatorio

La redistribución obligatoria del espectro se asocia a una política de planificación administrativa afirmativa. En este caso, suele necesitarse una planificación a largo plazo que garantice la transición ordenada y la amortización o sustitución de equipos y servicios. El planteamiento adoptado por una administración para la redistribución de espectro depende del plazo en el que el espectro necesite estar disponible. A menudo esta decisión se adopta por motivos de seguridad nacional o política. Muchas veces, la planificación de la redistribución viene acompañada de análisis detallados del mercado, de las necesidades de los consumidores, y de las predicciones de crecimiento, como justificativas de dicha actuación, lo que acarrea unos costes adicionales. Hay mecanismos que han demostrado su eficacia para acelerar la redistribución, por ejemplo incentivos en forma de tasas y compensaciones, y la entrega a los usuarios afectados por la redistribución de equipos nuevos y modernos por parte de los nuevos participantes.

Técnicas de redistribución

Además de la redistribución potencial de servicios de radiocomunicaciones en bloque y por bandas, existen otras técnicas avanzadas de redistribución que podrían considerarse como parte del proceso de planificación. Entre éstas se encuentran los procedimientos de protocolo operacional impuesto (es decir, escuchar antes de transmitir, o detectar la existencia de señales que impidan temporalmente el funcionamiento o provoquen que el transmisor modifique su frecuencia), la reducción de la anchura de banda del canal (o la división de canales), la mejora de las técnicas de codificación y modulación, y la aplicación de nuevos criterios de compartición del espectro. Cuando se contempla la redistribución dentro de una banda existente, es indispensable contar con alguna medida de la compatibilidad ascendente y del interfuncionamiento. El Cuadro 2-4 presenta un resumen de los métodos técnicos que pueden emplearse para facilitar la compartición y que podrían considerarse como parte del proceso de redistribución y planificación a largo plazo.

CUADRO 2-4

Métodos técnicos para facilitar la redistribución

Separación de frecuencias	Separación espacial	Separación temporal	Separación ortogonal de señales
Plan de distribución en canales Asignación de frecuencia dinámica en tiempo real Partición dinámica variable Acceso múltiple por división en frecuencia Codificación: – Corrección de errores – Compresión Control de las características espectrales de la emisión Límites de la tolerancia en frecuencia	Selección de emplazamientos Discriminación del diagrama de la antena Barreras físicas Efecto de pantalla del terreno Potencia interferente: – Control dinámico del nivel del transmisor – Límites de DFP – Límites de densidad espectral de potencia – Dispersión de energía	Control del ciclo de trabajo Acceso múltiple por división en el tiempo Codificación: – Corrección de errores – Compresión	Acceso múltiple por división de código Polarización de la antena

No hace falta decir que las redes de cable podrían utilizarse como alternativa a los sistemas inalámbricos o de radiocomunicaciones a fin de reducir la demanda de espectro, especialmente en las zonas congestionadas y en las aplicaciones de banda ancha. Pueden elaborarse políticas y reglamentos de planificación para fomentar la utilización de tecnologías avanzadas de redes inteligentes que permitan el establecimiento de interfaces transparentes entre los sistemas de distribución por cable y los enlaces inalámbricos de corta distancia, minimizando de esta manera la necesidad de redistribución.

2.10.3 Planificación estratégica

La elaboración de estrategias para la utilización nacional del espectro requerirá la implementación de un proceso de planificación nacional estratégica del espectro.

La planificación estratégica puede considerarse un método razonable de planificación a largo plazo que simplifica o reduce la dificultad de los trabajos de planificación en curso por identificación de un pequeño número de cuestiones clave sobre las que ha de concentrarse la planificación, en la hipótesis de que la mayor parte de las actividades pueden continuar su curso actual. En este caso, el aspecto importante que la distingue de la planificación a largo plazo consiste en que debe establecerse un proceso de identificación de las cuestiones clave. Cuando una administración tenga más de un organismo implicado en la gestión del espectro, el proceso de identificación de cuestiones debe extenderse a todos los grupos, y las cuestiones seleccionadas deben serlo por mutuo acuerdo.

La gran ventaja de la planificación estratégica es que disminuye la necesidad de realizar actividades de planificación continuas de objetivo amplio y que se centra en un número menor de cuestiones. Esto disminuye la necesidad de recursos humanos para elaborar el plan y evita la inversión de tiempo en el estudio de cuestiones que pueden resultar superfluas. Normalmente, el número de cuestiones estratégicas que han de ser objeto de resolución y planificación en un instante determinado, es reducido. Por consiguiente, con frecuencia, resulta innecesaria la actualización de un amplio plan a largo plazo. Por contra, en un proceso de planificación estratégica puede acomodarse más fácilmente un número reducido de cuestiones.

Dada la creciente importancia de las aplicaciones comerciales de utilización del espectro y las consideraciones relacionadas con el mercado, todos los participantes de importancia, entre ellos las instancias de reglamentación, los operadores, los fabricantes y los consumidores, deben implicarse en el proceso de

planificación estratégica ya que las tareas de coordinación y gestión se han vuelto más complejas. La rapidez de los cambios tecnológicos, la liberalización de mercados, la mundialización y el bienestar público son fuerzas dinámicas que entran en juego en la planificación estratégica.

Los principios críticos, estratégicos y fundamentales, que han de aplicarse para utilizar de manera más eficaz el espectro son los siguientes:

- necesidad de que las atribuciones espectrales vengan impuestas por el mercado;
- fomento de la libre competencia;
- acomodación de los adelantos tecnológicos previstos e imprevistos; y
- necesidad de cooperación y armonización internacional.

Salvo por su atención más concentrada, los mismos pasos se aplican a las actividades estratégicas que forman parte de otras actividades de planificación. En primer lugar, hay que identificar las necesidades actuales y futuras. Han de elaborarse y analizarse planteamientos de resolución de las cuestiones. Deben recabarse recomendaciones de las partes implicadas, y especialmente aquéllas o los aspectos de interés para otras administraciones que puedan quedar afectadas.

2.11 Aspectos técnicos del proceso de planificación del espectro

Otro aspecto que hay que considerar en el proceso de planificación del espectro es la eficacia técnica (véase el Capítulo 8), cuyo principal objetivo es maximizar la utilización del espectro por parte de los diversos sectores socioeconómicos. Para lograr este objetivo pueden utilizarse los diversos mecanismos que se exponen en las siguientes subsecciones.

2.11.1 Planificación del espectro para los servicios actuales y futuros

Habida cuenta de que el espectro es un recurso limitado, pero fundamental para el desarrollo y el crecimiento de la industria, la planificación del espectro debe garantizar que hay recursos disponibles para satisfacer la demanda actual y anticipar la demanda futura. La planificación del espectro se ha de realizar teniendo en cuenta la evolución tecnológica, la flexibilidad de la utilización, las tendencias internacionales de la industria, la innovación en las comunicaciones, las fluctuaciones del mercado, las necesidades de los usuarios, la neutralidad tecnológica, y prestando especial atención a las políticas públicas en materia de defensa nacional, educación, medio ambiente e integración social.

En este sentido, para combinar todas esas necesidades se han de elaborar distintos planes y estrategias para ofrecer una respuesta efectiva y puntual a la utilización del espectro por parte de los servicios actuales y futuros.

2.11.2 Alternativas tecnológicas

Algunas de las más modernas tecnologías inalámbricas son las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), las radiocomunicaciones definidas por software (SDR), los sistemas de radiocomunicaciones cognitivos (CRS), la arquitectura inalámbrica abierta (OWA) y las redes de la próxima generación (NGN).

2.11.3 Frecuencias de reserva para el futuro

La rápida y continua evolución de la tecnología de telecomunicaciones, la convergencia de los servicios, el crecimiento del sector de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la continua expansión de las telecomunicaciones móviles y la modificación de los hábitos y costumbres de la población en general se han acelerado y aumentarán considerablemente la demanda de espectro en el futuro. El progreso tecnológico trae consigo nuevos servicios que, para atraer inversiones, han de tener cierta seguridad en cuanto a la disponibilidad de espectro. Los nuevos sistemas ofrecen varios servicios, difuminando así la dicotomía sistema/servicio. Por ejemplo, los sistemas de comunicaciones móviles y la banda ancha por satélite pueden combinar varios servicios tradicionales, como la telefonía, la transmisión de datos y el acceso a Internet.

La disponibilidad y utilización del espectro repercute en el nivel de competencia entre entidades de mercado, es decir, que no sólo se trata de servicios de radiocomunicaciones compitiendo por acceder al espectro, sino que se pueden ver afectados los proveedores y usuarios de comunicaciones por fibra óptica, por satélite o por bucle de cable local. Es necesario llegar a un equilibrio entre el espectro para las aplicaciones públicas, la defensa y la seguridad nacional y el espectro para fines comerciales o empresariales. Además, las tecnologías

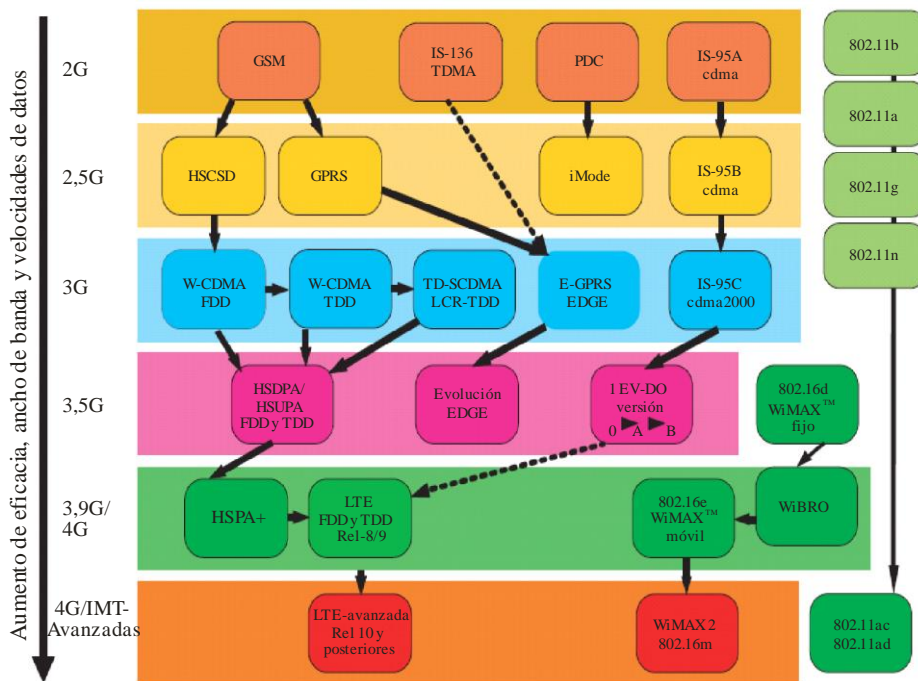
digitales para las radiocomunicaciones utilizan más eficazmente el espectro, por lo que influyen en la manera de planificar, gestionar y controlar ese recurso.

Las administraciones pueden atribuir y estructurar las bandas de frecuencias para múltiples nuevas aplicaciones y regular su utilización para garantizar que el funcionamiento de esas aplicaciones no sufrirá interferencia perjudicial.

La utilización de Internet y, en particular de los protocolos TCP/IP, VoIP y TVIP, aumenta el tráfico en los nodos LAN, lo que genera una mayor demanda de ancho de banda y velocidad y lleva a la creación de células más pequeñas destinadas a satisfacer las necesidades residenciales y laborales. El futuro de las telecomunicaciones se encuentra en las comunicaciones móviles y multimodales, en particular las IMT internacionales. Por consiguiente, las administraciones prestarán especial atención al espectro identificado para las IMT y que, de acuerdo con sus necesidades nacionales, se requiere para garantizar la implantación del ecosistema IMT en sus países, al tiempo que se fomenta la armonización mundial/regional de esa utilización. La industria móvil ha seguido, como se ve en la Figura 2.1, el siguiente trayecto migratorio AMPS / TDMA / GSM / GPRS / EDGE /W-CDMA y TD-SCDMA /HSPA / LTE. La evolución de CDMA y CDMA2000 ha seguido otro camino.

FIGURA 2.1

Evolución de las tecnologías móviles³⁰



Nat.Spec.Man-2.01

Fuente: Agilent Technologies Inc., 2010.

Para proseguir satisfactoriamente con la migración, es necesario que el organismo gestor tome decisiones que permitan obtener beneficios máximos de la implantación nacional de esas tecnologías:

- Atribuir preferentemente espectro armonizado, como recomiendan la UIT y las organizaciones regionales, para la implantación de las IMT-avanzadas, habida cuenta de las tendencias de los usuarios y de la evolución tecnológica.

³⁰ Agilent Technologies, Introducing LTE-Advanced, United States of America: Agilent Technologies, Inc., 2010, p. 3

- Permitir a los operadores móviles ofrecer una amplia variedad de servicio explotando al máximo las velocidades de datos que ofrecen las IMT-Avanzadas de tipo DSL a fin de soportar aplicaciones y servicios avanzados (por ejemplo, de acuerdo con la Recomendación UIT-R M.1645 se ha establecido un requisito de calidad de servicio de 100 Mbit/s para la hipótesis de alta movilidad y de 1 Gbit/s para la hipótesis de baja movilidad).

Estas decisiones generan, entre otras cosas, los siguientes beneficios:

- Economías de escala gracias a los datos inalámbricos avanzados.
- Producción y acceso a terminales y servicios IMT mundiales gracias a la investigación y el desarrollo de la industria móvil.
- Soluciones de datos inalámbricos avanzados para instituciones docentes, empresas y entidades públicas y privadas a fin de reducir la brecha digital.

De acuerdo con todo lo anterior, es importante que las administraciones consideren cuál es la mejor manera de optimizar la utilización de las frecuencias para las aplicaciones de radiocomunicaciones definidas por software (SDR), los sistemas de radiocomunicaciones cognitivos (CRS), la arquitectura inalámbrica abierta (OWA) y otras aplicaciones semejantes que utilizan el espectro con más flexibilidad.

2.11.4 Liberación y reorganización del espectro

Algunos métodos de planificación de frecuencias pueden considerar la posibilidad de eliminar las licencias para el funcionamiento de sistemas de telecomunicaciones con tecnologías obsoletas que no utilizan eficazmente el espectro (véanse en el Capítulo 6 más detalles sobre la eficacia espectral).

Antes de la transición a la televisión digital, la separación de canales de televisión de la norma NTSC americana era de 6 MHz, 7 MHz (en ondas métricas (VHF)) y 8 MHz (en ondas decimétricas (UHF)) para SECAM y PAL. Para cumplir los requisitos de calidad, transparencia, equidad y eficacia en la prestación del servicio se necesitaba multiplicar el ancho de banda por el número de canales en la zona de servicio. En la década de 1980 los sistemas móviles celulares de banda estrecha necesitaban un ancho de banda de 30 kHz por canal. Hoy en día estos paradigmas han cambiado gracias a la introducción de nuevas tecnologías.

En la actualidad es posible agrupar tres o más canales de TVAD en una única portadora de 6 MHz. Con MDP-4 o MAQ se pueden reducir 2, 4, 8, ..., 128 veces el espectro que necesita una estación MF, por lo que se pueden enviar mayores cantidades de información por la misma portadora. Con GSM-MDMG hasta 20 usuarios pueden establecer simultáneamente una comunicación en una sola portadora. UMTS puede acomodar tantos usuarios como códigos posibles dentro de la misma portadora de banda ancha. El número de códigos que pueden almacenarse en un chip llega a parecer ilimitado.

Las administraciones pueden considerar la posibilidad de aplicar técnicas de redistribución de bandas de frecuencias utilizando datos heurísticos y empíricos. Las administraciones pueden acelerar la transición de la radiodifusión analógica a la digital a fin de recuperar espectro disponible y aumentar la capacidad espectral.

Una vez definidas las necesidades reales en términos de espectro para el funcionamiento de los diversos equipos de radiocomunicaciones en las distintas bandas de frecuencias, las administraciones deben recopilar información sobre las frecuencias y anchos de banda que se pueden liberar y para los que ha de preparar los reglamentos correspondientes. Ya que no es posible predecir la utilización futura del espectro liberado, las administraciones pueden dejar un margen de flexibilidad para permitir la futura utilización de diversos servicios de radiocomunicaciones y nuevas tecnologías. También se ha de estudiar la ocupación y utilización del espectro autorizado para identificar medidas reglamentarias de liberación de las frecuencias utilizadas de manera poco eficaz o no utilizadas a fin de redistribuir el espectro liberado para otros fines.

Las administraciones pueden considerar cuándo un usuario ha de abandonar (total o parcialmente) una banda de frecuencias asignada y trasladarse a otra banda de frecuencias o plataforma, o ajustar la utilización de la banda de frecuencias para acomodar a otro usuario. Aunque es posible que la operación no genere beneficios para el usuario saliente, habrá de considerarse si conviene ofrecer incentivos al abandono de la banda de frecuencias utilizando el cálculo de la justa compensación, que tiene en cuenta factores como el costo del traslado en comparación con la situación que se daría si el usuario no hubiese modificado su situación.

2.11.5 Utilización efectiva de nuevas tecnologías para mejorar la reutilización de frecuencias

La reutilización de frecuencias puede definirse como el número de veces que se puede utilizar la misma frecuencia en una zona geográfica determinada sin que ningún usuario de la frecuencia se vea afectado. La coordinación de frecuencias suele ser uno de los factores determinantes de la técnica de la reutilización. Es posible utilizar eficazmente el espectro utilizando técnicas de ingeniería avanzadas para aumentar la reutilización de frecuencias, reducir el ancho de banda de los canales; utilizar mejores técnicas de codificación y estrategias de modulación para mejorar el acceso y la compartición de bandas sin interferencia; e introducir nuevos criterios para la compartición del espectro, elaborar estrategias para la asignación de frecuencias y modelos de utilización del espectro y utilizar otras técnicas de ingeniería y explotación. Estas actividades repercuten directamente en la cantidad de espectro necesario para satisfacer la demanda de un servicio de radiocomunicaciones concreto y en las actividades de planificación. Las administraciones conocen las técnicas de reutilización para maximizar la utilización del espectro y ajustan correspondientemente sus actividades de planificación.

2.11.6 División de canales

Se trata de utilizar el espectro mediante una nueva planificación de las bandas en la que se reduce el ancho de los canales existentes. La división de canales multiplica su número y fomenta la introducción de nuevas tecnologías. Los procedimientos de división de canales han de tener en cuenta que normalmente el espectro que se va a planificar se utiliza intensamente. Para elaborar un plan de división de canales se han de analizar los siguientes puntos:

- *Continuidad del servicio*: la redistribución se debe realizar sin interrumpir el servicio.
- *Costos*: utilización de un método para reducir los costos para el usuario del espectro.
- *Compatibilidad*: es fundamental adoptar medidas de interoperatividad y compatibilidad con versiones anteriores, pues se prevé que las nuevas tecnologías ofrezcan mejores funcionalidades.
- *Riesgos*: se ha de lograr un equilibrio entre las políticas destinadas a proporcionar capacidades adicionales y las necesidades de los usuarios de soluciones con pocos riesgos.
- *Armonización*: las actividades se han de armonizar (cuando sea posible) con los países vecinos y a nivel internacional.

2.11.7 Solapamiento de servicios y compartición de bandas de frecuencias

La compartición efectiva de bandas de frecuencias para una serie de servicios puede desempeñar un papel importante en la reducción de la demanda de nuevo espectro. Es fundamental identificar las bandas compartidas en la actualidad y las que se compartirán en el futuro.

Un ejemplo típico de servicio solapado es la capacidad de los sistemas para utilizar eficazmente el espectro ampliado convencional. Se utilizan habitualmente técnicas como la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), el acceso múltiple por división de código (CDMA) y el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) para la compartición entre sistemas. El solapamiento de sistemas se ha de examinar caso por caso, analizando concretamente cada protocolo y arquitectura de los servicios potencialmente interferentes. Se pueden necesitar nuevos métodos para la compartición de espectro, las estrategias de atribución de frecuencias y los modelos de utilización del espectro.

2.11.8 Utilización del espectro no utilizado

Las políticas, reglamentos y programas de espectro deben fomentar la utilización del espectro por encima de 40 GHz, sobre todo para servicios que necesitan exclusividad en el espectro y para las aplicaciones de banda ancha. Por lo general, el espectro por encima de 40 GHz se utiliza poco. Este segmento del espectro puede soportar servicios de banda muy ancha y se puede recurrir a la reutilización a gran escala dado el pequeño tamaño de las células, la estrechez del ancho de haz y la excesiva pérdida de propagación. Esta parte del espectro también ofrece diversas ventajas, como antenas más pequeñas, anchos de haz más estrechos, equipos de menor tamaño y peso, y una instalación y reconfiguración más fáciles.

A pesar de lo anterior, es recomendable que las administraciones procuren la amplia utilización de las bandas de frecuencias más comunes.

2.11.9 Consideraciones particulares

Los beneficios derivados de la utilización de las radiocomunicaciones en un país concreto se ven afectados por varios factores, a saber, el tamaño del país, su configuración geográfica, la estructura del suelo, el número de países vecinos dentro de la distancia de coordinación y la infraestructura radioeléctrica.

En general, eso significa que los países con muchos vecinos tendrán que coordinar la mayoría de sus sistemas de radiocomunicaciones y, por tanto, adaptar su infraestructura de radiocomunicaciones a los países vecinos. Cuanto más desarrollada esté la infraestructura de los países vecinos, más necesario será coordinar la utilización del espectro a fin de que no resulte difícil introducir nuevos servicios. Esto puede no ser un gran problema en los países con baja densidad de población, pues necesitarán menos asignaciones de espectro.

En el otro extremo, los países grandes tienen más libertad para planificar servicios en bandas de frecuencias específicas sin recurrir a la coordinación. Esta libertad es aún mayor si tienen pocos vecinos. Los países que carecen de vecinos dentro del radio de coordinación podrán acceder ilimitadamente a las frecuencias desde cualquier punto de sus zonas fronterizas. En el contexto de este capítulo, por estructura del suelo se entienden las zonas montañosas, los bosques densos y las zonas desérticas. En combinación con otros elementos de la geografía del país y las características de población, la estructura del suelo ayuda a determinar qué bandas de frecuencias se adaptarán mejor a un servicio específico.

2.11.10 Concentración de población y congestión del espectro

La geografía de un país y la distribución de la demanda pueden combinarse para evaluar el nivel de frecuencias disponibles a lo largo y ancho del país. Es muy poco probable que la población de un país esté regularmente distribuida o que su concentración sea igual en centros urbanos de distintos tamaños. En la práctica, esas agrupaciones pueden representar una ventaja a la hora de prestar servicios de radiocomunicaciones, pero el nivel de la demanda puede estar desproporcionado con respecto a la zona en que se origina, lo que puede causar problemas de disponibilidad de frecuencias y, en último término, una congestión del espectro. La congestión representa un serio problema para las administraciones y muchas autoridades consideran que es un factor principal a la hora de adoptar una estructura de precios de espectro. Por ejemplo, en Colombia el 93% de la población vive en el 44% de la superficie del país³¹. Esta concentración de la población y la industria crea una gran demanda de todo tipo de servicios (es decir, móvil, fijo y radiodifusión), limitando notablemente la reutilización de las frecuencias existentes a causa de la escasa separación. Además, la proximidad de los países vecinos hace necesaria la coordinación en muchas bandas de frecuencias, lo que también limita la disponibilidad del espectro. Los servicios de telecomunicaciones móviles han experimentado un drástico crecimiento, con un aumento de la competencia entre nuevos operadores de telecomunicaciones, pero la implantación de los servicios se basa en los principales centros urbanos y los grandes enlaces que permiten la conexión. Por consiguiente, puede haber carencia de espectro en ciertas partes del país y no en otras.

2.12 Mejora del sistema de planificación de la gestión del espectro

Los planes de mejora del sistema de gestión suelen ser tan importantes como los planes nacionales de utilización del espectro. La elaboración de estos planes de mejora se ajusta estrictamente al proceso de los planes de utilización del espectro en cuanto a que hay que definir en primer lugar el alcance de cualquier plan, hay que hacer un inventario de las capacidades actuales, deben identificarse las futuras necesidades de gestión del espectro, debe hacerse un estudio prospectivo de otras tecnologías y capacidades disponibles y, a continuación, deben establecerse los pasos para pasar del estado actual a la posición que se considere necesaria para hacer frente a las futuras necesidades de la gestión del espectro. El alcance de un examen particular puede abarcar a todo un proceso. Por otra parte, también puede limitarse únicamente a una actividad o capacidad específica, tal como el soporte de procesamiento de datos o las bases de datos.

³¹ Puede encontrarse más información al respecto en http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20 y <http://www.todacolombia.com/>.

2.13 El organismo de gestión o administrativo

La creación de un organismo de gestión o ente administrativo que asuma la dirección y supervisión de la implementación del programa de planificación espectral resulta imprescindible para poder hacer frente a las cuestiones relacionadas con las estrategias de utilización del espectro a largo plazo. Esto comprende la introducción de un sistema de reconocimiento anticipado de cuestiones dentro del marco de sus procedimientos de planificación. Este proceso pueden realizarlo organismos de planificación especiales tales como Grupos de Proyecto o Grupos Temáticos, y Grupos Especiales.

La planificación de todos los tipos siempre es una tarea primordial al nivel de gestión, que no puede delegarse por las consecuencias y significado de las decisiones a adoptar. Estos organismos de planificación son responsables de lo siguiente:

- desarrollar políticas estratégicas detalladas y resolver problemas relativos a la conversión de las políticas estratégicas en planes operacionales;
- asignar recursos humanos y financieros;
- efectuar el examen estratégico de los procedimientos, resultados y necesidades junto con la implementación de las estrategias;
- efectuar las recomendaciones necesarias sobre ajuste de los sistemas de organización y gestión;
- actualizar los datos de planificación utilizados como base para la gestión de frecuencias.

Bibliografía

- CEPT/ECC [septiembre de 2002] Informe 16 – Refarming and Secondary Trading in a Changing Radiocommunications World. Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT). Comité de Comunicaciones Electrónicas (ECC).
- NALBANDIAN, A. [febrero de 1998] Estudios del UIT-R sobre gestión del espectro. Oficina de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Ginebra.
- NTIA [febrero de 1991] NTIA Special Publication 88-21, NTIA TELECOM 2000 – Charting the Course for a New Century, Capítulo 9. National Telecommunications and Information Administration, US. Department of Commerce.
- NTIA [febrero de 1991] NTIA Special Publication 91-23, U.S. Spectrum Management Policy: Agenda for the Future. National Telecommunications and Information Administration, US. Department of Commerce.
- NTIA [diciembre de 1991] NTIA TM-91-152, Assessment of Technological Forecasting for Use in Spectrum Management. National Telecommunications and Information Administration, US. Department of Commerce.

Textos del UIT-R

Manual del UIT-R	Comprobación técnica del espectro (Edición de 2011)
Manual del UIT-R	Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (CAT) (Edición de 2005)
Rec. UIT-R SM.667	Datos de gestión nacional del espectro
Rec. UIT-R SM.856	Nuevas técnicas y sistemas eficaces desde el punto de vista del espectro
Rec. UIT-R SM.1047	Gestión nacional del espectro
Rec. UIT-R SM.1131	Factores que intervienen en la atribución de espectro a escala mundial
Rec. UIT-R SM.1132	Principios y métodos generales de compartición entre servicios de radiocomunicación o entre estaciones radioeléctricas
Rec. UIT-R SM.1599	Determinación de la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro a efectos de planificación de frecuencias
Rec. UIT-R SM.1603	Reorganización del espectro como método de gestión nacional del espectro
Informe UIT-R SM.2015	Métodos para la determinación de estrategias nacionales a largo plazo para la utilización del espectro radioeléctrico

CAPÍTULO 3

Concesión de licencias y asignaciones de frecuencias**Índice**

	<i>Página</i>
Introducción.....	77
PARTE A – Asignación de frecuencias a estaciones radioeléctricas	81
3.1 Aspectos reglamentarios del proceso de asignación de frecuencias	81
3.2 Aspectos técnicos del proceso de asignación de frecuencias	83
3.2.1 Procedimientos para la asignación de frecuencias a estaciones radioeléctricas	83
3.2.2 Información necesaria para las solicitudes de frecuencias.....	83
3.2.3 Métodos de análisis de la interferencia para la planificación del emplazamiento/la frecuencia	83
3.3 Planes de frecuencias	86
3.3.1 Planificación lineal de sitios de frecuencias	87
3.3.2 Proceso de asignación y planificación de frecuencias en secuencias	89
3.3.3 Método de planificación del emplazamiento/la frecuencia para sistemas celulares .	91
3.3.4 Proceso de planificación flexible del emplazamiento/la frecuencia	92
3.4 Programas informáticos y automatización	92
PARTE B – Concesión de licencias	96
3.5 Introducción	96
3.6 Requisitos de la concesión de licencias.....	96
3.7 Concesión de licencia a estaciones de radiodifusión.....	97
3.8 Liberalización de la concesión de licencias	98
3.9 Prácticas de concesión de licencias	99
3.9.1 Concesión de licencias a usuarios de espectro radioeléctrico no comerciales.....	99
3.9.2 Concesión de licencias a los usuarios de radiocomunicaciones comerciales	100
3.9.3 Concesión de licencias del servicio fijo a operadores de servicios de telecomunicaciones	101
3.9.4 Concesión de licencias a los servicios móviles.....	102
3.9.5 Concesión de licencias al servicio de radiodifusión	103
3.10 Concesión de licencias en línea	104
3.10.1 Sistema sencillo de concesión de licencias en línea	104
3.10.2 Sistema de concesión de licencias en línea más complejo.....	104
3.10.3 Sistema de concesión de licencias en línea para múltiples países	105

	<i>Página</i>
3.10.4 Otros asuntos relativos a la concesión de licencias en línea	105
3.11 Cuestiones relacionadas con la seguridad de la información	105
Referencias Bibliográficas.....	106
Bibliografía.....	107

Introducción

En este Capítulo se examinan los aspectos reglamentarios y técnicos de la asignación de frecuencias y del proceso de concesión de licencias para la explotación de sistemas de radiocomunicaciones nacionales. Por un lado, al asignar frecuencias se debe tener en cuenta el funcionamiento normal de los sistemas radioeléctricos existentes, así como de los nuevos sistemas con una calidad de funcionamiento determinada. Por otro, en vista de la gran demanda cada vez más intensa, en los procedimientos de asignación de frecuencias se debe tratar de asegurar un nivel permisible de interferencia entre los servicios de radiocomunicaciones y entre las estaciones dentro de cada servicio, así como la utilización eficaz del espectro de frecuencias radioeléctricas y de las órbitas de satélite. En el caso de algunas aplicaciones (por ejemplo, servicios móviles y de radiodifusión), se pueden determinar con antelación cuáles son en general las frecuencias adecuadas para los diferentes sitios y dichas frecuencias se asignan posteriormente en el curso de la creación y ampliación de las correspondientes redes, según las necesidades. Este tipo de actividades podrían denominarse procesos de planificación de «sitios de frecuencias». En algunas administraciones esto podría consistir en un proceso de adjudicación.

Se debería aplicar un procedimiento nacional para la asignación de frecuencias con miras a garantizar que los nuevos usos de frecuencias no causan interferencia perjudicial a los usuarios existentes, ya sea a escala nacional o internacional.

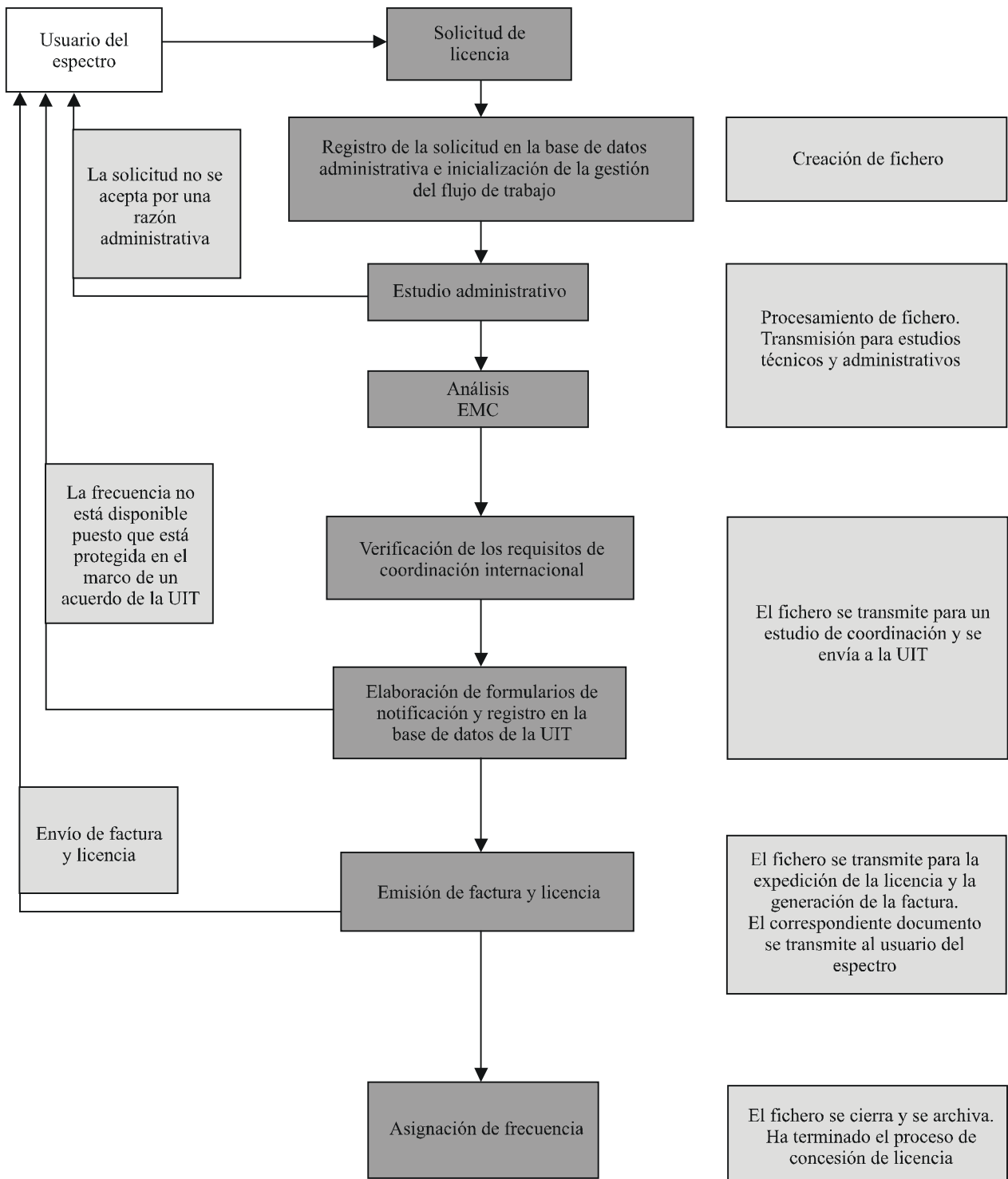
El proceso de asignación incluye el análisis de las necesidades de los servicios radioeléctricos propuestos, junto con cualesquiera otros estudios pertinentes, y la asignación de frecuencias de conformidad con un Plan nacional de adjudicación de frecuencias. Este Plan también podría incluir referencias a las medidas necesarias para proteger los sistemas de radiocomunicaciones de un país contra la interferencia perjudicial de las asignaciones de otro país publicadas en el Registro Internacional (MIFR), una copia del cual está disponible en discos compactos en la UIT, y la cual se actualiza cada dos semanas mediante la Circular Internacional de Información sobre Frecuencias de la BR (BR IFIC).

La aplicación satisfactoria de los procedimientos de asignación de frecuencias da lugar a la concesión de licencias con arreglo a los correspondientes derechos de licencia y otras tasas posibles. En la Figura 3.1 se ilustra el procedimiento general utilizado en el tratamiento de las solicitudes de asignaciones de frecuencias. Este procedimiento constituye la base para la planificación técnica y administrativa. El procedimiento administrativo representa la mayor parte del trabajo y ocupa a la mayoría del personal en muchas organizaciones dedicadas a la gestión de frecuencias. Por lo tanto, al efectuar la planificación debe considerarse cuidadosamente la versión operacional de este procedimiento, preparada para una organización dedicada a la gestión de frecuencias (véase el Capítulo 1). Esta versión operacional del procedimiento también debe ser objeto de una revisión periódica, y los eventuales cambios deben basarse en la experiencia práctica.

Para solicitar una asignación de frecuencias, normalmente el usuario rellena y presenta un formulario de solicitud (el cual puede ser diferente para cada servicio o grupo de servicios radioeléctricos). Por lo general la solicitud de asignación de frecuencias forma parte de una solicitud más general de licencia para la prestación de servicios de radiocomunicaciones. En los casos en los cuales sólo se necesita un permiso o autorización (como podría ser el caso de un organismo gubernamental que solicita una asignación de frecuencias), la información necesaria para una asignación de frecuencias será similar a la de una solicitud de licencia, pero sin la mayor parte de la información de carácter administrativo y comercial.

FIGURA 3.1

Procedimiento general para la concesión de licencias y la asignación de frecuencias



SpecMan-031

Los formularios deben contener todos los datos administrativos, técnicos y operacionales relacionados con las estaciones transmisoras y/o receptoras necesarios para realizar los correspondientes análisis de compatibilidad electromagnética (EMC). Los formularios también deben contener datos para la coordinación a nivel nacional y/o internacional, y para terminar el procedimiento de concesión de licencias se deberían asignar la o las

frecuencias adecuadas. Los sistemas radioeléctricos que contienen varias estaciones transmisoras y receptoras podrían tener que rellenar únicamente un formulario de solicitud general para todo el sistema, acompañado por varios formularios de solicitud detallados para las diferentes estaciones. Con miras a simplificar el procedimiento de ingreso de datos, la estructura de los formularios debería guardar estrecha relación con la secuencia de datos que se ingresan en la base de datos del correspondiente sistema de gestión del espectro (SMS). Algunos SMS aceptan el ingreso automático de los datos contenidos en los formularios de solicitud en ciertos formatos que pueden ser leídos por máquina.

En la Figura 3.1 se muestra un ejemplo de un diagrama de bloques para un subsistema de licencias y asignación de frecuencias característico de un SMS.

El esquema funcional de la base de datos (véase la Figura 3.2) contiene ejemplos de las posibles diferentes entidades de la base de datos y los enlaces entre cada entidad.

En la Figura 3.2 se describen todas las entidades utilizadas. Las principales entidades figuran en azul, las secundarias en blanco. No se enumeran los Cuadros de menor importancia o relacionados con aspectos técnicos, pero éstos se incluyen en los bloques de entidades. Las entidades están asociadas por enlaces, cada uno de los cuales tiene cardinalidad. Por ejemplo, la relación:

sitio $0,n$ ----- $1,1$ estación

indica que un sitio puede ser utilizado por cualquier número de estaciones (de 0 a n) y que una estación utiliza únicamente un sitio. (Un sitio puede ser utilizado por 0 a n estaciones, y una estación sólo puede utilizar un sitio.) Luego las entidades se agrupan en un dominio para indicar el uso funcional de cada entidad.

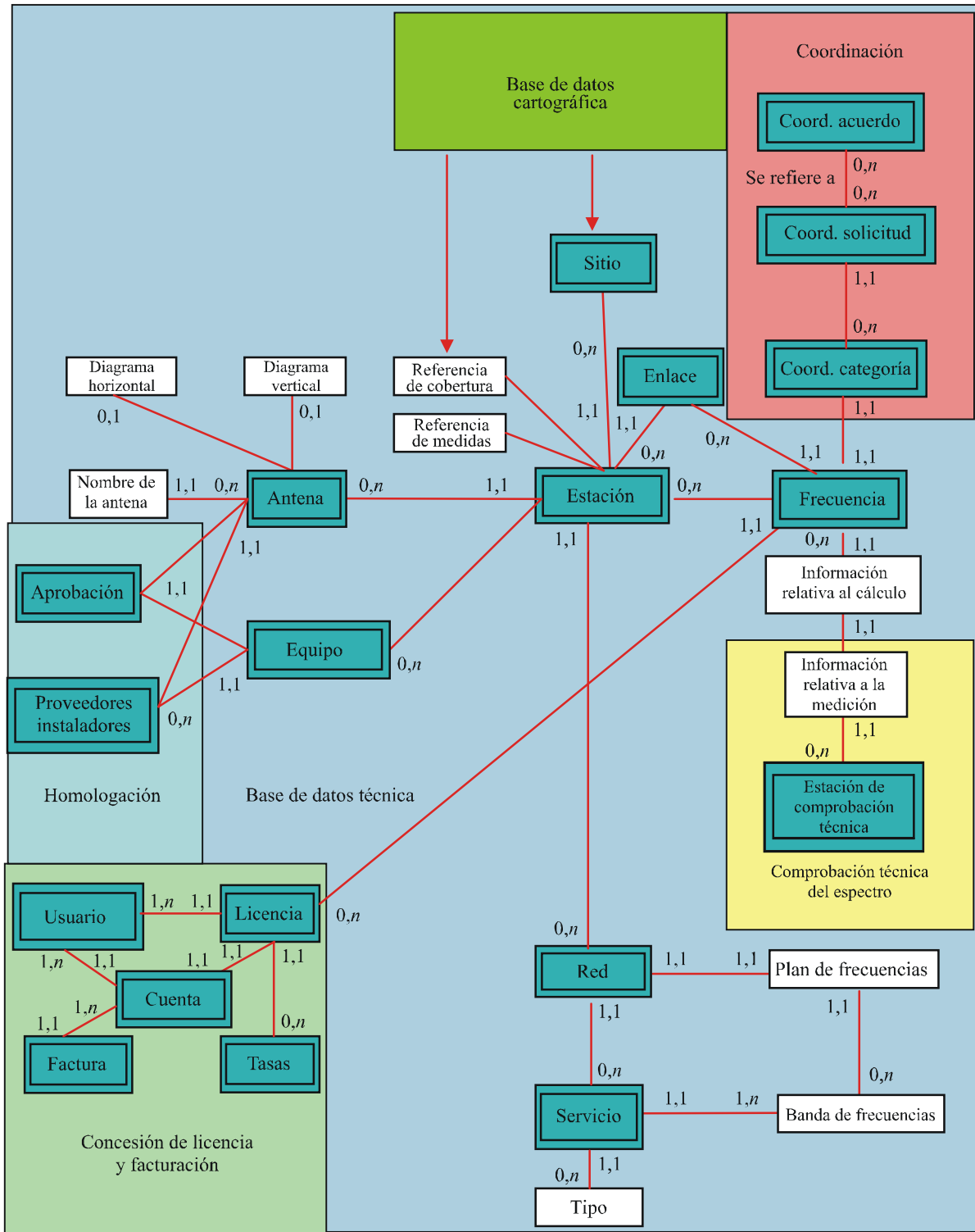
La base de datos técnicos y administrativos está formada por diferentes dominios: n

- el medular: base de datos técnicos; y
- las extensiones administrativas: coordinación, concesión de licencias y facturación, homologación y estadísticas de actividades.

Una vez que se ha asignado una frecuencia a una estación transmisora o receptora, todos los datos administrativos, técnicos y operacionales contenidos en el formulario de solicitud (con posibles modificaciones introducidas durante el procedimiento de asignación de frecuencias) deben ingresarse en el Registro Nacional de Frecuencias. Éste podría ser la misma base de datos que se ilustra en la Figura 3.2, con diferente categoría para un conjunto de datos (véanse las Recomendaciones UIT-R SM.1370 y UIT-R SM.1604). Este registro no sólo sirve como referencia para seleccionar posteriormente otras frecuencias utilizables, sino que también sirve de base para adoptar las otras medidas eficaces necesarias para adaptar la planificación nacional a las necesidades reales de los diversos usuarios. Al compilar el Registro Nacional y mantenerlo actualizado hay que actuar con cautela; éste debe tener lugar para registrar un número suficiente de asignaciones y toda la información necesaria para incluir una descripción clara y completa de cada una de las asignaciones de frecuencias. Habida cuenta del bajo costo actual de los programas y equipos informáticos, se recomienda utilizar una base de datos informatizada para el tratamiento y registro de asignaciones de frecuencias (Manual del UIT-R – Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (edición de 2015)).

Además de los procedimientos para la concesión de licencias y asignación de frecuencias descritos en este Capítulo, en algunos casos los responsables de la gestión del espectro podrían adoptar procedimientos exentos de licencias para algunas tecnologías, como por ejemplo Wi-Fi, Wi-Max, RFID, ultra banda ancha (UWB) y otros sistemas de corto alcance.

FIGURA 3.2
**Organización de la base de datos sobre sistemas de gestión del espectro
 con fines de concesión de licencias y asignación de frecuencias**



Entidad principal
 Entidad secundaria
 Enlaces de la entidad
1,n 1,n Cardinalidad de los enlaces de la entidad
 Frontera de dominio

PARTE A

Asignación de frecuencias a estaciones radioeléctricas

La asignación de frecuencias es una parte cardinal del proceso de gestión del espectro y es necesaria para todos los servicios de radiocomunicaciones. En esta Sección se abordan los aspectos de orden reglamentario y técnico del proceso de asignación de frecuencias. Se considera que los aspectos administrativos forman parte del proceso de reglamentación.

3.1 Aspectos reglamentarios del proceso de asignación de frecuencias

Los organismos nacionales encargados de la gestión de frecuencias deberían tomar disposiciones para crear un departamento especial que sería responsable de las asignaciones de frecuencias a sistemas radioeléctricos, el cual se ocuparía de los aspectos de orden reglamentario y técnico. En función del tamaño de la organización dedicada a la gestión del espectro, se asignaría a determinadas personas o unidades dentro del departamento la responsabilidad de la asignación de frecuencias.

Reglamentación nacional: En los organismos nacionales se podría asignar a grupos de gestión especiales, con un mandato adecuado, la responsabilidad de la asignación de frecuencias a los sistemas de los diferentes servicios. De otro modo, se podría asignar esta responsabilidad a una única estructura de gestión para diferentes categorías de servicios, con autoridad para administrar las correspondientes asignaciones de frecuencias. Estos grupos podrían proporcionar asignaciones de frecuencias a diversos servicios, incluidos los servicios que comparten bandas. Se podría contemplar la posibilidad de asignar frecuencias a determinados sistemas de radiocomunicaciones que utilizan bandas de frecuencias para diferentes servicios o usuarios. Por lo tanto, corresponde a la administración nacional tomar una decisión en cuanto a los procedimientos que se han de aplicar para la asignación de frecuencias y los métodos que se han de utilizar para garantizar la utilización eficaz del espectro de frecuencias radioeléctricas.

Por ejemplo, de conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, los servicios móviles terrestres y los servicios de radiodifusión comparten cierto número de bandas de frecuencias, y el servicio de radiodifusión utiliza esas bandas a título primario. Se podría asignar a los usuarios que representan los intereses de organizaciones gubernamentales la categoría primaria en cuanto a la utilización del espectro radioeléctrico, y conferir una categoría inferior a los usuarios comerciales.

En las reglamentaciones nacionales deben especificarse todos estos aspectos administrativos y técnicos, así como las cuestiones relacionadas con las subastas, los derechos de licencias, otras posibles tasas, multas, etc. Dichas reglamentaciones deberían adoptarse en la forma de un reglamento nacional de radiocomunicaciones consolidado y/o en forma de decretos, órdenes o normas individuales aprobadas por las correspondientes autoridades nacionales.

Procedimientos para la coordinación de frecuencias: La coordinación de frecuencias es el proceso mediante el cual se concierta un acuerdo entre los usuarios del espectro existentes y un posible usuario del espectro, cuando existe la posibilidad de conflictos en relación con el espectro. La coordinación puede entrañar consideraciones de orden técnico, administrativo, jurídico, de cordialidad o de otra índole.

Tal como se ilustra en la Figura 3.2, una importante esfera de actividad del departamento responsable de la asignación de frecuencias es la coordinación de la utilización del espectro a escala nacional. La coordinación de frecuencias a nivel nacional es indispensable puesto que la misma banda de frecuencias es por lo general compartida por sistemas de radiocomunicaciones que pertenecen a diferentes usuarios. Por ejemplo, algunos enlaces de microondas pueden ser utilizados por diferentes organismos estatales, otros por operadores locales o nacionales, y otros por una o más empresas privadas, todos ellos utilizando las mismas asignaciones de frecuencias. El proceso de coordinación debe estar reglamentado en el marco de normas nacionales pertinentes. Todos los usuarios que podrían verse afectados por un nuevo sistema de radiocomunicaciones que se esté considerando deben estar obligados a examinar la posibilidad de interferencia con dicha asignación.

Las frecuencias se asignan teniendo debidamente en cuenta cualesquiera restricciones en su utilización, estipuladas en los reglamentos nacionales. Algunos países podrían imponer limitaciones locales al uso de determinadas bandas de frecuencias para los diferentes servicios. Puede tratarse de restricciones a la utilización

de algunas frecuencias por usuarios particulares, restricciones de la potencia radiada en determinados servicios que funcionan en una banda de frecuencias dada, o en ciertas zonas geográficas.

En algunos casos, y en particular durante el procedimiento de asignación de frecuencias en zonas fronterizas, es necesario establecer coordinación de frecuencias a escala internacional. El espectro debe compartirse entre las administraciones, los servicios radioeléctricos y las estaciones. Por otro lado, cada administración es autónoma. Así pues, es evidente que la mejor manera de atender los intereses de todas las administraciones es concertar un acuerdo internacional sobre las reglas y procedimientos generales para la gestión del espectro. El principal objetivo es evitar las interferencias inaceptables entre estaciones de diferentes administraciones. A tales efectos, se deben acordar procedimientos de coordinación para asesorar a las administraciones que poseen fronteras en común acerca del modo de intercambiar información y adoptar todas las medidas necesarias para garantizar que no se producirá interferencia perjudicial.

El principal método para la coordinación de asignaciones de frecuencias terrenales en zonas fronterizas consiste en dividir los recursos de frecuencias disponibles de una manera equitativa entre las partes o, en caso de que existan grandes diferencias en cuanto al número de asignaciones de frecuencias o de habitantes en una zona fronteriza, dividir dichos recursos de manera proporcional a esa cuantía entre las partes. Una parte podría utilizar un conjunto acordado de frecuencias y la otra parte otro conjunto. Se deben acordar las condiciones de interferencia aceptable y las frecuencias cuya asignación se esté considerando deben verificarse sobre la base de los criterios acordados utilizando procedimientos de cálculo convenidos. El procedimiento de coordinación puede dividirse en tres partes fundamentales: disposiciones administrativas; intercambio de información; y cálculos técnicos. En los diagramas de la Recomendación UIT-R SM.1049 se ilustran los procedimientos de coordinación de frecuencias internacionales característicos y se proporciona orientación detallada sobre los procedimientos de coordinación de las asignaciones de frecuencia terrenales. El Capítulo 5 contiene información adicional sobre asuntos de ingeniería del espectro relacionados con la coordinación. A veces resulta sencillo efectuar manualmente los cálculos de la distancia y la zona de coordinación, pero en otros casos esos cálculos pueden ser complejos y consumir mucho tiempo, por lo cual resulta indispensable recurrir a análisis informáticos.

Un posible ejemplo de un acuerdo multilateral para la atribución de frecuencias preferenciales a los servicios fijo y móvil terrestre a escala regional es el Acuerdo de Viena de 2000³², el cual no sólo contiene todos los procedimientos reglamentarios necesarios sino también todos los criterios técnicos y procedimientos de cálculo pertinentes, complementado con el correspondiente programa informático. Todos estos materiales también se pueden utilizar con éxito a escala nacional. En la Recomendación UIT-R SM.1049 figuran las principales disposiciones del Acuerdo de Viena. La coordinación de frecuencias de las estaciones de radiodifusión en zonas fronterizas es otro ejemplo de la coordinación de frecuencias internacionales.

El Registro Internacional de las asignaciones de frecuencias de un país por la UIT le confiere reconocimiento internacional y, en el caso de ciertos servicios y planes de frecuencias, protección para el funcionamiento de la estación. Resulta muy favorable a una administración registrar todas las asignaciones de frecuencias que considere necesitan protección contra la interferencia de otros usuarios internacionales³³.

Los procedimientos que rigen la notificación e inscripción de asignaciones de frecuencias en el MIFR podrían subdividirse a grandes rasgos en actos de coordinación, notificación, examen e inscripción. Los procedimientos que se han de seguir están consignados en el RR. Cuando se efectúa una asignación de frecuencias, de conformidad con un Plan de asignación o Plan de adjudicación regional, en dicho Plan también se podrían incluir los procedimientos que se deben aplicar.

Asimismo, es responsabilidad de los organismos nacionales examinar cualesquiera nuevas propuestas de frecuencias o modificaciones de asignaciones de frecuencias existentes, las cuales se divulgan mediante la IFIC de la BR. El examen debería garantizar que, en la fecha indicada en la BR IFIC, se formulan comentarios

³² Desde 2001 el Acuerdo de Viena de 2000 también se conoce como Acuerdo de Berlín.

³³ Es preciso señalar que pueden darse muchas situaciones en las cuales esta coordinación no sea necesaria, particularmente en países con gran superficie geográfica o en países que se encuentren aislados de sus vecinos más próximos.

sobre todas las necesidades de frecuencias publicadas que podrían causar interferencia perjudicial a servicios de radiocomunicaciones nacionales existentes o planificados.

3.2 Aspectos técnicos del proceso de asignación de frecuencias

En la mayoría de los casos, al asignar una frecuencia, se trata de elegir aquella que le proporcione al solicitante el nivel requerido de servicio, protegiendo al mismo tiempo contra la interferencia al solicitante y a los titulares de licencias en vigor. Con miras a utilizar con eficacia el espectro, las asignaciones deben seleccionarse de modo tal que ofrezcan la mayor posibilidad de dar cabida a futuros solicitantes de asignaciones de frecuencias.

3.2.1 Procedimientos para la asignación de frecuencias a estaciones radioeléctricas

En los procedimientos para la asignación de frecuencias a estaciones radioeléctricas se podría utilizar:

- a) una base de datos informatizada que contenga un registro nacional de frecuencias, esto es, un conjunto de bloques de datos sobre todas las estaciones de radiocomunicaciones en funcionamiento, con información administrativa, emplazamientos geográficos y características técnicas;
- b) una indicación especial de las asignaciones de frecuencias que son objeto de coordinación con otras administraciones;
- c) una base de datos topográfica que pueda utilizarse para efectuar cálculos de los niveles de señal deseados y no deseados, teniendo en cuenta los perfiles de los trayectos de propagación;
- d) una biblioteca electrónica de los equipos de transmisión y recepción homologados, así como de las antenas y los criterios para la planificación de frecuencias (intensidad de campo mínima/nominal utilizable, relaciones de protección, niveles de interferencia permisibles, etc.);
- e) un análisis EMC con diversas técnicas de cálculo (véase el Capítulo 5); y
- f) una biblioteca electrónica con datos sobre derechos de licencias y otras tasas relacionadas con la gestión del espectro, o con bloques de cálculo para determinarlos.

3.2.2 Información necesaria para las solicitudes de frecuencias

Es muy conveniente garantizar que, en la medida de lo posible, los formatos nacionales de solicitud estén en consonancia con las Recomendaciones del UIT-R y contengan todos los datos utilizados por la BR, tal como figuran en la BR IFIC y en los correspondientes planes de frecuencias regionales.

3.2.3 Métodos de análisis de la interferencia para la planificación del emplazamiento/la frecuencia

La necesidad de efectuar análisis de interferencia surge cuando se realiza la planificación del emplazamiento/la frecuencia para redes de radiocomunicaciones y de radiodifusión a nivel internacional y nacional, y al efectuar la coordinación de frecuencias entre las administraciones de diferentes países.

El análisis de la interferencia comienza con la determinación de las intensidades de campo de las señales deseada e interferente en el punto de recepción o en una frontera de la zona de servicio, por ejemplo para la radiodifusión y las comunicaciones punto a multipunto, y prosigue con la comparación de los requisitos de intensidad de campo mínima/nominal utilizable y las relaciones de protección para un servicio de radiocomunicaciones dado. A este respecto, es sumamente importante atenerse a las definiciones de los diferentes niveles de interferencia consignados en el RR. El Reglamento contiene las siguientes definiciones de interferencias y relaciones de protección:

1.166 *interferencia*: Efecto de una energía no deseada debida a una o varias *emisiones, radiaciones, inducciones* o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de *radiocomunicación*, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

1.167 *interferencia admisible*³⁴: *Interferencia* observada o prevista que satisface los criterios cuantitativos de *interferencia* y de compartición que figuran en el presente Reglamento o en Recomendaciones UIT-R o en acuerdos especiales según lo previsto en el presente Reglamento.

1.168 *interferencia aceptada*³: *Interferencia*, de nivel más elevado que el definido como *interferencia admisible*, que ha sido acordada entre dos o más administraciones sin perjuicio para otras administraciones.

1.169 *interferencia perjudicial*: *Interferencia* que compromete el funcionamiento de un *servicio de radionavegación* o de otros *servicios de seguridad*, o que degrada gravemente, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de un *servicio de radiocomunicación* explotado de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones (CS).

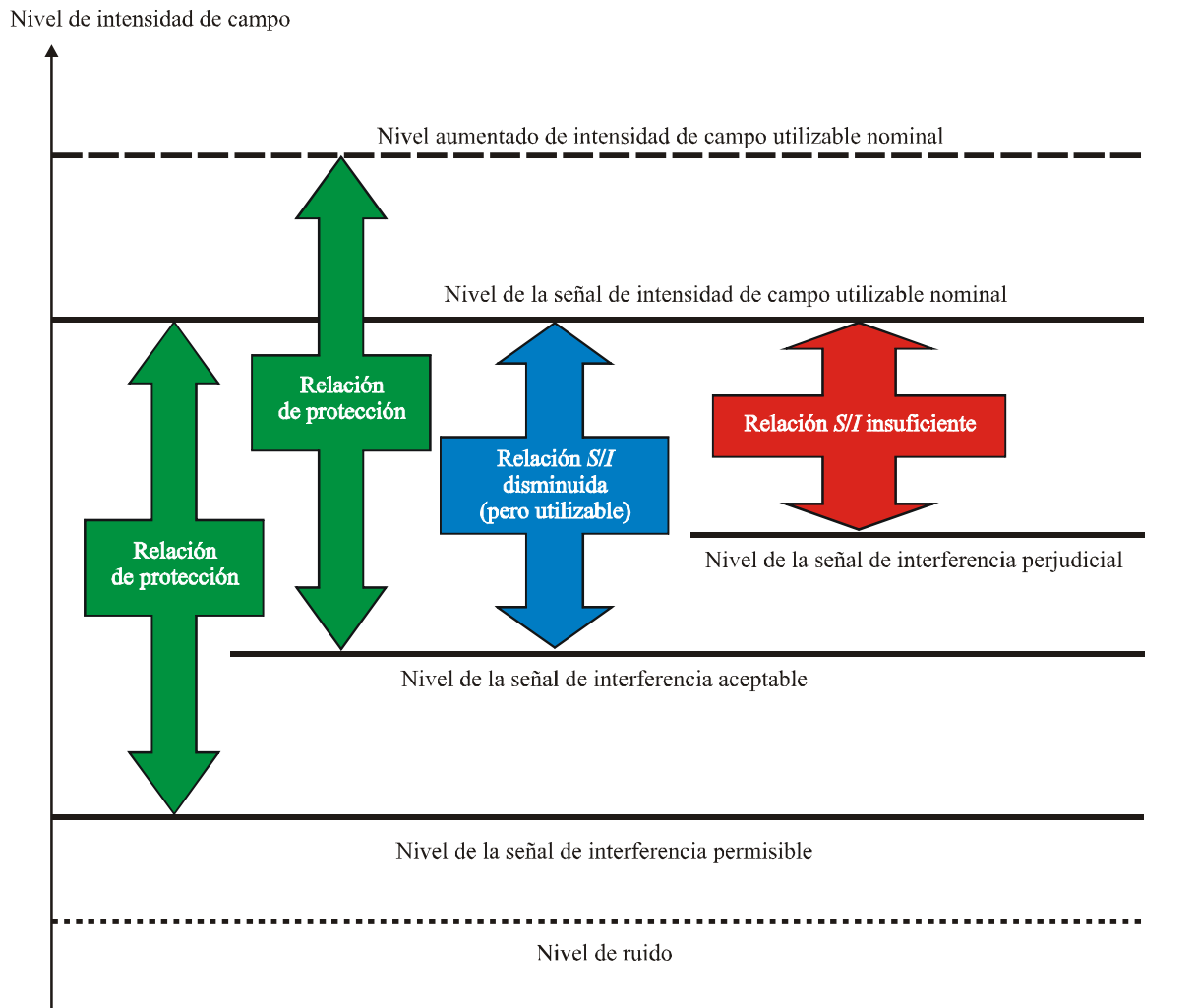
1.170 *relación de protección* (R.F.): Valor mínimo, generalmente expresado en decibelios, de la relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del receptor, determinado en condiciones especificadas, que permite obtener una calidad de recepción especificada de la señal deseada a la salida del receptor.

A los efectos del Reglamento de Radiocomunicaciones, los términos *interferencia permisible* e *interferencia aceptada* se utilizan en la coordinación de asignaciones de frecuencias entre administraciones. No obstante, en la práctica estos términos también se utilizan con fines de planificación y coordinación de asignaciones de frecuencias entre los usuarios del espectro a escala nacional.

³⁴ **1.167.1** y **1.168.1** – Los términos «interferencia admisible» e «interferencia aceptada» se utilizan en la coordinación de asignaciones de frecuencias entre *administraciones*.

En la Figura 3.3 se ilustran las interrelaciones entre *interferencia perjudicial* e intensidad de campo utilizable nominal, *relación de protección* e *interferencia permisible* (Recomendación UIT-R BS.638) para algunos servicios de radiocomunicaciones terrenales y en el caso de interferencia procedente de una sola fuente.

FIGURA 3.3
Relación entre los niveles de la señal utilizable e interferente



SpecMan-033

La intensidad de campo utilizable nominal es un factor importante en la planificación y coordinación de frecuencias. Ésta representa el nivel de la señal recibida (o supuesta) procedente del transmisor deseado que proporciona una recepción de señal (o una calidad de funcionamiento del sistema) adecuada en presencia de la señal interferente de otros transmisores. Las señales no deseadas en el mismo canal deben limitarse a un nivel bajo si se quiere evitar la interferencia. El grado en el cual deben restringirse las señales no deseadas está definido por la *relación de protección* (o margen), según se describe con los dos arcos de la izquierda en la Figura 3.3. El correspondiente nivel de la señal interferente se define como el nivel de la señal de *interferencia permisible* o *interferencia aceptada* (recibida o supuesta).

En muchos casos resulta innecesario o poco práctica la protección contra cualquier tipo de interferencia. Pueden ofrecerse servicios de radiocomunicaciones incluso en presencia de señales no deseadas ocasionales o de bajo nivel. El nivel de la señal que define esta situación es un poco mayor que el nivel de la *interferencia permisible* y se indica aquí como el nivel de la señal de *interferencia aceptable*. Esto corresponde a una situación en la cual hay una *interferencia aceptada* de la señal no deseada. Véase la definición en el

número **1.168** del RR *supra*. No obstante, en esta situación, aún puede obtenerse una calidad de funcionamiento adecuada del sistema. La misma *relación de protección* se utiliza para definir el «nivel aumentado de intensidad de campo utilizable nominal».

Como cabe puede apreciarse en la Figura 3.3, las condiciones de interferencia aceptables pueden cumplirse mediante un aumento del «nivel de intensidad de campo utilizable nominal», o bien aumentando la relación señal/interferencia (*S/I*). Sin embargo, el aumento del nivel de la señal interferente podría dar lugar a una relación *S/I* insuficiente y provocar interferencia perjudicial.

Los niveles de las señales deseada e interferente no son constantes, sino que su intensidad varía con el tiempo debido al desvanecimiento de la señal. Para garantizar la calidad de recepción adecuada, por lo general se utilizan márgenes adicionales para las intensidades de campo utilizables nominales. Sus valores pueden variar desde 6 hasta 12 dB y niveles superiores en algunos sistemas de microondas punto a punto para altos valores de porcentaje de tiempo.

Los valores particulares de «nivel de intensidad de campo utilizable nominal» y *relación de protección* que se indican en la Figura 3.3 de manera generalizada, dependen del servicio específico, en la banda de frecuencias, la calidad de servicio y otros factores. Los actuales sistemas automatizados de gestión del espectro contienen esos valores en bibliotecas que se utilizan para los correspondientes procedimientos de asignación de frecuencias y planificación del emplazamiento/ la frecuencia.

Algunas veces se hace referencia a las redes de radiocomunicaciones modernas como «exentas de interferencia». De hecho, ese término alude a las redes que están diseñadas para cumplir con condiciones de interferencia supuestas y específicas. En realidad el funcionamiento exento de interferencia (cuando la interferencia es despreciable) podría exigir grandes separaciones geográficas entre las estaciones que utilizan la misma frecuencia o frecuencias adyacentes y ello iría en detrimento de la eficacia en cuanto a la utilización del espectro. Así pues, el espectro se utiliza eficazmente cuando todas las estaciones de las redes funcionan con sujeción a niveles permisibles de interferencia que pueden ser diferentes para las estaciones de los diferentes servicios de radiocomunicaciones. Esto significa que el concepto de *interferencia permisible* desempeña una función positiva en el procedimiento de planificación del emplazamiento/la frecuencia. Por un lado, el nivel de *interferencia permisible* es un indicador de la calidad requerida de la transmisión y, por otro, es un indicador de la utilización eficaz del espectro.

En el Capítulo 5 se examinan detalladamente las técnicas de análisis de la interferencia.

3.3 Planes de frecuencias

La planificación de frecuencias entraña una distribución óptima de un conjunto determinado de canales de frecuencias desde el punto de vista de la eficacia en cuanto al uso del espectro, entre estaciones de base o estaciones de radiodifusión que constituyen una red de comunicaciones móviles o un sistema de radiodifusión (de televisión o sonora). La planificación puede permitir lograr la cobertura más completa posible de una zona en la cual funciona la red en cuestión.

La planificación puede iniciarse sobre la base de suposiciones de unas condiciones geográficas y topográficas uniformes a lo largo de las zonas que abarca el plan. Estas suposiciones permiten utilizar estimaciones normalizadas para la pérdida de propagación. En los planes resultantes se contempla una zona de cobertura uniforme pero no las diferencias en cuanto a la demanda o las condiciones reinantes en los diferentes emplazamientos dentro de la zona de planificación. En tales casos, el «plan rector» puede prever la introducción de ajustes (que en ocasiones exigen una coordinación especial) y en otros casos puede proporcionar una disposición inicial de emplazamientos y frecuencias que son objeto de ajustes a medida que lo va exigiendo la experiencia práctica. La insistencia actual en la flexibilidad en lo que respecta a la planificación de frecuencias indica que los planes de emplazamientos de este tipo incluyen una consideración minuciosa de las posibilidades de futuros cambios y modificaciones.

La disponibilidad de programas informáticos para la asignación de frecuencias y la cobertura de frecuencias radioeléctricas facilita la adaptación de dichos planes. Cabe señalar que los organismos reguladores no están forzosamente obligados a proporcionar estos planes; en el caso de la telefonía celular, por ejemplo, normalmente son los operadores de servicios celulares quienes los proporcionan.

Además de los cinco métodos antes descritos se pueden utilizar otros planes para la asignación de frecuencias. Tradicionalmente se han utilizado dos métodos para la elaboración de un plan de frecuencias, a saber:

- método basado en rejilla – una distribución sistemática y geográficamente regular de los recursos de frecuencias a lo largo de una zona;
- plan no basado en rejilla – una distribución irregular pero eficaz, en cuanto a la utilización del espectro, de los recursos de frecuencias a lo largo de una zona geográfica.

Cualquiera de los dos métodos es adecuado para la planificación de asignaciones/adjudicaciones, y ambos se pueden utilizar en presencia de limitaciones preexistentes. En lo que respecta a la elección del o los métodos de planificación, cabe señalar que los métodos basados en rejilla han servido de base satisfactoriamente para la mayoría de los planes de asignación de frecuencias y serían adecuados para la planificación de la radiodifusión digital en zonas con características relativamente uniformes en lo tocante a sus necesidades. Este método se aplica fundamentalmente en zonas en las cuales las asignaciones existentes o planificadas se transforman de asignaciones analógicas a digitales y empiezan a formar parte del plan digital.

En cambio, en las zonas en las cuales las necesidades de la radiodifusión digital no son uniformes (por ejemplo, dimensiones muy distintas de zonas de servicios y diversas condiciones de recepción) o en las zonas en las cuales existe requisitos para las estaciones de radiodifusión digital y ya están en funcionamiento redes de estaciones analógicas, la planificación no basada en rejilla será el medio óptimo para lograr tanto la cobertura deseada como la utilización más eficaz posible del espectro disponible. Este método permite la adición de asignaciones que no están distribuidas a lo largo de toda la zona de una manera regular y que podrían no tener zonas de servicio de igual tamaño.

El proceso de planificación conforme a ambos métodos puede dividirse en dos fases: «análisis de compatibilidad» y «síntesis». La fase de análisis permitirá identificar las incompatibilidades y responder adecuadamente a dichas incompatibilidades.

El proceso de planificación podría resumirse en los siguientes pasos:

Paso 1: Presentación de las necesidades para la radiodifusión digital.

Paso 2: Identificación de las estaciones de radiodifusión analógicas y de otros servicios que es preciso tener en cuenta.

Paso 3: Producto de los análisis de compatibilidad.

Paso 4: Evaluación de los resultados del Paso 3.

Paso 5: Consideración de aportaciones administrativas en relación con la compatibilidad entre las necesidades, volviendo al Paso 3 si es preciso.

Paso 6: Producto de la síntesis, bajo la forma de un plan.

Paso 7: Examen de los resultados, con una remisión al Paso 5 y luego al Paso 3 si no se han alcanzado los resultados deseados.

Paso 8: Adopción del plan definitivo.

3.3.1 Planificación lineal de sitios de frecuencias

La planificación lineal de sitios de frecuencias fue concebida en el Instituto de Radiodifusión de Hamburgo (Alemania), y se utilizó en numerosas Conferencias Internacionales sobre Radiodifusión (Estocolmo, 1961; Ginebra, 1963; CARR 1+; Ginebra, 1984).

Este método también puede aplicarse a la planificación de frecuencias para sistemas de radiocomunicaciones móviles [Gamst, 1982 y Hale, 1981], con inclusión de sistemas celulares.

El método de planificación lineal de frecuencias se basa en los siguientes postulados teóricos:

- todos los transmisores son idénticos, y poseen la misma potencia de salida y la misma altura de antena;
- los diagramas de radiación de la antena son isotrópicos en el plano horizontal; y
- las pérdidas de propagación no son una función del sentido o de la frecuencia.

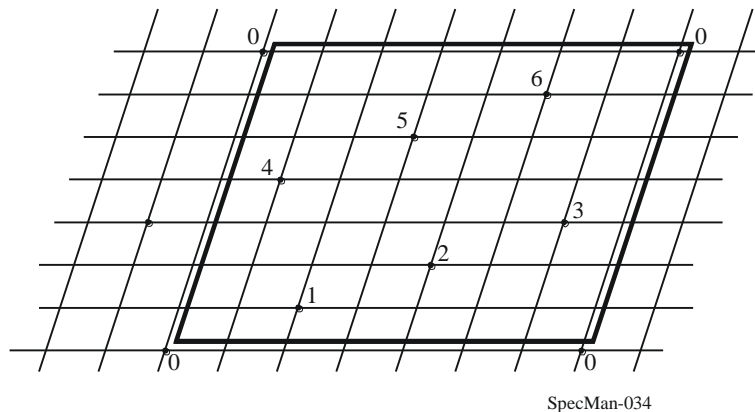
Con arreglo a las suposiciones anteriores, la frontera de una zona de servicio para cada transmisor es un círculo, cuyo radio depende del tipo de servicio (radiodifusión sonora o de televisión, móvil, etc.) y las características de propagación en la gama de frecuencias que se considera.

Al aplicar este método se obtiene un plan homogéneo de red transmisora conforme al cual los transmisores cocanal más próximos son los puntos nodales de una rejilla geoméricamente regular en la superficie de la Tierra, y en la cual hay seis transmisores cocanal en una rejilla.

En la Figura 3.4 se muestra una distribución en rejilla uniforme de transmisores en la que se dispone de siete asignaciones cocanal. La red teórica está formada por una rejilla de coordenadas tipo mapa en la que se utiliza un sistema de coordenadas oblicuas y en la cual el ángulo oblicuo es de 60° .

FIGURA 3.4

Rejilla uniforme para estaciones de radiocomunicaciones



En la Figura se ha destacado el rombo cocanal en los puntos nodales en los cuales se encuentran los transmisores que utilizan el canal de frecuencias $i = 0 \dots$. Los transmisores más próximos al ubicado en el origen están señalados con los números $1 \dots 6$. El rombo cocanal en los puntos nodales de la estación numerada con 0 se denomina rombo cocanal principal. Las estaciones de radiocomunicaciones cuyo emplazamiento está enumerado $i = 1 \dots 6$ están ubicadas en los puntos nodales dentro del rombo cocanal. La asignación de números de emplazamiento entre las estaciones de radiocomunicaciones ubicadas dentro del rombo es el mismo para cada rombo adyacente.

Se utilizan los siguientes datos de entrada:

- el radio de la zona de servicio, que debe proporcionarlo un transmisor en la red; y
- la distancia permisible entre los transmisores de diferentes canales de frecuencias.

El ejercicio de planificación arroja como resultado los siguientes parámetros para una red transmisora uniforme:

- el número mínimo necesario de canales de frecuencias;
- el número de canales de frecuencias asignados a las estaciones de radiocomunicaciones en la red planificada;
- la distancia real entre los transmisores de los diferentes canales de frecuencias i ; y
- las coordenadas de un nodo de red (en los principales rombos cocanal) en el cual está ubicada la estación de radiocomunicaciones que funciona en el canal i .

Las distancias entre los transmisores de los diferentes canales de frecuencias se calculan utilizando otro procedimiento para garantizar que el nivel de interferencia mutua entre las distintas zonas de servicio no rebasa unos valores aceptables determinados previamente.

Hay que señalar que las redes transmisoras reales no están en conformidad con el diseño geométrico uniforme que se ilustra en la Figura 3.4 y su calidad de funcionamiento técnico no concuerda con la de la red teórica. Las divergencias con respecto a la regularidad geométrica, las potencias teóricas y las alturas de antena reducen inevitablemente la eficacia de un plan de frecuencias. No obstante, utilizando el método antedicho es posible dar una imagen clara de la eficacia de un plan de frecuencias en función de las limitaciones adoptadas como datos de entrada para su elaboración.

Según se indicó anteriormente, la elaboración de un plan de frecuencias con el método anterior tiene carácter heurístico y no se presta fácilmente a la normalización.

Los resultados de la planificación de frecuencias lineal pueden aplicarse de la siguiente manera. La rejilla transmisora de una planificada red ideal se marca en un mapa de la zona y se asigna un canal de frecuencias al emplazamiento del nodo de rejilla más próxima. Al asignar canales de frecuencias a emplazamientos específicos del mapa, puede modificarse la potencia del transmisor, la altura de la antena, etc., en relación con los valores adoptados con fines de planificación.

Al terminar este plan es necesario verificar el radio de la zona de servicio para cada transmisor de la red utilizando métodos de predicción más exactos, junto con datos reales para cada sitio.

En algunos casos, sobre todo cuando se trata de la radiodifusión, se necesitan varios canales de frecuencias para cada emplazamiento y no sólo uno. Esto puede lograrse mediante el procedimiento de planificación lineal basado en múltiples rejillas dispuestas en correspondencia uniforme, a condición de que las diferencias en las frecuencias de los canales en cada emplazamiento tengan el mayor valor posible. Pueden imponerse limitaciones adicionales para evitar la interferencia de intermodulación.

3.3.2 Proceso de asignación y planificación de frecuencias en secuencias

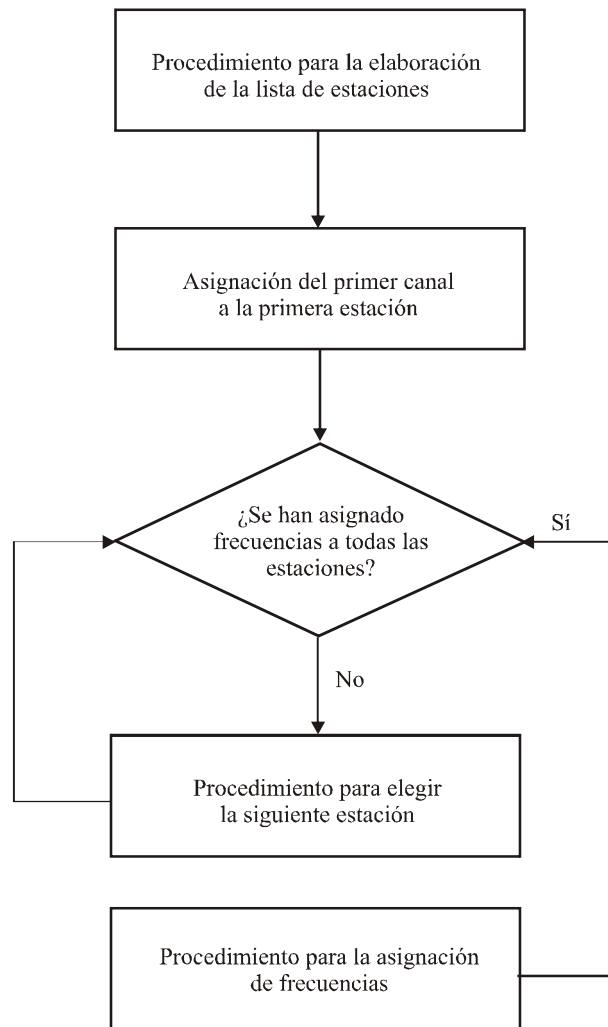
Con arreglo a este método se trata de encontrar una frecuencia para cada estación de una lista de estaciones a partir de una lista fija de frecuencias disponibles.

Al utilizar este método para la planificación de la red se necesitan los siguientes datos:

- a) una lista de estaciones de base o estaciones de radiodifusión a las cuales se han de asignar frecuencias, junto con sus coordenadas geográficas;
- b) una lista de los canales de frecuencias disponibles; y
- c) un cuadro en el que se indica la distancia necesaria entre estaciones de radiocomunicaciones cuando están separadas por una frecuencia determinada.

En la Figura 3.5 se muestra un organigrama del algoritmo general. El algoritmo de planificación de frecuencias incluye tres procedimientos, tal como se indica en la Figura. El procedimiento inicial consiste en la elaboración de una lista periódica de estaciones de radiocomunicaciones para las cuales es necesario elegir frecuencias. La secuencia de estaciones de radiocomunicaciones en la lista corresponde al esfuerzo requerido para designar una frecuencia al transmisor. El esfuerzo puede definirse, en particular, por el número de estaciones radioeléctricas dentro de una zona de interferencia cocanal de una estación de radiocomunicaciones determinada. Cuanto más estaciones de radiocomunicaciones hayan en la zona de interferencia cocanal, tanto más difícil resultará designar una frecuencia a esa estación de radiocomunicaciones y ésta aparecerá antes en la lista.

FIGURA 3.5

Algoritmo general de la planificación de frecuencias

SpecMan-035

La designación de frecuencias a una estación de radiocomunicaciones comienza con la primera estación en la lista a la que se le asigna el primer canal de frecuencias (inferior).

Con miras a elegir cada una de las estaciones subsiguientes en la lista y designarle una frecuencia, se aplica cierto procedimiento de manera secuencial a partir de varios procedimientos que han sido elaborados a tales efectos. El procedimiento más sencillo consiste en garantizar que la prioridad de las estaciones de radiocomunicaciones que se eligen corresponde a su secuencia en la lista.

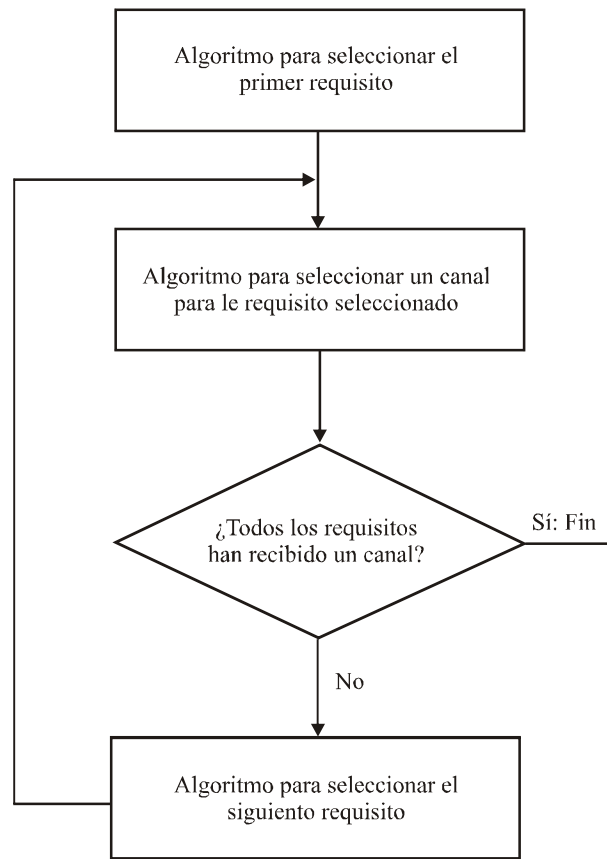
En la práctica, a veces surgen problemas al designar frecuencias para nuevas estaciones de radiocomunicaciones. A dichas estaciones se les debe dar cabida dentro de las asignaciones de red existentes. Esto puede resultar complejo, por ejemplo, para un sistema de televisión que necesita cierto número de repetidores de baja potencia que cubren pequeñas zonas de servicio (en las cuales la recepción de programas de las estaciones de televisión de alta potencia es difícil o imposible) con miras a lograr una cobertura total de programas.

Este problema particular de la planificación de frecuencias para un subsistema de televisión de baja potencia puede resolverse utilizando el método descrito en algunas publicaciones [O'Leary, 1984; Hunt, 1984 y Stocer, 1984].

La Figura 3.6 contiene el diagrama del método de planificación adoptado por la CRR-04 para la planificación del servicio de radiodifusión terrenal digital en partes de las Regiones 1 y 3.

FIGURA 3.6

Organigrama general de la planificación de síntesis/frecuencias secuencial



SpecMan-036

3.3.3 Método de planificación del emplazamiento/la frecuencia para sistemas celulares

En el curso de los últimos decenios el ritmo de crecimiento del servicio móvil terrestre ha sido particularmente elevado, ya que se han puesto en servicio sistemas móviles celulares. Estos sistemas permiten utilizar el espectro de frecuencias radioeléctricas de manera más eficaz, dado que para su funcionamiento se asigna un número de usuarios por banda muy superior al correspondiente a los servicios móviles terrestres convencionales. Esta eficiencia se logra puesto que los parámetros de cada estación de base se eligen para prestar servicio a zonas reducidas, o células, con fronteras especificadas. Las células cubren la zona en la que funciona la red de la estación de base de igual modo que las carreteras y autopistas lo hacen entre diferentes emplazamientos fundamentales.

En las redes celulares, normalmente la distancia D entre las células que utilizan los mismos canales no es superior a $D = 3,5 R_0$ hasta $D = 5,5 R_0$, siendo R_0 el radio nominal de una célula. Por lo tanto, hay una elevada tasa de reutilización de frecuencias en los sistemas celulares y la eficacia en cuanto a la utilización del espectro es relativamente alta [Lee, 1989].

Se llama conglomerado a un conjunto de células vecinas en el cual no es posible utilizar los mismos canales de frecuencias debido a las limitaciones de la interferencia. La dimensión de un conglomerado está dada por el número de células que lo forman [Lee, 1989].

Las estaciones de base pueden emplear tanto antenas omnidireccionales con polarización vertical como antenas sectoriales con una anchura de haz de 60° ó 120° . Cuando se utilizan antenas sectoriales, cada célula se divide en 3 ó 6 sectores respectivamente, y se asignan diferentes canales de frecuencias a cada uno de esos sectores [Lee, 1989].

Al elaborar un plan de frecuencias completo para un sistema móvil celular, es necesario especificar los parámetros básicos de dicho plan, a saber:

- la dimensión del conglomerado;
- un número, M , de sectores de servicio en una célula ($M = 1$ para $\theta = 360^\circ$; $M = 3$ para $\theta = 120^\circ$; y $M = 6$ para $\theta = 60^\circ$; siendo θ la anchura del haz de la antena de la estación de base);
- el número de estaciones de base;
- el radio de una célula;
- la potencia radiada equivalente del transmisor de la estación de base; y
- la altura de la antena de la estación de base (normalmente se supone que la altura de una estación móvil es de 1,5 m).

Este procedimiento permite determinar todos los parámetros necesarios para un plan de frecuencias. Con miras a elaborar un plan completo basado en el número de canales para cada estación de base y una configuración de conglomerado en un sistema celular, es necesario definir la frecuencia particular asignada para el funcionamiento de todas las estaciones de base que pertenecen a un conglomerado. Al hacerlo, también es indispensable reducir al mínimo la interferencia entre las células en las que se utilizan canales de frecuencias adyacentes, así como la interferencia de intermodulación entre los canales en el mismo sector de una célula.

En la elaboración de un plan de frecuencias completo para un sistema celular pueden utilizarse los métodos descritos en [Gamst, 1982 y Hale, 1981].

3.3.4 Proceso de planificación flexible del emplazamiento/la frecuencia

Normalmente para algunos servicios de radiocomunicaciones y sus aplicaciones tales como el servicio fijo, en particular los sistemas de microondas o los sistemas de radiocomunicaciones móviles privados (RMP), no se elaboran planes sobre el emplazamiento/la frecuencia rígidos y predeterminados. La asignación de frecuencias para cada nueva aplicación se determina mediante un análisis de compatibilidad de cada nueva entrada propuesta sobre la base de las asignaciones de frecuencias existentes enumeradas en el Registro Nacional de Frecuencias, y mediante la elección de una frecuencia para esa nueva entrada que no afecte a las asignaciones de frecuencias existentes y/o no se vea afectada por éstas. En el Capítulo 5 y en el Acuerdo de Viena de 2000, se exponen los procedimientos para los correspondientes análisis de la compatibilidad electromagnética.

Con el fin de acelerar la elección de una frecuencia adecuada para una asignación en un emplazamiento requerido, pueden utilizarse los procedimientos descritos en la Recomendación UIT-R SM.1599. De hecho este método genera datos pertinentes sobre la ocupación de determinadas subbandas de frecuencias en diferentes sitios. Asimismo, este método simplifica considerablemente el procedimiento de asignación de frecuencias puesto que permite hacer análisis de la compatibilidad electromagnética para una nueva entidad en un emplazamiento específico, sobre la base de un número limitado de asignaciones de frecuencias en una subbanda de frecuencias más estrecha que se encuentra menos ocupada que otras subbandas.

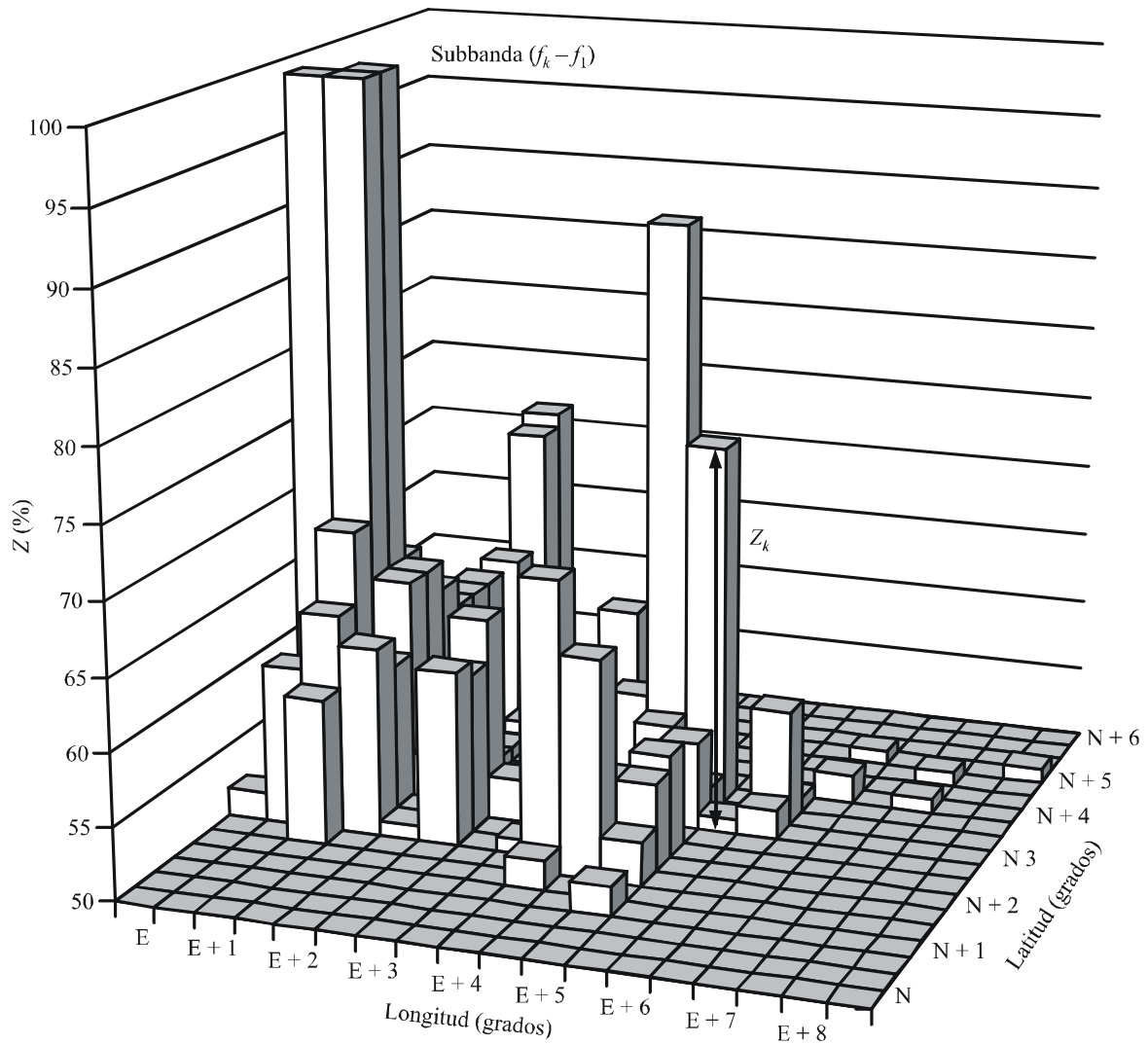
Por ejemplo, en la Figura 3.7 se ilustra la distribución de un factor de utilización del espectro, Z , (definido en la Recomendación UIT-R SM.1046) en una subbanda ($f_k - f_l$) entre células de una dimensión de $1^\circ \times 1^\circ$ dentro de una región total de unos $8^\circ \times 8^\circ$. Puede apreciarse así para qué células es apropiada la subbanda, Z_k , con el fin de efectuar nuevos análisis EMC, y para qué células no es adecuada.

3.4 Programas informáticos y automatización

Según se describe en el Manual del UIT-R sobre técnicas informatizadas para la gestión del espectro (Ginebra, 2005), la asignación de frecuencias y la concesión de licencias para subsistemas exige la utilización de computadores y medios de almacenamiento. Los programas informáticos pueden efectuar cálculos para los análisis de compatibilidad y la planificación de frecuencias basados en la metodología descrita en la sección anterior. Los programas informáticos modernos sobre sistemas de gestión del espectro (SMS, *spectrum management system*) ofrecen posibilidades de adaptación sencilla a las necesidades particulares del usuario. Pueden generarse los formularios de documentación requeridos y se pueden programar modelos de propagación específicos [Topcu y otros, 2000] y modelos para calcular los derechos de licencia. Se dispone de un modelo para calcular los derechos de licencia concebido específicamente con fines de adaptación a las necesidades del cliente SMS [Pavliouk, 2000]. Asimismo, los programas informáticos modernos SMS también pueden adaptarse fácilmente para funcionar con diversos mapas digitales de datos sobre terreno.

FIGURA 3.7

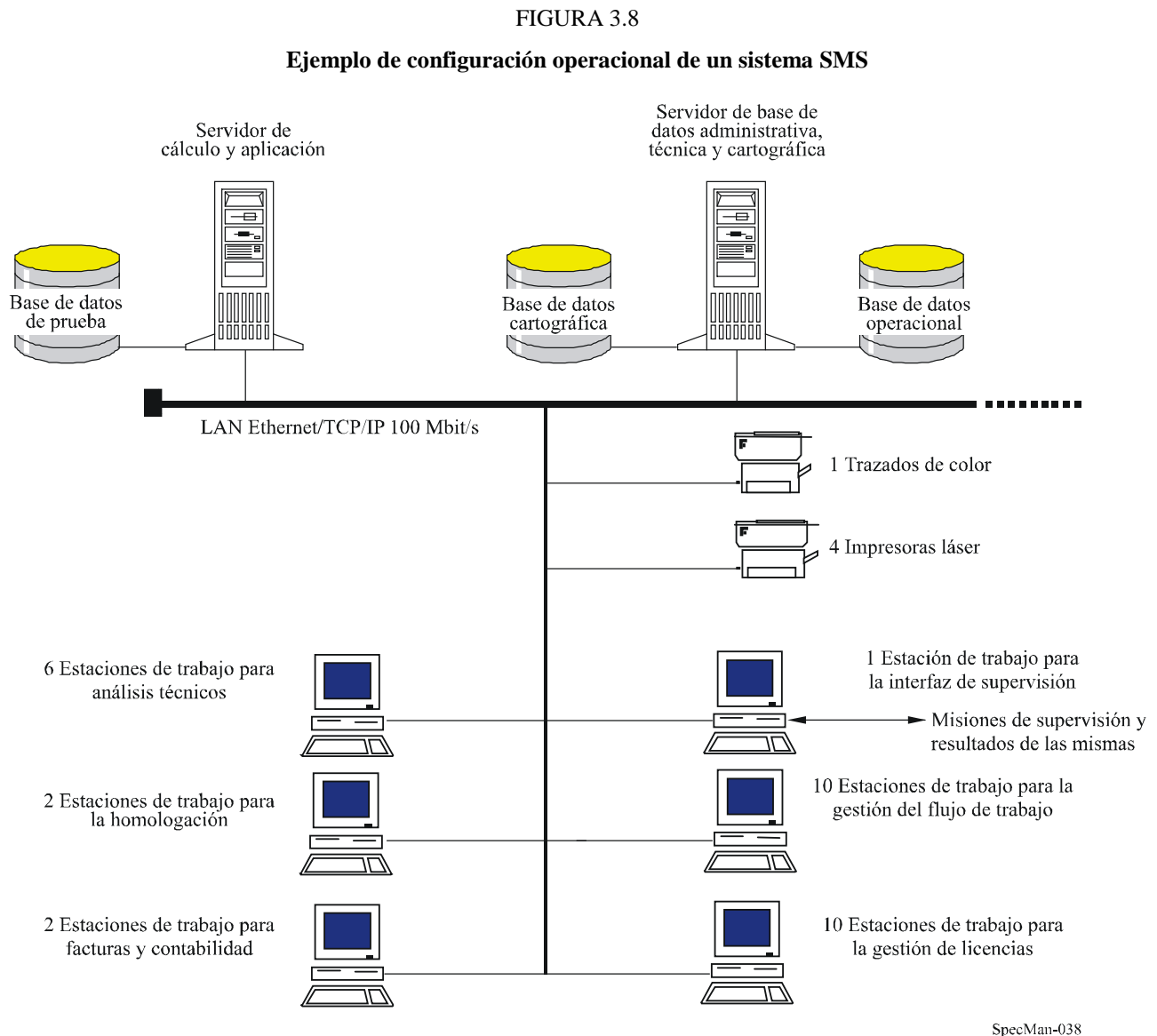
Ejemplo de distribución del factor de utilización del espectro, Z , a lo largo de un territorio en determinadas subbandas de frecuencias



SpecMan-037

En muchos países hay sistemas comunes para la gestión automática del espectro que abarcan las instalaciones radioeléctricas de todos los servicios de radiocomunicaciones [Bare, 1990 y Bykhovsky y otros, 2002]. En los sistemas locales automatizados para determinados servicios tales como la radiodifusión de televisión y la radiodifusión sonora en ondas métricas, así como los servicios fijo y móvil terrestre, pueden utilizarse computadores personales. [Vasiliev y otros, 1986; y Dotolev y otros, 2003.]

La Figura 3.8 contiene un ejemplo de configuración operacional de un modelo SMS.



Este modelo SMS contiene:

- Un servidor de cálculo y aplicación: programa informático SMS, gestión de ficheros de cálculo, gestión de sistemas de reserva y restablecimiento.
- Un servidor administrativo, técnico y cartográfico: gestión de bases de datos operacionales.
- Una base de datos de prueba: base de datos utilizada para pruebas y nuevas evaluaciones del SMS.
- Una base de datos operacional: base de datos utilizada para el trabajo operacional de la administración.
- Una base de datos cartográfica: modelo de terreno digital, señales parásitas, límites administrativos, mapas escaneados.
- Un trazador en color: representaciones gráficas, mapas de cobertura.
- Impresoras láser: documentos oficiales.

- Estaciones de trabajo para análisis técnicos: estaciones de trabajo para realizar análisis EMC utilizando representaciones gráficas.
- Estaciones de trabajo para homologación: estaciones de trabajo para la gestión de la homologación de equipos, incluido el certificado de importación y transacción.
- Estaciones de trabajo para facturas y cuentas: estaciones de trabajo para acceder a los datos sobre gestión de cuentas y facturas.
- Estaciones de trabajo para interfaz de supervisión: estación de trabajo para generar misiones e integrar los resultados de la supervisión.
- Estaciones de trabajo para la gestión del flujo de trabajo: estaciones de trabajo para los procesos internos de la administración en lo que respecta a la gestión del espectro; y
- Estaciones de trabajo para la gestión de licencias: estaciones de trabajo para gestionar el proceso de concesión de licencias y expedición de facturas.

El número de dispositivos depende de las necesidades del organismo regulador.

PARTE B

Concesión de licencias

3.5 Introducción

La expresión «concesión de licencias» se aplica a diferentes situaciones en el ámbito de las telecomunicaciones y a muchos otros aspectos de las actividades comerciales y gubernamentales. Aplicada a las radiocomunicaciones, la expresión también se utiliza con diferentes significados. A menudo un mismo documento de concesión de licencia incorpora aspectos de explotación comercial y utilización de radiofrecuencias (autorizando así ciertas actividades comerciales y la utilización de ciertas frecuencias radioeléctricas). En esta parte, la expresión «concesión de licencias» se aplica concretamente a la utilización de las frecuencias radioeléctricas: «licencia de frecuencias radioeléctricas».

La concesión de licencias de frecuencias radioeléctricas se utiliza como mecanismo para gestionar la utilización del espectro radioeléctrico (según se estipula en el número **18.1** del Reglamento de Radiocomunicaciones). Ahora bien, para gestionar eficazmente el espectro se han de tener en cuenta todos los usuarios del espectro radioeléctrico, esto es, las entidades privadas, las empresas y el gobierno. Es bastante común que los usuarios de espectro gubernamentales (y otras entidades públicas) disfruten de algún tipo de permiso para explotar el espectro concedido por un gestor de espectro. Tales «permisos» o «autorizaciones» se consideran a menudo como un tipo de «licencia» aun cuando el carácter jurídico sea diferente. A no ser que se especifique lo contrario, en el análisis de la concesión de licencias que figura a continuación se emplea esta expresión para el tipo de proceso más general, que incluye permisos, autorizaciones y otros documentos similares.

3.6 Requisitos de la concesión de licencias

La concesión de licencias de radiocomunicaciones sirve para varios propósitos importantes. El más importante es limitar las características técnicas y operacionales de las estaciones radioeléctricas con objeto de conservar los recursos limitados de espectro radioeléctrico en favor del interés público nacional. Otro propósito importante es mantener un registro exhaustivo de las frecuencias que permita gestionar la utilización del espectro a fin de evitar interferencias y, a su vez, mejorar la eficiencia espectral.

En el número **18.1** del RR se estipula que ningún particular o entidad podrá instalar o explotar una estación transmisora sin la correspondiente licencia expedida por el gobierno del país, a no ser que por medio de una decisión nacional se permita la explotación siempre que ésta no cause interferencia. Otras disposiciones del Artículo 18 del RR tratan de las responsabilidades básicas del titular de la licencia y sirven de orientación a las administraciones sobre diversos problemas que pueden plantearse al conceder licencias a las estaciones móviles que pueden entrar a la jurisdicción de otras administraciones.

En todas las licencias se debe indicar el nombre y dirección del titular de la licencia, la ubicación geográfica de la estación o estaciones transmisoras o la zona en la que pueden circular (si se trata de una estación móvil), los parámetros técnicos y las condiciones de funcionamiento de las estaciones, la finalidad para la que pueden utilizarse las asignaciones de frecuencia y el periodo de validez de la licencia. Estas condiciones sirven para garantizar que no se causa interferencia a otros usuarios (véase el Artículo 3 del RR). En muchos casos se estipula la frecuencia asignada, los parámetros de emisión y las características esenciales de la antena transmisora, aunque la autorización para transmitir quizá tenga que definirse en otro documento que autorice la utilización de varios transmisores o varias asignaciones de frecuencia. Asimismo, puede expedirse una licencia para la estación receptora, en la que se indiquen los parámetros esenciales. Normalmente se cobra un canon o una tasa por la licencia. Las cuestiones fundamentales que se plantean al conceder una licencia son «¿quién está calificado para obtener una licencia de transmisión? y ¿cómo lograr una utilización eficaz del espectro?».

Últimamente, las administraciones han destinado bandas de frecuencias para acceder a las redes públicas desde las redes móviles. En este caso, corresponde a los operadores de redes móviles gestionar las frecuencias, definir las potencias de transmisión y establecer otros parámetros pertinentes de las estaciones de su red, con sujeción a los límites generales de su licencia.

En lo que respecta a las redes móviles públicas, las autoridades de gestión de frecuencia no expiden una licencia para cada estación transmisora. No obstante, esto no significa que los operadores no tengan la obligación de anunciar a esta autoridad la ubicación y las características esenciales de las estaciones de red que pongan en funcionamiento.

3.7 Concesión de licencia a estaciones de radiodifusión

Las licencias de utilización del espectro se conceden para evitar la interferencia entre servicios y estaciones. No obstante, es posible eximir de la obligación de disponer de una licencia para algunas aplicaciones de baja potencia como, por ejemplo, las estaciones de banda ciudadana, los teléfonos inalámbricos, los dispositivos de corto alcance, los sistemas de banda ultra ancha, los dispositivos electrónicos, los sistemas de seguridad, etc., con objeto de reducir la carga administrativa y económica de la administración y los usuarios.

Es preciso reconocer que sin el rigor de un sistema de concesión de licencias para utilizar el espectro, la interferencia podría alcanzar niveles inaceptables, lo que menoscabaría el valor de la inversión en equipos de transmisión o recepción de señales radioeléctricas. Los usuarios del espectro que han invertido en un sistema de comunicaciones, desean que haya un régimen de licencias que les garantice la protección contra interferencia en condiciones de funcionamiento normales.

Algunas administraciones utilizan los conocidos procedimientos de «homologación» o «aceptación» para garantizar que, en lo que respecta al diseño, el producto cumple realmente los requisitos técnicos y reglamentarios prescritos para ese producto. Estos requisitos reglamentarios se han creado para que los equipos radioeléctricos y sus usuarios puedan coexistir con los demás, optimizar lo más posible la utilización del espectro de frecuencias y facilitar el despliegue y utilización adecuados del equipo de radiocomunicaciones. Un requisito adicional podría ser que tuvieran cierto grado de inmunidad frente a la interferencia.

La homologación exige que se presente un equipo de muestra a un laboratorio de pruebas reconocido (a veces gubernamental) que verifica su conformidad con una especificación o norma técnica publicada y acordada. Si el equipo pasa la prueba, se expide un certificado numerado al fabricante el cual, a su vez, pegará una marca o indicador especial en el producto para indicar que está «homologado».

La aceptación exige únicamente que el fabricante presente los datos de la prueba a la administración para su examen. Se prescriben las condiciones de la prueba y el número de muestras necesarias para la misma. Si los datos presentados son aceptables, nuevamente se expide un certificado y el fabricante pega una marca o indicador especial en el producto para indicar que se ha declarado su «aceptación».

La homologación y la conformidad pueden ser procedimientos caros y prolongados tanto para el fabricante como para la administración, especialmente si cada administración establece sus propias especificaciones técnicas y obliga al fabricante a la homologación o la aceptación en cada país en que el equipo se desea comercializar. Por esa razón, algunas administraciones conciertan «acuerdos de reconocimiento mutuo» en virtud de los cuales se reconoce los resultados de la homologación y aceptación del otro. El concepto de homologación, se considera cada vez más una reglamentación innecesaria y un posible obstáculo al comercio, sobre todo porque cada vez hay más equipos que se comercializan, distribuyen y explotan a escala internacional sin restricción reglamentaria, por ejemplo, los teléfonos móviles públicos. La tendencia es transferir la responsabilidad del regulador al fabricante o proveedor en lo que respecta a la conformidad del equipo con los requisitos esenciales (evaluación de la conformidad). El control del mercado determinará los equipos no conformes y se podrá multar al fabricante o proveedor negligente.

Un ejemplo de procedimiento es el establecido por los Estados Miembros de la Unión Europea (UE) a través de la Directiva equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación, de carácter jurídicamente vinculante. A partir del 8 de abril de 2001, fecha en la que entró en vigor esta Directiva, se abrogaron más de 1 000 reglamentos nacionales aprobados y esta Directiva pasó a ser la que rige la comercialización y utilización de tales equipos. La Directiva abarca todos los equipos que utilizan el espectro de frecuencias radioeléctricas, así como todos los equipos terminales conectados a las redes de telecomunicación públicas. La Directiva exige que el equipo radioeléctrico utilice eficazmente el espectro y no cause interferencia perjudicial.

La responsabilidad de evaluar la conformidad de un producto recae sobre el fabricante del equipo. El fabricante formula una «declaración de conformidad» y ya no tiene la obligación de obtener un certificado de homologación o aceptación expedido por el órgano oficial después de haber pasado las pruebas en un

laboratorio oficialmente reconocido. Cuando no haya normas disponibles o éstas no sean adecuadas, el fabricante tiene otra posibilidad de llegar al mercado, esto es, demostrar más detalladamente que su producto satisface los requisitos técnicos. Los Estados de la Unión Europea están obligados a publicar la normativa de acceso al espectro de frecuencias radioeléctricas para que los fabricantes conozcan exactamente las diferencias en la adjudicación y utilización que existen en cada país y diseñen sus productos de modo que éstos puedan utilizarse en un mercado lo más amplio posible. Los fabricantes están obligados a informar a los usuarios tanto en el empaquetado como en el manual, del uso para el que está concebido su producto y las limitaciones de dicho uso. Esto significa que el fabricante está obligado a informar al usuario claramente sobre la parte del espectro para el que está diseñado su producto.

En virtud de lo dispuesto por la Organización Mundial del Comercio, muchos países han concertado acuerdos de reconocimiento mutuo. Estos acuerdos se basan en la aceptación mutua de certificados, marcas de conformidad y resultados de las pruebas expedidos por laboratorios u organismos de evaluación de la conformidad de las partes con arreglo a lo estipulado en la reglamentación de otros países.

Las licencias deben ser renovables para un periodo aplicable a la utilización, según lo decidido por la administración. Las licencias renovables tienen una incidencia económica importante en la futura utilización del espectro radioeléctrico. Mediante las condiciones de licencia y la limitación del periodo de validez de la homologación o aceptación, es posible garantizar la adopción de una nueva tecnología si, llegado el caso, es más eficaz en cuanto a la utilización del espectro.

Los datos que figuran en los registros de concesión de licencias pueden utilizarse para obtener información estadística sobre el acceso al espectro y para determinar las tendencias de utilización a escala nacional. Asimismo, puede utilizarse como herramienta para predecir las tendencias y los requisitos del espectro futuros.

La concesión de licencias también puede servir para restringir la fabricación, venta, posesión e importación de ciertos equipos radioeléctricos que, por sus características, probablemente causen interferencia perjudicial.

Los datos de la licencia radioeléctrica tienen un valor inestimable para los departamentos de fiscalización encargados de rastrear las reclamaciones de interferencia y pueden ser útiles para interponer una acción judicial a las estaciones radioeléctricas ilegales.

3.8 Liberalización de la concesión de licencias

La posibilidad de que los dispositivos de corto alcance y baja potencia causen interferencia a otros usuarios radioeléctricos es mínima, siempre que funcionen de acuerdo con unas condiciones técnicas correctas. En estas condiciones es posible eximir a muchos dispositivos de baja potencia de la obligación de obtener una licencia.

Esta exención serviría para crear un régimen de reglamentación más liberal para usuarios, fabricantes y proveedores, y a su vez, sería menos oneroso para las administraciones. Los usuarios ya no tendrían que pagar cánones o rellenar formularios de solicitud de licencia; los fabricantes y los proveedores podrían comercializar productos en un entorno menos reglamentado, lo que redundará considerablemente en beneficio del interés público. Como ejemplo de equipos de esta categoría pueden citarse dispositivos tales como detectores de metales, modelos por control remoto, dispositivos antirrobo, alarmas locales, teléfonos inalámbricos y dispositivos de banda ultraancha.

Por lo general, estos dispositivos utilizan las mismas frecuencias que otras aplicaciones y, por esa razón, tienen normalmente prohibido causar interferencia perjudicial a dichas aplicaciones. Si un dispositivo de corto alcance causa interferencia a un sistema de radiocomunicaciones autorizado, el operador de dicho dispositivo está obligado a interrumpir su utilización hasta que se resuelva el problema de interferencia, aun cuando dicho dispositivo cumpla con todas las normas técnicas y requisitos de autorización de equipos estipulado por las normas nacionales. Los dispositivos de corto alcance y baja potencia no pueden protegerse contra la interferencia mutua. Para mayor información sobre estos equipos, véase el Informe UIT-R SM.2153 – Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de corto alcance y utilización del espectro por los mismos.

3.9 Prácticas de concesión de licencias

En todo sistema de gestión del espectro bien estructurado, el régimen de concesión de licencias desempeña una función importante. A fin de controlar el funcionamiento de las estaciones y la utilización de las frecuencias, éste permite:

- examinar las solicitudes de licencia y documentos conexos para determinar si cumplen los requisitos necesarios desde el punto de vista jurídico y reglamentario, así como determinar la aceptabilidad técnica del equipo radioeléctrico;
- conceder autorización específica o genérica a entidades que quizá no requieran una licencia, tales como los departamentos gubernamentales, o para dispositivos de comunicación de uso particular;
- asignar señales de identificación de llamada a las distintas estaciones;
- expedir documentos de licencia y recaudar los cánones, cuando corresponda;
- renovar y cancelar licencias, según proceda; y
- convocar exámenes para evaluar la competencia del operador (es decir, los no profesionales) y expedir certificados de operador.

Por lo general, el titular de una licencia de espectro radioeléctrico está sujeto a una serie de requisitos generales diferentes, aunque pueden imponerse requisitos particulares a determinados servicios radioeléctricos:

- La explotación de un servicio radioeléctrico sin la correspondiente licencia es una infracción a no ser que ese servicio esté exento de licencia.
- Toda modificación de los parámetros de una licencia radioeléctrica debe estar autorizada por la autoridad de gestión de frecuencias, de conformidad con la legislación nacional. Los cambios que se pretendan introducir en los detalles de la licencia deben comunicarse a la correspondiente autoridad de gestión de frecuencias.
- El titular de la licencia es responsable de que todas las personas que utilicen las estaciones radioeléctricas cumplan las condiciones de la misma.
- Cuando corresponda, todos los mensajes deben comenzar y terminar con la señal o identidad de la llamada.
- La licencia podría incluir una declaración sobre las condiciones relativas a la interferencia, la inmunidad contra interferencias y las precauciones de seguridad, incluida la seguridad intrínseca del equipo.
- La licencia podría incluir notas sobre el mantenimiento, de acuerdo con un programa de garantía de calidad.
- Las especificaciones de la licencia también podrían incluir las condiciones de diseño del emplazamiento.

Las administraciones pueden cobrar un canon por la licencia a los usuarios del espectro. Este canon debe ser proporcional al grado de utilización del espectro, al espectro de radiofrecuencia que otros no podrán emplear, y a los beneficios económicos obtenidos. El nivel del canon puede también utilizarse como un medio para optimizar la utilización del espectro. Este asunto se trata detalladamente en el Capítulo 6.

En muchos países, la administración hace una distinción entre dos tipos de usuario: comerciales y no comerciales.

3.9.1 Concesión de licencias a usuarios de espectro radioeléctrico no comerciales

Los titulares de licencias no comerciales son una de las principales categorías de usuario del espectro radioeléctrico. Estas organizaciones utilizan las radiocomunicaciones como un recurso esencial para llevar a cabo una actividad de interés público. Las necesidades de comunicaciones y de navegación de barcos, aeronaves, policía, bomberos y servicios de urgencia médica, y otras utilidades públicas pertenecen a estas categorías. Conviene además incluir a los usuarios de los servicios de radiocomunicaciones científicos.

Prácticamente todos los servicios de radiocomunicaciones son empleados por usuarios no comerciales en alguna medida y, para algunos de esos servicios, son los únicos usuarios.

Puede ser necesario que una administración examine las licencias de operador para garantizar la capacidad de las personas de explotar o mantener aparatos transmisores de radiocomunicaciones no comerciales. Por otra parte, el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar y el RR especifican que únicamente las personas con licencia pueden explotar o estar encargadas de la transmisión en determinadas circunstancias.

Normalmente, las licencias de operador de radiocomunicaciones guardan relación con los servicios de seguridad, de radioaficionados u otros servicios en los que pueden utilizarse comunicaciones de seguridad. Como ejemplo pueden citarse las licencias para pilotos de aeronaves; para operadores del sistema mundial de socorro y seguridad marítimos; licencias de operador comercial para personas que instalan, reparan o se encargan del mantenimiento de barcos, aeronaves y otros transmisores; y licencias para operadores y encargados del mantenimiento de transmisores de radiodifusión. En algunos países se exige un nivel mínimo de estudios especializados como prerrequisito para presentarse al examen de operador. En otros países no se requiere un nivel de estudios, sino que se exige un cierto grado de experiencia (prácticas) o pasar un examen. Los países deberían considerar la posibilidad de aceptar, a efectos nacionales, certificados de operador de radiocomunicaciones expedidos por otro país cuyas normas de calificación sean conocidas. Esto se aplica directamente a los operadores aeronáuticos y marítimos. De este modo la certificación de operadores podría ser más eficaz y económica, especialmente si la carga de trabajo a nivel nacional es relativamente poca o no es posible justificar las actividades inherentes a la concepción y organización de exámenes de operador actualizados. Este último aspecto adquiere mayor relevancia si los exámenes deben incluir tecnologías avanzadas.

Si bien la administración puede insistir en que los usuarios no comerciales colaboren para garantizar que utilizan el espectro que se les ha asignado de manera eficiente, en general no se pone en tela de juicio la conveniencia de atender las necesidades de radiocomunicaciones esenciales de esas organizaciones. Sin embargo, normalmente se cobra un canon de licencia o un tipo equivalente de transferencia de fondos, que sirve para cubrir una fracción de los costos de la administración.

3.9.2 Concesión de licencias a los usuarios de radiocomunicaciones comerciales

Los titulares de licencia comercial de transmisores se dividen en dos categorías básicas: proveedores de servicios y usuarios de radiocomunicaciones privados. Los proveedores de servicios configuran los sistemas para la utilización por terceros. Normalmente, los usuarios de radiocomunicaciones privados utilizan sus propios sistemas de radiocomunicaciones en su actividad comercial. Independientemente de la utilización no comercial, los proveedores de servicio son prácticamente los únicos usuarios del servicio de radiodifusión y del servicio de radiodifusión por satélite (SRS), dado que son los usuarios dominantes del servicio fijo por satélite (SFS) y el servicio móvil por satélite (SMS). Los usuarios privados son los únicos usuarios del servicio de radioaficionados y radioaficionados por satélite. Ambas categorías de usuarios comparten el uso comercial del servicio fijo y el servicio móvil.

Los productos que ofrecen los proveedores de servicios y los que los usuarios de radiocomunicaciones privados obtienen del servicio fijo y del servicio móvil terrestre son similares. Ahora bien, en determinadas circunstancias los sistemas privados pueden ser menos costosos y más flexibles que los arrendados a un proveedor de servicio, aunque se supone que este último utiliza el espectro de manera más eficaz. Por consiguiente, cuando el espectro no es abundante, las administraciones pueden dar preferencia a los proveedores de servicio antes que a los usuarios de radiocomunicaciones privados. No obstante, la administración tal vez prefiera mantener la competencia entre diversos proveedores.

En el mecanismo convencional de concesión de licencias a usuarios de radiocomunicaciones comerciales, las administraciones se aseguran de que el solicitante cumple los requisitos que justifican la concesión de una licencia y que su equipo utilizará eficazmente el espectro. Si existen frecuencias adecuadas disponibles para los solicitantes, la administración expedirá la licencia y cobrará el canon correspondiente. Si no dispone de frecuencias adecuadas para todos los solicitantes de las dos categorías de usuarios de radiocomunicaciones comerciales, la administración debe establecer algún criterio para decidir a qué solicitantes concederá la

licencia. Esta decisión podría conllevar la selección entre proveedores de servicio y usuarios privados, o entre un proveedor de servicio y otro proveedor de servicio.

Se ha optado por diferentes formas de optimizar la utilización del espectro y de seleccionar a los solicitantes de licencias. La tendencia en algunos países es la aplicación de soluciones económicas a estos dos aspectos, a saber: fijación de precios del espectro o subastas.

La administración es responsable de gestionar las asignaciones para todos los servicios de radio-comunicaciones comerciales, pero sobre todo las de los servicios fijo, móvil y de radiodifusión. En los países donde existe un monopolio de telecomunicaciones o radiodifusión, las administraciones pueden delegar en los proveedores de servicio muchos de los problemas que plantea la gestión de las bandas de frecuencias atribuidas a estos servicios. No obstante, en un país en el que la competencia entre los proveedores de estos servicios es un elemento importante para la reglamentación de la calidad y los precios, la administración debe conservar la autoridad en lo que respecta a la utilización del espectro en cuestión.

3.9.3 Concesión de licencias del servicio fijo a operadores de servicios de telecomunicaciones

Los operadores públicos de telecomunicaciones utilizan el servicio fijo para varios propósitos. Los enlaces de visión directa entre ciudades, que normalmente cubren distancias de 10 a 50 km y a menudo forman cadenas de retransmisión de radiocomunicaciones de larga distancia, ocupan una gran parte del espectro entre 3 y 30 GHz. Los enlaces cortos se utilizan dentro de zonas urbanas para conectar en banda ancha a los abonados, lo que evita el retraso que implicaría la instalación de nuevos cables bajo tierra. Los enlaces radioeléctricos de este tipo se utilizan ampliamente para interconectar las estaciones base del servicio móvil terrestre y éstas con la red telefónica pública conmutada (RTPC). Los sistemas de acceso múltiple de corta distancia, que normalmente funcionan entre 300 y 3 000 MHz, se están comenzando a poner en funcionamiento en zonas rurales para conectar abonados a la red telefónica.

Por lo general en cada una de estas aplicaciones los objetivos de la administración son:

- mantener un régimen de competencia leal entre los operadores;
- garantizar que se emplea un mecanismo de asignaciones eficaz; y
- velar por que la industria en su totalidad utilice de manera constructiva los servicios alámbricos y de radiocomunicaciones, si la gama disponible del medio radioeléctrico está llegando a su límite.

Por encima de unos 20 GHz es posible que no se haga un uso intensivo de las atribuciones al servicio fijo. Estas bandas, que llegan como mínimo a 55 GHz, son muy adecuadas para conexiones de banda ancha de corta distancia entre la red conmutada y las instalaciones de la mayoría de los abonados, y las estaciones de base de las redes móviles terrestres. Quizá se estime conveniente delegar la gestión pormenorizada de las adjudicaciones de espectro destinadas a tales efectos, a condición de que se garantice una utilización eficiente.

La asignación a un operador público de telecomunicaciones inalámbricas para que gestione la parte delegada del espectro debe ser objeto de un acuerdo oficial. Dicha asignación podría consistir en un bloque de frecuencias radioeléctricas para una determinada zona o un canal de radiofrecuencias concreto. Sería conveniente que no compartiera esas asignaciones con otros usuarios radioeléctricos y que hubiera suficientes asignaciones para satisfacer las previsiones del operador en cuanto a la necesidad de nuevos enlaces para varios años. La administración debería proporcionar directrices sobre los parámetros de enlace que se explotarán en la banda, a fin de marcar los límites de la distancia a la cual se puede causar o recibir interferencia de otros usuarios radioeléctricos de la misma banda de frecuencias en otras zonas. Se debería consultar a la administración antes de seleccionar una frecuencia que pueda causar interferencia a una estación extranjera. Por lo general, una vez que el operador ha seleccionado la frecuencia para un enlace, se solicitará a la administración que haga una asignación oficial, esto es, que la añada al Registro Nacional y, si procede, la notifique al UIT-R para registrar dicha asignación en el MIFR. La administración debe verificar periódicamente la eficiencia del operador en cuanto a la gestión de las asignaciones, especialmente si el operador solicita más anchura de banda. Habida cuenta de la necesidad de un régimen de competencia leal entre los operadores, y del valor especial de las radiocomunicaciones para nuevos requisitos urgentes, puede llegar el caso en que se rechace una solicitud de nueva asignación. En tal caso, las rutas establecidas pueden transferirse por cable.

Los operadores de telecomunicaciones inalámbricas deberían pagar un canon por el acceso al espectro (una subasta inicial o un canon anual estipulado), ya se trate de un bloque de frecuencias o de una asignación monocal. Probablemente, el canon será proporcional a la anchura de banda de RF asignada, según proceda. Asimismo, quizá sea conveniente incluir un factor que denote la escasez de espectro en la frecuencia del caso, a fin de fomentar la utilización de otras bandas o la transmisión por cable. En algunos países ya se ha recurrido a las subastas para asignar el espectro del servicio fijo (véase el Capítulo 6).

3.9.4 Concesión de licencias a los servicios móviles

Una práctica común en los sistemas del servicio móvil es que no se notifican al UIT-R las asignaciones de frecuencia de estaciones para su inscripción en el Registro Internacional de Frecuencias. Ahora bien, las asignaciones para transmisión y recepción desde estaciones terrestres y las zonas dentro de las cuales se desplazan las correspondientes estaciones móviles pueden registrarse en dicho Registro. De este modo se protege indirectamente a las correspondientes estaciones móviles contra la interferencia causada por sistemas extranjeros. Para poder utilizar sus asignaciones, tanto las estaciones terrestres como las estaciones móviles deben disponer de una licencia, aunque es posible que una misma licencia se utilice para varias estaciones móviles en una determinada banda.

Existen servicios móviles muy diversos. Aun cuando algunos de estos servicios se utilizan ampliamente, su incidencia en el espectro es bastante modesta. Si para garantizar que no haya interferencia es necesario tomar medidas administrativas, lo adecuado sería que se recaudara un canon para cubrir el costo de dicho trámite, pero como el costo por estación móvil será normalmente bajo, lo normal es que el canon también sea proporcionalmente pequeño. Sin embargo, existen también varios tipos de sistemas móviles terrestres cuyas necesidades de espectro son ingentes y van en rápido aumento, como resultado de lo cual se niega acceso al espectro a otros sistemas radioeléctricos convenientes. Es preciso que las administraciones examinen la posibilidad de adoptar una política de concesión de licencia y, en particular, el cobro de cánones, para optimizar la utilización de este espectro. Las redes de radiocomunicaciones móviles privadas (RMP), redes celulares y redes radioeléctricas móviles de acceso público (RMAP) en gran escala son casos concretos. Asimismo, quizás sea conveniente aplicar esta misma política a los sistemas de radiobúsqueda de zona extensa y sistemas conexos.

Concesión de licencias para redes RMP: Las redes RMP utilizan el espectro de manera menos eficaz que las redes celulares y RMAP, pero existe la posibilidad de mejorar considerablemente la eficiencia de las redes privadas mediante la utilización generalizada de equipos de anchura de banda estrecha. Ésta es una cuestión importante, dado que la demanda de espectro para los sistemas celulares es muy grande y sigue creciendo.

Para algunos usuarios, la configuración de la red RMP presenta varias ventajas. Por ejemplo, el diseño del equipo terminal puede utilizarse para cumplir las necesidades específicas de algunos usuarios. Para otros, la opción de que todas las estaciones móviles puedan recibir todos los mensajes procedentes de la estación de base resulta conveniente desde el punto de vista funcional. Algunos usuarios prefieren la RMP porque, para ellos, supone menos coste que los sistemas celulares. Por consiguiente, la administración puede estimar conveniente fijar cánones para las licencias RMP a fin de incentivar a los actuales usuarios de RMP a que utilicen equipos de anchura de banda estrecha o que abandonen la utilización de RMP en favor de las redes celulares.

Concesión de licencias a redes celulares públicas y redes RMAP de gran escala: Las redes de acceso público, que constan de muchos canales y zonas de servicio muy extensas, tal vez de alcance nacional, constituyen la mayoría de las instalaciones de telecomunicaciones. Estas redes son muy útiles para sus abonados y ofrecen muchas posibilidades de obtener beneficios a sus propietarios. Cada red requiere una parte sustancial del espectro y, en conjunto, son los principales usuarios del espectro comercial por debajo de 2 GHz. La administración deberá garantizar que exista una mejora progresiva de la eficiencia en cuanto a la utilización del espectro por parte de estas redes. Quizá la administración estime conveniente garantizar que los titulares de licencia saquen mayor provecho de la oportunidad de ofrecer servicios al público y que los abonados presionen a los titulares de licencia mediante el fomento de la competencia, lo que se traducirá en una reducción del costo real de las instalaciones.

Habida cuenta de la necesidad de conceder licencias a proveedores de servicios que ofrezcan al público instalaciones más numerosas o modernas, la administración puede realizar un estudio preliminar para

determinar las opciones técnicas disponibles. Los posibles proveedores de servicio, los fabricantes de equipos y las dependencias gubernamentales pertinentes podrían participar en esos estudios. Como resultado, se elegirá la opción de diseño del sistema que se aplicará para la siguiente generación de sistemas. La administración podría anunciar luego los bloques de espectro de radiofrecuencia que se asignarán para las nuevas redes en el marco de la especificación seleccionada. Seguidamente, se invitará a la presentación de propuestas sobre los sistemas que atenderán a determinadas zonas geográficas. Supuestamente se ofrecerán licencias de cinco o diez años a dos o más proveedores de servicio que presenten las mejores propuestas. Dichas propuestas deberían incluir:

- una declaración de los recursos técnicos, comerciales y financieros correspondientes del autor de la propuesta;
- una descripción detallada de los planes de «despliegue» de la red a lo largo de la zona correspondiente;
- información sobre las instalaciones que se construirán y la previsión de tarifas;
- una explicación de las medidas que adoptará el autor de la propuesta para hacer frente a una demanda inesperadamente baja o alta; y
- garantías de que no pondrá obstáculos a la competencia de otras redes.

Podría imponerse un canon reglamentario anual. Otra posibilidad sería solicitar a los autores de las propuestas que hagan una oferta de la suma anual que estarían dispuestos a pagar por la licencia.

Puede suponerse que se recibirán varias propuestas y que algunas de ellas serán, en general, satisfactorias. Si se ha anunciado un canon fijo, será necesario seleccionar las propuestas basándose en su calidad y credibilidad, lo cual puede plantear dificultades a las dependencias gubernamentales. Las decisiones pueden impugnarse, lo que retrasará el proceso. Probablemente la organización de una subasta entre los candidatos que hayan hecho una propuesta satisfactoria resulte menos polémica y más lucrativa para el gobierno.

Finalmente, se concederá la licencia a los autores de las propuestas seleccionados y se implantarán sus sistemas. Se planificarán y construirán las redes de estaciones de base. Se seleccionarán y propondrán para asignación oficial las frecuencias transmisoras y receptoras correspondientes a las estaciones de base. Si no hay razones para rechazar las propuestas, la administración podría confirmar las asignaciones y, si procede, notificarlas a su debido momento al UIT-R para su inclusión en el MIFR.

Al cabo de unos años, la demanda del servicio podría sobrepasar la capacidad de esas redes. Entre tanto, podrían aparecer nuevos equipos, quizá incluso más eficientes en cuanto a la utilización del espectro, o con nuevas características deseables para el usuario. En ese caso, podrían crearse nuevas redes de la misma manera que antes utilizando esta última tecnología en las diferentes bandas de frecuencia, de modo que las nuevas redes competirían entre sí y con las de la generación anterior. De otro modo, si las asignaciones a la banda original se atribuyen a un proveedor de servicios cuyas especificaciones son neutrales desde el punto de vista tecnológico, dicho proveedor podrá implantar la nueva tecnología en la banda original, conservando a su vez la compatibilidad con los modelos anteriores.

3.9.5 Concesión de licencias al servicio de radiodifusión

La radiodifusión emplea unas características de emisión que están normalizadas a escala nacional y que son relativamente uniformes en todo el mundo. Las normas han cambiado muy poco en varias décadas, aunque recientemente ha comenzado una fase de intenso cambio técnico, estimulado por el desarrollo coordinado a escala internacional de los sistemas digitales. Normalmente, las asignaciones de frecuencia a la radiodifusión más importantes se planifican a nivel gubernamental, ya sea nacional o internacional. Así pues, la principal función del proceso de concesión de licencias es determinar las organizaciones a las que se ha de autorizar la radiodifusión. En algunos países se utiliza cada vez más el mecanismo de licitación para seleccionar a los solicitantes que a grandes rasgos presentan propuestas similares.

Al conceder licencia a los servicios de radiodifusión por satélite, la administración puede considerar conveniente reglamentar, en mayor o menor medida, la utilización que los proveedores de servicio de radiodifusión hacen del medio. Existe una estrecha analogía entre el servicio de radiodifusión digital por satélite y el servicio de radiodifusión terrenal. El acceso a las frecuencias radioeléctricas, los enlaces de conexión y los enlaces descendentes del servicio está estrictamente bajo el control del gobierno del país al que

va dirigida la programación, aunque quizá éste no sea el caso fuera de la periferia de la zona de cobertura del satélite.

Por consiguiente, toda administración puede asumir la responsabilidad de un satélite utilizado para la radiodifusión y de la asignación y coordinación de las frecuencias empleadas. Las estaciones terrestres de enlace de conexión pueden estar ubicadas en cualquier lugar dentro de la línea de visión directa del satélite. La zona de servicio de los haces del enlace descendente pueden incluir el territorio de varios e incluso muchos países en los que no es necesario el consentimiento de la administración correspondiente. Por esta razón, el control que una administración puede ejercer sobre el servicio de radiodifusión de satélite pasa por la reglamentación de las estaciones terrenas.

3.10 Concesión de licencias en línea

Algunos gobiernos aplican, o están comenzando a adoptar, políticas generales tendientes a aumentar la utilización de Internet para prestar servicios públicos. Estos servicios electrónicos, a menudo denominados «cibergobierno» o «cibercomercio», pueden también emplearse para dinamizar la gestión del espectro o para la «concesión electrónica de licencias». En los regímenes de concesión de licencia donde las licencias se consideran «productos» y los solicitantes «clientes», la introducción de procedimientos de concesión de licencias en línea más automatizados y la divulgación de información al respecto ofrecerá a los clientes un proceso de decisión más fácilmente comprensible, transparente y rápido. Además, ello también beneficiará a la organización que gestiona el espectro, dado que su personal no necesitará intervenir en el proceso de concesión de licencias hasta una etapa muy posterior y podrá encargarse de otros asuntos menos rutinarios.

Los servicios que ofrecen los sistemas de concesión electrónica de licencias pueden consistir simplemente en información relativa a los tipos de licencia, requisitos y cánones, así como formularios de solicitud en formato electrónico publicados en un sitio en la web. Los sistemas más complejos pueden ofrecer servicios de concesión de licencias y pago en línea, así como un conjunto exhaustivo de aplicaciones de ayuda interactivas (por ejemplo, programas para la predicción de la propagación y el análisis de interferencia) que los solicitantes podrán utilizar para evaluar las opciones técnicas disponibles y seleccionar el tipo de autorización que mejor se ajuste a sus necesidades de comunicación.

3.10.1 Sistema sencillo de concesión de licencias en línea

Para el usuario la obtención de la licencia puede parecer un asunto complejo. Existen muchos tipos de servicios que requieren licencia, cada uno de los cuales exige que el solicitante presente información diferente, y cuyo nivel de precios es también diferente. Las administraciones podrían tener que facilitar servicios integrados para ayudar al solicitante, por lo que la disponibilidad de un sitio en Internet bien concebido y razonablemente simple permite ofrecer asistencia y exime a la administración de prestar dicha asistencia por teléfono, la cual requiere muchos más recursos. Este tipo de sistema en línea podría también ampliarse para expedir autorizaciones, mediante pago electrónico, para las licencias cuya información administrativa que ha de presentar el usuario es mínima (nombre, dirección, teléfono, etc.) y respecto de las cuales no sea necesario realizar una evaluación de diseño para asignar las frecuencias. Los ejemplos de este tipo de sistemas dependen de las políticas de concesión de licencias nacionales pero, en general, podría tratarse de sistemas de baja potencia que explotan frecuencias concretas seleccionadas por el proveedor, el titular de la licencia o automáticamente por el equipo. Otro ejemplo podría ser la rápida autorización de un emplazamiento para estaciones terrenas móviles que requieren la aprobación para funcionar temporalmente en un cierto lugar. A menudo, éste es el caso de operadores de equipos de periodismo electrónico. El operador suministra las coordenadas geográficas en línea, y un programa sencillo comprueba si este tipo de operación está permitida o es compatible en dicha zona (por ejemplo, fuera de una zona que exige la protección de compatibilidad electromagnética, CEM), y, en su caso, expide una autorización temporal.

3.10.2 Sistema de concesión de licencias en línea más complejo

Algunas administraciones están elaborando sistemas de asignación de frecuencias totalmente interactivos que permiten a los solicitantes introducir la información de un sistema radioeléctrico propuesto y modificar dicho sistema en línea, mediante la exploración o selección de las diversas opciones disponibles. La única limitación de los servicios que pueden ofrecerse viene dada por los conocimientos técnicos del solicitante para proporcionar la información técnica correcta y utilizar correctamente el proceso interactivo. En caso de que el

solicitante no tuviera los conocimientos necesarios, podría contratar a consultores que se encargarían de hacerlo en su nombre.

3.10.3 Sistema de concesión de licencias en línea para múltiples países

Si bien la concesión de licencias para sistemas que funcionan dentro de sus territorios nacionales siempre será un derecho soberano de cada administración, cada vez hay más sistemas radioeléctricos que pueden ofrecer servicios transfronterizos, previo acuerdo entre las administraciones interesadas. Como ejemplo puede citarse la prestación de servicios por satélite. El proveedor de tales servicios a menudo tropieza con diferencias considerables en los procesos nacionales de concesión de licencias y los requisitos de la solicitud. Algunas administraciones han establecido de consuno un sistema que recoge todas las solicitudes y envía automáticamente la información correcta a todos los países concernidos utilizando el formulario de aplicación adecuado de cada país. Estos sistemas, como por ejemplo los creados por las organizaciones regionales CEPT (Europa) y CITEEL (América), se conocen con el nombre de «ventanilla única».

3.10.4 Otros asuntos relativos a la concesión de licencias en línea

Algunas administraciones han introducido o están examinando la posibilidad de introducir un «comercio secundario», término que se refiere a la capacidad de arrendar, vender o comprar espectro de manera privada en el mercado. La disponibilidad de un sistema de concesión de licencias en línea, en particular la utilización de herramientas de gestión del espectro totalmente interactivas, permitirá a los usuarios estudiar las diversas opciones para sus sistemas y proporcionar la información sobre otros usuarios que puedan estar interesados en comercializar su espectro.

3.11 Cuestiones relacionadas con la seguridad de la información

La seguridad de la información, tanto comercial como nacional, o la relacionada con la privacidad personal, así como la posibilidad de fraude que entraña el pago electrónico, son obviamente aspectos que han de tomar en consideración las administraciones cuando diseñen sus sistemas de gestión del espectro (véase el Capítulo 2 del Manual de técnicas informatizadas para la gestión del espectro, (Ginebra, 2005)).

Referencias Bibliográficas

- BARE, S. V. [1990] EMBOWS nazemnyh i kosmicheskikh radiosluzhb (EMC in terrestrial and space radio services). *Radio i Sviaz*, p. 272.
- BYKHOVSKY, M. A., PASTUKH, S. Y., TIKHVINSKY, V. O. y KHARITONOV, N. I. [2002] Prinsipy postroeniya gosudarstvennoi avtomatizirovannoi sistemi upravlieniya RCHS v Rossii (Principals of development of state automated spectrum management system in Russia). *Electrosviaiz*, **8**.
- DELFOUR, M. C. y De COUVREUR, G. A. [1989] Interference-free assignment grids – Part II: Uniform and non-uniform strategies. *IEEE Trans. on Electromag. Compati.*, Vol. 31, **3**, p. 293-305.
- DOTOLEV, V. G., KRUTOVA, O. y SMOLITCH, L. I. [2003] Programni kompleks dlia upravleniya radiochastotnim spectrum v slujbe veschania (Spectrum management software for broadcasting). *Electrosviaiz*, **7**.
- GAMST, A. [1982] Homogeneous Distribution of Frequencies in a Regular Hexagonal Cell System. *IEEE Tr.*, VT-31, **3**, p. 132-144.
- HALE, W. K. [1981] New spectrum management tools. Proc. of IEEE International Symposium on EMC, Boulder, Colorado, Estados Unidos de América, p. 47-53.
- HUNT, K. J. [1984] Planning synthesis for VHF/FM broadcasting. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 195-200.
- LEE, W. C. Y. [1989] *Mobile cellular telecommunications systems*. Mc Graw-Hill Book Company.
- O'LEARY, T. [1984] Planning considerations for the Second Session of the VHF/FM Planning Conference: the method of foremost priority. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 190-194.
- PAVLIIOUK, A. P. [2000] Incentive radio license fee calculation model. ITU/BDT website at http://www.itu.int/ITU-D/tech/spectrum-management_monitoring/MODEL_FULL.pdf.
- STOCER, F. [1984] A computerised frequency assignment method based on the theory of graphs. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 201-214.
- TOPCU, S., KOYMEN, H., ALTINTAS, A. y AKSUN, I. [2000] Propagation prediction and planning tools for digital and analog terrestrial broadcasting and land mobile services. Proc. of IEEE 50th Annual Broadcast Symposium, Virginia, United States of America.
- VASILIEV, A. V., KAGANER, M. B., RUBINSTEIN, G. P. y SABUROVA, Z. M. [1986] Avtomatizirovannaya sistema ekspertizy elektromagnitnoi sovместimosti radioreleinyh linii, rabotajuschih v diapazone chastot 160 MHz. (An automatic system for EMC examinations of microwave links operating at the frequency range of 160 MHz.) *Trudy NIIR*, **4**.
- VIENNA AGREEMENT [30 de junio de 2000] Agreement between the telecommunications authorities of Austria, Belgium, the Czech Republic, Germany, France, Hungary, the Netherlands, Croatia, Italy, Lithuania, Luxembourg, Poland, Romania, the Slovak Republic, Slovenia, and Switzerland, on the co-ordination of frequencies between 29.7 MHz and 43.5 GHz for fixed services and land mobile services. Vienna, 2000.

Bibliografía

BYKHOVSKY, M. A. [1993] Chastotnoye planirovanie sotovyh setie podvizhnoy sviazi (Frequency planning of mobile cellular systems). Electrosviaiz, 8.

Textos del UIT-R

- Rec. UIT-R BS.412 Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas
- Rec. UIT-R BS.597 Separación entre canales para la radiodifusión sonora en la banda 7 (ondas decamétricas)
- Rec. UIT-R BS.638 Términos y definiciones utilizados en la planificación de frecuencias para radiodifusión sonora
- Rec. UIT-R BS.703 Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de amplitud para fines de planificación
- Rec. UIT-R BS.704 Características de los receptores de referencia de radiodifusión sonora con modulación de frecuencia para fines de planificación
- Rec. UIT-R BS.1615 «Parámetros de planificación» para la radiodifusión sonora digital en frecuencias inferiores a 30 MHz
- Rec. UIT-R BS.1660 Bases técnicas para la planificación de la radiodifusión sonora digital terrenal en la banda de ondas métricas
- Rec. UIT-R BT.417 Mínima intensidad de campo que puede ser necesario proteger al establecer los planes de un servicio de televisión terrenal analógica
- Rec. UIT-R BT.1125 Objetivos básicos para la planificación y realización de sistemas de radiodifusión terrenal de televisión digital
- Rec. UIT-R BT.1368 Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, de servicios de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas
- Rec. UIT-R F.382 Disposición de radiocanales para sistemas fijos inalámbricos que funcionan en las bandas de 2 y 4 GHz
- Rec. UIT-R F.383 Disposición de radiocanales para sistemas fijos inalámbricos de alta capacidad que funcionan en la parte inferior de la banda de 6 GHz (5 925-6 425 MHz)
- Rec. UIT-R F.384 Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos digitales de media y gran capacidad que funcionan en la banda 6 425-7 125 MHz
- Rec. UIT-R F.385 Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 7 110-7 900 MHz
- Rec. UIT-R F.386 Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de 8 GHz (7 725 a 8 500 MHz)
- Rec. UIT-R F.387 Disposiciones de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 10,7-11,7 GHz
- Rec. UIT-R F.497 Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos (FWS) que funcionan en la banda de 13 GHz (12,75-13,25 GHz)
- Rec. UIT-R F.595 Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de frecuencias de 17,7-19,7 GHz

Rec. UIT-R F.635	Disposición de radiocanales basada en un plan homogéneo para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de 4 GHz (3 400-4 200 MHz)
Rec. UIT-R F.636	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 14,4-15,35 GHz
Rec. UIT-R F.701	Disposiciones de radiocanales para sistemas radioeléctricos digitales punto a multipunto que funcionan en bandas de frecuencias de la gama 1 350 a 2 690 MHz (1,5; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 y 2,6 GHz)
Rec. UIT-R F.746	Disposición de radiocanales para sistemas del servicio fijo
Rec. UIT-R F.747	Disposición de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda de 10,0-10,68 GHz
Rec. UIT-R F.748	Disposición de radiocanales para sistemas del servicio fijo que funcionan en las bandas de 25, 26 y 28 GHz
Rec. UIT-R F.749	Disposiciones de radiocanales para sistemas del servicio fijo que funcionan en la subbanda 36-40,5 GHz
Rec. UIT-R F.1098	Disposiciones de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos en la banda 1 900-2 300 MHz
Rec. UIT-R F.1099	Disposiciones de radiocanales para sistemas inalámbricos fijos digitales de capacidad alta y media en la parte superior de la banda de 4 GHz (4 400-5 000 MHz)
Rec. UIT-R F.1242	Disposición de radiocanales para los sistemas radioeléctricos digitales que funcionan en la gama 1 350-1 530 MHz
Rec. UIT-R F.1243	Disposiciones de radiocanales para los sistemas radioeléctricos digitales que funcionan en la gama 2 290-2 670 MHz
Rec. UIT-R F.1337	Gestión de frecuencias de sistemas radioeléctricos y redes en ondas decamétricas adaptables que utilizan sondeo con incidencia oblicua mediante ondas continuas moduladas en frecuencia
Rec. UIT-R F.1496	Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 51,4-52,6 GHz
Rec. UIT-R F.1497	Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos que funcionan en la banda 55,78-66 GHz
Rec. UIT-R F.1520	Disposiciones de radiofrecuencias para los sistemas del servicio fijo que funcionan en la banda 31,8-33,4 GHz
Rec. UIT-R F.1567	Disposición de radiocanales para los sistemas inalámbricos fijos digitales que funcionan en la banda de frecuencias 406,1-450 MHz
Rec. UIT-R F.1568	Disposiciones de bloques de radiofrecuencias para sistemas de acceso inalámbrico fijo en la gama 10,15-10,3/10,5-10,65 GHz
Rec. UIT-R M.1036	Disposiciones de frecuencias para la implementación de la componente terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en las bandas determinadas para las IMT en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR)
Rec. UIT-R M.1090	Planes de frecuencias para la transmisión por satélite de portadoras de un solo canal mediante transpondedores no lineales en el servicio móvil por satélite
Rec. UIT-R M.1390	Metodología para el cálculo de las necesidades de espectro terrenal de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)
Rec. UIT-R M.1391	Metodología para el cálculo de los requisitos de espectro para los satélites de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000 (IMT-2000)
Rec. UIT-R SM.669	Relaciones de protección para las investigaciones sobre la compartición del espectro

Rec. UIT-R SM.1049	Método de gestión del espectro destinado a facilitar el proceso de asignación de frecuencias a estaciones de servicios terrenales en zonas fronterizas
Rec. UIT-R SM.1413	Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones para notificación y coordinación
Rec. UIT-R SM.1599	Determinación de la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro a efectos de planificación de frecuencias
I. UIT-R BO.633	Planificación de la órbita y de las frecuencias en el servicio de radiodifusión por satélite
I. UIT-R BO.634	Medición de las relaciones de protección contra las interferencias para la planificación de sistemas de radiodifusión sonora y de televisión
I. UIT-R BO.811	Elementos de planificación incluidos los utilizados para preparar planes de asignaciones de frecuencias y de posiciones en la órbita para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz
I. UIT-R BO.812	Programas de computador para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz
I. UIT-R BO.814	Factores que hay que tomar en consideración al elegir la polarización para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite
I. UIT-R BS.944	Planificación de una red teórica
I. UIT-R BS.946	Limitaciones que afectan a la planificación para la radiodifusión sonora MF en la banda 8 (ondas métricas)
I. UIT-R BT.485	Contribución a la planificación de los servicios de televisión
I. UIT-R M.319	Características de los equipos y principios que rigen la asignación de canales entre 25 y 1 000 MHz en el servicio móvil terrestre
I. UIT-R M.908	Necesidades de canales en un sistema digital de llamada selectiva
I. UIT-R SM.2153	Parámetros técnicos de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos

CAPÍTULO 4

Comprobación técnica e inspección del espectro**Índice**

	<i>Página</i>
4.1	Introducción 112
4.2	La comprobación técnica como elemento del proceso de gestión del espectro 112
4.3	La comprobación técnica como ayuda a las funciones de gestión del espectro..... 114
4.3.1	Ayuda a la planificación/ingeniería de frecuencias 114
4.3.2	Ayuda a la concesión de licencias de espectro 114
4.3.3	Ayuda a la fiscalización y la validación de los reglamentos 114
4.3.4	Verificación de la base de datos 114
4.3.5	Detección de efectos de la propagación anormal 115
4.4	Comprobación técnica del espectro, inspección in situ y fiscalización como elementos del proceso de gestión del espectro..... 115
4.5	Tareas de los servicios de comprobación técnica e inspección..... 115
4.5.1	Verificación de la conformidad de los parámetros técnicos con las condiciones de licencia..... 115
4.5.2	Registro de bandas de frecuencias y medición de la ocupación de los canales de frecuencias 116
4.5.3	Resolución de la interferencia 117
4.5.4	Identificación y eliminación de emisiones no autorizadas 117
4.5.5	Asistencia en ocasiones especiales, como grandes eventos deportivos y visitas de Estado 118
4.5.6	Medición de la cobertura de radiocomunicaciones 118
4.5.7	Estudios sobre compatibilidad radioeléctrica y compatibilidad electromagnética..... 118
4.5.8	Medición de campos electromagnéticos..... 118
4.6	Instalaciones y estaciones de comprobación técnica 118
4.6.1	Tipos de estaciones de comprobación técnica 118
4.6.2	Equipos 119
4.6.3	Detección automática de infracciones 119
4.6.4	Integración de los sistemas de comprobación técnica y de gestión del espectro..... 120

4.1 Introducción

El gestor de espectro podrá encontrar en este capítulo información sobre cómo la comprobación técnica del espectro ayuda a desempeñar ciertas funciones de gestión del espectro, como la planificación y la ingeniería de frecuencias, la concesión de licencias y la fiscalización del espectro.

En la edición de 2011 del Manual de la UIT sobre Comprobación técnica del espectro puede encontrarse información detallada sobre cómo realizar y automatizar la comprobación técnica del espectro y sobre los tipos de equipos, además de información general sobre todos los tipos de mediciones. Por ello, el lector deberá consultar ese Manual para conocer mejor la comprobación técnica del espectro.

Las radiocomunicaciones se han convertido en una parte cada vez más importante de la infraestructura de telecomunicaciones y por lo tanto de la economía de los países. Por este motivo, es cada vez más importante tener en cuenta los planteamientos de carácter económico de la gestión nacional del espectro. Dichos planteamientos promueven la eficacia económica, técnica y administrativa y contribuyen a que los servicios de radiocomunicaciones puedan funcionar sin interferencia, lo que comprende la protección de los servicios de seguridad de la vida humana, la protección contra la exposición electromagnética y la medición de la cobertura.

La sola planificación teórica ya no es suficiente para el gestor del espectro. Por diversos motivos el conocimiento de la utilización real del espectro resulta indispensable antes de la adopción de decisiones sobre asignaciones de frecuencias, atribuciones de bandas de frecuencias/espectro e incluso sobre políticas nacionales de utilización del espectro.

La comprobación técnica del espectro sustenta todo el trabajo de gestión del espectro facilitando la utilización real gracias a las mediciones generales de utilización de canales y bandas, tales como las estadísticas de disponibilidad de canales y la medición de la eficacia de los procedimientos de gestión del espectro. Puede considerarse la comprobación técnica del espectro como la validación de la planificación del espectro, que confirma la validez real de las políticas de planificación en vigor o, en caso contrario, aporta información para su mejora.

Como parte integrante de las actividades globales de fiscalización, la inspección y la investigación soportan el proceso general de gestión del espectro. Para que el espectro pueda utilizarse y esté libre de interferencias también es necesaria la inspección de los transmisores con nueva licencia antes de su puesta en marcha, la localización y cancelación de los transmisores sin autorización y la eliminación de la interferencia.

4.2 La comprobación técnica como elemento del proceso de gestión del espectro

La comprobación técnica es la vista y el oído del proceso de gestión del espectro. Su necesidad práctica se debe a que, en la vida real, la utilización autorizada del espectro no garantiza automáticamente el respeto de los objetivos y límites definidos. Esto puede deberse a la complejidad de los equipos, a su interacción con otros equipos, a su mal funcionamiento o al abuso premeditado de los mismos. Este problema se ha agravado con la proliferación acelerada de sistemas inalámbricos terrenales, de sistemas de satélites y demás equipos capaces de causar interferencia, tales como los computadores y otros radiadores fortuitos. Los sistemas de comprobación técnica constituyen un método de verificación y «cierran el bucle» del proceso de gestión del espectro.

La utilización del espectro tiene lugar 24 h/día, 7 días/semana, todas las semanas del año, tanto local como regional y mundialmente. Análogamente, la comprobación técnica del espectro también debe efectuarse de forma continua o estadísticamente correcta para alcanzar los objetivos y fines de la misma.

Dependiendo de los recursos nacionales disponibles, es posible decidir la capacidad que debe asignarse a determinada actividad de comprobación técnica. En los países en desarrollo, en particular, es aconsejable actuar dentro de los recursos técnicos y humanos disponibles.

A nivel nacional el regulador del espectro debe decidir las prioridades del servicio de comprobación técnica, por ejemplo, si además de las tareas de carácter nacional se debe cooperar con las actividades internacionales de comprobación técnica, tales como los trabajos preparatorios de las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones.

El objeto de la comprobación técnica del espectro es apoyar el proceso de gestión del espectro en general y especialmente las funciones de asignación de frecuencias, planificación espectral y fiscalización. En particular, los fines de la comprobación técnica son (aunque no forzosamente en este orden de prioridad) los siguientes:

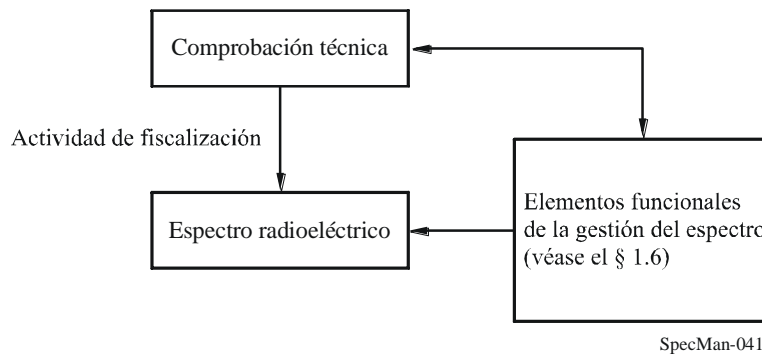
- proporcionar datos válidos de comprobación técnica al proceso de gestión del espectro electromagnético de la administración en relación con el uso real de frecuencias y bandas (por ejemplo, ocupación de canales y congestión de bandas), la verificación de las adecuadas características técnicas y operacionales de las señales transmitidas, la detección e identificación de transmisores ilegales, y la generación y verificación de registros de frecuencias;
- contribuir a la resolución de la interferencia electromagnética del espectro, ya sea a escala local, regional o mundial, de modo que puedan coexistir los servicios y estaciones radioeléctricas con plena compatibilidad, reduciendo y minimizando los recursos asociados a la instalación y explotación de estos servicios de telecomunicaciones sin perjuicio de la obtención de beneficios económicos para las infraestructuras del país mediante el acceso a servicios de telecomunicaciones viables, libres de interferencia;
- contribuir a lograr una calidad de recepción de la radiodifusión y de la televisión aceptable para los ciudadanos en general;
- ofrecer una información válida de comprobación técnica para los programas organizados por la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT, por ejemplo para preparar los Informes a las Conferencias de Radiocomunicaciones, para buscar la ayuda especial de las administraciones para la eliminación de la interferencia perjudicial, para suprimir las emisiones fuera de banda, o para ayudar a las administraciones a buscar frecuencias adecuadas.

La comprobación técnica puede identificar las necesidades futuras de espectro.

La Figura 4.1 muestra un diagrama simplificado del papel de la comprobación técnica en el proceso de la gestión del espectro.

FIGURA 4.1

La comprobación técnica en el proceso de gestión del espectro



El espectro se utiliza en cualquier tipo de transmisión de radiocomunicaciones. Los elementos de gestión del espectro (por ejemplo, la atribución de bandas de frecuencias, la asignación, la concesión de licencias y la aplicación de los reglamentos) son de la mayor importancia para la utilización eficaz y efectiva del espectro radioeléctrico. Las autoridades nacionales establecen las normas de utilización del espectro radioeléctrico mediante asignaciones, parámetros de licencia, etc.

El servicio de comprobación técnica supervisa el espectro radioeléctrico. Los operadores de comprobación técnica tienen el deber de verificar si la utilización del espectro radioeléctrico concuerda con la política de los diversos elementos de gestión del espectro.

Al supervisar el espectro radioeléctrico, la comprobación técnica puede facilitar asimismo información a los elementos de gestión del espectro, por ejemplo para la reorganización o sobre usos imprevistos (hasta el momento) del espectro radioeléctrico. Cuando la gestión del espectro vaya a autorizar a título experimental nuevos servicios antes de la elaboración de políticas (reglamento) para dicho nuevo servicio, la comprobación

técnica puede supervisar el funcionamiento experimental y facilitar información sobre su implantación a fin de que el gestor de espectro «perfeccione» el reglamento propuesto.

La comprobación técnica también puede dedicarse directamente a los usuarios del espectro radioeléctrico en el caso de interferencia o infracciones técnicas del reglamento nacional (o internacional). Una vez identificada la interferencia, la infracción o violación del reglamento, los operadores de comprobación técnica pueden dar a los usuarios del espectro detalles sobre las violaciones/infracciones a fin de que corrijan sus operaciones y se ajusten al reglamento. Este tipo de fiscalización podrá realizarse directamente en la fase de comprobación técnica. Se podrán tomar medidas que van desde el apercibimiento verbal o por escrito a sanciones más severas, como multas, embargo de los equipos ilegales o revocación de las licencias, en función de la gravedad de la infracción y del nivel de cooperación del infractor.

4.3 La comprobación técnica como ayuda a las funciones de gestión del espectro

La comprobación técnica del espectro sustenta todos los trabajos de gestión del espectro mediante la realización de unas mediciones generales de la utilización de los canales y de la utilización de las bandas, y además gracias a las estadísticas de disponibilidad de los canales. Esto ofrece información para el proceso de planificación y asignación de frecuencias y permite verificar su eficacia. La comprobación técnica reviste especial interés en la planificación, porque puede ayudar a los gestores del espectro a formarse una idea del nivel de utilización del espectro comparado con las asignaciones que constan en los ficheros de datos. Para contribuir al proceso de planificación/ingeniería y asignación de frecuencias, la comprobación técnica ejecuta las siguientes funciones específicas.

4.3.1 Ayuda a la planificación/ingeniería de frecuencias

Los datos de la comprobación técnica del espectro ayudan a la planificación/ingeniería del espectro al ofrecer una imagen global de la utilización real del espectro mediante:

- gráficos (espectrogramas) de la ocupación de las bandas de frecuencias, que pueden emplearse para, por ejemplo, reorganizar el espectro;
- datos prácticos sobre posibilidades de compartición y compatibilidad radioeléctrica;
- una evaluación de los planteamientos teóricos, por ejemplo, los modelos de propagación.

4.3.2 Ayuda a la concesión de licencias de espectro

Los datos de la comprobación técnica ayudan a la concesión de licencias de frecuencias al ofrecer una imagen global de la utilización real del espectro:

- ocupación de los canales de frecuencias;
- medición de la cobertura;
- verificación de las condiciones de las licencias.

4.3.3 Ayuda a la fiscalización y la validación de los reglamentos

Los datos de la comprobación técnica ayudan a la fiscalización al facilitar:

- todo tipo de medidas de verificación de los diversos parámetros técnicos de una emisión;
- el tratamiento de la interferencia;
- la identificación de las utilizaciones ilegales o no autorizadas del espectro.

4.3.4 Verificación de la base de datos

La precisión y exactitud de las bases de datos de gestión del espectro son de la mayor importancia. La concesión de nuevas asignaciones a partir de una base de datos incorrecta puede causar problemas de interferencia. Los datos de la comprobación técnica pueden utilizarse para verificar la exactitud de las bases de datos y su actualización.

4.3.5 Detección de efectos de la propagación anormal

Las bandas de ondas métricas (VHF) y decimétricas (UHF) no son inmunes a los efectos de la propagación anormal. La existencia de zonas de elevada presión atmosférica sobre el agua puede dar lugar a la propagación por conductos. Las zonas de la ionosfera con una ionización excepcionalmente alta son asimismo proclives a la introducción de efectos de propagación anormal, por ejemplo, la propagación en la capa E esporádica en frecuencias más bajas. El resultado es la interferencia provocada por sistemas remotos que se suelen considerar demasiado distantes como para invertir grandes esfuerzos en coordinación. Estos efectos suelen tener carácter transitorio y, a pesar de la disponibilidad de datos estadísticos sobre los mismos, sólo puede determinarse la repercusión de estas anomalías sobre sistemas inalámbricos específicos mediante comprobación técnica. El remedio idóneo será específico de cada caso y la obtención de datos adecuados de la comprobación técnica contribuirá enormemente a la identificación de las causas del problema.

4.4 Comprobación técnica del espectro, inspección in situ y fiscalización como elementos del proceso de gestión del espectro

La eficacia de la gestión del espectro depende, en parte, de la capacidad del gestor del espectro para supervisar su utilización y para aplicar los reglamentos correspondientes. Esta supervisión consiste principalmente en la comprobación técnica del espectro y en la inspección de las estaciones de radiocomunicaciones, seguidas de las correspondientes medidas de aplicación de la ley, que a su vez ha de adecuarse a las condiciones nacionales. De este modo se refuerza y mejora el proceso de gestión del espectro.

Sin embargo, cabe señalar que no se dispone de una definición precisa de «comprobación técnica», «inspección» o «fiscalización». La distinción entre entidades tales como «servicio de comprobación técnica del espectro radioeléctrico» o «servicio de inspección de instalaciones de radiocomunicaciones» variará de una administración a otra en función de su tradición legislativa y administrativa. Además, novedades técnicas como las entradas de radiofrecuencias, podrán impedir en el futuro que se distingan claramente las funciones de comprobación técnica e inspección. Las limitaciones de personal y presupuesto también podrán hacer necesaria la integración de dichas funciones en una única organización. Por consiguiente, las siguientes consideraciones se basan más en tareas y los equipos que en unidades orgánicas.

4.5 Tareas de los servicios de comprobación técnica e inspección

4.5.1 Verificación de la conformidad de los parámetros técnicos con las condiciones de licencia

- Comprobación técnica de las emisiones

La comprobación técnica periódica de las emisiones nacionales para verificar el cumplimiento de las condiciones y, llegado el caso, eliminar toda disconformidad, está destinada a evitar las interferencias radioeléctricas. Se deben comprobar parámetros técnicos tales que la frecuencia, el ancho de banda, la desviación en frecuencia y la clase de emisión.

- Al igual que la comprobación técnica de las emisiones, las inspecciones *in situ* de los equipos de radiocomunicaciones tienen por objetivo fomentar el cumplimiento de las condiciones de licencia y evitar las interferencias radioeléctricas. La elección de una de estas herramientas dependerá de consideraciones técnicas y económicas. En las inspecciones *in situ* se miden parámetros como la potencia de salida en la salida del transmisor. Puede encontrarse más información sobre la inspección en el Informe UIT-R SM.2130.
- Cuando la licencia define un diagrama de antena especial para la cobertura de una zona geográfica, la verificación se puede realizar con comprobación técnica. La verificación de los diagramas de antena de una antena de radiodifusión MF se ha de realizar desde un helicóptero, pues las mediciones más precisas se obtienen idealmente en condiciones de propagación en el espacio libre.
- Inspección de equipos antes de su utilización.

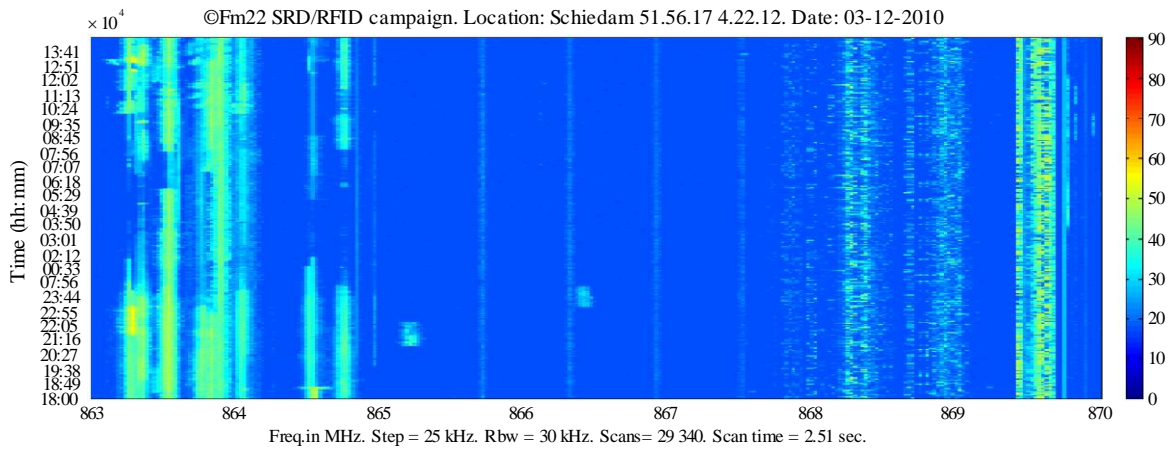
Para asegurarse de que los equipos que se van a utilizar se instalan de acuerdo con las condiciones técnicas de la licencia, algunos países llevan a cabo inspecciones previas a la utilización. En ese caso se realizan mediciones parecidas a las de las inspecciones *in situ* periódicas.

4.5.2 Registro de bandas de frecuencias y medición de la ocupación de los canales de frecuencias

El registro de las bandas de frecuencias facilita la planificación y la ingeniería de frecuencias al proporcionar información sobre qué frecuencias/canales se están utilizando y sobre quién y cómo las utiliza. Con la medición automática se mide una banda de frecuencias, especificada por una frecuencia inicial y una frecuencia final, a intervalos (resolución de frecuencia) normalmente inferiores al espaciamiento de canales, a fin de determinar el grado de ocupación de toda la banda. Los resultados se representan en espectrogramas. En la Figura 4.2 se muestra un ejemplo de espectrograma de la medición de la banda SRD 868 MHz en Europa. En la Figura 4.3 se muestra el gráfico de ocupación de la banda basado en los mismos datos.

FIGURA 4.2

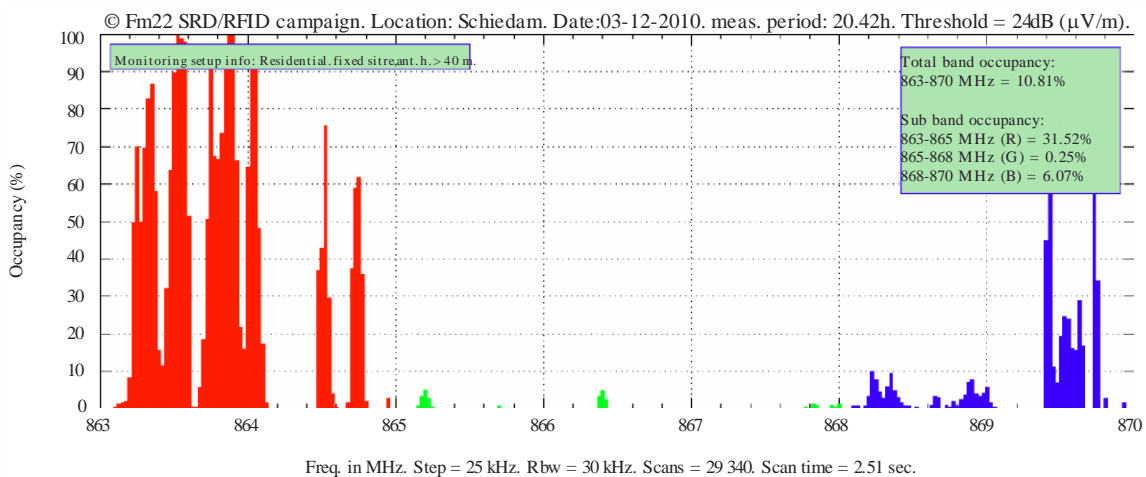
Ejemplo de medición de una banda de frecuencias (espectrograma)



Nat.Spec.Man-4.02

FIGURA 4.3

Ejemplo de medición de una banda de frecuencias (análisis de ocupación)



Nat.Spec.Man-4.03

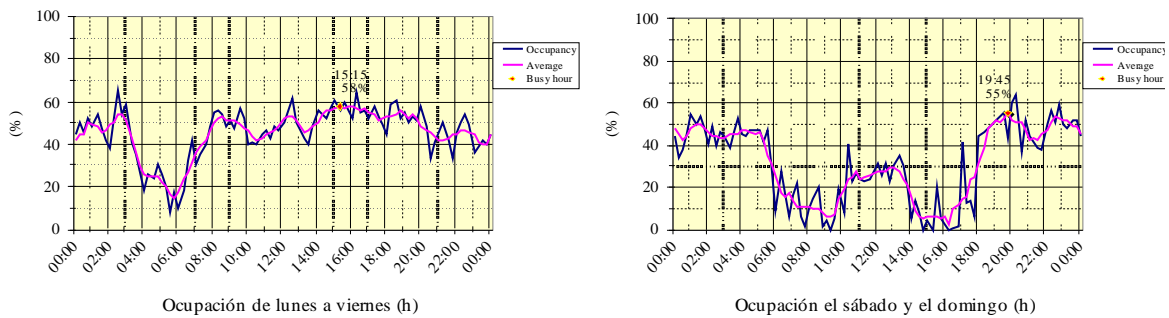
La ventaja de este tipo de gráficos es que de un solo vistazo se puede tener una impresión bastante acertada, aunque subjetiva, de la ocupación de la banda. El inconveniente es que no se cuantifica la ocupación de cada frecuencia, por lo que no se dispone de valores objetivos que permitan efectuar una comparación directa con otros resultados. Sin embargo, esos datos pueden presentarse en un diagrama anexo donde se indique el tiempo relativo de ocupación de cada frecuencia.

Para obtener información sobre cómo está ocupado un determinado canal de frecuencias durante un periodo de tiempo, y por consiguiente qué frecuencias no se utilizan, se mide la ocupación del canal de frecuencias. Este tipo de medición puede ofrecer valores de ocupación mínimos, medios y máximos para el intervalo especificado, por ejemplo, 15 minutos.

En la Figura 4.4 se muestra un ejemplo de medición de la ocupación de un canal de frecuencias.

FIGURA 4.4

Informe de ocupación de un único canal



Nat.Spec.Man-4.04

En el marco de la ocupación de un canal de frecuencias, un parámetro importante es el de «hora punta». En el ejemplo anterior, la hora punta entre semana difiere de la de los fines de semana. Todo esto depende del tipo de servicio en el canal de frecuencias. En este caso, los usuarios del canal son taxis.

Con métodos de medición más avanzados se podrá también determinar cuántos canales de un sistema de radiocomunicaciones se utilizan simultáneamente.

4.5.3 Resolución de la interferencia

Habida cuenta del papel cada vez más importante de las aplicaciones de radiocomunicaciones en nuestra vida cotidiana, la pronta y efectiva investigación y eliminación de la interferencia radioeléctrica es una tarea primordial. Se ha de dar especial prioridad a suprimir la interferencia causada a servicios de seguridad, como los servicios aeronáuticos, la policía y los bomberos.

Aunque la víctima de la interferencia sea la que mejor conoce su aparición y los parámetros técnicos, la mayoría de las veces el operador del receptor radioeléctrico no puede identificar la fuente de la interferencia. Por consiguiente, las denuncias por interferencia requerirán con frecuencia una actuación de la autoridad del espectro para identificar la fuente de la interferencia y tomar las medidas convenientes para su eliminación.

4.5.4 Identificación y eliminación de emisiones no autorizadas

La utilización ilegal del espectro radioeléctrico de manera contraria a lo planificado es una de las causas de la interferencia. Por consiguiente, el gestor del espectro debe tomar medidas suficientes contra la utilización ilegal del espectro mediante la observación periódica de la utilización ilegal. El cese de las emisiones no autorizadas tiene por principal objetivo evitar la interferencia radioeléctrica, pero también garantizar los ingresos, pues sólo los usuarios autorizados del espectro abonarán las tasas correspondientes. El regulador debe tomar las medidas necesarias para proteger la toma de mediciones y la aplicación de los procedimientos. Hay que subrayar que debe existir una inmejorable cooperación con otros entes del Estado, pues cabe la posibilidad de que haya que confiscar equipos. El personal investigador recopilará toda la información pertinente que se pueda necesitar para tomar medidas de orden jurídico, como la confiscación, la imposición de multas y la imputación.

4.5.5 Asistencia en ocasiones especiales, como grandes eventos deportivos y visitas de Estado

En las visitas de Estado, las carreras de Fórmula 1 y demás grandes eventos, se utiliza un gran número de equipos de radiocomunicaciones en un espacio limitado. Con frecuencia los usuarios no saben que necesitan una asignación de frecuencias y que es posible que no puedan utilizar las mismas frecuencias en todos los países. A fin de prevenir la interferencia e intervenir de manera inmediata en caso de que la haya, es fundamental que el servicio de comprobación técnica opere *in situ* a fin de comprobar la utilización del espectro y proceder prontamente a la investigación y eliminación de toda interferencia. Es fundamental que haya una estrecha cooperación con el personal responsable de las asignaciones de frecuencias.

4.5.6 Medición de la cobertura de radiocomunicaciones

Si para una nueva red concreta entre las condiciones de licencia se encuentra que, durante un cierto periodo de tiempo y una zona geográfica concreta del país, el servicio debe estar disponible para los usuarios, la comprobación técnica puede realizar las mediciones necesarias para verificar la satisfacción de dicho requisito. Sin embargo, cabe señalar que no es posible medir la cobertura de una zona determinada directamente, pero sí es posible verificar los resultados predichos por las herramientas de planificación.

La medición de la cobertura radioeléctrica comprende la medición de parámetros como la intensidad de campo, y parámetros de calidad como la tasa de errores en los bits (BER) y la potencia en el canal adyacente. Los gestores de frecuencias deben definir claramente qué entienden por cobertura; es decir, si se trata simplemente de superar una cierta intensidad de campo o si implica que el cliente pueda utilizar el servicio con una calidad definida.

4.5.7 Estudios sobre compatibilidad radioeléctrica y compatibilidad electromagnética

Antes de atribuir frecuencias a nuevas aplicaciones de radiocomunicaciones, se ha de garantizar la compatibilidad entre los sistemas de radiocomunicaciones existentes y los dispositivos no destinados a la radiocomunicación. Con frecuencia no basta con realizar estudios de compatibilidad radioeléctrica puramente teóricos. Se debe recurrir al servicio de comprobación técnica para realizar los estudios prácticos necesarios.

4.5.8 Medición de campos electromagnéticos

Los campos electromagnéticos generados por los transmisores de radiocomunicaciones se miden para determinar el peligro que pueden suponer para el hombre. Es importante realizar estas mediciones en torno a transmisores de gran potencia y en lugares sensibles, como escuelas y hospitales. En algunos países la medición de los campos electromagnéticos forma parte de las condiciones para obtener una licencia.

4.6 Instalaciones y estaciones de comprobación técnica

4.6.1 Tipos de estaciones de comprobación técnica

En algunos países, la densidad de población varía considerablemente. La población se concentra en ciertas zonas, donde su densidad es muy elevada y, por tanto, lo es también la utilización de radiofrecuencias, mientras que grandes zonas del país están escasamente pobladas. Esto exige a los especificadores de sistemas que determinen las necesidades de cobertura y si la información de comprobación técnica es necesaria para todo el país o sólo para las zonas más densamente pobladas. El sistema debe diseñarse para dar resultados allí donde se necesitan. La implantación de estaciones de comprobación técnica siempre depende de un equilibrio entre cobertura radioeléctrica y limitaciones presupuestarias.

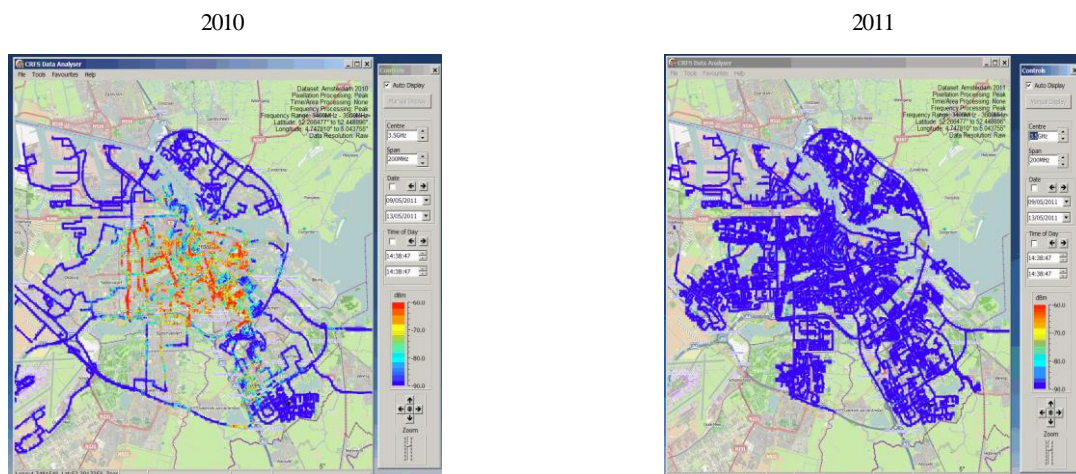
Las estaciones de comprobación técnica fijas suelen abarcar una zona amplia. Pueden estar equipadas con receptores, analizadores y radiogoniómetros para la gama de frecuencias necesaria. El principal inconveniente de las estaciones de comprobación técnica fijas atendidas es que, por motivos financieros, no pueden implantarse en número suficiente. Por tanto, estas estaciones suelen complementarse con estaciones de comprobación técnica controladas a distancia. Los equipos más modernos no sólo permiten operar la estación a distancia, sino también que los programas de medición se ejecuten automáticamente, transmitiéndose posteriormente los resultados a la estación atendida.

Para la comprobación técnica de radiofrecuencias espaciales existe un tipo especial de estación de comprobación técnica fija.

Se utilizan estaciones de comprobación técnica móvil cuando la baja potencia de los transmisores, la alta directividad de las antenas y las particularidades de las características de propagación impiden que las mediciones se efectúen desde una estación fija. Las estaciones de comprobación técnica móviles se utilizan, por ejemplo para recopilar datos móviles. Las estaciones móviles pueden utilizarse para efectuar registros totalmente automáticos y a alta velocidad del espectro (es decir, nivel RF como función de la frecuencia entre 20 MHz y 6 000 MHz) para obtener mapas detallados de la utilización del espectro, incluso a nivel de calles concretas, lo que permitirá a los reguladores entender y anticipar las congestiones y vulnerabilidades, así como identificar y hacer un seguimiento de las tendencias de utilización del espectro a largo plazo. En la Figura 4.5 se muestra la utilización de WiMax a 3,5 GHz en 2010. Un año después se repitieron las mediciones y WiMax había desaparecido.

FIGURA 4.5

Utilización de WiMax en dos años consecutivos



Nat.Spec Man-4.05

Las estaciones de comprobación técnica portátiles combinan las características y ventajas de las estaciones fijas con las de las estaciones móviles. Los equipos de las estaciones portátiles suelen instalarse dentro de un contenedor que puede trasladarse de un sitio a otro.

Para la localización de fuentes radioeléctricas en los últimos metros se utilizan equipos portátiles de tamaño reducido. Estos equipos son absolutamente necesarios para localizar fuentes de interferencia y transmisores ilegales, sobre todo a frecuencias elevadas.

4.6.2 Equipos

Los servicios de comprobación técnica disponen de una amplia variedad de equipos para realizar las distintas tareas. Cada banda de frecuencias necesita antenas, receptores, analizadores, radiogoniómetros y registradores de datos distintos. En función de las tareas concretas que se hayan de realizar, se necesitarán también analizadores propios a cada tipo de sistema. Puede encontrarse información detallada sobre los equipos en los Capítulos 2, 3 y 5 del Manual de Comprobación Técnica.

4.6.3 Detección automática de infracciones

Un sistema de gestión y comprobación técnica del espectro integrado automático puede realizar mediciones de la actividad de la señal, de parámetros técnicos, como la frecuencia y el ancho de banda, y de radiogoniometría, y compararlas con la información de las estaciones con licencia de la base de datos del sistema de gestión. Gracias a este proceso de detección automática de infracciones se pueden detectar automáticamente las señales no autorizadas y las señales con licencia que se desvían de los parámetros autorizados. El sistema señalará las posibles infracciones que habrá de investigar el operador para confirmar su existencia.

Es necesario contar con una base de datos de licencias válida y completa para realizar satisfactoriamente la detección automática de infracciones. Cabe señalar que la detección automática de infracciones es un método que puede funcionar bien en determinadas situaciones y entornos, pero no en todos los casos. Aunque con un nombre distinto, se pueden encontrar ejemplos de este método en el Anexo 1 al Informe UIT-R SM.2156.

4.6.4 Integración de los sistemas de comprobación técnica y de gestión del espectro

Las administraciones que realizan tanto la gestión del espectro como su comprobación técnica deben considerar la posibilidad de utilizar un sistema automático integrado con una base de datos de relaciones común (véase la Recomendación UIT-R SM.1537). Esta integración permite el intercambio de información entre las bases de datos de gestión y de comprobación técnica, la programación de las tareas del sistema de comprobación técnica por parte del sistema de gestión, y la comunicación de los resultados de la comprobación técnica al sistema de gestión, así como otras características de utilidad, como el acceso remoto a los recursos del sistema.

Sin embargo, cabe señalar que probablemente no exista un solo sistema de gestión y comprobación técnica del espectro integrado que pueda realizar todas las tareas de comprobación técnica en todas las gamas de frecuencias y para todas las aplicaciones de radiocomunicaciones. También se ha de tener en cuenta que la adquisición de sistemas integrados puede implicar una dependencia de un único proveedor.

CAPÍTULO 5

Práctica de la ingeniería del espectro**Índice**

	<i>Página</i>
5.1	Introducción 123
5.1.1	Importancia de los principios técnicos 123
5.1.2	Alcance del Capítulo 123
5.2	Parámetros técnicos 123
5.2.1	Especificaciones y certificación de equipos 123
5.2.2	Parámetros de los equipos 124
5.2.3	Criterios de calidad de funcionamiento 128
5.3	Herramientas de análisis de ingeniería..... 130
5.3.1	Modelos de propagación..... 130
5.3.2	Datos topográficos 135
5.3.3	Selección del modelo de propagación 136
5.3.4	Diagramas de antena y de radiación de referencia 136
5.4	Análisis de la interferencia..... 145
5.4.1	La interferencia cocanal..... 146
5.4.2	La interferencia de canal adyacente..... 146
5.4.3	Desensibilización..... 148
5.4.4	Probabilidad de interferencia..... 148
5.5	Compartición de bandas de frecuencias 151
5.5.1	Principios técnicos de la compartición de atribuciones de frecuencias (entre diferentes servicios)..... 151
5.5.2	Compartición entre el servicio móvil terrestre y el de radiodifusión 156
5.5.3	Compartición entre el servicio fijo y el servicio de radiodifusión..... 159
5.5.4	Compartición con sistemas de radar 159
5.5.6	Compartición utilizando técnicas de espectro ensanchado..... 160
5.5.7	Resumen de las Recomendaciones UIT-R sobre compartición entre servicios 163
5.6	Relaciones de protección 164
5.7	Niveles de ruido 167
5.8	Límites de radiación..... 169
5.8.1	Límites del CISPR..... 169
5.8.2	Efectos perniciosos para la salud de la exposición a los campos electromagnéticos 170

	<i>Página</i>
5.9 Consideraciones sobre ingeniería del emplazamiento	171
5.9.1 Ingeniería de los emplazamientos compartidos.....	171
5.9.2 Ejemplo de infraestructura compartida: las redes celulares 3G.....	172
Referencias bibliográficas	174
Bibliografía	174

5.1 Introducción

5.1.1 Importancia de los principios técnicos

Normalmente son los Estados u organismos estatales delegados los responsables de la gestión del espectro en sus territorios. Ellos determinan las políticas nacionales, los planes de atribución, las normas permitidas y las especificaciones de los equipos a fin de armonizar la utilización del espectro de acuerdo con los intereses nacionales. Las leyes físicas de propagación y las características técnicas de transmisores y receptores limitan el abanico de opciones viables de gestión del espectro; asimismo determinan las frecuencias que pueden asignarse en un punto determinado.

La demanda de espectro radioeléctrico es cada vez mayor por la introducción de nuevos servicios y la ampliación de los existentes. Al mismo tiempo, debe facilitarse a los usuarios actuales un nivel adecuado de protección contra la interferencia en un entorno en el que resulta inevitable compartir cada vez más el espectro. Esto supone una demanda técnica creciente sobre los organismos de gestión del espectro. Cada vez resulta más evidente que la moderna tecnología de radiocomunicaciones avanza con gran rapidez aplicándose a servicios de telecomunicación nuevos y convencionales lo que lleva a ciclos de producción y despliegue cada vez más cortos. No obstante, cualquier opción de gestión del espectro que se seleccione debe seguir siendo técnicamente viable y necesita implementarse con arreglo a las normas técnicas y a las restricciones aplicables a dicha opción. Estas restricciones deben identificarse y cuantificarse tras los oportunos estudios de ingeniería. Las administraciones deben formular las normas correspondientes contando con los participantes interesados en el espectro.

5.1.2 Alcance del Capítulo

En este Capítulo se investiga la práctica de ingeniería del espectro y las herramientas de análisis para la gestión del espectro. El apartado sobre parámetros técnicos trata de las especificaciones de los equipos, certificaciones y definiciones. En el apartado de herramientas de análisis de ingeniería se describen las técnicas de asignación de frecuencias y los modelos de propagación. En el apartado sobre análisis de la interferencia se expone la compartición de las bandas de frecuencias. En otros apartados se contemplan las relaciones de protección, el ruido, los límites de radiación y las consideraciones sobre ingeniería del emplazamiento.

5.2 Parámetros técnicos

5.2.1 Especificaciones y certificación de equipos

Las especificaciones de equipos se utilizan principalmente para definir las características técnicas mínimas admisibles para aquellos equipos que suelen desplegar en cantidad un número importante de usuarios, en el mismo servicio de radiocomunicaciones. Hay dos categorías de especificaciones de equipos. La primera corresponde a las estaciones radioeléctricas con licencia, mientras que la segunda corresponde a los equipos radioeléctricos exentos de licencia. Las especificaciones de equipos se refieren casi exclusivamente a los parámetros técnicos mínimos que deben satisfacer estrictamente los equipos desde el punto de vista de la utilización eficaz del espectro y de la reducción de la interferencia en transmisores y receptores. Normalmente no guardan relación con la calidad de servicio, ya que ésta se deja a discreción del usuario, lo que da pie a que exista una diversidad de calidades de equipos para satisfacer las distintas necesidades.

La segunda categoría de especificaciones de equipos suele relacionarse con los equipos de baja potencia exentos de licencia por lo limitado de su alcance. El funcionamiento de estos equipos se permite en determinadas bandas de frecuencias. Además de los dispositivos de apertura de puertas de garajes, de los dispositivos de alarma y control de los juguetes y de los teléfonos inalámbricos, hay muchos otros ejemplos de este tipo de equipos que se utilizan cada vez más en el sector comercial, por ejemplo las redes radioeléctricas de área local (RLAN) y los sistemas de identificación de radiofrecuencia (RFID). Esta categoría de especificaciones de equipos afecta exclusivamente a características de los transmisores tales como la potencia máxima, los niveles armónicos admisibles y la estabilidad, y no recibe protección contra la interferencia.

Entre las especificaciones de los equipos se deben encontrar asimismo las características técnicas mínimas aceptables de los transmisores de radiodifusión (radiodifusión y televisión tanto analógica como digital) tales como los modos y profundidad de modulación, las bandas de frecuencias y las limitaciones de estabilidad, la potencia permitida y los criterios de supresión de ruido.

Los costes de establecimiento y mantenimiento de las instalaciones de prueba obligan a las administraciones a concluir acuerdos para el reconocimiento mutuo de los resultados de las pruebas por los beneficios que se pueden derivar de los mismos. Esto es especialmente aplicable al caso de que los equipos correspondan a producciones cortas y requieran ser sometidos a ensayos complejos.

En la sección siguiente se presentan definiciones de estos parámetros importantes. Asimismo, se exponen los métodos de cálculo de los mismos.

5.2.2 Parámetros de los equipos

En esta sección del Manual se presenta una breve introducción a los parámetros de los equipos que, de no controlarse, podrían provocar interferencias sobre otros sistemas y repercutir negativamente sobre la eficacia de la utilización del espectro de frecuencias. Estos parámetros se resumen del siguiente modo:

- a) Frecuencia de la portadora
- b) Potencia de transmisión
- c) Tolerancia en frecuencia de los transmisores
- d) Anchura de banda de las emisiones
- e) Emisiones no deseadas de los transmisores
- f) Productos de intermodulación
- g) Sensibilidad de los receptores radioeléctricos.

Hay otros parámetros que pueden repercutir en la calidad de servicio aunque sin repercusión directa en otros servicios por su interferencia potencial. Estos parámetros pueden exigir su reglamentación en el caso de ciertas aplicaciones, por ejemplo en los servicios de socorro. En otros casos puede ser conveniente flexibilizar los reglamentos o prescindir totalmente de ellos. En estos casos, los fabricantes determinarían los parámetros junto con otros aspectos del diseño relacionados con la calidad y en última instancia sería el consumidor quien decidiera su elección en base a la relación precio/calidad. Para crear este entorno, la administración necesita prestar la máxima atención al desarrollo y publicación de políticas en relación con la solución de las denuncias por interferencia que, por ejemplo, se produzcan por la baja calidad de funcionamiento de los receptores.

Para los fines de la ingeniería del espectro, es necesario identificar los valores de los parámetros esenciales y de los otros. Cuando los parámetros no estén regulados, puede ser necesario establecer valores a efectos de planificación. Por otra parte, puede resultar conveniente publicar dichos valores a fin de utilizarlos con carácter voluntario, vinculando esta actividad a la política de investigación de interferencias.

Estos parámetros se definen en más detalle en esta sección, examinándose además los parámetros de los receptores.

a) Frecuencia de la portadora

Resulta de la mayor importancia garantizar que la frecuencia de funcionamiento de los transmisores corresponda a los valores asignados, de lo contrario resultaría inevitable la interferencia sobre otros servicios.

b) Potencia de transmisión

La potencia de transmisión se define en el Artículo 1 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) en términos de: potencia de cresta de la envolvente, potencia media o potencia de la portadora. La potencia del transmisor debe limitarse al valor mínimo congruente con el funcionamiento satisfactorio del sistema de radiocomunicación. La falta de control eficaz de este parámetro conducirá con toda probabilidad a la generación de interferencias sobre otros usuarios a los que se haya asignado la misma frecuencia en zonas geográficas diferentes.

c) Tolerancia en frecuencia de los transmisores

La tolerancia en frecuencia se define en el Artículo 1 del RR como la máxima desviación admisible de la frecuencia central de la banda ocupada por una emisión con respecto a la frecuencia asignada, o por la frecuencia característica de una emisión con respecto a la frecuencia de referencia. La tolerancia en frecuencia se expresa en partes por millón o en hercios.

Una consideración importante sobre la utilización eficaz del espectro de frecuencias, es que el espacio de frecuencias que se pierde por inestabilidad debe limitarse a una pequeña porción de la anchura de banda necesaria para comunicaciones. Se ha utilizado la cifra de $\pm 1\%$ de la anchura de banda representativa como valor orientativo de la tolerancia en frecuencia aceptable desde el punto de vista de la economía del espectro. En ciertos casos, por ejemplo en la radiodifusión A3E, la tolerancia en frecuencia debe ser suficientemente pequeña para reducir la interferencia en el mismo canal provocada por la nota de batido entre las portadoras desplazadas.

En las redes de radiotelefonía de banda lateral única en las que varias estaciones emiten en una misma frecuencia, la tolerancia debe ser suficientemente pequeña para permitir la supresión de la portadora y proporcionar una buena inteligibilidad vocal sin necesidad de reajustar los receptores.

En algunas categorías de estación puede no ser necesario satisfacer una tolerancia estricta por razones administrativas y de explotación. Un ejemplo son los sistemas móviles de radar en los que el problema administrativo que supondría una asignación de frecuencias rígida ha dejado de tener sentido y, desde un punto de vista operacional, la interferencia se reduce permitiendo que las tolerancias normales de fabricación provoquen una distribución dentro de las bandas asignadas.

La mayor dificultad que se presenta para adoptar tolerancias mejoradas es el problema económico planteado por el gran número de transmisores en funcionamiento, fabricados con arreglo a las tolerancias existentes. El Apéndice 2 del RR define la máxima tolerancia en frecuencia admisible para diversas categorías de transmisores. En la Recomendación UIT-R SM.1045 se indican en detalle las tolerancias alcanzables hoy en día así como los objetivos de diseño a largo plazo para determinadas bandas de frecuencias, categorías de estaciones y clases de emisión. La potencia indicada para las diversas categorías de estaciones es la potencia en la cresta de la envolvente (PEP) para los transmisores de banda lateral única y la potencia media para los demás transmisores, salvo que se indique lo contrario. La expresión «potencia de un transmisor radioeléctrico» se define en el Artículo 1 del RR.

d) Ancho de banda de las emisiones

El número 3.9 del Artículo 3 del RR exige que las anchuras de banda de las emisiones sean tales que aseguren la utilización más eficaz del espectro. En general esto requiere que las anchuras de banda se mantengan dentro de los valores mínimos permitidos por los avances técnicos y la naturaleza del servicio efectuado. El número 1.152 del Artículo 1 del RR define la anchura de banda necesaria del siguiente modo: «para una *clase de emisión* dada, anchura de la banda de frecuencias estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requeridas en condiciones especificadas». La anchura de banda necesaria puede calcularse mediante el planteamiento general indicado en la Recomendación UIT-R SM.328 para las distintas clases de emisión. En la Recomendación UIT-R SM.853 se indica un método de cálculo de la anchura de banda necesaria para los sistemas MDF multicanal, mientras que la Recomendación UIT-R SM.1138 (incorporada por referencia en el RR) indica un método de cálculo de la anchura de banda necesaria con ejemplos.

La emisión fuera de la anchura de banda necesaria recibe el nombre de emisión no deseada. La anchura de banda ocupada se define en la disposición número 1.153 del RR como: «Anchura de la banda de frecuencias tal que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emitan *potencias medias* iguales cada una a un porcentaje especificado, $\beta/2$ de la *potencia media* total de una *emisión* dada». En ausencia de especificaciones en una Recomendación UIT-R para la *clase de emisión* considerada se tomará un valor $\beta/2$ igual a 0,5%. En virtud de la Recomendación UIT-R SM.328 «para que una emisión se considere óptima desde el punto de vista de economía del espectro, su anchura de banda ocupada debe coincidir con la anchura de banda necesaria correspondiente a la clase de emisión de que se trate».

Debido a la dificultad de aplicar directamente estas definiciones en el caso de mediciones, la Recomendación UIT-R SM.328 proporciona una tercera definición para la anchura de banda de « x dB» a saber: «Anchura de una banda de frecuencias fuera de cuyos límites inferior y superior, las componentes del espectro discreto o la densidad de potencia del espectro continuo son inferiores en por lo menos x dB con relación a un nivel predeterminado de referencia de 0 dB».

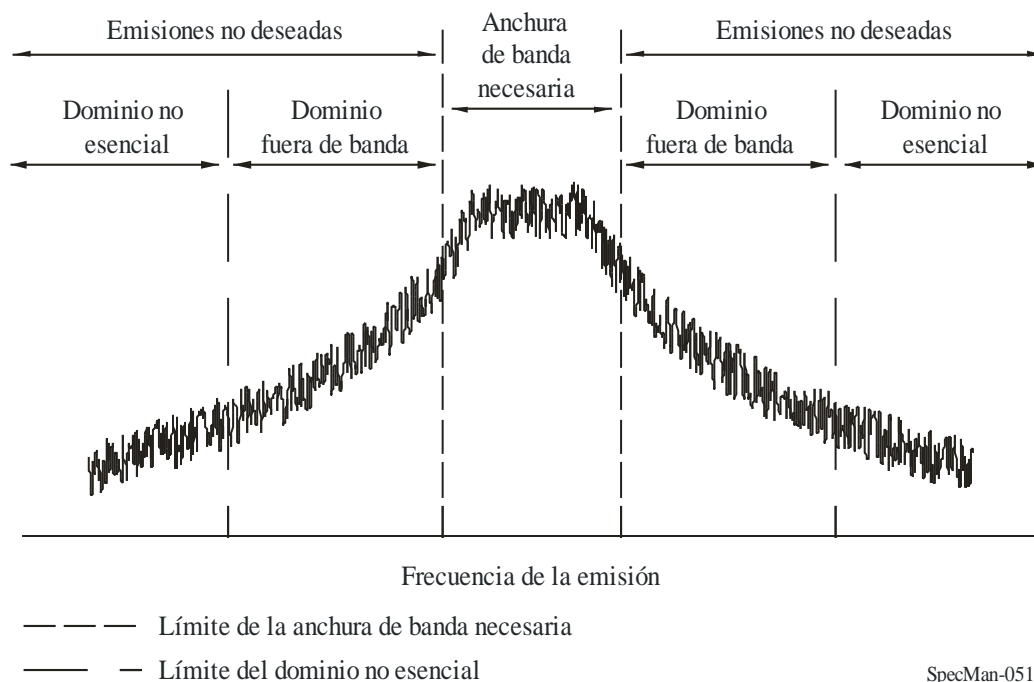
La Recomendación UIT-R SM.328 contiene más indicaciones sobre la anchura de banda de emisiones específicas, además, el Manual del UIT-R sobre Comprobación técnica del espectro, ofrece orientación sobre la realización de mediciones de anchuras de banda en la práctica.

e) Emisiones no deseadas de los transmisores

Las emisiones no deseadas pueden ser emisiones fuera de banda o emisiones no esenciales. Las emisiones fuera de banda constituyen el principal componente de las emisiones no deseadas próximo a la emisión fundamental, mientras que las emisiones no esenciales predominan más alejadas de la fundamental, aunque no hay un límite definido entre ambas. A los efectos de definir límites prácticos de las emisiones no deseadas, estudios recientes del UIT-R han concluido la definición de los dominios fuera de banda y no esencial.

FIGURA 5.1

Dominios fuera de banda y dominio no esencial



El dominio fuera de banda es el intervalo de frecuencias adyacente a la *anchura de banda necesaria*, excluido el *dominio no esencial* en el que suelen predominar las *emisiones fuera de banda*.

El dominio no esencial es el intervalo de frecuencias exterior al *dominio fuera de banda* en el que suelen predominar las *emisiones no esenciales*.

Las *emisiones fuera de banda*, definidas en función de su fuente, tienen lugar en el dominio fuera de banda y, con menor incidencia, en el dominio no esencial. Análogamente las emisiones no esenciales pueden presentarse en el dominio fuera de banda así como en el dominio no esencial.

Los dominios se caracterizan por el tipo de emisiones no deseadas predominantes, el límite entre los dominios se suele definir como 2,5 veces la anchura de banda necesaria, aunque con excepciones. En la Recomendación UIT-R SM.1539 se ofrecen orientaciones sobre estas excepciones.

En el Apéndice 3 del RR se indican los límites de la emisión no esencial para distintos servicios de radiocomunicaciones. En la Recomendación UIT-R SM.329 se ofrecen explicaciones más detalladas sobre las emisiones no deseadas en el dominio no esencial.

La Recomendación UIT-R SM.328 ofrece un planteamiento general para la determinación de la anchura de banda necesaria y orientaciones sobre las características de las emisiones fuera de banda correspondientes a diversos servicios de radiocomunicación. Debe observarse que las características indicadas actúan como una «red de seguridad» ya que son límites obtenidos de ejemplos de características implementadas con éxito en ámbitos regionales y nacionales.

Una de las consideraciones más importantes sobre ingeniería del espectro relacionada con las emisiones no deseadas, es la repercusión de las emisiones en el dominio fuera de banda que caen en la banda adyacente atribuida a otro servicio. Esto reviste un interés particular en el caso de los transmisores de alta potencia que funcionan en bandas adyacentes con receptores sensibles. Los enlaces descendentes de satélites que operan en bandas adyacentes a las de radioastronomía constituyen un ejemplo evidente que ha sido objeto de amplios estudios como resultado de la Recomendación 66 (Rev.CMR-2000). No obstante, a nivel nacional, debe prestarse especial atención a los transmisores de radar y de radiodifusión de alta potencia que pueden repercutir en los usuarios de las bandas adyacentes. En la Recomendación UIT-R SM.1540 se ofrecen orientaciones adicionales.

f) Productos de intermodulación

Los productos de intermodulación se generan cuando hay dos o más señales incidentes sobre un dispositivo no lineal. Las frecuencias de intermodulación de tercer orden tienen la forma: $2f_1 \pm f_2$, y $f_1 \pm f_2 \pm f_3$, siendo f_1 , f_2 y f_3 las frecuencias de portadora de los transmisores 1, 2, y 3, respectivamente. Para un solo transmisor, los productos de intermodulación suelen deberse a la intermodulación entre las bandas laterales de modulación. Estos productos caen en los canales adyacentes. Se presenta un problema más grave cuando hay dos o más transmisores en el mismo emplazamiento y la señal de uno se acopla en las etapas de salida del otro.

Los productos de intermodulación más importantes son los correspondientes a los órdenes tercero y superiores cuya reducción por filtrado resulta difícil, ya que estos productos están próximos al espectro de frecuencias de las señales deseadas. Las frecuencias de los productos de tercer orden se forman a partir de las frecuencias fundamentales de dos o más transmisores situados en el mismo emplazamiento. Es posible que haya que tener en cuenta los productos de orden superior cuando el número de transmisores situados en el mismo emplazamiento sea grande.

El acoplamiento recíproco entre antenas provoca el acoplamiento de señales interferentes en la etapa de salida de potencia de cada transmisor. La etapa de salida de un amplificador de potencia puede presentar una impedancia efectiva no lineal a las señales interferentes acopladas al transmisor por lo que pueden generarse y radiarse productos de intermodulación. La magnitud de la señal no esencial radiada resultante depende principalmente de:

- la potencia del transmisor interferente;
- las pérdidas de acoplamiento de la antena;
- las pérdidas de conversión: es decir la relación de la potencia de señal interferente procedente de una fuente exterior al producto de intermodulación, medida a la salida del transmisor objeto, cuando se excluye la selectividad en frecuencia del transmisor;
- la selectividad en frecuencia de los circuitos de salida y de la antena del transmisor.

Las pérdidas de conversión de la etapa de salida de un transmisor vienen determinadas por la anchura de banda de la función no lineal de la etapa de salida y por el grado de aislamiento entre la función no lineal y la carga. Para transmisores de modulación de frecuencia (MF) que utilicen amplificadores de potencia de estado sólido de clase C, las pérdidas de conversión varían entre 3 y 20 dB. Para transmisores lineales diseñados para BLU, las pérdidas de conversión son del orden de 50 dB. Para transmisores de radiodifusión en las bandas de ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas, las pérdidas de conversión de un amplificador de válvulas típico de alta potencia pueden llegar a ser tan solo de 10 dB.

Los transmisores que comparten un amplificador de potencia común pueden generar productos de intermodulación. Pueden conectarse varios transmisores a una antena común combinando las señales antes de la amplificación. En los transmisores que comparten un amplificador de potencia común los productos de intermodulación se generarán con más probabilidad en el amplificador de alta potencia. Lo normal es que la

intensidad de los productos generados internamente sea inversamente proporcional al rendimiento del amplificador.

Los productos de intermodulación pueden ser generados por los elementos no lineales próximos a las antenas. Los armónicos no deseados y los componentes de intermodulación pueden ser generados también por la excitación de conductores que tengan contactos no lineales en antenas o estructuras metálicas en la proximidad de los transmisores. Los elementos no lineales pueden formarse en las uniones entre metales en los mástiles y en las líneas de transmisión de las antenas. Hay ciertos elementos no lineales provocados por el uso inevitable de metales diferentes y por la corrosión.

La corrosión constituye una amenaza permanente, especialmente en los emplazamientos situados en el litoral o en zonas de especial contaminación atmosférica. El único modo de evitar este efecto indeseable es prestar especial atención a la soldadura de las uniones en las estructuras metálicas y antenas. Esto se expone en más detalle en la sección que trata de la ingeniería de los emplazamientos comunes.

La Recomendación UIT-R SM.1446 y el Informe UIT-R SM.2021 contienen más información y orientaciones sobre intermodulación.

g) Sensibilidad de los receptores radioeléctricos

El texto siguiente, basado en la Recomendación UIT-R SM.852, define los criterios de relación señal/ruido que se suelen utilizar para la medición de la sensibilidad de los receptores radioeléctricos. De acuerdo con ello, la medición de la sensibilidad de los receptores analógicos monocanal con respecto a las emisiones de la clase F3E utilizadas en los servicios móviles terrestre y marítimo se define de la forma siguiente:

El «método SINAD» que utiliza la relación (Señal + Ruido + Distorsión)/(Ruido + Distorsión) o $SND/ND = 12$ dB, medida a la salida, con modulación, y un filtro de supresión de la señal de prueba.

La medición de la sensibilidad debe hacerse con los filtros de banda de base reales, de haberlos, aplicados al receptor. En la mayor parte de los casos la sensibilidad del receptor se degradará por la presencia de señales interferentes a la entrada del mismo. Para caracterizar totalmente el receptor, la sensibilidad debe medirse en presencia de señales interferentes y en ausencia de las mismas. Los modos de degradación más probables se tratan más adelante en este apartado.

En los receptores de modulación digital en los que es fácil acceder directamente al tren de datos recuperado, la sensibilidad se mide mejor empleando el criterio de tasa de errores.

5.2.3 Criterios de calidad de funcionamiento

En los sistemas digitales de voz, debe evaluarse también la calidad de funcionamiento del procesador de voz por métodos subjetivos, aunque la calidad de funcionamiento del trayecto de transmisión debe evaluarse midiendo la tasa de errores. Las curvas que relacionan la tasa de errores en los bits con la relación señal/ruido y la calidad vocal están disponibles para sistemas de digitalización con seguidor de forma de onda tales como la modulación por impulsos codificados (MIC) y la modulación delta con pendiente continuamente variable (CVSD, *continuing variable delta slope modulation*). A medida que se normalicen los sistemas de digitalización con seguidor de fuente, tales como el de predicción lineal con excitación por código (CELP) se dispondrá de curvas similares que relacionarán la tasa de errores en los bits con la calidad vocal.

En transmisión de datos se prefiere la probabilidad de la tasa de errores como criterio de calidad de funcionamiento. Ésta es independiente de la estructura y contenido del mensaje y puede aplicarse a todos los sistemas. Existen curvas que muestran la tasa de errores en los bits en función de E_b/N_0 para todos los modos de modulación digital y técnicas de corrección de errores más utilizadas.

5.2.3.1 Nota e índice de apreciación de la nitidez

La medida básica de la inteligibilidad de un sistema vocal se expresa en términos del porcentaje de palabras correctamente captadas estando perturbado el canal por interferencia. Esta medida indicativa de la inteligibilidad se denomina nota de apreciación de la nitidez (AS, *articulation score*). Para obviar las dificultades asociadas a los ensayos de la AS, se desarrolló el procedimiento del índice de articulación (AI, *articulation index*) calibrado para distintos tipos de interferencia.

La experiencia demuestra que el valor mínimo de AI que produce la transferencia correcta de información del lenguaje normal es 0,7 en una escala de 0 a 1, mientras que el mínimo valor aceptable de AI para un enlace útil es de 0,3.

5.2.3.2 Umbrales mínimos de interferencia

El umbral mínimo de interferencia (MINIT), aunque no constituye una medida del umbral de la calidad de funcionamiento, es útil para evaluar los efectos de la interferencia sobre las transmisiones vocales. Se define como el nivel al que se detecta por primera vez la interferencia en la salida de audio. Dado que este nivel se obtiene por evaluación subjetiva, hay una variabilidad intrínseca debida al observador humano y otra debida al modo en que se define el umbral al observador. En particular, el umbral puede determinarse disminuyendo o aumentando el nivel de interferencia relativo a un nivel de señal deseado fijo. En el primer caso, el ensayo comienza con una interferencia muy apreciable y termina cuando la interferencia es apenas perceptible. En el segundo caso, se aumenta la interferencia hasta que el sujeto indica que comienza a escuchar la interferencia.

La prueba puede realizarse también sin la presencia de señal deseada. Este tipo de ensayo se utilizaría con sistemas de sonido de alta fidelidad o de televisión en los que la presencia de interferencia durante la ausencia de la señal deseada puede resultar inaceptable. En este caso se requeriría un umbral de interferencia menor que cuando la señal está presente, ya que la señal deseada puede enmascarar la presencia de interferencia.

Las mediciones efectuadas ponen de manifiesto que el MINIT es función de la relación interferencia/ruido. Para una relación señal/ruido específica, el MINIT corresponde también a una relación S/I . El MINIT es un umbral que puede utilizarse como límite en una región de interferencia despreciable y una región de interferencia admisible, y puede utilizarse en problemas de coordinación de frecuencias.

5.2.3.3 Voz digital

La nota de apreciación de la nitidez de los digitalizadores vocales con seguidor de forma de onda tales como MIC y CVSD suele ser insensible a tasas de errores inferiores a 10^{-4} y se degrada hasta 0,7 a tasas de errores de 3×10^{-2} para MIC y de 10^{-1} para CVSD. Para tasas de errores mayores la degradación es tan rápida que suelen considerarse inutilizables. En aplicaciones donde se necesita una elevada relación señal/ruido deben utilizarse velocidades de datos superiores pudiendo presentarse la degradación para tasas de errores en los bits tan bajas como 10^{-6} . Normalmente, cabe esperar que los modelos con seguidor de fuente ofrezcan características similares aunque a velocidades de datos muy inferiores.

5.2.3.4 Sistemas digitales

Para los sistemas digitales se ha escogido la proporción de bits erróneos mínima como la probabilidad de errores en los bits de 10^{-6} . La proporción de bits erróneos máxima y media para los sistemas digitales se ha escogido como la probabilidad de errores en los bits de 10^{-2} y 10^{-4} , respectivamente. Los umbrales se expresan como probabilidades de errores en los bits en vez de como tasa de errores en los caracteres, de modo que los resultados se puedan aplicar a todos los sistemas con independencia de la estructura del mensaje. La E_b/N_0 necesaria para alcanzar estos umbrales se define para diversos tipos de modulación.

5.2.3.5 Sistemas aeronáuticos

En la Recomendación UIT-R SM.851 se definen los umbrales de interferencia correspondientes al localizador de aviones ILS, y a los receptores VOR y COM.

5.2.3.6 Señales de televisión

Analógicas

Se han utilizado dos escalas para definir los niveles de degradación de la componente de vídeo de las señales de televisión: la escala TASO de 6 niveles y la escala de doble estímulo de 5 niveles del UIT-R. La escala de 5 niveles se recomienda desde 1974 y se muestra en el Cuadro 5-1. Para el servicio de radiodifusión terrenal (de televisión) sometido a los efectos de interferencia troposférica de corta duración, el nivel de interferencia máxima admisible debe corresponder al grado 3 de la escala del UIT-R y al grado 4 en el caso de interferencia durante más del 50% del tiempo. Para el servicio de radiodifusión (de televisión) por satélite, el nivel de interferencia admisible debe corresponder a los grados 4 y 5.

CUADRO 5-1

Escala de degradación de doble estímulo

Grado	Criterio de interferencia
5	Imperceptible
4	Apreciable pero no molesta
3	Ligeramente molesta
2	Molesta
1	Muy molesta

Digitales

En la Recomendación UIT-R BT.2033 se facilitan las relaciones de protección que necesitan los sistemas de radiodifusión digital de vídeo (DVB) en los diversos canales al efectuar el estudio de compatibilidad con las estaciones base de la evolución a largo plazo (LTE) y con los equipos de usuario (UE) en la banda de ondas métricas/decimétricas (VHF/UHF).

5.3 Herramientas de análisis de ingeniería**5.3.1 Modelos de propagación**

Las pérdidas de propagación de las ondas radioeléctricas es uno de los parámetros clave que han de considerarse para determinar el tamaño práctico de la zona de cobertura de un sistema de radiocomunicación y la intensidad de la interferencia no deseada. Como modos de propagación cabe citar: la guíaonda, la onda de superficie, la onda ionosférica, la onda espacial (consistente en una onda directa y otra reflejada en el suelo), la difracción, la dispersión troposférica y la visibilidad directa (punto a punto o Tierra-satélite). En el Cuadro 5-2 se resumen los modos de propagación, alcances, utilización de anchuras de banda, y potencial de interferencia para las bandas de ondas miriamétricas a milimétricas.

CUADRO 5-2

Modos de propagación y utilización de diversas bandas de frecuencias

Banda	Frecuencia	Modo	Alcance	Anchura de banda	Magnitud de la interferencia	Utilización
Ondas miriamétricas (VLF)	3-30 kHz	Guiaonda	Varios miles de km	Muy limitada	Muy extendida	A escala mundial, radionavegación de largo alcance y comunicaciones estratégicas
Ondas kilométricas (LF)	30-300 kHz	Onda de superficie, onda ionosférica	Varios miles de km	Muy limitada	Muy extendida	Radionavegación de largo alcance y comunicaciones estratégicas
Ondas hectométricas (MF)	0,3-3 MHz	Onda de superficie, onda ionosférica	Pocos miles de km	Moderada	Muy extendida	Medio alcance, servicio de radiodifusión y servicio móvil marítimo

CUADRO 5-2 (continuación)

Banda	Frecuencia	Modo	Alcance	Anchura de banda	Magnitud de la interferencia	Utilización
Ondas decamétricas (HF)	3-30 MHz	Onda ionosférica	Hasta varios miles de km	Amplia	Muy extendida	Largo alcance y corto alcance, radiodifusión mundial, servicio móvil
Ondas métricas (VHF)	30-300 MHz	Onda espacial, dispersión troposférica, difracción	Hasta algunos cientos de km	Muy amplia	Limitada	Corto alcance y medio alcance, servicio móvil, redes de área local, radiodifusión de audio y vídeo, comunicaciones personales
Ondas decimétricas (UHF)	0,3-3 GHz	Onda espacial, dispersión troposférica, difracción, visibilidad directa	Generalmente menos de 100 km	Muy amplia	Limitada	Corto alcance y medio alcance, servicio móvil, redes de área local, radiodifusión de audio y vídeo, comunicaciones personales, comunicaciones por satélite
Ondas centimétricas (SHF)	3-30 GHz	Visibilidad directa	30 km; varios miles de km para multisalto y satélite	Muy amplia, hasta 1 GHz	Generalmente limitada	Medio a corto alcance, difusión de audio y vídeo, redes de área local, comunicaciones móviles/personales, comunicaciones por satélite
Ondas milimétricas (EHF)	30-300 GHz	Visibilidad directa	20 km; varios miles de km para multisalto y satélite	Muy amplia, hasta 10 GHz	Generalmente limitada	Corto alcance, microcelular, redes de área local, comunicaciones personales, comunicaciones por satélite

La señal radioeléctrica recibida procedente de una antena de transmisión depende de las características del terreno y de las características y variabilidad de la ionosfera y de la troposfera. Por consiguiente, toda estimación detallada de la intensidad de la señal o de las pérdidas de transmisión y de la atenuación de la señal debe tener en cuenta la ubicación de los terminales, la estación del año y hora del día, y los parámetros estadísticos necesarios (por ejemplo, porcentaje de tiempo). La Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones es el Grupo de Expertos sobre propagación de las ondas radioeléctricas. Los modelos de propagación radioeléctrica son complejos, ya que deben considerar una diversidad de efectos tales como la reflexión, la difracción, la dispersión y la propagación por conducto. A efectos del análisis espectral y de la asignación de frecuencias es preciso realizar evaluaciones simplificadas de las pérdidas de propagación. En [Bem, 1979], se examinan someramente los aspectos de propagación que afectan a los servicios de radiocomunicaciones, así como un análisis de las interferencias.

El usuario del espectro necesita una estimación detallada de la cobertura o fiabilidad de su transmisión. Para la planificación o la gestión de frecuencias, puede ser suficiente adoptar hipótesis sencillas y optimistas sobre la cobertura o la intensidad de la señal; por ejemplo, considerar que la propagación tiene lugar en el espacio libre, que contempla las pérdidas por dispersión en el espacio (Recomendación UIT-R P.525) y que no resulta afectada por la atmósfera ni por los efectos de apantallamiento del terreno. La señal deseada debe ser bastante fiable, de modo que sólo sea necesario considerar el nivel de señales interferentes que aparezcan durante breves momentos. Obsérvese no obstante que se necesitan métodos más precisos para proporcionar este nivel de certidumbre para la ocurrencia de señales indeseadas (interferencia) de menor duración.

En esta sección se consideran brevemente varios métodos de propagación. Puede estudiarse con más detalle este tema en las Recomendaciones UIT-R de la Serie P.

Banda de ondas miriamétricas (VLF) ($f < 30$ kHz)

En frecuencias inferiores a 30 kHz, las pérdidas de propagación son similares a las del espacio libre. En la banda de ondas miriamétricas el modo guíaonda entre la ionosfera y la Tierra permite la propagación a distancias mundiales.

Banda de ondas kilométricas (LF) ($30 < f < 300$ kHz)

En esta gama de frecuencias predominan dos modos distintos de propagación: el modo de onda de superficie, que a menudo determinará el límite de la señal deseada, y el modo de onda ionosférica, por el que se propagarán frecuentemente las señales interferentes. La amplitud de la señal ionosférica presenta una importante variación diurna debido a los cambios en la absorción ionosférica. Este modo de propagación viene caracterizado por regiones en las que la onda ionosférica no toca la superficie terrestre (es decir, salta), siendo la distancia de salto la separación entre intersecciones consecutivas con la superficie terrestre.

La propagación ionosférica a estas frecuencias se considera en la Recomendación UIT-R P.1147 y las curvas de propagación por onda de superficie figuran en la Recomendación UIT-R P.368.

Banda de ondas hectométricas (MF) (300 kHz $< f < 3$ MHz)

En esta banda de frecuencias los modos de propagación también son por onda de superficie y por onda ionosférica; por consiguiente, muchos textos se refieren tanto a la banda de ondas kilométricas como a la banda de ondas hectométricas.

En la Recomendación UIT-R P.368 se considera la propagación por ondas de superficie en frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 30 MHz, en el sitio web del UIT-R está disponible el programa informático GRWAVE. Para evaluar la onda de superficie es necesario conocer las propiedades eléctricas del suelo, especialmente la conductividad. La Recomendación UIT-R P.832 contiene los mapas correspondientes. Sin embargo, estos mapas están destinados fundamentalmente a la banda de ondas miriamétricas y actualmente no están disponibles en formato digital para aplicaciones informáticas.

En el Manual del UIT-R sobre la ionosfera y sus efectos sobre la propagación de ondas radioeléctricas terrenales y Tierra-espacio, se analiza la propagación por onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre 150 kHz y 1,7 MHz y en la Recomendación UIT-R P.1147 se indica un método de predicción. En la banda de radiodifusión por ondas hectométricas, suele ser suficiente suponer que la propagación por onda ionosférica únicamente se produce durante la noche. En frecuencias por encima de 1,6 MHz, empiezan a ser válidos los métodos de predicción de la propagación en ondas decamétricas. A estas frecuencias cada vez es más importante la onda ionosférica en los sistemas de comunicaciones móviles.

Banda de ondas decamétricas (HF) ($3 < f < 30$ MHz)

En esta gama de frecuencias la señal se propaga normalmente a través de la ionosfera y en consecuencia muestra una variabilidad importante. La naturaleza de la propagación ionosférica implica que los circuitos de larga distancia estén sometidos a distorsión por trayectos múltiples, a interferencias en la señal y a un funcionamiento intermitente. Las largas distancias y los procesos físicos implicados dentro de la ionosfera exigen la utilización de modelos de predicción de la propagación relativamente complejos.

Para predecir la propagación por ondas decamétricas se utilizan mapas digitales de las características ionosféricas (Recomendaciones UIT-R P.1239 y UIT-R P.1240) dentro de modelos informáticos. El programa

REC 533 es una versión informatizada de la Recomendación UIT-R P.533 que predice, para cualquier trayecto, cualquier estación del año y cualquier número de manchas solares, la MUF básica y la de explotación, la intensidad de campo, la potencia recibida, la relación señal/ruido y la fiabilidad.

Bandas de ondas métricas y decimétricas (VHF y UHF) ($30 \text{ MHz} < f < 3 \text{ GHz}$)

En estas bandas no se produce propagación a través de la ionosfera normal, salvo muy cerca del extremo inferior de la banda. Los efectos de la climatología se limitan a la superrefracción y a la propagación por conducto que puede aparecer a causa de las variaciones del gradiente normal en el índice de refracción del aire. Otras diferencias importantes con respecto a la propagación en el espacio libre son la dispersión troposférica y la difracción provocadas por los obstáculos en el trayecto, entre ellos los accidentes geográficos de la Tierra, y la difracción causada por el terreno y los edificios.

Dependiendo del entorno de propagación concreto pueden considerarse los siguientes factores para estimar las pérdidas de propagación:

- Atenuación en el espacio libre. En algunos casos será suficiente suponer que la señal deseada sólo está sometida a la atenuación causada por la propagación en el espacio libre (Recomendación UIT-R P.525).
- Difracción alrededor de una Tierra lisa. Para predecir la señal deseada a distancias superiores a la de visibilidad directa, tal vez convenga tener en cuenta la curvatura de la Tierra. El programa informático GRWAVE lo hace y en la Recomendación UIT-R P.526 se estudia la propagación por difracción (véase también el Manual del UIT-R – Curvas de propagación de las ondas radioeléctricas sobre la superficie de la Tierra).
- Propagación por regiones concretas del mundo o sobre superficies de rugosidad específica. La Recomendación UIT-R P.1546 sirve para efectuar predicciones punto a zona de la intensidad de campo para los servicios de radiodifusión, móvil terrestre, móvil marítimo y algunos servicios fijos (por ejemplo, los que emplean sistemas punto a multipunto (P-MP) en la gama de frecuencias 30-3 000 MHz. Se prevé utilizarla en circuitos radioeléctricos por trayectos terrestres, marítimos y/o mixtos tierra-mar de entre 1 y 1 000 km de longitud con antenas transmisoras de una altura efectiva inferior a 3 000 m. En esa Recomendación se presentan resultados compatibles con el modelo Okumura-Hata para servicios móviles en entornos urbanos. Además, hay más variables además de la distancia y la altura de antena equivalente. Este modelo posee factores de corrección para predecir la atenuación en zonas suburbanas y zonas abiertas. Este modelo se utiliza como referencia en el Informe UIT-R SM.2028-1 y en las condiciones, pero no es específico a una polarización concreta y no es completo en trayectos inferiores a 1 km. dado que no se adapta a las hipótesis de corto alcance, se habrán de hacer los ajustes correspondientes para tener en cuenta efectos como la propagación entre calles, la entrada en los edificios, las secciones del trayecto en el interior o los efectos del cuerpo humano.
- Propagación por un perfil orográfico concreto. La Recomendación UIT-R P.1812 sirve para realizar predicciones para los sistemas de radiocomunicaciones que utilizan circuitos terrenales de entre 0,25 y 3 000 km de longitud y cuyos terminales se encuentren ambos a unos 3 km por encima del suelo. Se recomienda utilizarla para los servicios punto a zona terrenales en las bandas VHF y UHF. Puede utilizarse para predecir la zona de servicio y la disponibilidad con un nivel de señal deseado (cobertura), así como las reducciones en dicha zona de servicio y de disponibilidad debidas a las señales no deseadas cocanal y/o en canal adyacente (interferencia). Con este método, las predicciones punto a zona consisten en series de múltiples predicciones P-MP (es decir, transmisor-punto a receptor-multipunto) uniformemente distribuidas por las zonas de servicio nacionales. El número de puntos deberá ser lo suficientemente importante para garantizar que los valores predichos de las pérdidas básicas de transmisión o las intensidades de campo así obtenidos son estimaciones razonables de los valores medios, con respecto a la ubicación, de las cantidades correspondientes en las zonas elementales que representan. Cuando sea preciso puede hacerse un cálculo detallado de la propagación sobre un perfil de terreno obtenido a partir de una base de datos topográficos. Así, se supone que los usuarios de esta Recomendación podrán especificar perfiles orográficos detallados (es decir, las elevaciones por encima del nivel medio del mar) como funciones de distancia a lo largo de grandes trayectos circulares (es decir, curvas geodésicas) entre los terminales, para muchos

emplazamientos de terminales distintos (puntos receptores). Para la mayoría de las aplicaciones prácticas de este método de predicción de cobertura punto a zona y de interferencia, este supuesto implica la disponibilidad de una base de datos digital de elevación del terreno, donde se indique la latitud y la longitud con respecto a datos geodésicos sólidos, a partir de la cual se puedan extraer automáticamente perfiles orográficos. El modelo Longley-Rice (ITS) ya no está cubierto por la Recomendación UIT-R P.1812. El modelo ITS para frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz, basado en la teoría electromagnética y el análisis estadístico tanto de características del terreno como de mediciones radioeléctricas, predice la atenuación mediana de una señal radioeléctrica en función de la distancia y de la variabilidad de la señal en el tiempo y en el espacio.

Además, tal vez sea necesario tener también en cuenta otros mecanismos de propagación capaces de provocar interferencias. Entre estos mecanismos cabe citar los siguientes:

- *Propagación ionosférica.* Durante algunas estaciones del año y horas del día los modos de propagación ionosférica, por ejemplo a través de la capa E esporádica, pueden permitir la propagación a larga distancia en frecuencias de hasta unos 70 MHz (véase la Recomendación UIT-R P.534).
- *Superrefracción y propagación por conducto.* Estos efectos se estudian en las Recomendaciones UIT-R P.834 y UIT-R P.452.

Banda de ondas milimétricas (SHF) y frecuencias superiores ($f > 3$ GHz)

Los factores de propagación descritos anteriormente (salvo para la onda ionosférica) son adecuados incluso a frecuencias superiores. Sin embargo, es necesario considerar la atenuación, la dispersión y la polarización cruzada provocada por las precipitaciones y otras partículas atmosféricas. Por encima de 15 GHz es preciso tener en cuenta la atenuación causada por los gases atmosféricos.

La lluvia y demás precipitaciones a lo largo del trayecto de propagación pueden crear varios problemas. En frecuencias superiores a 10 GHz, aproximadamente, la atenuación debida a las gotas de lluvia puede dar lugar a una importante degradación de la calidad de la señal. Los métodos para estimar la distribución de probabilidad de la atenuación se basan generalmente en el valor de la intensidad de lluvia $R_{0,01}$ (mm/h) rebasado el 0,01% del tiempo. Este valor debe basarse en observaciones del índice de pluviosidad a largo plazo efectuadas con pluviómetros cuya resolución temporal sea de 1 min aproximadamente. Si no se dispone de estos datos a largo plazo para la región de interés, el valor puede determinarse a partir de los mapas de la Recomendación UIT-R P.837. Para una frecuencia y polarización determinadas, la atenuación «específica» puede calcularse de acuerdo con la Recomendación UIT-R P.838. En la Recomendación UIT-R P.530 se presenta un método de estimación del valor medio del nivel de atenuación para otros porcentajes de tiempo en un trayecto con visibilidad directa.

En condiciones de cielo despejado, la propagación terrenal puede experimentar desvanecimiento debido a la difracción, a la propagación atmosférica por trayecto múltiple y de superficie, a la dispersión del haz, al desenfoco de la antena, a la atenuación causada por los gases atmosféricos y, en algunas regiones, a las tormentas de arena y polvo. En la Recomendación UIT-R P.530 se ofrece información sobre la manera de tratar estos efectos. Los datos de refracción aparecen en la Recomendación UIT-R P.453. A falta de información local, la Recomendación UIT-R P.836 ofrece orientaciones sobre los valores medios de las densidades de vapor de agua en la atmósfera próxima a la superficie terrestre con mayor probabilidad de afectar a los sistemas que funcionan por encima de 20 GHz.

Propagación Tierra-espacio

En los trayectos Tierra-espacio los efectos de propagación de mayor interés son la atenuación de la señal, el desvanecimiento por centelleo y la despolarización de la señal. La importancia de cada efecto depende de la geometría del trayecto, de las condiciones meteorológicas y de los parámetros del sistema de comunicaciones. En las Recomendaciones UIT-R P.679 (radiodifusión por satélite), UIT-R P.680 (sistemas de telecomunicaciones móviles marítimos por satélite), UIT-R P.681 (sistemas de telecomunicaciones móviles terrestres por satélite) y UIT-R P.682 (sistemas de telecomunicaciones móviles aeronáuticos por satélite) se ofrece más información al respecto.

Al considerar las señales interferentes, debe prestarse atención a la polarización cruzada debida a los hidrometeoros (Recomendación UIT-R P.618), a la rotación de la polarización en la ionosfera y a los efectos

del centelleo ionosférico (Recomendación UIT-R P.531). Conforme se reducen los ángulos de elevación del trayecto, las pérdidas en el trayecto sobrepasan el valor correspondiente al espacio libre aumentando, evidentemente, la posibilidad de bloqueo por obstáculos.

La Recomendación UIT-R P.618 constituye la fuente primaria de datos de propagación y asesoramiento técnico sobre los efectos de la troposfera en las señales deseadas para el diseño de los enlaces Tierra-espacio. Dicha Recomendación contiene métodos para estimar las pérdidas de propagación por absorción de los gases atmosféricos y por la atenuación debida a la lluvia, y también técnicas para introducir factores de escala relativos a frecuencias y polarizaciones en las estadísticas de atenuación. En las Recomendaciones UIT-R P.581 y UIT-R P.841 se realiza una estimación de las estadísticas para el mes más desfavorable. El aumento de la temperatura de ruido celeste que acompaña toda pérdida del trayecto provoca asimismo una degradación del factor de calidad del receptor de una estación terrena, degradación que puede calcularse a partir de una fórmula que aparece en la Recomendación UIT-R P.618. La diversidad de emplazamientos puede reducir notablemente el nivel de atenuación correspondiente a un porcentaje de tiempo anual determinado en los trayectos sujetos a fuerte atenuación, y también los efectos del centelleo y de la despolarización. En la citada Recomendación UIT-R P.618 figuran procedimientos de cálculo para estimar la calidad de funcionamiento por diversidad.

El centelleo de la señal consiste en la rápida fluctuación de amplitud provocada por variaciones en el índice de refracción troposférico. La Recomendación UIT-R P.618 contiene un método de predicción para estimar la profundidad de desvanecimiento por centelleo correspondiente a porcentajes de tiempo comprendidos entre el 0,01 y el 50% del año.

Los agentes de dispersión asimétricos (gotas de lluvia, cristales de hielo) en un trayecto de propagación provocan la despolarización de la señal en los sistemas de comunicaciones con reutilización de frecuencia y doble polarización. En la Recomendación UIT-R P.618 se presenta un método para estimar la discriminación por polarización cruzada (XPD) a frecuencias comprendidas entre 8 y 35 GHz (así como el procedimiento para trasladar la escala de frecuencias a la banda 4/6 GHz) y ángulos de elevación del trayecto de 60° e inferiores. También se indica, para el cálculo de la XPD estimada debida a la lluvia, un factor de corrección empírico relacionado con la despolarización causada por el hielo.

5.3.2 Datos topográficos

En muchos casos las características del terreno pueden provocar grandes diferencias de nivel entre las señales radioeléctricas deseadas y las no deseadas (interferentes). Deben conocerse dichas características para aplicar alguno de los métodos de estimación de las pérdidas de propagación. Existen diversas clases de terreno útiles para este propósito: mar, otras extensiones acuosas, desierto, bosque espeso, bosque normal, zona rural, zona suburbana y zona urbana. Para mayor información véase la Recomendación UIT-R P.1058 – Bases de datos topográficos digitales para estudios de propagación.

La obtención de los perfiles de trayecto a partir de los mapas topográficos se ha realizado tradicionalmente a mano. Se trata de una tarea muy laboriosa, lenta y costosa. Sin embargo, las instituciones cartográficas han trabajado intensamente para elaborar mapas digitales de algunas zonas geográficas seleccionadas. A partir de estos mapas pueden deducirse las características más importantes aplicables a la predicción de la propagación radioeléctrica. La altura del terreno, la vegetación en la superficie, la altura y densidad de los edificios, la anchura de las calles y la geología del suelo son algunas de las características que podrían utilizarse, a pesar de su coste. La información del terreno descrita anteriormente puede obtenerse por fotogrametría aérea o a partir de imágenes capturadas por satélites en particular mediante la utilización de radares de apertura sintética multifrecuencia.

El método utilizado con más frecuencia en las bases de datos cartográficas produce un conjunto de datos sobre las alturas a intervalos uniformemente espaciados constituyendo una estructura reticular. La resolución de los datos viene determinada por la capacidad de almacenamiento digital y la precisión del estudio. Los datos recogidos sobre el terreno requieren una resolución que depende de la banda de frecuencias en estudio. Puede variar entre 1 m para las bandas de ondas decimétricas y centimétricas y más de 1 km para la banda de ondas decamétricas. La precisión de los datos (altura de los obstáculos) debe estar comprendida entre 1 m y 1 000 m, dependiendo también de la banda de frecuencias. Utilizando los datos cartográficos almacenados, puede generarse un perfil de altitudes del trayecto entre dos puntos geográficos cualesquiera incluidos en la base de datos del terreno. Estos perfiles son útiles para determinar los puntos de visibilidad directa o los efectos de

apantallamiento del terreno circundante. Aunque las características del terreno son importantes, no debe despreciarse el efecto de la altura de los edificios, especialmente en zonas urbanas y suburbanas. Las técnicas informáticas de cálculo de las pérdidas de propagación permiten el acceso automático a la base de datos cartográfica [Chan, 1991 y Palmer, 1981]. Hace poco una recopilación de datos cartográficos y de otro tipo ha permitido obtener un conjunto de datos topográficos denominado GLOBE. Una versión de éste constituye actualmente la base del producto de la UIT denominado IDWM. La resolución de este conjunto es de 30 arcsec aproximadamente (1 km, aproximadamente, en el ecuador). La NASA condujo en 2000 una misión SAR capaz de producir topografía de resolución más elevada (3 arcsec) junto con la altura y algunos datos parásitos; se denomina GLOBE 2 y es un conjunto de datos más uniforme.

5.3.3 Selección del modelo de propagación

En el análisis de los problemas de gestión del espectro se utilizan con frecuencia modelos de ingeniería del espectro y bases de datos adecuadas. El modelo de ingeniería de un proceso físico presenta ciertas ventajas, entre ellas la de ser más rápido y fácil de modificar. La precisión de un modelo que simula un proceso viene determinada por su diseño y utilización. Los aspectos inusuales de los problemas exigen hacer uso de ingenio, flexibilidad e intuición para llevar a cabo su análisis. Teniendo esto en cuenta, los datos y modelos descritos pretenden ofrecer un material básico que pueda utilizarse de forma rutinaria o adaptarse según convenga.

Con el modelo de propagación adecuado, pueden calcularse las pérdidas de propagación y, por consiguiente, el nivel de la señal deseada o el de la interferencia.

5.3.4 Diagramas de antena y de radiación de referencia

Como se indica en el Informe UIT-R F.2059, la radiación de la antena es un factor dominante a la hora de determinar la posibilidad de reutilización de las frecuencias o «eficacia espectral». Se llegó a esta conclusión tras realizar estudios estadísticos con diversos modelos de antenas comerciales en el servicio fijo inalámbrico punto a punto. Además, estos resultados pueden transponerse a la mayoría de servicios de radiocomunicaciones.

Se utilizan los diagramas de radiación de referencia definidos en las Recomendaciones UIT-R cuando se carece de información concreta sobre las antenas reales utilizadas en un estudio de planificación. Existen modelos matemáticos que determinan la ganancia de una antena hipotética en todos los sentidos del espacio. Normalmente esta modelización se deriva de modelos teóricos o de diagramas de radiación empíricos obtenidos a partir de antenas comerciales.

5.3.4.1 Breve ejemplo del servicio fijo inalámbrico

En el servicio fijo inalámbrico punto a punto se utilizan principalmente antenas parabólicas, cuyas principales características son una alta directividad y una polarización lineal.

Para realizar los estudios de coordinación y evaluar la interferencia mutua entre sistemas fijos inalámbricos, y entre estaciones de esos sistemas y estaciones terrenas de servicios de radiocomunicaciones espaciales que comparten la misma banda de frecuencias, podrá ser necesario utilizar diagramas de radiación de referencia para las antenas del servicio fijo inalámbrico. Tal necesidad queda patente cuando no se dispone de información sobre los diagramas de radiación de las antenas reales utilizadas en el estudio.

Así, en la Recomendación UIT-R F.699 se indican los diagramas de referencia para la gama entre 100 MHz y 70 GHz, donde la ganancia relativa a una antena isótropa, en un determinado ángulo con respecto al eje, es una función del diámetro de la antena (D) y la longitud de onda de funcionamiento (λ). Asimismo, la ganancia del lóbulo principal de la antena y el ancho de haz se modelizan como una función de D/λ .

En la Recomendación UIT-R F.699 se dan diagramas de la envolvente de crestas de los lóbulos laterales. No obstante, si se utilizan estos diagramas para evaluar la interferencia combinada de un gran número de fuentes de interferencia, la interferencia predicha redundará en valores superiores a los valores que se registrarían en la práctica. En la Recomendación UIT-R F.1245 se presenta un modelo matemático del diagrama de radiación medio, que se necesita en los siguientes casos:

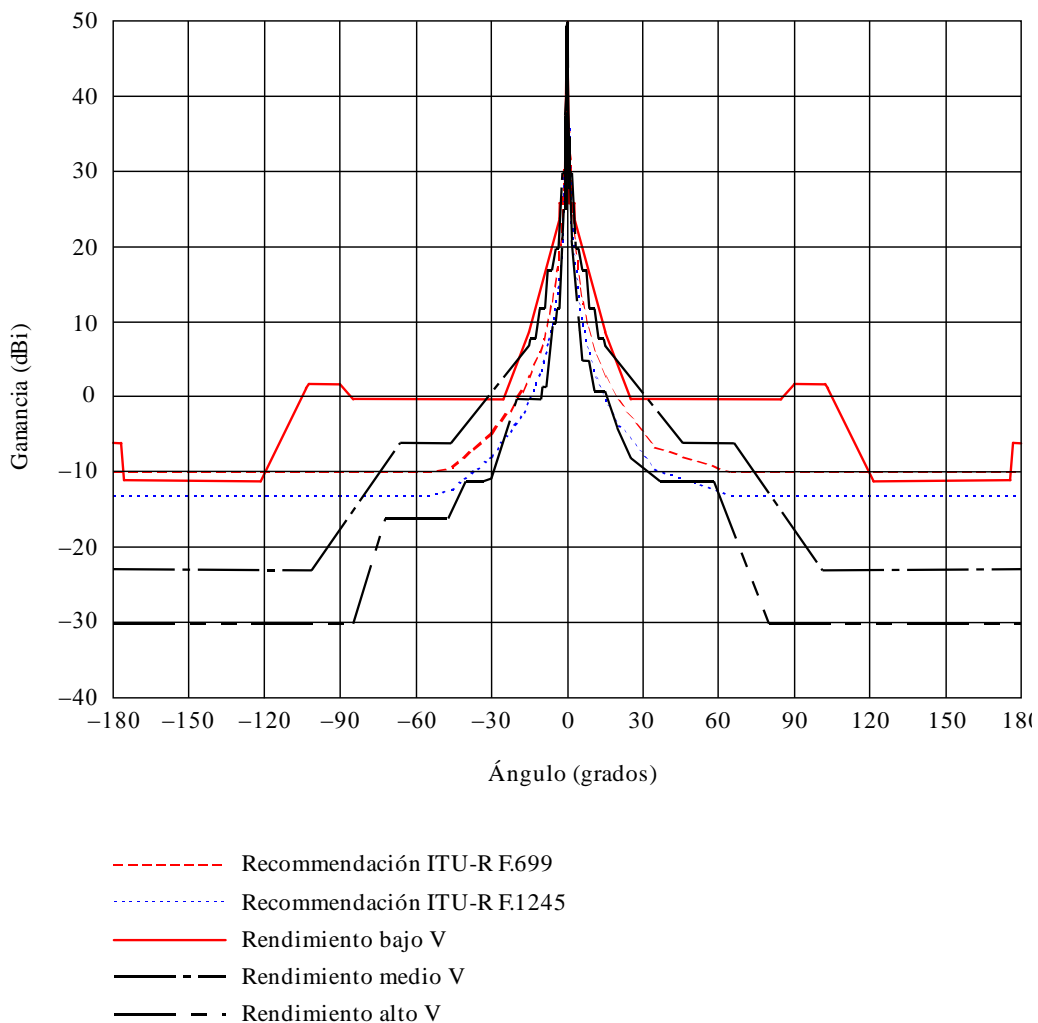
- para predecir la interferencia combinada ocasionada a un satélite geoestacionario o no geoestacionario por numerosas estaciones de radioenlaces;

- para predecir la interferencia combinada ocasionada a una estación de radioenlaces por un gran número de satélites geoestacionarios;
- para predecir la interferencia ocasionada a una estación de radioenlaces por uno o más satélites no geoestacionarios bajo el ángulo continuamente variable que debería promediarse.

En la Figura 5.2 se presenta una comparación entre diagramas de envolventes de antena reales y los correspondientes diagramas de referencia derivados de la Recomendación UIT-R F.699 y la Recomendación UIT-T F.1245.

FIGURA 5.2

**Antena punto a punto (P-P) a 10,7 GHz de 3 m de diámetro ($D/\lambda = 114$; ganancia = 49,8 dBi)
(H: polarización horizontal, V: polarización vertical)**



Nat.Snec.Man-5.02

5.3.4.2 Recomendaciones UIT-T donde se definen los diagramas de radiación de referencia y otras características de las antenas

En el Cuadro 5-3 se presentan algunas de las numerosas Recomendaciones UIT-R donde se definen diagramas de radiación de referencia que se han de tener en cuenta al efectuar estudios de compartición y coordinación y al evaluar la interferencia procedente de una o de varias fuentes.

En algunas de las Recomendaciones UIT-R enumeradas se fija objetivos de diseño (por ejemplo, en la Recomendación UIT-R S.580 se definen diagramas de radiación a los que habrán de ajustarse las nuevas

antenas de estación terrena que funcionen con un satélite geostacionario). En la Recomendación UIT-R S.1717 se detalla un formato en el que las administraciones podrían presentar los datos sobre ganancias de antenas de estación terrena del SFS específicas de manera electrónica. Esta información puede necesitarse en ciertos estudios donde los diagramas de referencia no aportan el nivel de detalle necesario o cuando se ha de mejorar/perfeccionar un diagrama de antena.

5.3.4.3 Sugerencias a las administraciones

Se recomienda a las administraciones que mantengan registros de los diagramas de radiación medidos de las antenas reales a fin de poder utilizar diagramas de radiación de referencia nuevos y mejores en los estudios de coordinación y evaluaciones de interferencia que se vayan a proponer y realizar.

Por otra parte, es fundamental hacer todo lo posible por utilizar en los estudios de coordinación y las evaluaciones de interferencia los diagramas de antena reales. Por tanto, esos diagramas de radiación registrados se utilizarán para realizar los estudios, siempre que sea posible y cuando sea necesario contar con información más detallada.

CUADRO 5-3

Resumen de las Recomendaciones UIT-R sobre diagramas de radiación de referencia y/o características de las antenas que se hayan de considerar en los estudios de compartición, coordinación y planificación, y/o en las evaluaciones de interferencia

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/diagrama	Temas
BO.652	Diagramas de radiación de referencia de las antenas de estación terrena y de satélite para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz y para los enlaces de conexión asociados en las bandas de 14 GHz y 17 GHz	Radiodifusión por satélite	12 GHz 14 y 17 GHz	Antena de estación terrena (receptora) Antena de satélite (transmisora)	Diagramas de referencia copolar y contrapolar para antenas de estación terrena receptoras y antenas de satélite transmisoras.
BO.1213	Diagramas de antena de estación terrena receptora de referencia para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 11,7-12,75 GHz	Radiodifusión por satélite	11,7- 12,75 GHz	Antena de estación terrena	Diagramas de antena de estación terrena de referencia copolar y contrapolar para el SRS.
BO.1296	Diagramas de referencia de la antena de estación espacial receptora para ser utilizados con fines de planificación para haces elípticos en la revisión de los Planes del Apéndice 30A (Orb-88) del Reglamento de Radiocomunicaciones a 14 GHz y 17 GHz en las Regiones 1 y 3	Radiodifusión por satélite	14 GHz 17 GHz	Antena de estación espacial	Diagramas de antena con polarización circular de referencia copolar y contrapolar para haces elípticos destinados a la planificación.

CUADRO 5-3 (continuación)

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/diagrama	Temas
BO.1443	Diagramas de antena de referencia de estación terrena del servicio de radiodifusión por satélite para utilizar en la evaluación de la interferencia entre satélites no geoestacionarios en las bandas de frecuencias incluidas en el Apéndice 30 del RR	Radiodifusión por satélite		Antena de estación terrena	Diagramas de antena de estación terrena de referencia tridimensionales para el SRS que pueden utilizarse para el cálculo de la interferencia generada por satélites del SFS no OSG a las antenas de estaciones terrenas del SRS.
BO.1445	Diagramas mejorados para antenas transmisoras de satélite con caída rápida para el Plan del SRS del Apéndice S30 del RR en las Regiones 1 y 3	Radiodifusión por satélite		Antena de satélite	Diagramas de antena de satélite copolar y contrapolar mejorados con caída rápida del haz principal para haces elípticos de caída rápida cuando se necesita la antena de caída rápida en los estudios conformes a la Resolución 532 (CMR-97).
BO.1900	Diagrama de antena de referencia de la estación terrena receptora para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda 21,4-22 GHz en las Regiones 1 y 3	Radiodifusión por satélite	21,4-22 GHz	Antena de estación terrena	Diagramas de antena de estación terrena receptora de referencia copolar y contrapolar para los estudios de compartición del SRS.
BS.80	Antenas de emisión para radiodifusión en ondas decamétricas	Radiodifusión	HF	No directiva Directiva	Orientación para la elección de una antena transmisora en ondas decamétricas (HF) adecuada y diagramas de antena HF para el diseño y la planificación del sistema.
BS.599	Directividad de las antenas de recepción en radiodifusión sonora en la banda 8 (ondas métricas)	Radiodifusión	VHF		Características de la directividad de las antenas receptoras para la planificación de la radiodifusión sonora en la banda de ondas métricas (VHF).
BS.705	Características y diagramas de las antenas transmisoras y receptoras en ondas decamétricas	Radiodifusión	HF	Sistema, log-periódica, róbica, monopolo, de cortina, cuadrante, dipolo cruzado	Fórmulas para evaluar el funcionamiento de antenas transmisoras/receptoras en ondas decamétricas (HF) con fines de planificación.

CUADRO 5-3 (continuación)

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/diagrama	Temas
BS.1195	Características de antenas transmisoras en ondas métricas y decimétricas	Radiodifusión	VHF UHF	Sistemas, conjuntos de antenas	Cálculo del diagrama de la antena transmisora, aspectos prácticos y software de cálculo.
BS.1386	Características y diagramas de las antenas transmisoras en ondas kilométricas y hectométricas	Radiodifusión	LF MF	Conjuntos de antenas, monopolos, sistemas, etc.	Características y diagramas de antenas transmisoras utilizados para evaluar el funcionamiento de antenas transmisoras en ondas kilométricas (LF) y hectométricas (MF), sobre todo para la planificación. Aspectos prácticos.
BT.419	Directividad y discriminación por polarización de las antenas para recepción en la radiodifusión de televisión	Radiodifusión	Bandas I, III, IV, V de televisión (Rec. UIT-R BT.417)		Características de directividad de las antenas receptoras utilizadas para la planificación del servicio de televisión terrenal; ventajas de la polarización ortogonal de las ondas; polarización de las emisiones en la radiodifusión de televisión.
BT.1195	Características de antenas transmisoras en ondas métricas y decimétricas	Radiodifusión	VHF UHF	Sistemas, conjuntos de antenas	Cálculo del diagrama de antena transmisora, aspectos prácticos y software de cálculo.
F.162	Utilización de antenas transmisoras directivas en el servicio fijo que funcionan en las bandas de frecuencias por debajo de unos 30 MHz	Fijo	4-28 MHz	Directiva	Funcionamiento: directividad, ganancia, sector de servicio, factor de directividad de la antena.
F.699	Diagramas de radiación de referencia de antenas de sistemas inalámbricos fijos para utilizarlos en los estudios de coordinación y en la evaluación de la interferencia en la gama de frecuencias de 100 MHz a unos 70 GHz	Fijo P-P	100 MHz-70 GHz	Directiva	Diagramas de radiación de referencia (envolvente de cresta de lóbulos laterales) para estudios de coordinación y evaluación de la interferencia.

CUADRO 5-3 (continuación)

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/diagrama	Temas
F.1245	Modelo matemático de diagramas de radiación media y diagramas conexos para antenas de sistemas fijos inalámbricos punto a punto con visibilidad directa para aplicarlo en ciertos estudios de coordinación y en la evaluación de la interferencia en la gama de frecuencias de 1 GHz a unos 70 GHz	Fijo P-P	1-70 GHz	Directiva	Diagramas de radiación de referencia (media) para algunos estudios de coordinación y evaluación de la interferencia múltiple o variable en el tiempo.
F.1336	Diagramas de radiación de referencia de antenas omnidireccionales, sectoriales y otros tipos de antenas de los servicios fijo y móvil para su utilización en estudios de compartición en la gama de frecuencias de 400 MHz a aproximadamente 70 GHz	Fijo P-MP Móvil terrestre	400 MHz- 70 GHz 1-3 GHz	Omnidireccional y sectorial Directiva de baja ganancia	Diagramas de radiación de referencia (de cresta y media) para estudios de compartición.
M.694	Diagrama de radiación de referencia para antenas de estaciones terrenas de barco	Móvil por satélite	1 518- 1 660,5 MHz	Antena de estación terrena de barco	Diagrama de radiación de referencia de antenas de estación terrena de barco utilizado para estudios de coordinación y evaluación de la interferencia entre las estaciones terrenas del servicio móvil por satélite y las estaciones terrenas y espaciales en las mismas bandas de frecuencias.
M.1091	Diagramas de radiación de referencia fuera del eje para antenas de estaciones terrenas que funcionan en el servicio móvil terrestre por satélite en la gama de frecuencias 1 a 3 GHz	Móvil terrestre por satélite	1-3 GHz	Antenas de estación terrena transportables o montadas en vehículos	Diagrama de radiación de referencia utilizado para la evaluación estadística de la interferencia y para la coordinación entre estaciones terrenas del servicio móvil terrestre y estaciones espaciales de distintos sistemas de satélites que comparten las mismas bandas de frecuencias.

CUADRO 5-3 (continuación)

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/diagrama	Temas
M.1851	Modelos matemáticos de diagramas de antena de sistemas de radar del servicio de radiodeterminación para uso en los análisis de interferencia	Sistemas de radares de radiodeterminación	420-33 400 MHz	Omnidireccional, sistema de elementos Yagi, reflector parabólico, sistema en fases	Diagramas de antena de sistemas de radares de radiodeterminación (cresta y media) para el análisis de la interferencia combinada y de una sola fuente.
RA.1631	Diagrama de antena de referencia de radioastronomía para uso en el análisis de compatibilidad entre sistemas no OSG y estaciones del servicio de radioastronomía basado en el concepto de dfpe	Radioastronomía	150-5 000 MHz 10,6-43,5 GHz		Modelo matemático del diagrama de radiación media utilizado para análisis de compatibilidad entre sistemas no OSG y estaciones del SRA.
RS.1813	Diagrama de antena de referencia para sensores pasivos del servicio de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) para uso en los análisis de compatibilidad en la gama de frecuencias 1,4-100 GHz	Exploración de la Tierra por satélite	1,4-100 GHz		Diagrama de antena de referencia para sensores pasivos del servicio de exploración de la Tierra por satélite para su uso en estudios de compatibilidad.
S.465	Diagrama de radiación de referencia de estación terrena para utilizar en la coordinación y evaluación de las interferencias, en la gama de frecuencias comprendidas entre 2 y 31 GHz	Fijo por satélite	2-31 GHz	Antena de estación terrena	Diagrama de radiación de referencia utilizado en estudios de coordinación y evaluación de la interferencia entre estaciones terrenas del SFS y estaciones de otros servicios que comparten la misma banda de frecuencias, así como en estudios de coordinación y evaluación de la interferencia entre sistemas del SFS.
S.580	Diagramas de radiación que han de utilizarse como objetivos de diseño para las antenas de las estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios	Fijo por satélite		Antena de estación terrena	Objetivo de diseño para nuevas antenas de estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios.

CUADRO 5-3 (continuación)

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/ diagrama	Temas
S.672	Diagramas de radiación de antenas de satélite para utilizar como objetivo de diseño en el servicio fijo por satélite que emplea satélites geoestacionarios	Fijo por satélite		Haces circulares/ elípticos con un solo alimentador Haces conformados con múltiples alimentadores	Diagramas de radiación de referencia de antenas de satélite utilizados como objetivo de diseño.
S.731	Diagrama de radiación contrapolar de referencia de estación terrena para utilizar en la coordinación de frecuencias y la evaluación de la interferencia en la gama de frecuencias comprendida entre 2 y unos 30 GHz	Fijo por satélite	2-30 GHz	Antena de estación terrena	Diagrama de radiación contrapolar de referencia de antenas de estación terrena utilizado para estudios de coordinación de frecuencias y evaluación de la interferencia entre estaciones terrenas del SFS y estaciones de otros servicios que comparten la misma banda de frecuencias, y para estudios de coordinación y evaluación de la interferencia entre redes del SFS.
S.732	Método para el tratamiento estadístico de las crestas de los lóbulos laterales de las antenas de estación terrena para determinar el exceso sobre los diagramas de antena de referencia y las condiciones para la aceptabilidad de cualquier exceso	Fijo por satélite		Antena de estación terrena	Método para el procesamiento estadístico de las crestas de lóbulos laterales de las antenas de estación terrena para determinar el porcentaje de crestas de lóbulo lateral que rebasan los diagramas de antena de referencia de las Recomendaciones UIT-R pertinentes; y condiciones en que los diagramas de lóbulo lateral de las antenas de estación terrena con crestas que rebasan las envolventes recomendadas seguirán considerándose conformes con las Recomendaciones UIT-R que permiten el determinado porcentaje de rebasamiento de las envolventes recomendadas por parte de las crestas de lóbulo lateral.

CUADRO 5-3 (continuación)

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/diagrama	Temas
S.1428	Diagramas de radiación de referencia de estación terrena del SFS para su utilización en la evaluación de interferencias relativas a satélites no OSG en las bandas de frecuencias entre 10,7 GHz y 30 GHz	Fijo por satélite	10,7-30 GHz	Antena de estación terrena	Diagrama de radiación de referencia de antena de estación terrena para el cálculo de la interferencia en que estén implicadas fuentes interferentes en movimiento y/o receptores víctimas de interferencia causada por el SFS.
S.1528	Diagramas de radiación de antena de satélite para antenas de satélite no geoestacionario con funcionamiento en el servicio fijo por satélite por debajo de 30 GHz	Fijo por satélite	Inferior a 30 GHz	Antenas no OSG de haces múltiples (haces circulares o elípticos)	Diagramas de radiación utilizados como objetivo de diseño o para realizar análisis de interferencia.
S.1717	Formato de fichero de datos electrónico para los diagramas de antena de estación terrena	Fijo por satélite		Antenas de estación terrena	Formato en que las administraciones pueden presentar electrónicamente los datos sobre antenas de estación terrena del SFS específicas.
S.1844	Diagrama de ganancia de referencia con polarización cruzada para terminales de muy pequeña apertura (VSAT) con polarización lineal en la gama de frecuencias comprendida entre 2 y 31 GHz	Fijo por satélite	2-31 GHz	Antenas de estación terrena VSAT	Diagrama de ganancia de referencia con polarización cruzada utilizado para el cálculo de la interferencia entre estaciones terrenas VSAT del SFS y estaciones de otros servicios que comparten la misma banda de frecuencias, así como en estudios de coordinación y evaluación de la interferencia entre sistemas del SFS.
S.1855	Diagrama de radiación de referencia alternativo para antenas de estación terrena utilizadas con satélites en la órbita de los satélites geoestacionarios para su utilización en la coordinación y/o evaluación de la interferencia en la banda de frecuencias de 2 a 31 GHz	Fijo por satélite	2-31 GHz	Antena de estación terrena	Diagramas de radiación de referencia para antenas utilizadas con satélites OSG para la coordinación y/o evaluación de la interferencia entre estaciones terrenas del SFS y estaciones de otros servicios que comparten la misma banda de frecuencias o entre sistemas del SFS.

CUADRO 5-3 (continuación)

Número	Título	Servicio	Banda de frecuencias	Tipo de antena/diagrama	Temas
SA.509	Diagrama de radiación de referencia de una antena de estación terrena de los servicios de investigación espacial y de radioastronomía, para uso en los cálculos de interferencia y en los procedimientos de coordinación, para frecuencias inferiores a 30 GHz	Investigación espacial Radioastronomía	1-30 GHz	Parabólica grande	Diagramas de radiación de referencia de antena para predecir la interferencia procedente de una o de múltiples fuentes.
SA.1345	Métodos para predecir los diagramas de radiación de antenas de gran tamaño utilizadas en los servicios de investigación espacial y de radioastronomía	Investigación espacial Radioastronomía			Métodos de modelización electromagnética; análisis con datos experimentales.
SA.1811	Diagramas de referencia de antenas de gran apertura de estaciones terrenas del servicio de investigación espacial utilizados en los análisis de compatibilidad en que intervengan un gran número de fuentes de interferencia distribuidas en las bandas 31,8-32,3 GHz y 37,0-38,0 GHz	Investigación espacial	31,8-32,3 GHz 37-38 GHz	Antena de estación terrena de gran apertura	Diagrama de antena de referencia determinístico único (cresta) para análisis de compatibilidad y modelo de ganancia (media) para análisis de compatibilidad estadístico en que intervenga un gran número de fuentes interferentes distribuidas.

5.4 Análisis de la interferencia

La utilización eficaz del espectro depende de la realización de un análisis efectivo, normalmente de tipo estadístico, de los parámetros del entorno y del sistema para reducir al mínimo la zona de interferencia. Dado que la interferencia disminuye la calidad de funcionamiento del sistema y la eficacia de utilización del espectro, deben considerarse los parámetros técnicos de diseño y especificación de los sistemas de radiocomunicaciones con licencia de explotación de un determinado servicio en una banda de frecuencias concreta a fin de que los titulares de las licencias no sufran interferencia ni la provoquen en otros usuarios.

Entre los parámetros más importantes a considerar para evitar la interferencia se encuentran la frecuencia central, la separación en frecuencia de las portadoras, la estabilidad de frecuencia, el tipo de emisión (digital o analógica, así como la modulación utilizada), el nivel de potencia del transmisor o de la portadora, la máxima potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) por canal en la anchura de banda especificada y los niveles de emisión fuera de banda. También es preciso tener en cuenta las características de la antena, a saber: altura

efectiva, directividad del diagrama de radiación para la polarización, relación anterior/posterior mínima y ángulo del lóbulo principal con otros usuarios, tales como los satélites geoestacionarios.

La señal deseada a la entrada del receptor viene degradada fundamentalmente por cuatro tipos de interferencia: la cocanal, la de canal adyacente, la de desensibilización y la de intermodulación. Los tres primeros tipos de interferencias pueden describirse mediante una ecuación general.

Básicamente, el nivel de interferencia en el receptor es función de la potencia del transmisor interferente, P_t , de la ganancia de la antena del transmisor interferente en la dirección del receptor, G_t (dBi), de la ganancia de la antena del receptor en la dirección de la fuente interferente, G_r (dBi), de las pérdidas básicas de transmisión para una distancia de separación d entre el receptor y la fuente interferente, $L_b(d)$, y del factor de rechazo dependiente de la frecuencia, $FDR(\Delta f)$, que se expresa del siguiente modo:

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d) - FDR(\Delta f) \quad (1)$$

El factor de rechazo dependiente de la frecuencia es función de Δf , que es la diferencia entre la frecuencia sintonizada de la fuente interferente y la frecuencia sintonizada del receptor. Dicho factor depende también de las características de este último. En la Recomendación UIT-R SM.337 se facilitan más explicaciones al respecto. Cabe señalar que la ecuación (1) puede utilizarse también para calcular el nivel de la señal deseada siempre que se determinen las pérdidas de propagación mediante el modelo de propagación adecuado.

Otra característica general de la interferencia radioeléctrica en un entorno de varias fuentes perturbadoras es que la potencia total de interferencia es la suma de las potencias de las fuentes interferentes individuales:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_K \quad (2)$$

En las siguientes secciones se describen brevemente estos tipos de interferencias. En el § 5.2.2 se tratan otros tipos de interferencia, como la causada por los armónicos, las emisiones no esenciales, las emisiones parásitas y la modulación cruzada.

5.4.1 La interferencia cocanal

La interferencia cocanal viene causada por la presencia de señales deseadas e interferentes en el mismo canal dentro de la anchura de banda del amplificador de frecuencia intermedia (FI). Como ambas señales, deseada e interferente, se superponen, el término $FDR(\Delta f)$ de la ecuación (1) es igual a cero y la señal interferente no puede filtrarse por los métodos habituales. El nivel de interferencia cocanal depende de las características de rechazo cocanal del receptor y de las características de emisión del transmisor.

El cálculo de la interferencia cocanal es peculiar de cada servicio de radiocomunicaciones. En el servicio móvil terrestre, las estaciones cocanal están separadas entre sí a una distancia de 120 km en el caso más desfavorable. Esta distancia varía con las condiciones del terreno y con la frecuencia de funcionamiento. En los sistemas de radiocomunicaciones celulares la distancia de separación cocanal es mucho más pequeña y permite la reutilización de los canales dentro de una misma ciudad. En el servicio fijo, la directividad de la antena desempeña un papel significativo en el cálculo del nivel de la interferencia cocanal. Esto es especialmente importante cuando las estaciones terrenales y las estaciones terrenas funcionan en la misma banda de frecuencias.

Otra causa de interferencia cocanal es la descoordinación de frecuencias en situaciones de compartición. En estos casos, puede desconocerse tanto el número como la posición de las posibles fuentes de interferencia; por ejemplo, cuando la radiación interferente procede de equipos domésticos.

5.4.2 La interferencia de canal adyacente

La interferencia de canal adyacente puede deberse a la presencia de una señal interferente en el canal adyacente o a las emisiones no esenciales del transmisor. El nivel de interferencia de canal adyacente depende de las características de rechazo de RF del receptor.

Los efectos básicos de la interferencia de canal adyacente son causados por la interacción entre la señal deseada, la interferencia y las características del receptor para distintas frecuencias y separaciones, y pueden expresarse en términos de frecuencia-distancia (FD), rechazo dependiente de la frecuencia (FDR) o valor relativo de la relación de protección en radiofrecuencia. FD es la medida de la distancia mínima que debe

existir entre un receptor y una fuente interferente en función de la diferencia entre sus frecuencias de sintonía. FDR es una medida del rechazo de la emisión de un transmisor interferente por la curva de selectividad del receptor. El nivel de interferencia de canal adyacente depende del valor de $FDR(\Delta f)$ en la ecuación (1). La relación de protección es la relación mínima necesaria mínima entre la señal deseada y la interferente (normalmente en dB) a la entrada del receptor, donde las portadoras de los transmisores deseado e interferente tienen la misma frecuencia o una diferencia de frecuencia de Δf . Las relaciones de protección se consideran con más detalle en la sección 5.6 de este Manual.

Cuando se especifica un valor máximo, I_M , de potencia de interferencia admisible, la calidad de funcionamiento del receptor es aceptable únicamente si:

$$L_b(d) + FDR(\Delta f) \geq P_t + G_t + G_r - I_M \quad (3)$$

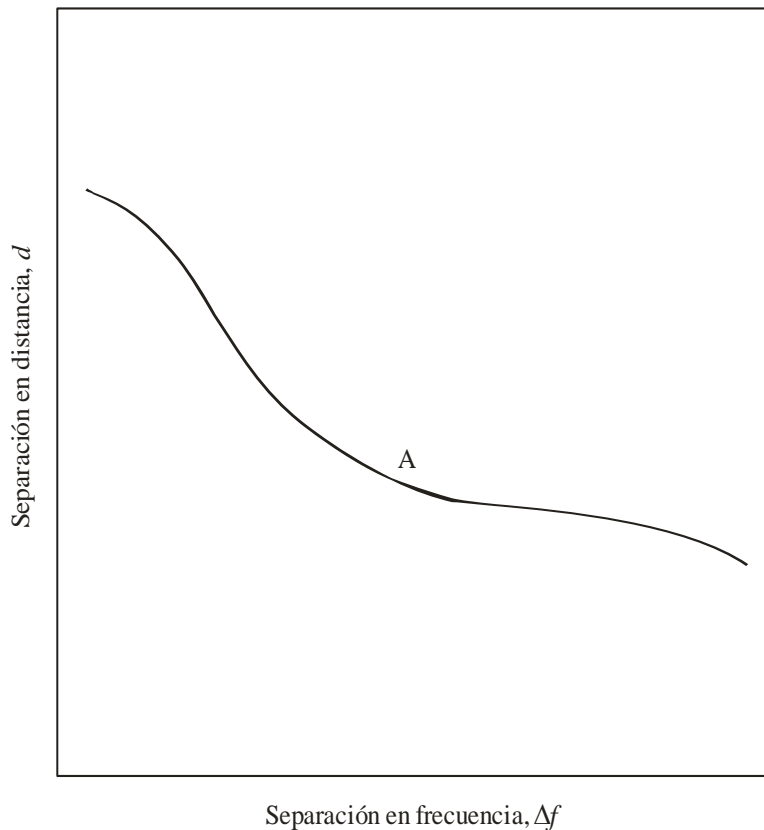
Más adelante se representa una curva ilustrativa de las diversas combinaciones de separaciones y zona de calidad de funcionamiento del receptor. La ecuación que describe la Curva A es:

$$L_b(d) + FDR(\Delta f) = \xi \quad (4)$$

Por encima de la curva se encuentra la región de funcionamiento aceptable del receptor, y por debajo, la región de funcionamiento no aceptable.

FIGURA 5.3

**Separaciones en frecuencia y en distancia. La ecuación de la curva A es $L_b(d) + FDR(\Delta f) = \xi$.
 Por encima de la curva está la región de funcionamiento aceptable del receptor.
 Por debajo de la curva está la región de funcionamiento no aceptable del receptor**



SpecMan-051bis

Los cálculos de FDR, FD y la relación de protección, pueden realizarse en un pequeño computador basándose en los métodos de cálculo de la potencia en canales y bandas adyacentes descritos. También es posible determinar por separado las componentes de interferencia en el canal adyacente causadas por la portadora y por las bandas laterales.

5.4.3 Desensibilización

Puede aparecer desensibilización cuando el transmisor interferente funciona muy cerca del receptor. Si la señal interferente es suficientemente fuerte el receptor puede entrar en saturación. El nivel de desensibilización depende de las características de rechazo en RF, es decir, del $FDR(\Delta f)$ del receptor. Normalmente las especificaciones del sistema aconsejan a los usuarios seleccionar unas características de selectividad del receptor que permitan rechazar dicha interferencia perjudicial. Como métodos comunes para evitar la interferencia de desensibilización pueden citarse la instalación de filtros, la reubicación de las estaciones y la reducción del exceso de potencia del transmisor interferente.

5.4.4 Probabilidad de interferencia

El número 1.166 del RR define la *interferencia* como «Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada».

Para estimar el valor de la interferencia se han desarrollado simulaciones por computador, modelos de propagación y modelos de tráfico a fin de calcular la potencia de interferencia y las relaciones señal/ruido y señal deseada/interferente. Debido a la variabilidad de los equipos radioeléctricos, las pérdidas de transmisión y la intensidad de tráfico, sólo son realistas las estimaciones probabilísticas de la interferencia.

La probabilidad de interferencia depende de varios factores, una ecuación general sólo sirve para bosquejar el carácter estadístico de la interferencia. La probabilidad real de interferencia ha de evaluarse para cada una de las categorías.

Como ejemplo de lo indicado anteriormente sobre intermodulación, los productos de intermodulación de tercer orden pueden causar interferencia en un receptor cuando las frecuencias de dicho producto caigan en la banda de paso de FI del mismo. La probabilidad de que se produzca interferencia por intermodulación depende de varios factores. En el caso de intermodulación en el receptor, estos factores son la característica de discriminación de éste, el amplificador de RF del mismo, su sensibilidad para una determinada relación señal/ruido y la dispersión de los niveles de potencia de señal deseada e interferente a la entrada del receptor. Para la intermodulación en el transmisor, la probabilidad de interferencia e intermodulación es función de la atenuación de los circuitos de antena del transmisor afectado, de las pérdidas de conversión por intermodulación en el transmisor, de la relación de protección cocanal, de la potencia del transmisor interferente en los terminales de salida, y de la atenuación de los productos de intermodulación en el trayecto entre transmisor y receptor. La probabilidad de interferencia por intermodulación puede reducirse significativamente en la etapa de diseño de los sistemas fijos punto a punto, aunque su reducción es más problemática en el servicio móvil terrestre.

Para calcular la probabilidad de interferencia a nivel de sistema se consideran, por ejemplo en sistemas de comunicaciones móviles, los efectos siguientes:

- la radiación fuera de banda del transmisor en el canal de recepción fundamental de las radiocomunicaciones;
- la radiación armónica del transmisor en el canal de recepción;
- la radiación fundamental de transmisor en un canal de recepción no esencial;
- la radiación armónica en un canal de recepción no esencial;
- la interferencia de intermodulación de tercer orden.

La probabilidad de que la recepción sea aceptable exige que ninguno de los modos de interferencia cause problemas. Puede calcularse la función de distribución acumulativa de los modos de interferencia. A partir de esta función es posible comparar los efectos de un modo de interferencia con otro en cuanto a probabilidad total de recepción. Además, puede evaluarse el coste que supone reducir un modo de interferencia, para mejorar la calidad de recepción de la señal, comparado con el de otro. Esto proporcionaría información sobre si han de mejorarse los parámetros de CEM del receptor y del transmisor, y optimizarse desde el punto de vista del coste global del equipo radioeléctrico.

El Informe UIT-R SM.2028 describe una metodología estadística de simulación, adecuada para la evaluación de escenarios complejos, basada en la técnica «Monte Carlo». Este método fue desarrollado originalmente para reevaluar los límites de las emisiones no deseadas del Apéndice 3 del RR. No obstante, esta metodología también es apropiada para las siguientes actividades de ingeniería del espectro:

- estudios de compartición y compatibilidad entre sistemas de radiocomunicación diferentes que funcionen en las mismas bandas de frecuencias o en frecuencias adyacentes, respectivamente;
- evaluación de plantillas del transmisor y del receptor;
- evaluación de límites para parámetros tales como el nivel de bloqueo o intermodulación, además de las emisiones no deseadas.

El método de Monte Carlo puede aplicarse prácticamente a cualquier escenario de interferencia radioeléctrica. Esta flexibilidad se consigue por la forma en que se definen los parámetros del sistema. La forma de entrada de cada parámetro variable (diagrama de antena, potencia radiada, trayecto de propagación, etc.) es su función de distribución estadística. Por consiguiente se pueden modelar hasta situaciones muy complejas mediante funciones elementales relativamente sencillas. Pueden considerarse diversos sistemas, tales como:

- los de radiodifusión (terrenal y por satélite);
- los del servicio móvil (terrenal y por satélite);
- los punto a punto;
- los punto a multipunto, etc.

Su fundamento se explica mejor mediante el ejemplo siguiente, en el que se consideran únicamente las emisiones no deseadas como mecanismo interferente. En general el método de Monte Carlo considera también otros efectos presentes en el entorno radioeléctrico tales como las emisiones fuera de banda, el bloqueo del receptor y la intermodulación.

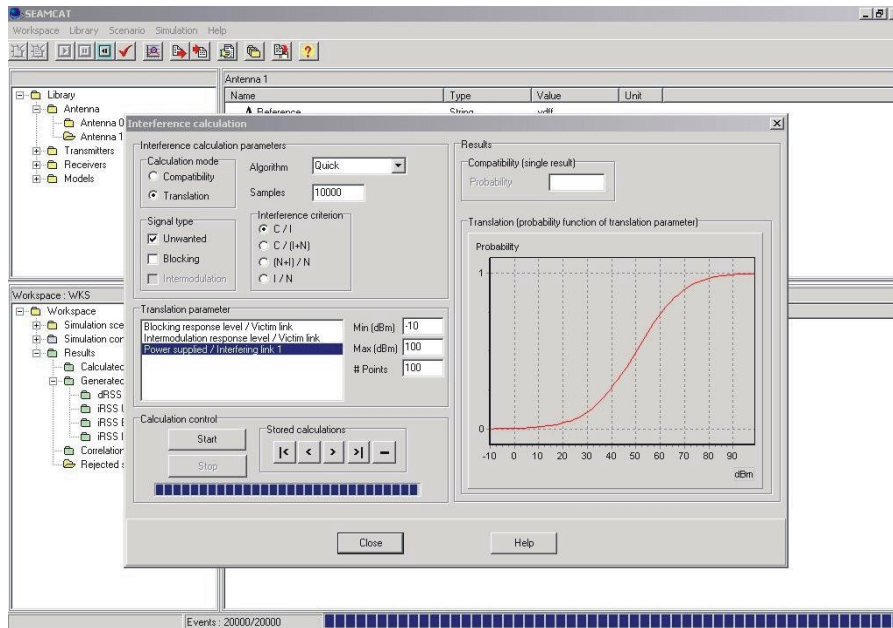
Algunos ejemplos de aplicación de esta metodología son los siguientes:

- estudio de compatibilidad entre sistemas RMP digitales (TETRA) y GSM a 915 MHz;
- estudio de compartición entre el servicio fijo y el SFS;
- estudio de compartición entre dispositivos de corto alcance (Bluetooth) y RLAN en la banda de aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM) a 2,4 GHz;
- estudio de compatibilidad para las IMT-2000 y PCS1900 en torno a 1,9 GHz;
- estudio de compatibilidad entre sistemas de banda ultraancha y otros sistemas de radiocomunicación que funcionen en estas bandas de frecuencias.

La metodología presentada en el Informe UIT-R SM.2028 se ha implementado en la herramienta de ingeniería de análisis de Monte Carlo avanzado (SEAMCAT®). SEAMCAT está disponible gratuitamente en la Oficina Europea de Comunicaciones (ECO) y puede descargarse directamente de su sitio web: www.cept.org.

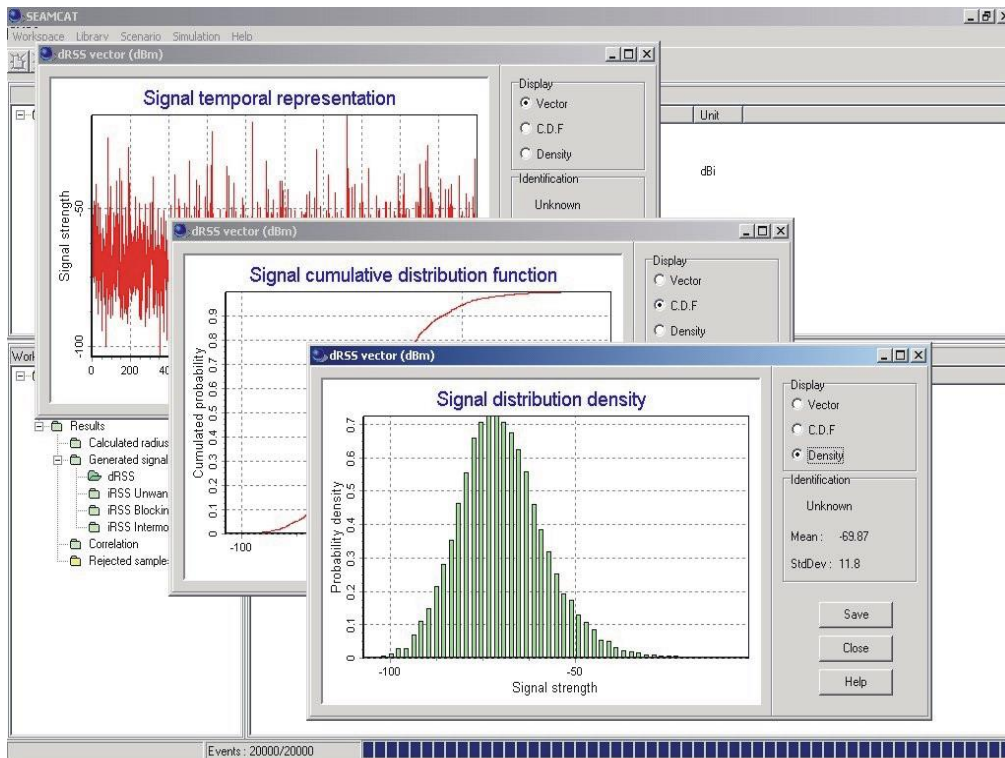
SEAMCAT proporciona todas las funcionalidades descritas en esta sección mediante una interfaz de usuario gráfica fácil de utilizar. Las Figuras 5.4 y 5.5 muestran ejemplos de los resultados que se pueden obtener.

FIGURA 5.4
Ejemplo de la interfaz gráfica de usuario del SEAMCAT



SpecMan-052

FIGURA 5.5
Otro ejemplo de la interfaz gráfica de usuario del SEAMCAT



SpecMan-053

5.5 Compartición de bandas de frecuencias

La creciente demanda de nuevos servicios de radiocomunicaciones y de expansión de los existentes, otorga una gran importancia al desarrollo de medios técnicos que permitan incrementar la utilización del espectro por compartición.

La compartición entre servicios consiste en que dos o más servicios de radiocomunicaciones utilicen de manera efectiva la misma banda de frecuencias. El Artículo 1 del RR (números 1.166-1.176) define los parámetros que deben tenerse presentes en la compartición de frecuencias. Se trata de un medio eficaz para mejorar la utilización del espectro. Antes de asignar una nueva frecuencia debe considerarse siempre la posibilidad de compartir frecuencias ya asignadas.

La utilización del espectro radioeléctrico depende de la frecuencia, del tiempo, de la situación espacial, modulación/codificación y de la separación ortogonal de las señales. En toda compartición del espectro deben tenerse en cuenta alguno o varios de estos cuatro parámetros. La compartición puede realizarse de forma directa cuando dos parámetros cualesquiera de éstos sean comunes y el tercer y/o cuarto parámetro difiera lo suficiente como para asegurar que todos los servicios implicados (dos o más) pueden funcionar satisfactoriamente. La compartición puede efectuarse igualmente cuando los servicios tengan los cuatro parámetros en común. En este caso, la compartición se logra aplicando condiciones técnicas que no comprometan los requisitos de calidad de funcionamiento de los servicios involucrados.

5.5.1 Principios técnicos de la compartición de atribuciones de frecuencias (entre diferentes servicios)

A lo largo del tiempo ha ido aumentando el grado de compartición del espectro para acomodar nuevos servicios y utilizar de manera más eficaz este recurso. En el Cuadro 5-4 aparecen algunos de los métodos técnicos que pueden emplearse para facilitar la compartición. Aparecen agrupados por columnas relativas a los cuatro parámetros: frecuencia, tiempo, situación espacial y separación de las señales. Algunos de los métodos son nuevos o innovadores y pueden lograr una utilización más eficaz del espectro u ofrecer flexibilidad. Muchos de ellos son consecuencia de la introducción en los equipos de nuevas tecnologías, de la informatización de los análisis y de nuevas ideas. Ciertos métodos son complejos e implican el establecimiento de una gestión de frecuencias por computador en tiempo real. A menudo es necesario especificar los parámetros técnicos particulares de los equipos para implantar los métodos de compartición indicados en el Cuadro 5-4. Entre estos se pueden citar los siguientes:

- especificación de la distancia geográfica de separación entre los equipos de los servicios compartidos;
- especificación de las características de modulación para los servicios compartidos, por ejemplo, modulación digital, espectro ensanchado;
- límites de potencia del transmisor, límites de dfp, ángulos de puntería de la antena del transmisor;
- exclusividad de la transmisión punto a punto;
- utilización de antenas directivas y adaptables;
- limitaciones del ciclo de trabajo y del tipo de mensajes en los equipos de los servicios compartidos; por ejemplo, utilización intermitente únicamente, señales analógicas únicamente, datos únicamente;
- criterios de interferencia especificados; por ejemplo, criterios sobre tasa de errores en los bits, requisitos de corrección de errores; y,
- acuerdos de relajación de los criterios técnicos de compartición para facilitarla.

CUADRO 5-4

Métodos que facilitan la compartición

Separación de frecuencias	Separación espacial	Separación en el tiempo	Separación de señales
Acceso compartido con licencia Base de datos de espectro Controlador de acceso al espectro Base de datos de geolocalización Baliza Detección			
Planes de distribución de canales Segmentación de bandas Sistemas ágiles en frecuencia Selección dinámica de frecuencias (DFS) Compartición dinámica: – asignación dinámica de frecuencias en tiempo real ⁽¹⁾ Control de las características espectrales de la emisión Partición dinámica variable Limitación de la tolerancia en frecuencia Canal piloto	Atribuciones geográficamente compartidas Separación de emplazamientos Características de los sistemas de antenas: – Antena adaptable (antena pequeña) – Discriminación de polarización de la antena – Discriminación del diagrama de la antena – Sectorización de la antena – inclinación de la antena Acceso múltiple por división del espacio (SDMA) Barreras físicas y apantallamiento del terreno Control de la potencia de transmisión (TPC)	Control del ciclo de trabajo Asignación dinámica de frecuencias en tiempo real ⁽¹⁾ Acceso múltiple por detección de portadora (CSMA)	Codificación y procesamiento de señal Corrección de errores en recepción (FEC) Rechazo de interferencia Espectro ensanchado: – secuencia directa – salto de frecuencias – MF de impulsos Ajuste de potencia/anchura de banda de la interferencia: – cocanal – control dinámico del nivel del transmisor – limitación de la densidad de flujo de potencia (dfp) y de la densidad de flujo de potencia espectral (dfpe) (dispersión de energía) Complejidad de la modulación Polarización de la antena [radiocomunicaciones definidas por software (SDR)]

⁽¹⁾ La asignación dinámica de frecuencias en tiempo real facilita la compartición gracias a la utilización simultánea de los dominios de la frecuencia y del tiempo. Por este motivo aparece este método en ambas columnas.

Algunos de los métodos del Cuadro 5-4 son nuevos o innovadores y aprovechan mejor el espectro u ofrecen flexibilidad. Muchos de estos métodos provienen de la introducción de nuevas tecnologías de equipos, de la informatización de los análisis y de nuevas aportaciones. Algunos de estos métodos son ciertamente complejos e implican la gestión de frecuencias en tiempo real controlada por computador.

5.5.1.1 Separación de frecuencias

Planes de distribución de canales

Los canales de funcionamiento se pueden organizar de manera homogénea o heterogénea de modo que se puedan configurar intersticialmente uno o varios sistemas de comunicaciones. Este medio de evitar la

interferencia debe coordinarse anticipadamente de modo que los canales se separen adecuadamente para aprovechar el tipo de modulación.

Segmentación de la banda

La agrupación de varios canales, o la creación de una subbanda para sistemas no canalizados, para diferentes usuarios o usos del espectro es semejante a la utilización de un plan de canales. En determinadas situaciones esto resultará más conveniente por la ventaja de reducir o evitar la necesidad de coordinación permitiendo la existencia de múltiples usos en una banda.

Sistemas ágiles en frecuencia

Los sistemas ágiles en frecuencia seleccionan en tiempo real las frecuencias de funcionamiento en cualquier punto de una banda especificada, utilizando técnicas de escucha previa a la transmisión. Se trata de sistemas que no dependen de procesos de coordinación recíproca ni de la decisión de los operadores de otros sistemas. Los sistemas ágiles en frecuencia buscan espectro no utilizado para realizar la comunicación. Los sistemas de este tipo tal vez no sean adecuados para las telecomunicaciones públicas ni para la transferencia de datos críticos por su mayor posibilidad de interferencia.

Compartición dinámica

Gracias al empleo de técnicas informáticas avanzadas, los gestores del espectro tienen más oportunidades de compartir frecuencias, y por ello más posibilidades de reducir las ineficacias propias de los servicios con límites rígidos. La compartición dinámica de frecuencias entre sistemas distintos en servicios semejantes permite que varios sistemas utilicen las mismas frecuencias aunque en momentos distintos, en la misma región geográfica.

AMDF

La técnica AMDF consiste en asignar a cada usuario una fracción de anchura de banda, limitando su acceso a la subbanda atribuida. La ortogonalidad se realiza en el dominio de la frecuencia.

Control de las características espectrales de la emisión

El control de las características espectrales de la emisión incrementa la cantidad de espectro disponible para radiocomunicaciones por limitación de la cantidad de espectro desperdiciado en emisiones no deseadas (tanto no esenciales como fuera de banda).

Partición dinámica variable

Otro método de compartición que flexibiliza la utilización del espectro es la partición dinámica variable, que consiste en la compartición en tiempo real de un bloque espectral entre dos servicios de los que uno tiene prioridad.

Limitación de la tolerancia en frecuencia

La tolerancia en frecuencia se define como la desviación máxima permisible de la frecuencia central de la banda ocupada por una emisión con respecto a la asignada o la de la frecuencia característica de una emisión con respecto a la de referencia. La limitación de la tolerancia en frecuencia impide el desaprovechamiento del espectro gracias al control de la fluctuación lenta de la frecuencia de la señal de transmisión lo que permite aumentar el número de sistemas que pueden funcionar en una determinada porción del espectro.

Acceso múltiple por asignación según demanda (AMAD)

El principal inconveniente de la asignación preestablecida de canales es su dificultad para adaptarse a las variaciones aleatorias del tráfico. En el caso de que haya poco tráfico para cada estación, habiendo un gran número de estaciones en el sistema o red, la utilización de la tecnología AMAD resulta extremadamente útil para incrementar la eficacia del espectro; son ejemplos característicos de este tipo de aplicación los sistemas AMAD de un solo canal por portadora (SCPC, *single channel per carrier*) y los equipos de acceso múltiple con asignación a petición, portadoras monocal y MIC (SPADE, *single channel per carrier PCM multiple access demand assignment equipment*).

Diversidad en frecuencia

Cuando el desvanecimiento de la propagación radioeléctrica varía con la frecuencia, no guardando correlación alguna los correspondientes a distintas frecuencias o siendo ésta despreciable, la utilización de la diversidad en frecuencia permite obtener una notable ganancia además de la conmutación de canales sin aumento ni disminución de anchura de banda (*hitless*), es decir libre de errores. La ganancia de la diversidad en frecuencia depende de las características de dispersión del desvanecimiento y del factor de correlación entre las frecuencias de la diversidad, así como de la calidad de funcionamiento de la conmutación sin aumento ni disminución de anchura de banda.

5.5.1.2 Separación espacial

Atribuciones con compartición geográfica

Los usuarios de zonas geográficas diferentes pueden utilizar las mismas frecuencias si están separados por distancias suficientemente grandes. La compartición geográfica de frecuencias o por zonas es una técnica claramente ventajosa, considerada de aplicación práctica desde hace tiempo.

Separación de emplazamientos

La separación de emplazamientos supone principalmente la determinación de una posición de funcionamiento que proporcione una separación adecuada de otras estaciones que funcionen en la misma frecuencia.

Características del sistema de antenas

Existen diversas posibilidades de utilizar las características del sistema de antenas para facilitar la compartición en frecuencia o reducir la interferencia al mínimo. La manera más evidente consiste en la utilización de antenas directivas en la medida en la que la tecnología lo permita.

Acceso múltiple por división del espacio (SDMA)

Se han desarrollado técnicas que permiten discriminar las transmisiones en base a su orientación espacial con arreglo a una variación controlada de los diagramas de radiación de las antenas. Esta técnica es de particular importancia para las nuevas aplicaciones de los satélites, bucle local inalámbrico y radiocomunicaciones celulares móviles.

Barreras físicas y apantallamiento del terreno

El apantallamiento puede limitar la dirección de radiación de un transmisor y por consiguiente su posibilidad de interferencia con otros sistemas, así como de la que un receptor capte interferencia. Estas limitaciones proporcionan un mayor grado de compartición gracias a su posibilidad de agrupar geográficamente sistemas que de otro modo se interferirían recíprocamente. El apantallamiento del terreno puede realizarse naturalmente por la vegetación, terreno o edificios.

5.5.1.3 Separación en el tiempo

Compartición de la frecuencia

Los usuarios pueden compartir el espectro en el tiempo, análogamente a como los taxis se alternan en la utilización de las mismas frecuencias o como los operadores de radiocomunicaciones de la banda ciudadana comparten frecuencias.

Control del ciclo de trabajo

El ciclo de trabajo es el producto de la duración del impulso por la tasa de repetición de impulsos. Es asimismo la relación de la potencia media de salida a la potencia de cresta de salida.

Asignación dinámica de frecuencia en tiempo real

Otro método de compartición que permite utilizar de forma flexible el espectro es la partición dinámica variable que consiste en la compartición en tiempo real de un bloque espectral entre dos servicios de los que uno tiene prioridad sobre el otro. En la partición dinámica variable, los canales de un bloque espectral están divididos en dos grupos.

AMDT

La técnica AMDT consiste en asignar intervalos de tiempo fijos de canales predeterminados a cada usuario; los usuarios tienen acceso a toda la anchura de banda, aunque sólo durante los intervalos asignados.

5.5.1.4 Separación de señales

Codificación y procesamiento de señales

Existen varias técnicas que se suelen clasificar como codificación de señal (o modulación codificada) y procesamiento de señal. La codificación puede realizarse como parte del proceso de modulación (codificación de canal, como en el caso de AMDC) y también puede realizarse en la señal original antes de la transmisión (codificación fuente, como cuando se comprimen cadenas de datos).

FEC

Otro método es la utilización de FEC en los enlaces digitales a fin de reducir la relación $C/(N + I)$. El diseño de la FEC permite que el margen de potencia sea menor a expensas del caudal o de la anchura de banda. En este caso, se utilizan técnicas de codificación fuente para detectar errores y controlar el transmisor a fin de exigir la retransmisión de los bloques de datos con errores.

Rechazo de la interferencia

Una técnica avanzada de reducción de la interferencia consiste en el rechazo no lineal de interferencia por medio de potentes algoritmos de procesamiento de la señal que explotan las propiedades de correlación espectral tanto de la señal deseada como de la interferente.

AMDC

La modulación de espectro ensanchado o AMDC ofrece importantes ventajas para la compartición uniforme en el mismo sistema o en varios sistemas.

La técnica AMDC permite el solapamiento de la transmisión tanto en frecuencia como en el tiempo. La separación de la señal se realiza por medio de distintos códigos de señalización junto con filtros adaptados (o su equivalente, la detección de correlación) en los receptores objeto. Cada usuario tiene asignada una secuencia particular de código que se modula en la portadora, modulándose los datos digitales encima de aquella. Hay dos formas ordinarias: la de salto de frecuencia y la de fase codificada. En la primera, la frecuencia se cambia periódicamente con arreglo a un determinado patrón, mientras que en la segunda, se modula la portadora en fase con la secuencia de datos digitales y la secuencia de código. Se pueden conseguir varios códigos ortogonales a costa de un incremento de anchura de banda (para poder ensanchar las formas de onda).

Espectro ensanchado

Los transmisores que emplean técnicas de ensanchamiento del espectro, ensanchan la señal sobre una anchura de banda varias veces más grande que la propia de la señal original, utilizando un código repetitivo predeterminado. El receptor utiliza este mismo código para reintegrar la señal a su forma original.

La ventaja del ensanchamiento del espectro es la supresión de la interferencia. Entre las aplicaciones comerciales se encuentran las comunicaciones personales, los teléfonos móviles, los sistemas inalámbricos de alarma, las redes de área local y los sistemas de radiobúsqueda.

Aunque la superposición de las bandas de frecuencias de los sistemas de espectro ensanchado podría mejorar la eficacia de utilización del espectro (como ocurre con los dispositivos de baja potencia exentos de licencia), la posibilidad de interferencia aumenta con el número de sistemas de espectro ensanchado. La proliferación de sistemas de secuencia directa puede incrementar considerablemente el umbral mínimo de ruido, degradando el funcionamiento de todos los sistemas de banda estrecha. Si el número de sistemas con salto de frecuencia aumenta considerablemente, los casos de interferencia, aun siendo de corta duración, pueden llegar a ser tan frecuentes que se degrade el funcionamiento.

Ajuste de potencia o de anchura de banda de la interferencia

Cuando pueda suponerse que el ruido y la interferencia afectan por igual a la calidad de funcionamiento del receptor, como ocurre en ciertos sistemas, podrá utilizarse la técnica de ajuste de potencia o de anchura de

banda para aprovechar el carácter no lineal de la relación portadora/interferencia, C/I , aceptable como función de la relación portadora/ruido, C/N , para una $C/(N+I)$ constante. Esta técnica se aplica incrementando la potencia del transmisor del sistema interferido. Al incrementar la potencia del transmisor de un sistema limitado en ruido en una pequeña cantidad, por ejemplo 3 dB, la cantidad de interferencia que puede tolerar el receptor aumenta en una magnitud mucho mayor, por ejemplo 10 dB.

Complejidad de modulación

La utilización de la modulación de amplitud en cuadratura (MAQ- M) con un gran número de estados y un diseño sofisticado de la señal, ofrece la posibilidad de aumentar la velocidad binaria con una anchura de banda de canal fija o de disminuir la anchura de banda del canal con una velocidad binaria fija, así como la de mejorar el rendimiento de utilización de la potencia/espectro. El aumento de la complejidad de modulación suele requerir una utilización más intensa de los códigos de corrección de errores, lo que puede exigir que el procesamiento dinámico del canal sea más complejo para poder alcanzar los objetivos de calidad de funcionamiento de la transmisión.

Modulación codificada

La tecnología FEC puede mejorar la utilización de la potencia. No obstante, reducirá la eficacia de utilización del espectro debido a la inserción de redundancia en el dominio de tiempo. Una tecnología importante que mejora la utilización de la potencia sin reducir la eficacia de utilización del espectro es la modulación codificada, que combina la modulación y la tecnología de codificación convirtiendo la redundancia en parámetros de la señal de modulación.

Procesamiento de señal adaptable

La tecnología avanzada de procesamiento de señal adaptable es indispensable para aprovechar las ventajas de la nueva generación de equipos de transmisión digital inalámbrica de alta velocidad que utilizan:

- ecualización adaptable en el dominio de la frecuencia y el tiempo;
- control de potencia de transmisión adaptable;
- diversidad de antenas, y en particular diversidad espacial vertical y horizontal con diversos combinadores de diversidad adaptables;
- la diversidad en frecuencia, y en particular la utilización de conmutación sin aumento ni disminución de anchura de banda, es decir libre de errores, para compensar la variación del retardo de propagación en tiempo real;
- la compensación o supresión de la interferencia y del eco, y la detección multiusuario frente a la interferencia en tiempo real;
- la transmisión (ortogonal) en paralelo de varias portadoras (MDFO) frente a la distorsión por dispersión intensa de las señales de banda ancha;
- las tecnologías de ecualización no lineal o de predistorsión frente a las distorsiones no lineales, etc.

Esta tecnología ofrecerá medios de gran eficacia para compensar variaciones del entorno de transmisión en tiempo real, tales como la del nivel de la señal recibida y la dispersión de la señal.

Polarización de las antenas

Como se ha indicado anteriormente, la calidad de funcionamiento de la polarización de las antenas, por ejemplo de la polarización ortogonal, es de gran importancia práctica para mejorar la capacidad de reutilización de frecuencias en las radiocomunicaciones terrenales digitales, las comunicaciones por satélite, el bucle local inalámbrico de banda ancha o estrecha y las comunicaciones móviles. La Recomendación UIT-R SM.1132 contiene una descripción detallada de los métodos indicados en el Cuadro 5-4.

En la sección 5.5.2 se exponen varios métodos de compartición y se acompañan de ejemplos.

5.5.2 Compartición entre el servicio móvil terrestre y el de radiodifusión

La compartición por separación espacial entre el servicio móvil terrestre y el de radiodifusión analógica en las bandas de ondas métricas y decimétricas se describe en las Recomendaciones UIT-R SM.851, UIT-R M.1767

y UIT-R F.1670. Para que estos dos servicios puedan funcionar satisfactoriamente, se indica la máxima intensidad de campo de la interferencia en los receptores.

Para proteger el servicio de radiodifusión sonora y de televisión analógica frente al servicio móvil terrestre utilizando modulación angular, la intensidad de campo mediana para la que se ofrece protección contra la interferencia en el caso de radiodifusión de televisión debe ajustarse a lo indicado en la Recomendación UIT-R BT.417. Estos valores son los máximos obtenidos de los valores medianos de la intensidad de campo protegido en todo el mundo.

CUADRO 5-5

Intensidad de campo para la que se ofrece protección en radiodifusión

Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo ($\mu\text{V/m}$)
44-108	48
66-108	54 para el servicio de MF estereofónica
137-254	56
470-582	65
582-960	70

Estos valores corresponden a una antena de 10 m de altura sobre el suelo. Se necesitan más estudios para determinar los valores de intensidad de campo correspondientes a determinadas zonas urbanas en las que las alturas de los edificios son notablemente mayores de 10 m, y para retransmisores, en los que puede ser conveniente que la intensidad de campo sea más elevada. La posible interferencia de una estación de base en el servicio móvil terrestre se calcula a partir del campo perturbador:

$$F_i = E(50, T) + A + B \cdot E(50, T) \quad (5)$$

siendo $E(50, T)$ la intensidad de campo del transmisor interferente superada en el 50% de los emplazamientos durante el $T\%$ del tiempo (entre 1 y 10) con una antena de 10 m de altura, cuyo valor viene definido en la antigua Recomendación UIT-R P.370 (véase la Recomendación UIT-R P.1546). A (dB) es la relación de protección necesaria para la radiodifusión de televisión y se describe con más detalle en la sección 3.2.3. B es la discriminación de la antena (dB). Para polarización mixta $B = 0$; para radiodifusión de televisión con polarización horizontal, $B = -15$, salvo en algunos países de la Región 2 donde $B = -9$; para la radiodifusión sonora B debe calcularse a partir de la Recomendación UIT-R BS.599. El efecto de la interferencia múltiple procedente de las estaciones de base se calcula por suma de potencias:

Para la protección del servicio móvil terrestre que utiliza modulación angular en bandas de frecuencias compartidas contra la interferencia procedente de los servicios de radiodifusión, los valores medianos deseados de la intensidad de campo con una separación de canales de 25 kHz o 30 kHz en el receptor móvil terrestre son los siguientes:

CUADRO 5-6

Intensidad de campo para la protección del servicio móvil terrestre

Bandas de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo ($\mu\text{V/m}$)	
	Interferencia molesta (Grado 3)	Interferencia apreciable (Grado 4)
44-68	16	19
68-87,5	15	20
87,5-108	14	20
137-254	14	21
470-582	20	24
582-960	30	38

A medida que disminuye el grado es necesario más esfuerzo para entender la señal vocal, por consiguiente un efecto interferente de grado 5 es casi imperceptible, el grado 4 supone una interferencia «apreciable» y el grado 3 es una interferencia «molesta». Para una separación de canales de 12,5 kHz y 15 kHz los valores anteriores deben aumentarse en 3 dB. Se necesitan más estudios para separaciones de canales mayores de 30 kHz.

La potencia recibida en el receptor móvil se calcula mediante la fórmula:

$$P_r \text{ (dBm)} = E - 20 \log F - L_c + G_r - 77,2 \quad (6)$$

siendo:

E : intensidad de campo eléctrico (dB($\mu\text{V/m}$))

F : frecuencia (MHz)

L_c : pérdidas en el cable entre la antena y el receptor (dB)

G_r : ganancia de la antena del receptor (dBi).

La intensidad de campo del transmisor interferente superada en el 50% de los emplazamientos y durante el 10% del tiempo puede determinarse a partir de la antigua Recomendación UIT-R P.370 (véase la Recomendación UIT-R P.1546). La discriminación de la antena frente a emisiones de radiodifusión de televisión con polarización horizontal es de 18 dB para las estaciones de base y 8 dB para las estaciones móviles terrestres. No se supone ninguna discriminación de antena para las emisiones con polarización vertical o mixta.

En el caso de compartición entre un servicio móvil terrestre de grado 3 y el servicio de radiodifusión sonora para distintas separaciones de frecuencias entre las portadoras de ambos servicios, las relaciones de protección para el servicio móvil terrestre con una separación de canales de 12,5 kHz son las siguientes:

CUADRO 5-7

Relaciones de protección para el servicio móvil terrestre

Separación de frecuencias (kHz)	Relación de protección (dB)
0	8
25	6
50	-5,5
75	-17,5
100	-27,5

Las relaciones de protección de los sistemas DVB necesarias en presencia de las estaciones base y los UE LET en las bandas VHF/UHF se describen en la Recomendación UIT-R BT.2033.

Se requieren más estudios para otros grados y separaciones de canal.

5.5.3 Compartición entre el servicio fijo y el servicio de radiodifusión

En la Recomendación UIT-R SM.851 se consideran (para sistemas analógicos) los procedimientos utilizados para determinar los criterios de compartición entre el servicio de radiodifusión (sonora y de televisión) y el servicio fijo cuando funcionan simultáneamente en la misma banda o en bandas adyacentes de ondas métricas o decimétricas.

5.5.4 Compartición con sistemas de radar

Los sistemas de radar realizan numerosas funciones de radiocomunicaciones, entre las que cabe citar la radiolocalización, la radionavegación, la altimetría, la meteorología, la radioastronomía y la exploración de los recursos terrestres. La amplia diversidad de servicios que presta el radar, en general, hace que éste tenga uno de los mayores grupos de usuarios del espectro radioeléctrico.

La diversidad de las características del radar, en cuanto a frecuencia, potencia, propiedades de la antena y formas de onda, definen un entorno electromagnético extremadamente complejo. La mayoría de los sistemas de radar funcionan en el modo de exploración y cubren un volumen de interferencia tridimensional. Como los sistemas de radar se explotan desde emplazamientos terrestres fijos y móviles, a bordo de buques y aeronaves y desde vehículos espaciales, la posibilidad de interferencia entre los sistemas de radar y otros servicios de radiocomunicación es inevitable. Un factor común es que los componentes de propagación de onda ionosférica y de onda de superficie son insignificantes en las bandas de 200 MHz a 40 GHz. Sin embargo, la interferencia atmosférica es importante para frecuencias entre 5 GHz aproximadamente y 40 GHz, especialmente la precipitación.

Los servicios de radar suelen compartirse únicamente con aquellos que funcionan a título secundario o no protegido. Debe tenerse precaución al considerar la compartición con sistemas distintos del radar. Ello se debe fundamentalmente a la elevada potencia de los sistemas de radar y a la posibilidad de aparición de interferencia entre sistemas. No obstante, existen diversos ejemplos de compartición con éxito entre los servicios de radar y otros servicios.

La compartición entre los sistemas de radar y otros servicios se realiza con éxito, por ejemplo, en las bandas de frecuencias de 5 GHz. Los reglamentos nacionales de muchos países permiten que las RLAN funcionen con éxito en la gama de frecuencias de 5 GHz, atribuida a la radiolocalización a título primario y utilizado en diversas aplicaciones de radar. El desarrollo de la selección dinámica de frecuencia (DFS), que permite que las RLAN eviten las frecuencias utilizadas por los radares, facilita la posibilidad de compartición.

5.5.5 Compartición con el servicio de radioastronomía

Los radioastrónomos detectan señales entre 10^6 - 10^{12} veces más débiles que las transmisiones de los servicios activos. Por este motivo suele ser imposible lograr una compartición satisfactoria entre la radioastronomía y cualquier servicio activo con transmisores en la línea de visión de una antena de radioastronomía. Por esta razón, los emplazamientos de radioastronomía se eligen específicamente para minimizar la interferencia causada por otros servicios situados en la superficie de la Tierra. Estos emplazamientos están por lo general considerablemente apartados de las principales fuentes fijas de interferencia terrenal y pueden estar apantallados por terrenos altos cercanos. En algunos casos, las administraciones han abogado por crear zonas sin emisiones radioeléctricas en torno a los radioobservatorios a fin de protegerlos contra las transmisiones terrenales.

En algunas de las bandas enumeradas en el número **5.340** del RR están prohibidas todas las emisiones, por lo que estas bandas sólo pueden compartirse entre servicios pasivos (no transmisores). Para lograr una compartición satisfactoria de las bandas de radioastronomía primarias se deberá recurrir a la separación geográfica, la separación temporal o a ambas. En las bandas primarias compartidas, como se indica en la Recomendación UIT-R RA.1513, para el servicio de radioastronomía se tolera una pérdida de datos del 2% causada por cualquier servicio individualmente o del 5% si la causan todos los servicios combinados. Aunque

la separación geográfica exige que no haya transmisores en un radio amplio, hay relativamente pocos radiotelescopios operativos en todo el mundo, por lo que la compartición aún es posible.

Las estaciones de radioastronomía no pueden compartir banda con transmisores a bordo de aeronaves ni, más concretamente, con transmisores a bordo de satélites, excepto en determinadas configuraciones de compartición temporal.

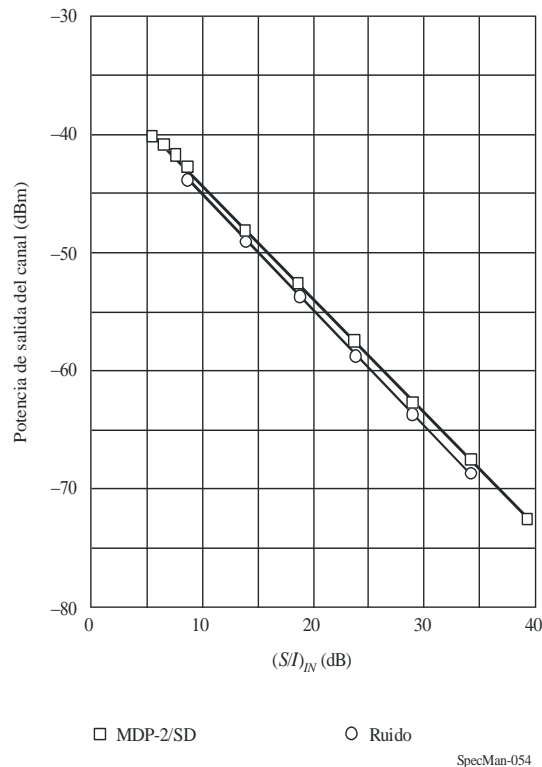
5.5.6 Compartición utilizando técnicas de espectro ensanchado

En un sistema de espectro ensanchado la energía media de la señal transmitida se distribuye en una anchura de banda mucho más amplia que la propia de la información. Estos sistemas suelen conseguir aumentar la anchura de banda de transmisión a costa de reducir el valor medio de la densidad espectral de potencia y de aumentar el rechazo de las señales interferentes que caen en la misma banda de frecuencias. Ofrecen, por tanto, la posibilidad de compartir el espectro con sistemas convencionales de banda estrecha debido a la baja potencia transmitida en la banda de paso de los receptores de banda estrecha. Cabe señalar sin embargo, que la compartición de los sistemas de espectro ensanchado con otros sistemas existentes en la misma banda aumentará el umbral de ruido del canal y podrá afectar a la calidad de funcionamiento de los sistemas de banda estrecha.

La Recomendación UIT-R SM.1055 contiene más información sobre utilización de las técnicas de ensanchamiento del espectro y, además, ejemplos de compartición de bandas con aplicación de dichas técnicas y procedimientos de análisis de la interferencia a receptores convencionales. El ejemplo 1 de la Recomendación UIT-R SM.1055, realizado con los datos de las mediciones y de los resultados de la simulación por computador, muestra que la calidad de funcionamiento de las señales vocales en MA, MF y MDF/MF es la misma en presencia de una señal SD o de un ruido gaussiano blanco. En la Figura 5.6 se muestran los resultados de mediciones realizadas en el canal superior de un sistema MDF/MF de 600 canales simulado con ruido y en presencia de una señal interferente MDP-2/SD. La pequeña diferencia entre las curvas se debe a que la densidad espectral de potencia de la señal SD es ligeramente superior a la del ruido. La calidad de funcionamiento de las señales vocales con MA, MF y MDF/MF que funcionan en presencia de señales SF o de una señal impulsiva es la misma y estos resultados pueden aplicarse también al caso de una señal híbrida SF/SD. Para pruebas de inteligibilidad subjetiva se varían la frecuencia de repetición de impulsos y la anchura del impulso de la señal impulsiva. Estos resultados son comparables a los obtenidos en el caso de una señal SF aleatoria. En [Hatch y otros, 1971] se presenta un resumen de las tendencias obtenidas de los datos medidos y de las simulaciones por computador para el caso de MA.

FIGURA 5.6

Potencia de salida del canal medida en función de S/I para un receptor MDF/MF, con una señal MDP-2/SD y ruido



A partir de estos resultados, se determinan las relaciones de protección S/I y a continuación se utilizan éstas para calcular las pérdidas mínimas de propagación necesarias, indicadas en el Cuadro 5-7, para que cada sistema funcione en un entorno compartido. Cabe señalar que estos resultados no deben utilizarse para comparar entre sí sistemas vocales en MA, MF y MDF/MF debido a los distintos niveles de señal deseada utilizados en los tres casos. El Cuadro 5-7 pone de manifiesto la posibilidad de compartición entre sistemas de espectro ensanchado cocanal, es decir entre sistemas SD/MDP de 10 Mbit/s y sistemas vocales en MA, puesto que el requisito de unas pérdidas de propagación de 127 dB es inferior al de 144 dB exigido entre sistemas vocales con MA cocanal.

CUADRO 5-8

Pérdidas mínimas de propagación necesarias (dB)

Anchura de banda de emisión ⁽¹⁾ (kHz)	Interferencia		Señal deseada					
			A3E		F3E		F8E	
		AI	0,7	0,9	0,7	0,9	0,7	0,9
1,4 ⁽²⁾	A3E (MA)		144	150				
1,5 ⁽²⁾	F3E (MF)				163	177		
400 ⁽²⁾	F8E (MDF-MF)						143,6	148,6
9 000	SD/MDP 10 Mbit/s		127	134	137	144	141,6	147,6
6 000	SD/MDM 10 Mbit/s		129,1	136,1	139,1	146,1	141,6	147,6
36 000	SD/MDP 40 Mbit/s		121	128	131	138	139	145
24 000	SD/MDM 40 Mbit/s		123,1	130,1	133,1	140,1	141,2	147,2
180 000	SD/SF/MDP (40, 100, 250, 5, 4,5)		111,7	123,7	134,7	145,7	131,7	137,7
120 000	SD/SF/MDM (40, 100, 250, 5, 3)		113,7	125,7	136,7	147,7	133,7	139,7
90 000	SD/SF/MDP (40, 100, 250, 2,5, 2,25)		114,7	126,7	137,7	148,7	134,7	140,7
60 000	SD/SF/MDM (40, 100, 250, 2,5, 1,5)		116,7	128,7	139,7	150,7	136,7	142,7

⁽¹⁾ Anchura de banda de emisión a 3 dB (la que permite determinar la anchura de banda en la que un transmisor y un receptor utilizan el mismo canal).

⁽²⁾ Valor con relación a la cresta de densidad espectral de potencia de banda lateral.

Algunas de las pruebas sobre los efectos de interferencia cocanal y de canal adyacente realizadas en cinco receptores de televisión convencionales en América del Norte, en las bandas 50-88 MHz, que empleaban el sistema NTSC, reflejan la posibilidad de compartición entre sistemas de espectro ensanchado SF y el servicio de radiodifusión de televisión. Se necesitan más investigaciones para determinar la dependencia de las relaciones *S/I* necesarias con el número de transmisiones SF.

En otro ejemplo, la compartición de banda entre un sistema de navegación aérea/radioteleetría (AN/DME, *air navigation/distance measuring equipment*) y un sistema AMDT de espectro ensanchado se aprovecha de un cierto número de factores además de la baja densidad espectral. La energía transmitida por el sistema AMDT se reparte sobre la banda completa del AN/DME entre 960 y 1 215 MHz, siendo la anchura de banda del receptor del AN/DME de 300 kHz. Una vez demostrada la posibilidad de compartición de ambos sistemas, se introdujeron pequeñas modificaciones en ambos lo que dio lugar a una utilización más eficaz del espectro.

5.5.7 Resumen de las Recomendaciones UIT-R sobre compartición entre servicios

CUADRO 5-9

Recomendaciones UIT-R que contemplan la compartición entre servicios

Interferido	Interferente									
	Radio-difusión	Servicio fijo	Servicio móvil	SETS/ER/SE	SMS	SFS	Servicio de radionave-gación	Servicio de radiolocalización	Metsat/ Metaids	Servicio entre satélites
Radiodifusión		SM.851	SM.851							
Fijo	SM.851		F.1402	SA.1258 SA.1277 F.1502		M.1469 M.1472 M.1473 M.1474 SF.1006 SF.1486				
Móvil	SM.851	F.1402		SA.1154 SA.1277						
SETS/ER/SE		F.761 F.1247 SA.1277	SA.1154 SA.1277			S.1069 SA.1277 RS.1449			SA.1277	
SMS				SA.1277					RS.1264	
SFS		SF.1006 SF.1486	S.1426 S.1427 M.1454	SA.1277			S.1068 S.1151 S.1340			
Radionave-gación					S.1341	S.1151				
Radiolocalización										
Metsat/ Metaids					SA.1158 RS.1264					
Entre satélites										
SRNS				RS.1347	M.1470					
Radioastro-nomía ⁽¹⁾										
Aeronáutico	SM.1009									

⁽¹⁾ La Recomendación UIT-R RA.1031 trata de la protección del servicio de radioastronomía en las bandas de frecuencias compartidas con otros servicios.

5.6 Relaciones de protección

En el número 1.170 del Artículo 1 del RR se define *la relación de protección* como: «Valor mínimo, generalmente expresado en decibelios, de la relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del receptor, determinado en condiciones especificadas, que permite obtener una calidad de recepción especificada de la señal deseada a la salida del receptor». La calidad especificada se expresa en términos de una calidad de funcionamiento determinada, como la tasa de errores en los bits o la nota de degradación de la calidad de imagen o de la inteligibilidad de la voz, dependiendo del tipo de emisión.

En el Cuadro 5-10 figuran algunas relaciones de protección incluyendo las condiciones especificadas para diversos niveles de calidad de funcionamiento. En este Cuadro se contemplan también los casos cocanal (cuando las portadoras de los transmisores tienen la misma frecuencia) y fuera de canal (cuando las portadoras de los transmisores deseado e interferente presentan una diferencia en frecuencia de Δf) que se estudiaron en la sección sobre análisis de la interferencia de canal adyacente.

Las Recomendaciones UIT-R BS.559 y UIT-R BS.560 contienen información adicional sobre relaciones de protección para el servicio de radiodifusión sonora.

Las relaciones de protección pueden determinarse para una clase de emisión y para todas las demás clases de emisión de la señal interferente, incluida la interferencia por ruido. La estimación de la relación de protección se basa en cálculos y mediciones y depende de la calidad de recepción especificada que se desea para el servicio que se va a proteger. En el Cuadro 5-10 puede observarse que están pendientes de determinar las relaciones de protección entre algunos servicios.

Las complicaciones entre las comunicaciones terrenales y los servicios de radiodifusión en MF que funcionan en bandas adyacentes se examinan en la Recomendación UIT-R SM.1009. En el Anexo 10 del Convenio de Chicago de la OACI, figuran las especificaciones y características correspondientes a la protección de los servicios aeronáuticos tales como los sistemas de aterrizajes por instrumentos (ILS) y los radiofaros omnidireccionales en ondas métricas (VOR) así como los equipos de navegación y comunicaciones.

Notas relativas al Cuadro 5-9:

- (1) *P_E*: probabilidad de error
 MINIT: umbral mínimo de interferencia
 AI: índice de articulación
 GCQ: buena calidad comercial
 MCQ: calidad apenas comercial
 JUQ: calidad apenas utilizable
 TASO: grados de puntuación de la Television Allocation Study Organization
 UIT-R: escala de degradación de 1 a 5 de la Comisión de Estudio 11 de Radiocomunicaciones
 CO: cocanal en el que la separación de frecuencias es cero
 OFF: separación fuera de canal dada por Δf
 Δf : separación de frecuencias entre señales deseada e interferente.
- (2) Para radiodifusión, véase el Cuadro de referencias de otras relaciones de protección. Los valores de este Cuadro para clases de emisión A3E y J3E frente al ruido son 2 dB superiores a los valores indicados en la Recomendación UIT-R F.339*, debido a especificaciones de modulación diferentes.
- (3) Para monoenlace solamente. Para relevadores radioeléctricos terrenales multienlace en microondas, véanse las Recomendaciones UIT-R de la Serie F.
- NOTA 1 – OT/ECAC [agosto de 1975] Communications/Electronics Receiver Performance Degradation Handbook. The Frequency Management Support Division, Office of Telecommunications (OT), United States Department of Commerce (DOC) and the Electromagnetic Compatibility Analysis Center (ECAC), ESD-TR-75-013. (Puede pedirse a: US DOC National Technical Information Service (NTIS), Springfield, VA, Estados Unidos de América, Pedido N.º AD-A016400.)
- NOTA 2 – Obtenido de las curvas de transferencia utilizadas en el Manual descrito en la Nota 1.
- NOTA 3 – Extrapolado de la Recomendación UIT-R F.240*.
- NOTA 4 – MAYHER, R. [1972] Interference Performance Degradation to Digital Systems. Record of the 1972 IEEE International EMC Symposium.
- NOTA 5 – Extrapolado de la Recomendación 418-3 (Ginebra, 1982) del ex-CCIR.
- NOTA 6 – Evaluado conforme a las Recomendaciones UIT-R BT.500 y UIT-R BO.600.
- m_J*: índice de modulación de la señal interferente
PW: anchura del impulso
FRI: frecuencia de repetición de impulsos
BW: anchura de banda
m_S: índice de modulación de la señal deseada.

* Recomendaciones ex-CCIR 240, 339, 500 y 600.

CUADRO 5-11

Referencias de relaciones de protección (RP) de otras Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones

	Recomendación UIT-R(1)	Observaciones
	UIT-R F.240	Diversas RP, incluido el desvanecimiento
	UIT-R M.589	RP para radionavegación
	UIT-R M.441	Servicio móvil aeronáutico (R) (OACI, Anexo 10)
	UIT-R BS.638	RP en RF/AF para radiodifusión sonora
	UIT-R BS.560	RP para radiodifusión sonora en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas
	UIT-R BS.641	RP para radiodifusión sonora con modulación de frecuencia
	UIT-R BS.412	RP para radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas
	UIT-R BT.655	RP para televisión con modulación de amplitud

⁽¹⁾ Deben utilizarse las versiones más recientes de las Recomendaciones.

5.7 Niveles de ruido

Los ruidos externos tales como el ruido atmosférico, el galáctico, el celeste y el artificial afectan negativamente al funcionamiento de los sistemas de radiocomunicaciones. En la Recomendación UIT-R P.372 se especifica el ruido externo mínimo que cabe esperar en los emplazamientos de los receptores terrenales, procedente de fuentes naturales y artificiales (excluyendo las señales interferentes) en la gama de frecuencias de 0,1 Hz a 100 GHz. En las Figuras 5.7 y 5.8 se representa el factor de ruido externo, $F_a \approx 10 \log f_a$, para distintas bandas de frecuencias por líneas continuas. Los demás ruidos de interés se representan por líneas discontinuas. El factor de ruido de funcionamiento global, f , viene dado por:

$$f = f_a + (l_c - 1)(t_c/t_0) + l_c(l_t - 1)(t_c/t_0) + l_c l_t (f_r - 1) \tag{7}$$

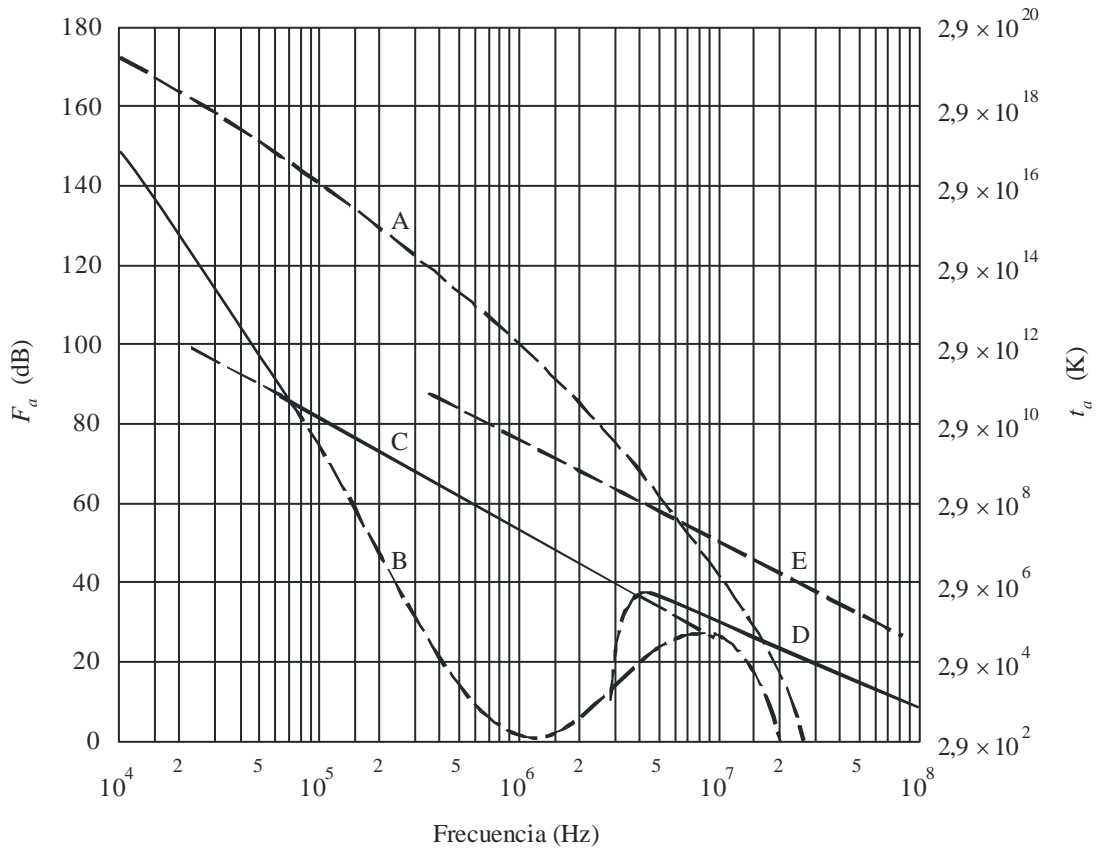
siendo:

- f_a : factor de ruido externo
- f_r : factor de ruido del receptor
- l_c : pérdidas en el circuito de antena
- l_t : pérdidas en la línea de transmisión
- t_0 : temperatura de referencia (288 K)
- t_c : temperatura real de la antena y del terreno próximo
- t_t : temperatura de la línea de transmisión. Cabe señalar que la mayoría de los ruidos externos son de naturaleza impulsiva. La calidad de funcionamiento depende no sólo de la potencia del ruido interferente sino también de las características estadísticas detalladas del mismo.

Este estudio concluye que las instalaciones de generación de energía eléctrica y las estaciones de distribución pueden ser una fuente de interferencia grave para los sistemas de radiocomunicación y que es necesario realizar periódicamente actuaciones de mantenimiento preventivo para reducir el ruido interferente sobre los servicios de radiocomunicación.

FIGURA 5.7

F_a en función de la frecuencia (10^4 - 10^8 Hz)

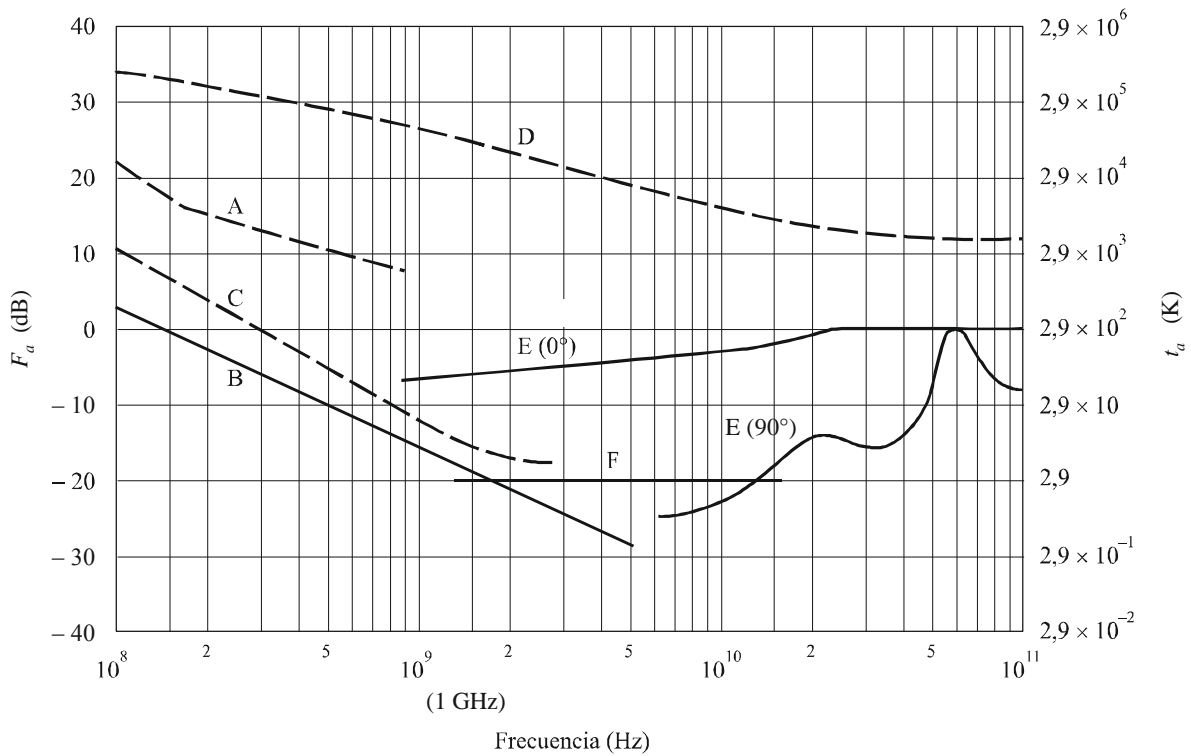


- A: ruido atmosférico, valor excedido durante el 0,5% del tiempo
- B: ruido atmosférico, valor excedido durante el 99,5% del tiempo
- C: ruido artificial, punto de recepción tranquilo
- D: ruido galáctico
- E: ruido artificial mediano en una zona comercial
- nivel de ruido mínimo previsto

SpecMan-055

FIGURA 5.8

F_a en función de la frecuencia ($10^8 - 10^{11}$ Hz)



- A: ruido artificial mediano estimado en zona comercial
 - B: ruido galáctico
 - C: ruido galáctico (en dirección al centro de la galaxia para un haz infinitamente estrecho)
 - D: actividad solar mínima (haz con $\frac{1}{2}^\circ$ de abertura orientado hacia el sol)
 - E: ruido celeste debido al oxígeno y al vapor de agua (antena de haz muy estrecho);
curva superior, ángulo de elevación 0° ; curva inferior, ángulo de elevación 90°
 - F: cuerpo negro (ruido de fondo cósmico), 2,7 K
- nivel de ruido mínimo previsible

SpecMan-056

5.8 Límites de radiación

5.8.1 Límites del CISPR

Esta sección se refiere a los límites de radiación de los equipos que generan o utilizan energía de RF para fines ajenos a las comunicaciones, como son los sistemas informáticos y los sistemas de alimentación eléctrica de alta potencia. Incluye las aplicaciones ICM (es decir, equipos industriales, científicos y médicos) donde la energía de RF se utiliza para generar calor destinado al tratamiento terapéutico de tejidos humanos o para procesar materiales y fabricar productos.

Las frecuencias actualmente utilizadas en ICM y otras aplicaciones distintas de las comunicaciones cubren un espectro muy amplio. Los organismos que publican normas reconocidas internacionalmente son el CISPR y el Comité Técnico 77 de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y sus Subcomités 77A y 77B. Existen otros organismos de normalización de carácter nacional entre los que puede citarse el CENELEC europeo y la FCC norteamericana (Parte 18, CFR Vol. 1).

Los límites de la intensidad de campo de RF se determinan a partir de mediciones y se evalúan de manera estadística para fijar las características de propagación y la posibilidad de interferencia. En los Cuadros 5-10 y 5-11 se incluyen los límites propuestos por el CISPR. Los equipos se dividen en dos grupos, cada uno de ellos dividido a su vez en dos clases.

El Grupo 1 comprende todos los equipos ICM que generan o utilizan deliberadamente energía de RF con acoplamiento conductivo, necesaria para el funcionamiento interno de los mismos.

El Grupo 2 comprende todos los equipos ICM en los que se genera o utiliza deliberadamente energía de RF en forma de radiación electromagnética para el tratamiento de materiales, así como las máquinas de erosión de chispas.

La Clase B comprende los equipos adecuados para ser utilizados en instalaciones domésticas y en aquellas directamente conectadas a redes de baja tensión para el servicio de edificios utilizados para fines domésticos.

La Clase A comprende los equipos adecuados para ser utilizados en todas las instalaciones distintas de las domésticas y aquellos directamente conectados a redes de baja tensión para el servicio de edificios utilizados para fines domésticos.

La determinación de límites de radiación satisfactorios para los equipos ICM es complicada debido a las diferentes políticas nacionales. Por ejemplo, algunas políticas de actuación están relacionadas con cuestiones de geografía o densidad de población; hay administraciones que aplican reglamentaciones estrictas mientras que otras establecen límites menos severos para los fabricantes; algunas fijan límites para todos los usuarios y otras aplican las normas únicamente cuando surge la interferencia. Ciertas administraciones adoptarán los límites del CISPR y otras continuarán aplicando sus propios límites. Los límites de emisión de la Recomendación UIT-R SM.1056 hacen referencia a los límites de la Publicación 11 del CISPR, y los modelos de interferencia del CISP introducidos en el Informe UIT-R SM.2180 pueden utilizarse para evaluar la compatibilidad entre equipos ICM y sistemas de radiocomunicaciones.

En algunas bandas de frecuencias, pese a que los niveles de radiación son relativamente elevados, el número de denuncias de interferencias verificadas provocadas por equipos ICM es reducido en todos los países, no sólo en términos absolutos sino también en comparación con el número total de instalaciones ICM. Las fuentes principales de interferencia procedente de dichos equipos son los armónicos de las frecuencias destinadas a ICM y los equipos ICM que funcionan fuera de las bandas atribuidas a ICM, tales como los que operan próximos a las frecuencias de socorro. Sin embargo se necesitan más investigaciones, puesto que en unos casos no puede identificarse la fuente de interferencia y en otros los servicios afectados no presentan ninguna reclamación.

5.8.2 Efectos perniciosos para la salud de la exposición a los campos electromagnéticos

Durante varios años se ha llevado a cabo una considerable labor de investigación para determinar los efectos de la exposición del cuerpo humano a los campos electromagnéticos. Los efectos inmediatos de la exposición a largo plazo son sobradamente conocidos y ya se han fijado los límites apropiados, por ejemplo para la protección de los trabajadores. Los efectos a largo plazo son menos conocidos y siguen siendo objeto de la investigación en curso. Las Recomendaciones UIT-T K.52, Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, y UIT-T K.70, Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones, están estrechamente relacionadas con la exposición de las personas a los campos electromagnéticos.

Normas de seguridad: Para garantizar que la exposición del cuerpo humano a los campos electromagnéticos no tenga efectos adversos sobre la salud, y que los dispositivos industriales de generación de campos electromagnéticos sean seguros, se han adoptado varias directrices y normas internacionales. Estas normas han sido desarrolladas por grupos de científicos que han examinado toda la documentación técnica al respecto y que buscan evidencias de efectos constantemente reproducidos con consecuencias adversas para la salud. Acto seguido estos grupos han recomendado directrices sobre normas de actuación por parte de los oportunos organismos nacionales e internacionales. La Comisión Internacional sobre la protección frente a radiaciones no ionizantes (ICNIRP) es una organización no estatal que actúa en el campo de la protección frente a las radiaciones no ionizantes, y que ha sido reconocida oficialmente por la OMS. La ICNIRP ha establecido unas directrices internacionales sobre los límites de exposición del cuerpo humano a cualquier campo electromagnético, ya sea la radiación ultravioleta (UV), la luz visible, la radiación infrarroja o los campos de RF y microondas.

Para mayor información puede dirigirse a la Organización Mundial de la Salud (OMS) (o visitar el sitio web: www.who.int/).

5.9 Consideraciones sobre ingeniería del emplazamiento

El crecimiento de los servicios de radiocomunicaciones ha dado lugar a que aumente el número de emplazamientos necesarios para los equipos radioeléctricos y el número de usuarios que comparten estas instalaciones. Los sistemas de radiocomunicaciones deben diseñarse de tal forma que los sistemas individuales sean eficaces y funcionen causando la mínima interferencia sobre los demás sistemas. También puede ser necesario demostrar la utilización óptima de una instalación propuesta respetando las restricciones estéticas de las estructuras radioeléctricas y los aspectos medioambientales en la comunidad afectada. En sus publicaciones específicas, el ETSI proporciona directrices a los ingenieros que trabajan en el diseño, especificación, instalación, explotación y mantenimiento de sistemas de radiocomunicaciones. Éstas están destinadas especialmente a los sistemas en las bandas de ondas métricas y decimétricas del servicio móvil.

5.9.1 Ingeniería de los emplazamientos compartidos

La proximidad entre transmisores provoca diversos fenómenos no lineales con una repercusión importante por la interferencia que causan sobre los equipos receptores. Los problemas de interferencia de emplazamiento común van desde las molestias de menor importancia hasta la perturbación grave del sistema. Hay tres tipos básicos de interferencia:

- la interferencia de radiofrecuencia (IRF);
- la interferencia electromagnética (IEM);
- la interferencia por intermodulación (Intermod).

La IRF es el resultado de la generación por parte de otros dispositivos de RF, tales como transmisores de radiodifusión y televisión, etc., de energía de radiofrecuencia como parte de sus operaciones. La IEM es producida por los computadores, los equipos digitales, los equipos eléctricos, los sistemas de alumbrado, los equipos médicos (de diatermia, etc.). La intermodulación (o Intermod) es un tipo de interferencia provocada por la oscilación interna de un equipo radioeléctrico causada por una fuente interna o externa. Cuando se sitúan varios sistemas de comunicaciones en el mismo emplazamiento, la interferencia de intermodulación aumenta significativamente.

El problema de los emplazamientos compartidos puede paliarse mejorando los siguientes aspectos:

- gestión activa del emplazamiento;
- base de datos con registros detallados de los equipos que comparten el emplazamiento y parámetros especiales de interferencia;
- capacidad de análisis de interferencia del emplazamiento compartido.

La capacidad de recibir sin problemas la señal radioeléctrica deseada en el receptor fijo depende del acondicionamiento del mejor entorno de RF posible en el emplazamiento. Para conseguir esto, el nivel de energía no deseable en la frecuencia recibida debe reducirse al mínimo. En la mayor parte de los casos, la reducción del nivel de energía no deseable emitida por los transmisores locales y el filtrado de las señales no deseables que llegan al receptor eliminan la interferencia recibida en el entorno del receptor. Es más probable que la interferencia llegue a ser un problema en los emplazamientos con varias antenas. Cuando el receptor siga captando ruido una vez adoptadas las medidas oportunas, deben identificarse y eliminarse las fuentes de interferencia en el entorno circundante.

Entre los problemas, y soluciones, más comunes se encuentran los siguientes:

- la corrosión – todos los materiales deben estar libres de corrosión (para evitar la aparición de mecanismos no lineales);
- no debe utilizarse hilo trenzado debido a que puede corroerse y provocar la aparición de señales de intermodulación;
- las conexiones entre metales deben ser rígidas;
- deben eliminarse del emplazamiento todos los fragmentos metálicos;
- los materiales de las verjas tales como los eslabones deben estar recubiertos de vinilo;
- las conexiones entre metales distintos deben realizarse previo examen de las series galvánicas de cada uno de ellos. Las conexiones deben ser rígidas y ajustadas;

- deben evitarse las líneas de transmisión sin cubierta;
- no deben utilizarse retenciones de cable metálicas desnudas;
- las grietas en los aislantes de las líneas de potencia (de tipo cristal) son una fuente muy probable de ruido de banda ancha;
- todas las antenas directivas de transmisión deben apuntar a las antenas receptoras o lejos de éstas para evitar la posible sobrecarga térmica. Debe mantenerse una separación de 20 m para evitar la sobrecarga térmica;
- otro elemento que debe considerarse es la posición y separación de las antenas. Suelen pasarse por alto los criterios de diseño que especifican una separación mínima, para poder llenar la torre o tejado de antenas adicionales. Deben examinarse las normas relativas a la capacidad de carga de las torres y tejados, y aplicarlas cuando proceda;
- para evitar en la medida de lo posible los problemas de la interferencia, deben aplicarse las normas de los equipos en las instalaciones de todos los emplazamientos.

Aunque no es posible garantizar el funcionamiento sin interferencia, cuando se apliquen todas las normas y se realice la correcta gestión del emplazamiento, se reducirá al mínimo la posibilidad de que se presenten problemas y los tiempos de resolución de las interferencias.

El modelo de análisis de emplazamientos compartidos (COSAM, *co-site analysis model*) está diseñado para evaluar la interferencia mutua en un mismo emplazamiento en el que se instalan un gran número de transmisores y receptores. En el Informe UIT-R M.2244 se tratan los cálculos del aislamiento horizontal, vertical y del espacio oblicuo entre dos antenas a fin de diseñar la configuración de antena de las estaciones base IMT coubicadas del servicio móvil terrestre.

5.9.2 Ejemplo de infraestructura compartida: las redes celulares 3G

La infraestructura de una red 3G consta de cuatro partes principales:

- los emplazamientos para la instalación de equipos radioeléctricos, en particular los equipos pasivos necesarios (edificios, fuentes de alimentación, mástiles, etc.);
- las antenas de radiocomunicaciones;
- los equipos radioeléctricos de acceso, las estaciones base;
- los equipos de la red nuclear. Pueden compartirse infraestructuras para reducir la inversión inicial de los operadores de las redes 3G necesaria para poder cubrir zonas críticas (túneles y emplazamientos clasificados) y para la cobertura de zonas rurales o de baja densidad con una buena relación coste/eficacia. Esta solución permite la evolución a redes independientes que satisfagan las crecientes necesidades de capacidad y calidad. Estos esquemas se están planificando en Alemania, Suiza y el Reino Unido. No suele ser responsabilidad de los organismos de reglamentación la especificación en detalle de esta función, sino sólo su definición inicial.

Del análisis de las distintas posibilidades de compartición de infraestructuras se obtienen los siguientes resultados:

- Las soluciones disponibles (niveles de compartición) contribuyen a los objetivos de reducción inicial de la inversión y optimización de la cobertura durante el despliegue de las redes 3G, y son técnicamente viables en el marco de las normas internacionales (IMT).
- Estas soluciones permiten la evolución hacia redes independientes, en fases posteriores de su despliegue, respondiendo a la evolución de las necesidades de tráfico y servicios.
- Afectan únicamente a los distintos elementos de la infraestructura, a su diseño y a la gestión de la explotación de las redes, sin repercusión específica sobre los terminales de los usuarios.
- En relación con el nivel de compartición adoptado, la compartición de los elementos de infraestructura requiere la coordinación y la cooperación entre los operadores pertinentes. Además del adecuado marco reglamentario, la compartición necesita la cooperación eficaz entre operadores.
- Es necesaria la coordinación al máximo detalle entre los operadores implicados.

- Todas las soluciones de compartición repercuten, en mayor o menor medida, sobre la implementación de la red y sus funciones operacionales, en particular:
 - la sincronización de las operaciones de control y mantenimiento;
 - la capacidad de satisfacer las demandas de cada operador, la calidad técnica de funcionamiento y la calidad de servicio, esenciales para el desarrollo en un marco de compartición;
 - la adjudicación de los recursos disponibles en un entorno de libre competencia.
- Cabe suponer que el despliegue de las IMT se realiza con carácter individual, compartiendo las redes en diversos grados, de acuerdo con las zonas de cobertura.

El esquema más eficaz es aquel que permite, con arreglo al entorno y a las circunstancias, obtener los efectos económicos deseados, sin perjuicio de la preservación de las bandas de frecuencias asignadas a los operadores de estos servicios. En consecuencia, la política de compartición debe tener en cuenta la situación del país y ser lo suficientemente flexible como para permitir soluciones adaptables específicas de cada caso. La compartición de infraestructuras depende de la situación reglamentaria.

Referencias bibliográficas

- BEM D.J. [noviembre de 1979] Aspectos de la propagación en la planificación de servicios de radiocomunicación, *Boletín de Telecomunicaciones*, Vol. 46, **XI**, p. 680-688.
- CHAN G.K. [noviembre de 1991] Propagation and Coverage Prediction for Cellular Radio Systems. *IEEE Trans. Vehic. Techn.*, Vol. 40, **4**.
- ETSI [1991] Radio site engineering for radio equipment and systems in the mobile service. Version 0.0.7, Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación Valbonne Cédex, Francia.
- HATCH W., HINKLE R. y MAYHER R. [1971] Modelling of pulse interference in amplitude modulated receivers, *IEEE International Electromagnetic Compatibility Symposium Record*, Filadelfia, PA; Estados Unidos de América.
- PALMER F.H. [1981] The Communication Research Centre VHF/UHF Propagation Prediction Program: An Overview. *Can. Electron. Eng. J.*, Vol. 6, **4**.

Bibliografía

- BERNOSKUNI YU.V., BYKHOVSKY M.A., PLEKHANOV V.V. y TIMOFEEV V.V. [1984] Effektivnyy metod podavleniya impulsnykh pomvkh v troposfernykh sistemah svyazi (Método eficaz de supresión de interferencia impulsiva en los sistemas de comunicaciones transhorizonte), *Elektrosviaz*, 9 p. 11-14.

Textos del UIT-R

- | | |
|------------------------|--|
| Manual del UIT-R | Ionosfera y sus efectos en la propagación de las ondas radioeléctricas terrenales y en sentido Tierra-espacio desde la banda de ondas miriámétricas a la banda de ondas centimétricas (1997) |
| Manual del UIT-R | Propagación de las ondas radioeléctricas en sistemas terrenales móviles terrestres en las bandas de ondas métricas/decimétricas (2002) |
| Manual del UIT-R | Información de la propagación de las ondas radioeléctricas para la predicción de las comunicaciones en Tierra-espacio (1996) |
| Rec. 66 (Rev.CMR-2000) | Estudios de los niveles máximos permitidos de las emisiones no deseadas |
| Rec. UIT-R BS.412 | Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas |
| Rec. UIT-R BS.559 | Medición objetiva de las relaciones de protección en radiofrecuencia en las bandas de radiodifusión por ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas |
| Rec. UIT-R BS.560 | Relaciones de protección en radiofrecuencia para la radiodifusión (ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas) |
| Rec. UIT-R BS.638 | Términos y definiciones utilizados en la planificación de frecuencias para radiodifusión sonora |
| Rec. UIT-R BS.641 | Determinación de la relación de protección en radiofrecuencia en la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia |
| Rec. UIT-R BT.417 | Mínima intensidad de campo que puede ser necesario proteger al establecer los planes de un servicio de televisión terrenal analógica |

Rec. UIT-R BT.500	Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión
Rec. UIT-R BT.655	Relaciones de protección en radiofrecuencia para sistemas de televisión terrenal con modulación de amplitud de banda lateral residual interferidos por señales de imagen analógicas no deseadas y sus señales de sonido asociadas
Rec. UIT-R BT.656	Interfaces para las señales de vídeo con componentes digitales en sistemas de televisión de 525 líneas y 625 líneas que funcionan en el nivel 4:2:2 de la Recomendación UIT-R BT.601 (Parte A)
Rec. UIT-R BT.2033	Criterios para la planificación, incluidas las relaciones de protección, para la segunda generación de los sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal en las bandas de ondas métricas/decimétricas
Rec. UIT-R F.240	Relaciones de protección señal/interferencia para las distintas clases de emisión en el servicio fijo por debajo de unos 30 MHz
Rec. UIT-R F.1670	Protección de los sistemas inalámbricos fijos contra los sistemas de radiodifusión digital de señal de vídeo y de audio terrenales en las bandas compartidas de ondas métricas y decimétricas
Rec. UIT-R M.441	Relaciones de protección señal/interferencia e intensidades de campo mínimas necesarias en el servicio móvil aeronáutico (R) por encima de 30 MHz
Rec. UIT-R M.589	Características técnicas de los métodos de transmisión de datos y de protección contra la interferencia para los servicios de radionavegación en las bandas de frecuencias comprendidas entre 70 y 130 kHz
Rec. UIT-R M.1767	Protección de los sistemas móviles terrestres contra la interferencia causada por los sistemas de radiodifusión de audio y de vídeo digital terrenal en las bandas compartidas de ondas métricas y decimétricas atribuidas a título primario
Rec. UIT-R P.368	Curvas de propagación por onda de superficie para frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 30 MHz
Rec. UIT-R P.372	Ruido radioeléctrico
Rec. UIT-R P.452	Procedimiento de predicción para evaluar la interferencia en microondas entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a unos 0,1 GHz
Rec. UIT-R P.453	Índice de refracción radioeléctrica: su fórmula y datos sobre la refractividad
Rec. UIT-R P.525	Cálculo de la atenuación en el espacio libre
Rec. UIT-R P.526	Propagación por difracción
Rec. UIT-R P.530	Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa
Rec. UIT-R P.531	Datos de propagación ionosférica y métodos de predicción requeridos para el diseño de servicios y sistemas de satélites
Rec. UIT-R P.533	Método para la predicción de la calidad de funcionamiento de circuitos que funcionan en ondas decamétricas
Rec. UIT-R P.534	Método para calcular la intensidad de campo en presencia de la capa E esporádica
Rec. UIT-R P.581	Noción de «mes más desfavorable»
Rec. UIT-R P.618	Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicaciones Tierra-espacio

Rec. UIT-R P.679	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de radiodifusión por satélite
Rec. UIT-R P.680	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles marítimos Tierra-espacio
Rec. UIT-R P.681	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicaciones móviles terrestres Tierra-espacio
Rec. UIT-R P.682	Datos de propagación necesarios para el diseño de sistemas de telecomunicación móviles aeronáuticos Tierra-espacio
Rec. UIT-R P.832	Atlas mundial de la conductividad del suelo
Rec. UIT-R P.834	Efectos de la refracción troposférica sobre la propagación de las ondas radioeléctricas
Rec. UIT-R P.836	Vapor de agua: densidad en la superficie y contenido de una columna de aire
Rec. UIT-R P.837	Características de la precipitación para establecer modelos de propagación
Rec. UIT-R P.838	Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción
Rec. UIT-R P.841	Conversión de las estadísticas anuales en estadísticas del mes más desfavorable
Rec. UIT-R P.1147	Predicción de la intensidad de campo de la onda ionosférica en frecuencias comprendidas entre 150 y 1 700 kHz aproximadamente
Rec. UIT-R P.1239	Características ionosféricas de referencia del UIT-R
Rec. UIT-R P.1240	Métodos del UIT-R para la predicción de la MUF básica, de la MUF operacional (o MUF de explotación) y trayecto del rayo
Rec. UIT-R P.1546	Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz
Rec. UIT-R P.1812	Método de predicción de la propagación específico del trayecto para servicios terrenales punto a zona en las bandas de ondas métricas y decimétricas
Rec. UIT-R RA.1031	Protección del servicio de radioastronomía en las bandas de frecuencias compartidas con otros servicios
Rec. UIT-R RA.611	Protección del servicio de radioastronomía contra las emisiones no esenciales
Rec. UIT-R SM.326	Determinación y medición de la potencia de modulación de amplitud de los transmisores radioeléctricos
Rec. UIT-R SM.328	Espectros y anchuras de banda de las emisiones
Rec. UIT-R SM.329	Emisiones no deseadas en el dominio no esencial
Rec. UIT-R SM.331	Ruido y sensibilidad de los receptores
Rec. UIT-R SM.332	Selectividad de los receptores
Rec. UIT-R SM.337	Separaciones en frecuencia y en distancia
Rec. UIT-R SM.851	Compartición entre el servicio de radiodifusión y los servicios fijo y/o móvil en las bandas de ondas métricas y decimétricas
Rec. UIT-R SM.852	Sensibilidad de los receptores radioeléctricos para la clase de emisión F3E
Rec. UIT-R SM.853	Anchura de banda necesaria
Rec. UIT-R SM.1009	Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz

Rec. UIT-R SM.1045	Tolerancia de frecuencia en los transmisores
Rec. UIT-R SM.1055	Utilización de técnicas de espectro ensanchado
Rec. UIT-R SM.1056	Limitación de las radiaciones procedentes de equipos industriales, científicos y médicos (ICM)
Rec. UIT-R SM.1132	Principios y métodos generales de compartición entre servicios de radiocomunicación o entre estaciones radioeléctricas
Rec. UIT-R SM.1134	Cálculos de la interferencia de intermodulación en el servicio móvil terrestre
Rec. UIT-R SM.1138	Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones
Rec. UIT-R SM.1140	Procedimientos de prueba utilizados en las medidas de las características de los receptores aeronáuticos que sirven para determinar la compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de unos 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-118 MHz
Rec. UIT-R SM.1235	Funciones de comportamiento de los sistemas de modulación digital en un entorno con interferencia
Rec. UIT-R SM.1446	Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisores que utilizan técnicas de modulación de frecuencia, de fase o compleja
Rec. UIT-R SM.1448	Determinación de la zona de coordinación alrededor de una estación terrena en las bandas de frecuencias entre 100 MHz y 105 GHz
Rec. UIT-R SM.1535	Protección de los servicios de seguridad de emisiones no deseadas
Rec. UIT-R SM.1539	Variación del límite entre los dominios de emisión fuera de banda y no esencial requerida para la aplicación de las Recomendaciones UIT-R SM.1541 y UIT-R SM.329
Rec. UIT-R SM.1540	Emisiones no deseadas en el dominio de las emisiones fuera de banda que caen dentro de las bandas atribuidas adyacentes
Rec. UIT-R SM.1541	Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda
Rec. UIT-R SM.1542	Protección de los servicios pasivos contra las emisiones no deseadas
Rec. UIT-R SM.1633	Análisis de compatibilidad entre un servicio pasivo y un servicio activo atribuidos en bandas adyacentes y cercanas
Informe UIT-R M.2244	Isolations between antennas of IMT base stations in the land mobile service
Informe UIT-R SM.2021	Generación y reducción de los productos de intermodulación en el transmisor
Informe UIT-R SM.2022	Efecto sobre sistemas de comunicación digitales de la interferencia causada por sistemas con otros esquemas de modulación
Informe UIT-R SM.2028	Metodología de simulación Monte Carlo para su aplicación en estudios de compartición y compatibilidad entre distintos servicios o sistemas de radiocomunicaciones
Informe UIT-R SM.2153	Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos
Informe UIT-R SM.2180	Influencia de los equipos industriales, científicos y médicos (ICM) sobre los servicios de radiocomunicaciones

Textos del UIT-T

- Rec. UIT-T K.52 Orientación sobre el cumplimiento de los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos
- Rec. UIT-T K.70 Técnicas para limitar la exposición humana a los campos electromagnéticos en cercanías a estaciones de radiocomunicaciones
- Rec. UIT-T K.91 Orientación para la valoración, la evaluación y el seguimiento de la exposición humana a los campos electromagnéticos de las radiofrecuencias

CAPÍTULO 6

Economía del espectro**Índice**

	<i>Página</i>
6.1	Introducción 181
6.2	Mecanismos tradicionales de financiación de la gestión del espectro 181
6.2.1	Financiación con cargo a los presupuestos del Estado 182
6.2.2	Tasas por licencia y utilización del espectro 182
6.2.3	Otros gravámenes 184
6.2.4	Métodos alternativos de sostener las actividades de gestión del espectro 185
6.3	Planteamientos para la concesión de licencias para el uso del espectro 186
6.3.1	Prioridad por orden de solicitud 186
6.3.2	Concurso 186
6.3.3	Subasta 187
6.3.4	Sorteo 190
6.4	Fijación de precios del espectro 190
6.4.1	Las tasas espectrales incentivadas 191
6.5	Derechos sobre el espectro 194
6.5.1	Cómo definir los derechos sobre el espectro 195
6.5.2	Papel de la administración en la definición de los derechos sobre el espectro. 196
6.5.3	Duración de la licencia 196
6.5.4	Enajenación de los derechos sobre el espectro 196
6.5.5	El mercado secundario 197
6.5.6	Gestión de la transición de la financiación del espectro 198
6.5.7	Coste de la redistribución del espectro (como método de gestión del espectro) 198
ANEXO 1	– Ejemplo de fijación de precios del espectro (Nueva Zelanda) 201
ANEXO 2	– Coste de la redistribución del espectro (Francia) 202
1	Intereses que motivan la decisión de redistribuir el espectro 200
2	El coste de la redistribución 200
3	Cálculo de los costes de redistribución basado en el valor residual contable 201
3.1	Evaluación del coste de liberación de la banda de frecuencias soportado por el usuario 201
3.2	Valor residual contable V_{rc} 201
3.3	Costes de renovación 201
3.4	Cálculo del coste de redistribución 201
4	Cálculo del coste de redistribución basado en el valor residual económico 202

	<i>Página</i>
5	Presupuesto de gastos y procedimientos de redistribución 203
5.1	El presupuesto de gastos de la redistribución 203
5.2	Procedimientos de redistribución 203
ANEXO 3 –	Ejemplo de subasta de espectro (República de Corea) 207
1	Introducción 205
2	Historia..... 205
3	Subasta 205
4	Proceso y resultados de la subasta de espectro 206
4.1	Primera subasta de espectro..... 206
4.2	Objeto de la asignación..... 206
4.3	Fecha de la asignación..... 206
4.4	Precio competitivo mínimo 206
5	Conclusión 206
Bibliografía 207

6.1 Introducción

En este Capítulo se tratan cuestiones relativas a la financiación del programa nacional del espectro. Proporciona información relativa a la utilización de herramientas, sobre la base de aspectos económicos del espectro, a fin de tratar los problemas planteados en varias administraciones, principalmente de países desarrollados, por el incremento de la demanda de espectro como consecuencia de la liberalización de las telecomunicaciones. El incremento de la demanda ha creado problemas en la asignación de frecuencias, difíciles de resolver para muchas administraciones con las herramientas tradicionales de gestión del espectro que, a su vez, han suscitado el interés por el desarrollo y utilización de nuevas herramientas de gestión del espectro basadas en la utilización de la economía del espectro. Se presentan varios conceptos expuestos en el Informe UIT-R SM.2012 – Aspectos económicos de la gestión del espectro. Para evitar sacar de contexto la teoría contenida en el Informe, los apartados siguientes se concentran en los diversos tipos de tasas y en los mecanismos de fijación de precios del espectro. En todo análisis detallado de la economía del espectro debe hacerse referencia al mencionado Informe.

El Cuadro 6-2 es una guía rápida para localizar los temas relativos a las tasas en este Capítulo.

Además, la Comisión de Estudio 2 del UIT-D finalizó sus trabajos sobre la Cuestión 21/2 «Cálculo de las tasas de frecuencia» (CMDT-02), teniendo en consideración los aspectos siguientes:

- El análisis de los diferentes métodos, fórmulas y enfoques aplicados en la actualidad por los diferentes países para calcular las tasas de frecuencia, junto con un estudio comparativo en el que se destaquen claramente:
 - los métodos y principios de cálculo y de tarificación de las frecuencias;
 - justificación y motivos de cada método;
 - de qué forma estos enfoques contribuyen a promover la gestión del espectro y a su eficacia;
 - las ventajas y los inconvenientes de cada método (aspectos socioeconómicos, técnicos, etc.).
- Los elementos básicos que pueden tomarse en consideración para preparar nuevas fórmulas o revisar las existentes.
- La forma de garantizar la coherencia y complementariedad de los procesos de reestructuración del espectro y la asignación de un valor económico a las frecuencias.

Los resultados de estos trabajos están disponibles en el sitio web de la Comisión de Estudio 2 del UIT-D.

6.2 Mecanismos tradicionales de financiación de la gestión del espectro

Como se ha indicado en otros Capítulos de este Manual, la gestión del espectro radioeléctrico supone la ejecución de muchas actividades diferentes, dependiendo su intensidad de los requisitos de las administraciones específicas. El grado de intensidad de las actividades de gestión del espectro dependerá también de los recursos disponibles y de la necesidad de establecer mecanismos de financiación. Aunque hay varios mecanismos de financiación, como se indica a continuación, deben basarse siempre en la legislación nacional correspondiente. En muchas administraciones estos mecanismos suelen basarse en:

- la financiación con cargo a los presupuestos del Estado;
- las tasas establecidas;
- enfoques basados en la presentación de ofertas por espectro.

En cierta fase del desarrollo del organismo de gestión del espectro la mayor parte de las administraciones han utilizado uno de estos métodos o una combinación de varios de ellos para financiar las funciones de su gestión del espectro.

El Informe 53 del ECC sobre atribución de costes y sistemas contables utilizados para financiar la administración de las radiocomunicaciones en países miembros de la CEPT («*Cost Allocation and Accounting systems used to finance the radio administration in CEPT countries*») presenta otros ejemplos de modelos de financiación básicos. Este Informe puede descargarse de <http://www.cept.org/ecc>, del apartado de resultados/informes.

6.2.1 Financiación con cargo a los presupuestos del Estado

Éste es probablemente el primer método de financiación de la gestión del espectro que utilizan todas las administraciones. De acuerdo con este sistema una parte del presupuesto anual del Estado se asigna a la financiación de la gestión del espectro y no se cobran tasas a los titulares de licencias. El nivel de financiación proporcionado dependerá de las prioridades de la administración del Estado y de sus recursos fiscales totales. Cuando se introduce en un país la gestión del espectro, la financiación con cargo al erario público es probablemente el método más fácil de utilizar. No obstante, al aumentar la utilización del espectro aumenta también la demanda de gestión del espectro con el consiguiente aumento de los costes asociados que requerirán finalmente que la administración recupere de los titulares de licencias todos los costes o al menos parte de ellos.

6.2.2 Tasas por licencia y utilización del espectro

Aunque el recurso a la financiación con cargo a los presupuestos del Estado es más sencillo desde un punto de vista administrativo, resulta más justo cobrar a los usuarios de las radiocomunicaciones una tasa por la expedición de la licencia, en el momento de la solicitud, ya que de lo contrario todos los contribuyentes tendrían que sufragar la gestión del espectro aunque no obtuviesen beneficio alguno de las radiocomunicaciones³⁵. Por este motivo, hay muchas administraciones en las que el coste de ofrecer una gestión del espectro adecuada ha provocado la introducción de una tasa de cargo único por la expedición de la licencia de utilización de una frecuencia. La tasa puede aplicarse a todos los usuarios de las radiocomunicaciones o sólo a alguno de ellos. Las dos formas más corrientes de tasa de utilización del espectro de cobro total o periódico son las siguientes:

- tasa simple;
- tasa basada en la recuperación de costes.

En la práctica una tasa simple puede considerarse como una variante de la tasa por recuperación de costos ya que la administración establece el precio que debe pagar el titular de la licencia, no obstante hay que establecer una distinción ya que su estructura y funcionamiento están totalmente condicionados por los requisitos jurídicos y constitucionales del país. Muchos países financian sus programas de gestión del espectro, totalmente o en parte, mediante tasas, aunque también pueden utilizar algún tipo de sistema de recuperación de costes.

El sitio web de la CE 2 del UIT-D³⁶, contiene ejemplos de la aplicación de tasas por utilización de frecuencias en numerosos países.

El inconveniente de las tasas administrativas es que las tasas cobradas generalmente no equivalen al valor del espectro, por lo que pueden incentivar erróneamente a los titulares de las licencias con respecto a la cantidad de espectro que desean adquirir o utilizar.

6.2.2.1 Tasa simple

En el caso de tasa simple, la administración establece el precio de la licencia, que puede basarse en una tarifa plana para todas las licencias o en una tarifa variable con arreglo a criterios específicos. Una tasa de tarifa plana en pie de igualdad para todas las licencias resulta fácil de utilizar y de explotar aunque no establece diferencias entre usuarios, de modo que se puede aplicar a los pequeños usuarios del espectro la misma tasa que a los grandes. Algunos grupos de usuarios pueden percibir que se trata de un método «arbitrario», poniendo en peligro la confianza en el sistema.

La aplicación de tasas variables en función de criterios específicos tales como la cantidad de espectro ocupado, la banda de frecuencias utilizada o la zona geográfica cubierta, puede ser un planteamiento más equitativo.

³⁵ Por otra parte, puede decirse que la economía en su conjunto se beneficia de la utilización de las radiocomunicaciones. Los estudios de repercusión económica en el Reino Unido han demostrado que la utilización de las radiocomunicaciones (sus efectos directos e indirectos) genera aproximadamente el 2% del PIB del Reino Unido.

³⁶ http://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_2002-2006/SF-Database/index.asp.

Se recomienda que estas tasas se desarrollen mediante un proceso abierto y transparente. Esto satisface en parte la definición de tasa administrativa. Las tasas administrativas están sujetas a un estricto marco legal (véase la explicación del principio de cobertura de costes). No obstante, si las tasas se ingresan en el presupuesto general del Estado deben considerarse impuestos. Los objetos (ingresos, bienes) y actividades sujetos a gravamen, así como la magnitud de estos impuestos, son competencia del Estado.

6.2.2.2 Recuperación de costes

El objeto de este sistema es la recuperación de los costes de gestión del espectro contraídos por la administración. Los precios de utilización de las frecuencias, y por consiguiente las tasas por licencias de RF, se establecen con arreglo a los costes originados por la expedición de licencias y el proceso de atribución o asignación de frecuencias asociado (por ejemplo: la asignación de frecuencias, la autorización del emplazamiento y la coordinación) y cualquier otra función de gestión del espectro necesaria. (Estos costes se repercuten una sola vez, cuando se expide la licencia.) Además de estos costes se suele aplicar una tasa anual correspondiente a los costes de mantenimiento de las frecuencias libres de interferencia (costes de fiscalización), véase asimismo el § 6.2.3. Así, los costes de las licencias suelen estructurarse con arreglo al principio de recuperación directa e indirecta de los costes atribuibles a la categoría de aquéllas (radiodifusión, móvil, satélite, etc.).

Desde el punto de vista del titular de la licencia, la recuperación de costes puede ser un sistema más justo que otros, en la medida que prorratea los costes de gestión del espectro entre aquellos que lo utilizan, de modo que la tarificación es transparente. No obstante, la recuperación de costes necesita recursos administrativos para supervisar y contabilizar los costes de gestión del espectro. Para garantizar la máxima transparencia de las tasas por licencia, puede ser útil disponer de cuentas validadas independientemente, es decir supervisadas por un auditor nacional, para garantizar que los costes sobre los que se basan las tasas por licencias son adecuados y justificables. Estos dos aspectos suponen un incremento de los costes administrativos fijos y pueden exigir el desarrollo de sistemas financieros de envergadura para poder ajustar los costes a las tasas.

Debe observarse asimismo que la definición exacta y el funcionamiento de la recuperación de costes puede variar dependiendo de cómo se efectúe la gestión nacional del espectro y de los requisitos legislativos y constitucionales. Estas diferencias pueden repercutir en la implementación de la recuperación de costes en cada país y afectar al modo de justificar los costes y las tasas. Estas diferencias se fundamentan en varios motivos:

- a) La recuperación de costes se interpreta de modo que la suma de las tasas cobradas a los beneficiarios de una actividad administrativa sea igual a la suma de los costes generados por la actividad de dicho sector de la administración. Ciertamente, desde un punto de vista estrictamente jurídico, el principio de cobertura de costes afirma sencillamente que la suma de las tasas cobradas a los beneficiarios de una actividad administrativa no debe sobrepasar la suma de los costes generados por la actividad de dicho sector de la administración. Por consiguiente, las decisiones del poder ejecutivo, o del legislativo, que pueden ser modificadas por el poder judicial, pueden permitir también la recuperación parcial únicamente de los costes, financiándose la diferencia con cargo a los presupuestos generales del Estado.
- b) En ciertos países se distingue entre el ajuste total de los ingresos de la administración a los costes y la simple aproximación a los mismos. En el primer caso, no se permite que la administración subvencione ni cobre en exceso al titular de la licencia para tener que efectuar después el reintegro correspondiente. En este último caso, se reconoce que las tasas se basan en una estimación de los costes previstos y que, por consiguiente, los ingresos pueden sobrepasar los costes reales de las administraciones o tal vez no alcanzarlos. (NOTA – En los países que funcionan de acuerdo con este último sistema, sigue siendo posible aplicar un control de auditoría estricto.) Asimismo, las tasas demasiado elevadas pueden generar excesos de ingresos que pueden aplicarse a la reducción de las tasas en los años siguientes, y viceversa.
- c) Las tasas establecidas para la recuperación de costes se basan en los trabajos realizados sobre una licencia individual o en la media correspondiente a la categoría de dicha licencia (por ejemplo, la categoría «radiodifusión»).

- d) La complejidad del proceso de asignación de frecuencias y el número de funciones de gestión del espectro que necesitan ejecutarse para expedir una licencia pueden variar debido a lo siguiente:
- las características del país – por ejemplo el número de usuarios o de características geográficas que requieran la utilización de una base de datos topográfica detallada;
 - la coordinación internacional – por ejemplo, como resultado de tratados bilaterales y multilaterales, notas relacionadas en el RR o requisitos de coordinación;
 - otros costes conexos (estudios radioeléctricos, participación en conferencias de radiocomunicación, etc.).

Los factores anteriores afectarán a la composición de las tasa por licencias y a los mecanismos que la administración puede poner en marcha para controlar sus ingresos y gastos. Pueden presentarse también diferencias en la división entre costes directos e indirectos, a pesar del acuerdo general sobre las definiciones, debido a las distintas interpretaciones sobre los costes específicos que deben imputarse a cada categoría. En general, la definición de costes directos e indirectos son las siguientes:

– *Costes directos*

Como tales se consideran los costes inmediatos e identificables de expedición de licencias para aplicaciones específicas. Entre ellos se encuentran, por ejemplo, los siguientes: el coste del tiempo de los funcionarios que tramitan la asignación de frecuencias, la autorización del emplazamiento, el análisis de la interferencia cuando puede asociarse directamente a una clase particular de servicios, la preservación de los canales de noticias públicas y entretenimiento, y la coordinación internacional específica del servicio a la UIT y a organismos regionales. En determinadas bandas de frecuencias de algunos servicios, o si los transmisores se encuentran emplazados cerca de los países vecinos, se incluirán entre los costes directos el de la coordinación internacional pertinente.

– *Costes indirectos*

Son los de las funciones de gestión del espectro utilizadas como ayuda al proceso de asignación de frecuencias de la administración y los costes fijos de ejecutar los procedimientos de gestión del espectro de la administración. Representan aquellos costes que no pueden identificarse como imputables a servicios o titulares de licencias específicos, tales como la cooperación internacional de carácter general, las investigaciones sobre propagación en muchas bandas de frecuencias y servicios, la comprobación técnica general del espectro y las investigaciones de interferencia motivadas por las denuncias de los usuarios legítimos, así como el coste de los equipos y personal encargado de los mismos, así como la preparación y participación en las conferencias de radiocomunicaciones y las acciones ulteriores que de ellas se deriven.

No obstante, en ciertas administraciones, la definición de costes directos es muy restrictiva y se limita a los generados por el solicitante de la licencia y no a los correspondientes a la categoría de la misma, por lo que ciertas administraciones pueden optar por no cobrar los costes indirectos. En este último caso, los costos indirectos se sufragarán a cargo de los presupuestos del Estado.

Uno de los inconvenientes de un sistema basado en la recuperación de costes es que inhibe el cobro de tasas a los usuarios basadas en la proporción de uso del espectro, y en el nivel de congestión espectral existente (o «valor» del espectro), lo que puede resultar en beneficio de los grandes usuarios del espectro en perjuicio de los pequeños. Esto dificulta sobremanera la aplicación de tasas para fomentar la utilización eficaz del espectro y animar a los usuarios a migrar a tecnologías más eficaces o a bandas de frecuencias menos congestionadas. Por otra parte, es posible que los costes basados en tasas no tengan en cuenta la solvencia de los usuarios o su voluntad de pago, lo que perjudicará a algunos de ellos (por ejemplo, a los de las zonas rurales remotas, que, en un régimen de pago en función de los costos, pagan relativamente más que los usuarios de zonas densamente pobladas, pues la carga que supone la expedición de una licencia es básicamente la misma). Los costes generados por la expedición de una licencia individual son aún más difíciles de registrar.

6.2.3 Otros gravámenes

Además de los gastos por expedición de una licencia y por fiscalización de las frecuencias en cuestión, hay otras funciones administrativas específicas asociadas a las actividades de gestión del espectro que deben sufragarse. A continuación se facilitan algunos ejemplos.

– *Tasa de homologación o certificación (excepto para los países R&TTE)*

Esta tasa la aplican las administraciones por la homologación o certificación de terminales o equipos radioeléctricos. Una vez probados los equipos en un laboratorio de ensayo acreditado, o aceptadas las especificaciones de aquellos, reciben un certificado de la administración u organismo competente que permite su comercialización. En ciertas regiones la evaluación de la conformidad se basa en procedimientos de autodeclaración de los fabricantes. Por este motivo puede que los ingresos por dichas tasas no sean importantes o simplemente no existan.

– *Tasa de acreditación*

En ciertos países las pruebas de los equipos radioeléctricos y de los terminales las llevan a cabo laboratorios de ensayo independientes acreditados, no integrados en la administración. El precio de las pruebas se abonará directamente al laboratorio acreditado en cuestión y las administraciones no recibirán, en este caso, ingreso alguno.

– *Tasas y gravámenes de compatibilidad electromagnética*

La regulación de la compatibilidad electromagnética (CEM) genera costes para las administraciones en el ámbito de la fiscalización del mercado. Por este motivo algunas administraciones han optado por imponer una tasa de CEM sobre los equipos objeto de este tipo de regulación o bien por cobrársela a los fabricantes.

– *Tasas de inspección*

En ciertos casos las administraciones inspeccionan las instalaciones antes, o después, de que el titular de la licencia haya puesto en servicio los equipos. Esto puede hacerse con carácter sistemático o aleatorio. En ciertos casos la tasa de inspección está incluida en la tasa normal de la licencia, pero en otros se constituye como tasa independiente.

– *Tasa por resolución de denuncia de interferencia*

Las administraciones suelen investigar las denuncias de interferencias presentadas por los titulares de licencias o por otros ciudadanos. Para evitar la presentación de denuncias falsas y cubrir los costes administrativos puede aplicarse una tasa, ya sea en todos los casos o sólo cuando las denuncias resulten ser injustificadas.

– *Tasa por certificado de operador (radioaficionados, exámenes marítimos)*

En los casos de radioaficionados y usuarios marítimos, los solicitantes tienen que aprobar un examen para recibir un certificado antes de que se les autorice a operar sus equipos. Las administraciones pueden cobrar una tasa en concepto de derechos de examen y de expedición del certificado de operador.

6.2.4 Métodos alternativos de sostener las actividades de gestión del espectro

Las administraciones pueden considerar alternativas a los sistemas tradicionales de gestión del espectro, centralizados, explotados y financiados por el Estado. Aunque la gestión nacional del espectro sigue siendo una labor esencialmente estatal, los planteamientos alternativos que utilizan recursos ajenos a la gestión nacional del espectro para ejecutar o financiar ciertas funciones del mismo pueden mejorar la eficacia y efectividad de la labor estatal.

Varias administraciones han utilizado recursos de gestión del espectro tanto internos del propio país como ajenos a la gestión nacional del espectro, tales como:

- grupos de comunicación con interés directo en el espectro tales como comisiones asesoras, asociaciones gremiales, organizaciones profesionales y asociaciones paraestatales;
- coordinadores de frecuencias (y grupos de coordinación) y gestores de espectro designados;
- consultores de gestión del espectro y subcontratistas.

Se puede recurrir a estas alternativas en apoyo de las actividades del gestor nacional del espectro. El planteamiento utilizado puede depender de la banda de frecuencias, del servicio de radiocomunicaciones o de la aplicación de radiocomunicaciones específica, de la capacidad y los recursos disponibles del organismo de gestión nacional del espectro y de la capacidad técnica de otros recursos. El gestor nacional del espectro puede determinar los límites de las responsabilidades y competencias otorgadas a estos grupos en base a las funciones

que éstos deban soportar. Las administraciones también pueden determinar la necesidad de un planteamiento mixto para llevar a cabo todas las funciones de la gestión del espectro.

El recurso a otras entidades nacionales para que colaboren en el proceso de gestión nacional del espectro persigue los siguientes objetivos:

- economizar recursos estatales financieros y humanos; no obstante, si las actividades de gestión del espectro se encargan a terceros ajenos a la administración, cuyo principal interés es la obtención de beneficios, seguirá existiendo el problema de financiación de las actividades de gestión del espectro ya que es preciso pagar a estos terceros los servicios prestados;
- aumentar la eficacia de utilización del espectro;
- mejorar la eficacia de los procesos de asignación de frecuencias y de coordinación;
- complementar la capacidad técnica del gestor nacional del espectro.

6.3 Planteamientos para la concesión de licencias para el uso del espectro

Para resolver las diferentes necesidades de los usuarios de las radiocomunicaciones y el periodo de tiempo en que una banda de frecuencias puede estar abierta previa a la concesión de la pertinente licencia, pueden ser necesarios distintos planteamientos relativos a la concesión de licencias para el uso del espectro. Si el número de solicitudes desborda el espectro disponible, la opción «prioridad por orden de solicitud» tal vez no resulte adecuada siendo necesaria la aplicación de mecanismos tales como los procedimientos de licitación, la licitación comparativa, la subasta o el sorteo.

6.3.1 Prioridad por orden de solicitud

El mecanismo de asignación de espectro más frecuentemente utilizado por las administraciones es el de prioridad por orden de solicitud. El espectro se asigna por orden de llegada de las solicitudes en base a las frecuencias disponibles, el cumplimiento de los trámites oportunos de gestión del espectro y la satisfacción por parte del solicitante de los criterios de la solicitud. Este mecanismo resulta adecuado cuando no hay escasez de espectro y éste tiene que asignarse a un número potencialmente grande de usuarios a lo largo de un periodo dilatado de tiempo. Este mecanismo se financia principalmente con cargo al erario público o con tasas por utilización del espectro, y es el que tiene más probabilidades de seguir siendo eficaz en un futuro previsible, aunque también puede vincularse (con o sin recuperación de costes) a otros métodos de regulación de la demanda (por ejemplo la fijación de precios administrativos).

6.3.2 Concurso

Este mecanismo se utiliza para determinar qué solicitante tendrá acceso a una cantidad de espectro limitada sobre todo para sistemas de radiodifusión o sistemas públicos del servicio móvil. Se basa en la presentación de propuestas de explotación del servicio por parte de los solicitantes en competencia; éstas pasarían a ser evaluadas por la administración. En las propuestas se incluiría normalmente información sobre la población cubierta, la calidad de servicio, el tiempo de puesta en marcha y el plan de negocios del operador. Para la radiodifusión habría además información sobre los programas: número de horas de programas infantiles, programación cultural y servicios informativos, etc. Las propuestas se suelen elaborar en respuesta a criterios establecidos y publicados por la administración. No hay obligación por parte de la administración de asignar espectro a ninguno de los solicitantes si éstos no cumplen los criterios.

El examen de las propuestas puede necesitar una gran inversión de tiempo y recursos, y el proceso decisorio puede no ser transparente. El examen podría ser parcial y por ello, salvo que los motivos de desestimación de las solicitudes sean claros y se ajusten a los criterios hechos públicos por las administraciones, los solicitantes desestimados podrían presentar recursos judiciales. Cualquier problema jurídico puede tener una repercusión importante en los plazos de las administraciones para la puesta en marcha del servicio, pudiendo llegar a ser necesario que la administración repita todo el proceso de licitación.

Los procedimientos de licitación pueden ser caros y necesitar una gran cantidad de tiempo, aunque no exista riesgo de impugnación. Este mecanismo sólo se puede utilizar cuando el número de solicitantes y el número de licencias es pequeño. Por otra parte, aunque en el procedimiento de licitación se pueden tener en cuenta las referencias del futuro titular de la licencia, y el objetivo es otorgar la licencia a la organización mejor dotada

para satisfacer los requisitos de la misma, se puede llegar a una situación en la que el adjudicatario haya exagerado los elementos técnicos y de calidad a fin de obtener la adjudicación, teniendo que desarrollar un servicio en el que, por ejemplo, la calidad o capacidad del sistema sobrepase las necesidades de explotación, o no tenga capacidad para cumplir los requisitos.

6.3.2.1 Concursos con oferta financiera (Licitación comparativa)

Este mecanismo se basa en el procedimiento de licitación, pero en vez de ser la administración la que efectúa la asignación del espectro gratuitamente o a cambio de una tasa fija, se invita a los solicitantes a presentar ofertas económicas además de cumplir los requisitos de los criterios publicados por la administración. Así pues, los licitadores determinan el valor económico del espectro para ellos mismos.

La introducción de la valoración económica de los solicitantes ofrece una indicación limitada del valor del espectro, pero es posible que no sea una valoración real del mercado ya que hay elementos en las ofertas de los solicitantes que se incluyen para satisfacer los criterios publicados por las administraciones, que pueden tener una repercusión importante en la oferta económica. Para evitar que los solicitantes formen un cartel con el ánimo de reducir el valor económico de sus ofertas, será prudente que el gobierno estudie el valor del espectro a fin de definir un límite inferior («oferta mínima») para el elemento económico de las ofertas.

Como en el procedimiento de licitación simple, la ventaja de la licitación comparativa es que puede tener en cuenta las referencias del futuro titular de la licencia y también, en parte, el valor del espectro.

La administración examina todas las solicitudes, al igual que en el procedimiento de licitación simple. Tampoco en este caso tiene la administración obligación de otorgar licencia alguna a los solicitantes. El examen de las solicitudes puede simplificarse si el número de solicitantes coincide con el de licencias disponibles, las ofertas presentadas satisfacen sobradamente todos los criterios de las administraciones y ofrecen un valor económico óptimo. En la mayor parte de los casos el procedimiento de examen es más complicado si la oferta económica es tan solo un elemento de la solicitud y no existe garantía de que vaya a ganar la oferta económica más elevada. Por otra parte, la introducción del elemento económico exige una evaluación más completa de las actividades empresariales de los solicitantes y, especialmente, de sus planes financieros. El proceso de examen con la licitación comparativa puede requerir de tanto tiempo y recursos como el procedimiento de licitación simple. Salvo que la ventaja de los adjudicatarios sea manifiesta, se puede discutir la imparcialidad de la decisión de la administración como en el caso del procedimiento de licitación simple e incluso se está más expuesto a impugnación, debido a los distintos elementos (financieros y de otra índole) evaluados.

6.3.3 Subasta

La subasta representa un mecanismo de asignación en la que los solicitantes determinan el valor a cobrar. De este modo el precio del espectro viene totalmente determinado por las fuerzas del mercado y las frecuencias se adjudican al licitador que gana la subasta. La mayoría de administraciones establecen condiciones básicas que han de cumplir los participantes. Estos criterios pueden ser semejantes a las condiciones de entrada de la licitación comparativa (o de los sorteos, véase la cláusula siguiente). A continuación se exponen las principales características de las subastas, que explican su amplia adopción en todo el mundo:

- Por norma general, la subasta fomenta la utilización eficaz del espectro al incentivar la rapidez del uso y la maximización del aprovechamiento del espectro por parte de los ganadores. Se han expresado inquietudes sobre la carga que supone el sistema de subastas para los operadores al comienzo del servicio, sin embargo los licitadores deben ser conscientes de sus necesidades de tesorería y sus buenas prácticas comerciales deben garantizar que aquellas se tienen en cuenta al determinar el importe de su puja.
- La subasta puede resultar más rápida y eficaz en el proceso de asignación del espectro que los procedimientos tradicionales de licitación simple y de licitación comparativa. En las subastas se puede manejar mejor un gran número de solicitantes y puede considerarse un procedimiento objetivo y transparente que reduce las posibilidades de manifestar favoritismo. La transparencia del procedimiento de subasta reduce la posibilidad de impugnación.

- Cuantos más criterios y condiciones se apliquen a las subastas mayor será la posibilidad de reducir el valor de las licencias (el precio puede bajar). En ciertos casos, para definir sin ambigüedades los límites operativos de la licencia, las administraciones pueden necesitar desarrollar el tipo de medios de gestión del espectro que anteriormente habían considerado superfluos, por ejemplo la comprobación técnica, las bases de datos cartográficas y las capacidades automáticas de análisis de la interferencia.

Para el buen funcionamiento de una subasta, sus reglas y procedimientos deben ser conocidas y entendidas en todos sus extremos por todos los participantes antes del comienzo de la misma. Cualquier administración que proyecte realizar subastas de espectro haría bien en consultar la literatura, cada vez más amplia, sobre este tema y en examinar las experiencias de los «pioneros» de las subastas de espectro para aprender de los éxitos y fracasos encontrados en el diseño y funcionamiento de las subastas, así como su impacto en los operadores, fabricantes y usuarios finales.

Dependiendo de la complejidad de la subasta en cuestión, puede convenir utilizar un sistema automatizado de subastas, por lo que puede ser necesario disponer de cierta infraestructura técnica para celebrarlas. Asimismo, puede ser necesaria cierta formación y preparación tanto para los gestores del espectro como para los licitadores potenciales, a fin de garantizar un grado suficiente de «cultura de la subasta».

Hay varias formas de subasta. A continuación se indican algunas de ellas:

- Ascendente o «inglesa»
El subastador aumenta el precio hasta que sólo queda un postor.
- A sobre cerrado al primer precio
Los postores entregan sus pujas en sobres cerrados y se adjudica a la más alta.
- A sobre cerrado al segundo precio
Los postores entregan sus pujas en sobres cerrados y gana la más alta aunque al precio de la segunda.
- Descendente u «holandesa»
El subastador anuncia un precio elevado y lo va reduciendo hasta que se declare alguna puja.
- Múltiples etapas simultáneas:
Esta subasta introducida por la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos de América, supone la existencia de varias etapas de puja para varios lotes que se ofrecen simultáneamente. La puja más alta de cada lote se declara a los postores antes de la siguiente etapa en la que se aceptarán de nuevo pujas por todos los lotes. La identidad del mejor postor puede desvelarse o no tras cada etapa aunque se desvelará siempre al cierre de la subasta. El proceso continúa hasta que se llegue a una etapa en la que no se reciban pujas por ninguno de los lotes. Esta variante es más compleja que las subastas de etapa única pero otorga a los postores mayor flexibilidad para combinar lotes de diversas maneras y, gracias a que es más abierta que un proceso en oferta cerrada, limita los efectos de la maldición del ganador, lo que permite a los postores pujar con más tranquilidad.
- Múltiples etapas simultáneas combinadas
Es un método básicamente idéntico al de «múltiples etapas simultáneas», pero los participantes pueden en este caso presentar ofertas «combinadas», es decir, que pueden presentar una oferta única para una serie de lotes. Esto puede ser muy ventajoso para el solicitante, si hay lotes con sinergias. Por el contrario, con este método la subasta es más complicada de diseñar y se necesitan ayuda informática y algoritmos especiales.
- de reloj combinada
En esta primera década del siglo XXI, muchos reguladores de espectro están optando por las subastas de reloj combinadas para licitar todo tipo de espectro (sobre todo móvil). Pueden citarse como ejemplo los de Reino Unido, Países Bajos, Austria, Suiza y Dinamarca. Con la subasta de reloj combinada se pretende resolver uno de los principales problemas que plantean las subastas con múltiples etapas simultáneas y las subastas inglesas, a saber, que toda nueva oferta invalida todas las demás ofertas anteriores. Además, una subasta puede terminar con que el solicitante se encuentra en una posición o con un precio con los que no está conforme. Esto no pasa con este método, pues todas

las ofertas de todas las rondas son vinculantes (todas las ofertas de todas las rondas cuentan) y se da a los solicitantes una última oportunidad de presentar una oferta una vez terminada la primera etapa de la subasta. En realidad, la subasta de reloj combinada es una combinación de subasta de reloj y subasta a sobre cerrado al primer precio. La primera fase de la subasta se emplea para determinar el precio estimado y la demanda de los solicitantes («fase de reloj»). A continuación se realiza una ronda de ofertas suplementaria combinada a sobre cerrado (segunda fase) en la que las ofertas están limitadas por lo ocurrido en la primera fase. El principal inconveniente de este método es que es de una increíble complejidad, por lo que puede resultar difícil de entender para los solicitantes. Se necesita un programa informático para determinar los ganadores de la segunda etapa (puja a sobre cerrado, teniendo en cuenta las ofertas de la primera etapa de la subasta). Los solicitantes han de fiarse del formato y el sistema y confiar en que, cuando presentan una oferta por el valor verdadero de la licencia, nunca pagarán en exceso. Los algoritmos y el sistema determinarán los ganadores con la mayor valoración de las licencias. Así, no se incentiva la presentación de ofertas «superiores» a la valoración real para ganar (como ocurre en la subasta inglesa o en la de múltiples etapas simultáneas). El aspecto combinatorio también hace que se pueda pujar por un lote de licencias presentando una sola oferta para una determinada cantidad de espectro.

Ventajas

Las subastas tienen la ventaja de conceder las licencias a aquellos que le asignan más valor, y también la de generar ingresos, lo que no supone que éstos sean considerables ya que el valor de las pujas depende de muchos factores. Cuando se utilizan las subastas para conceder licencias dentro de una determinada estructura de atribución, las licencias se conceden a aquellos que le otorgan el máximo valor sólo dentro de los límites de la estructura de la atribución. Por ejemplo, si un determinado bloque de espectro de una zona concreta tiene más valor para las radiocomunicaciones móviles, pero está atribuido a organismos de radiodifusión, los ingresos y beneficios económicos generados por dicho espectro serán menores que si se permite participar en la subasta a los operadores de radiocomunicaciones móviles.

La ampliación de la gama de utilizaciones que se autorice en una concesión por subasta permite también utilizar el espectro para los servicios que más se demandan. Sin embargo, la definición amplia de servicios tiene el posible inconveniente de aumentar los costes de la coordinación de la interferencia entre los beneficiarios de licencias de tramos de espectro y zonas adyacentes. Estos argumentos respecto a la estructura de atribución se aplican igualmente a un sistema de derechos de espectro transferibles tras la asignación inicial del espectro. Cuando, en el futuro, la utilización del espectro converja cada vez más, este efecto negativo irá perdiendo importancia.

Desventajas

Las subastas no son la panacea universal y sólo son idóneas para licencias y condiciones específicas. No son adecuadas cuando no es posible definir el derecho del espectro correctamente. Tampoco son adecuadas para grandes volúmenes, para licencias de escaso valor, para su aplicación a servicios de interés social, o cuando no hay competencia o ésta es limitada. De hecho, el único factor de importancia para subastar una licencia es que los servicios de los solicitantes ganadores acepten la libre competencia. Un requisito previo de las subastas es, por consiguiente, que exista legislación efectiva sobre competencia que garantice que los postores no entran en colusión.

Las subastas pueden resultar ineficaces o impracticables en determinados servicios y situaciones. Uno de estos casos se produce cuando no hay competencia por el espectro. Esto podría ocurrir, por ejemplo, con los sistemas fijos de microondas en los que hay muchos enlaces individuales con haces muy estrechos y emplazamientos muy determinados, o cuando los operadores potenciales ven pocas posibilidades de obtener un rendimiento realista de la inversión en un plazo razonable. Otro caso se presenta cuando proveedores de servicios tales como la defensa nacional o la investigación científica, que utilizan espectro de interés social, tienen problemas para asignar un valor económico al espectro, lo que podría provocar que dichos servicios se escatimasen a la sociedad si todos los proveedores de servicios que utilizan espectro tuviesen que participar en subastas. Este problema podría resolverse si el gobierno pujase por el espectro de manera competitiva. Los gobiernos adquieren también otros bienes y servicios por el bien público a través del mercado, como los coches de la Policía o el arrendamiento de inmuebles para oficinas estatales.

De celebrarse subastas para sistemas de satélites mundiales o internacionales en múltiples países, es probable que los proveedores de servicio potenciales tuviesen que invertir una cantidad consecuente de recursos sólo para participar en cada una de ellas y tan farragoso proceso podría causar retrasos en la implantación de los servicios deseados. Además, las subastas sucesivas crearían una incertidumbre significativa entre los posibles proveedores del servicio porque no tendrían la seguridad de ganar las subastas en todos los países en los que desearan dar el servicio. Si dicha incertidumbre fuese suficientemente grave, podría impedir la prestación del servicio y el desarrollo sistemas internacionales por satélite. Por otra parte, esta incertidumbre existe sea cual sea el método de licitación del espectro escogido. Tampoco en los concursos pueden los proveedores de servicio potenciales estar seguros de ganar la licitación en todos los países deseados. Incluso podría decirse que en una subasta el proveedor de servicio tiene más control sobre el resultado (oferta más alta) que en el incierto proceso que es un concurso.

Restricciones de las subastas

Si una administración decide recurrir a las subastas, debe ser consciente de que, en general, cuanto mayor es el número de normas, condiciones y restricciones sobre la utilización del espectro objeto de subasta, menores serán los ingresos financieros obtenidos de la misma por lo que, dependiendo de sus prioridades, las administraciones deben considerar detenidamente los compromisos implicados. Por otra parte, las administraciones pueden restringir el suministro de espectro, lo que podría generar mayores ingresos por subasta; no obstante, también aquí hay un compromiso en el sentido de que la restricción del suministro del espectro podría reducir la gama de servicios al consumidor, aumentar los precios para el usuario y disminuir la eficacia económica global.

Para fomentar la competencia puede ser necesario imponer protecciones adicionales para los servicios objeto de subasta. Por ejemplo, en ciertas situaciones todos los licitadores potenciales, o sólo alguno de ellos, pueden ser proveedores de servicios predominantes que pretendan reforzar su situación de monopolio u oligopolio (número limitado de competidores). Las restricciones sobre las condiciones de participación en una subasta o los límites sobre la cantidad de espectro que una entidad puede ganar pueden contribuir a paliar este problema, aunque también puede limitar el número de participantes.

Por lo general, los ingresos obtenidos de una subasta se destinan al presupuesto general y el proceso presupuestario determinará el fin a que se destina el dinero obtenido; puede tratarse de reducir la deuda nacional o de realizar inversiones en nuevos sectores o actividades.

6.3.4 Sorteo

Este mecanismo puede aplicarse a un gran número de solicitantes y se basa en la selección de ganadores al azar entre los solicitantes en competencia. En su forma más simple el sorteo es sencillo, rápido y transparente, aunque puede asignar espectro a alguien que no lo valore adecuadamente. Como no es necesaria decisión parcial alguna para asignar el espectro ni hay que examinar las solicitudes, existen pocas posibilidades de que se impugne la decisión. No obstante, salvo que haya alguna tasa de inscripción, los adjudicatarios reciben el espectro gratuitamente. Por consiguiente, la administración puede decidir imponer una tasa por participar en el sorteo y posiblemente otros criterios de admisión que garanticen que el adjudicatario es capaz de prestar el servicio. Estas limitaciones adicionales pueden restringir el número de solicitantes y recuperar también parte del valor del espectro. Un verdadero inconveniente de los sorteos es que los lotes ganadores (licencias) tienen un verdadero valor de mercado, por lo que los ganadores pueden obtener beneficios de la venta de esas licencias en el mercado secundario. Esto puede dar lugar a problemas, pues ese valor de mercado también podría haber ido al tesoro público de haberse utilizado un procedimiento de asignación distinto, como la subasta. En la práctica no se ha recurrido con frecuencia al sorteo.

6.4 Fijación de precios del espectro

Dado que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado aunque reutilizable, debe aprovecharse con eficacia para evitar la interferencia no deseada, maximizar los beneficios que su uso comporta para cada administración y garantizar el acceso equitativo al mismo de todos los usuarios actuales y potenciales. No obstante, la liberalización de las telecomunicaciones y los avances tecnológicos que se producen continuamente han dado paso a una diversidad de nuevas aplicaciones del espectro. Estos avances, aunque suelen aumentar la eficacia de utilización del espectro, han suscitado mayor interés y demanda por el limitado recurso espectral. En

consecuencia, en ciertas zonas geográficas y para ciertos servicios y bandas de frecuencias, la demanda de espectro ha sobrepasado la disponibilidad. Al mismo tiempo la creciente tendencia a ciclos de desarrollo más cortos, ha aumentado la presión sobre los gestores de espectro para que aceleren la adopción de las decisiones sobre quiénes, y con qué tecnología, deben tener acceso al espectro.

En estas circunstancias, las políticas de tarificación basadas en los costos y los mecanismos de asignación no basados en el mercado pueden no ser la solución óptima para el acceso de gestión al espectro ya que no existe prácticamente incentivo alguno para alcanzar determinados objetivos de gestión. Las tasas descritas en esta sección pretenden específicamente influir en el comportamiento de los usuarios del espectro. De ser correctas:

- suponen por sí misma un mecanismo transparente de fomento de la utilización eficaz del espectro;
- evitan que los usuarios acaparen espectro que en realidad no necesitan;
- suponen un incentivo para migrar a bandas alternativas cuando esto resulte conveniente;
- suponen un medio de asignar con rapidez una cantidad limitada de espectro, cuando el nivel de demanda es elevado y hay una gran competencia entre los solicitantes.

Por otra parte, hay mecanismos tradicionales de asignación que son difíciles de aplicar debido al número de solicitantes, y más proclives a su impugnación debido a que el proceso resolutorio de la administración (especialmente el comparativo, el concurso) carece de la suficiente transparencia.

Estas cuestiones han provocado el desarrollo de planteamientos adicionales para la gestión del espectro que consideran, entre otros, los criterios económicos como herramienta de gestión del espectro para determinados servicios y como instrumento para calcular la estructura de las tasas por licencias. Los criterios económicos se utilizan, junto con otras herramientas de gestión del espectro más tradicionales, para mejorar la gestión del espectro y para que ésta se lleve a cabo de una forma más equitativa en beneficio de todos los usuarios de las radiocomunicaciones y de la economía en general.

6.4.1 Las tasas espectrales incentivadas

Uno de los aspectos en los que repercute la consideración de los precios del espectro es el planteamiento de las tasas por utilización del espectro, que introduce el concepto de valor económico en la estructura de las tasas espectrales.

Las tasas incentivadas pretenden recurrir a los precios para alcanzar los objetivos de gestión del espectro y por consiguiente para ofrecer incentivos a la utilización eficaz del espectro. La fórmula de las tasas incentivadas tiene la ventaja de representar hasta cierto punto la escasez del espectro y su renta diferencial («valor económico»). Por consiguiente, en este planteamiento, los niveles de las tasas de asignación no dependen de limitaciones basadas en los costes, por lo que se crea una estructura de tasas que aproxima el valor de mercado del espectro. El propósito global de las tasas incentivadas es fomentar la eficacia de utilización del espectro, con el ánimo de equilibrar la oferta y la demanda del mismo, animando a los usuarios a:

- migrar a equipos de mayor eficacia espectral;
- devolver el espectro que no necesiten; y
- migrar a una parte menos congestionada del espectro.

Así pues, la fórmula de las tasas incentivadas puede constituir también un mecanismo de ayuda a la política de redistribución del espectro.

La tasa se desarrolla a partir de una fórmula que intenta reflejar el valor inherente a la escasez del espectro. Para desarrollar la fórmula pueden tenerse en cuenta diversos elementos de la utilización del espectro. Las distintas fórmulas pueden requerir distintos servicios y bandas de frecuencias a fin de desarrollar una estructura flexible de tasas incentivadas. Normalmente una fórmula puede integrar varios criterios, por ejemplo:

- *La banda de frecuencias*

El importe de la tasa aplicada depende de la frecuencia utilizada con el fin de animar a los usuarios a desplegar nuevos servicios en aquellas partes del espectro que soportan menos presión, o a migrar los servicios existentes a bandas con capacidad disponible. La administración debe, no obstante, reconocer que ciertos servicios necesitan frecuencias, o gamas de frecuencias, específicas para funcionar, por ejemplo las comunicaciones en la banda de ondas decamétricas y los servicios meteorológicos.

– *La anchura de banda utilizada*

El importe de la tasa varía con la cantidad de espectro ocupado por el usuario. Se pretende persuadir a los usuarios de que utilicen equipos de mayor eficacia espectral, abandonen el espectro que no necesiten y soliciten, cuando son nuevos, el mínimo imprescindible. Este método ya se emplea en principio cuando se cobra por enlace en el servicio fijo o por canal en el sistema público de radiocomunicaciones móviles.

– *La exclusividad*

Ésta tiene dos aspectos. El primero de ellos es que, si todos los criterios de las aplicaciones de radiocomunicaciones son idénticos, la tasa de acceso a un canal exclusivo tiene que ser mayor que la aplicada a los usuarios que se conforman con bandas compartidas. En segundo lugar, en las bandas compartidas, si todos los demás criterios de las solicitudes de radiocomunicaciones son idénticos, las tasas aplicables a los usuarios del espectro que utilizan un número mayor de equipos radioeléctricos tiene que ser mayor que las aplicables a los usuarios que se conforman con un número menor de equipos ya que es más probable que los primeros ocupen más espectro que los últimos (lo que impediría que éstos últimos utilizaran el espectro).

– *La situación geográfica*

La tasa es más elevada para los operadores que se encuentran en zonas muy congestionadas (por ejemplo, en el centro de las ciudades) y es inferior para los que se encuentran en las zonas menos congestionadas (por ejemplo, en las zonas rurales). Obsérvese que en la práctica puede haber zonas rurales cuyo espectro esté más congestionado que el de ciertas ciudades, variando la utilización con el tipo de servicio y la banda de frecuencias.

– *La cobertura*

La tasa varía en función de la zona de cobertura de la transmisión (esto se refiere a la zona protegida, es decir a aquella que no pueden utilizar otros debido a la posesión de la licencia por parte de su titular, y es igual a la zona de cobertura más una franja de seguridad). La zona de cobertura puede utilizarse también con el significado de población alcanzada (televidentes u oyentes potenciales).

– *La concentración de enlaces de radiocomunicaciones*

Hay tarifas diferentes para la utilización de sistemas eficaces de concentración de enlaces y para los sistemas de radiocomunicaciones individuales.

El inconveniente de las tasas incentivadas es que no hay fórmula alguna, por compleja que sea, que pueda tener en cuenta todas las variaciones existentes en el mercado.

Esto requiere la definición de las tasas por licencia con el máximo cuidado, para evitar que haya una gran discrepancia entre las tasas y el valor del mercado. Por otra parte, el desarrollo de una fórmula de tasas incentivadas puede resultar arduo si tiene que reflejar con exactitud la variación de la utilización del espectro a lo largo de un país. Por último, las tasas incentivadas pueden no ser adecuadas para todos los servicios.

6.4.1.1 Tasas de espectro incentivadas basadas en el coste de oportunidad³⁷

Un método utilizado con frecuencia para determinar el valor como parte del espectro, cuando se introduce la fijación de precios del espectro, es una tasa basada en el «coste de oportunidad». Con la tasa de coste de oportunidad se intenta simular el valor de mercado del espectro calculando el valor de la segunda mejor alternativa para un espectro determinado. Por ejemplo, el coste de oportunidad para una licencia PMR puede ser un abono a licencia GSM. Por tanto, el valor de una licencia PMR puede basarse en la mejor alternativa siguiente a esa licencia PMR, es decir, un abono GSM.

Este proceso puede requerir un análisis financiero, la estimación de la demanda o estudios de mercado para obtener una valoración, así como un gran aporte de conocimientos especializados. Las fórmulas de las tasas de coste de oportunidad tienen la ventaja de perseguir directamente el interesante objetivo de simular el valor de mercado, fomentado de este modo la consideración de medios de comunicación alternativos y la devolución, por parte de los usuarios existentes, del espectro sobrante.

³⁷ Véase el Informe Final (Documento 3) de la CE 2 del UIT-D (1998).

De la misma manera que resulta extremadamente difícil establecer para las tasas incentivadas una fórmula que tenga en cuenta todas las variables que influyen en el precio del espectro en una posición concreta, también es extremadamente difícil simular con precisión una subasta, y el trabajo necesario para completar su análisis puede superar el coste de la subasta. Esta simulación depende de la evaluación de las decisiones de los consumidores individuales y de la integración, en cierto modo, de esta información en un modelo práctico. Los estudios financieros y las extrapolaciones pueden resultar útiles hasta cierto punto, pero la simulación del mercado siempre será un ejercicio muy imperfecto. No obstante, estos métodos pueden ser más ventajosos que las alternativas basadas en costes en la medida en que la gestión del espectro intenta equilibrar la oferta y la demanda y maximizar el bienestar económico. Además, en comparación con las subastas, las tasas incentivadas pueden aplicarse a las licencias de tipo general a lo largo de un periodo de tiempo más prolongado, mientras que las subastas se utilizan para asignar una serie de licencias en un momento dado y con una duración concreta.

6.4.1.2 Tasas de espectro incentivadas basadas en los ingresos brutos del usuario

Otro tipo de tasa basada en los costes puede ser la tasa basada en un porcentaje de los ingresos brutos de una empresa. El valor de los ingresos brutos utilizados para calcular la tasa debe estar directamente relacionado con la utilización que hace la empresa del espectro a fin de evitar dificultades en los procesos de contabilidad y auditoría, y para vincular los ingresos brutos con las actividades ligadas al espectro. Cuanto más se acerque esta tasa al valor económico real del espectro, más objetivos se lograrán, como se indica en el apartado dedicado a las tasas de espectro incentivadas.

El Cuadro 6-1 presenta los aspectos positivos y negativos de las tasas basadas en los costes tradicionales y de aquellas que se basan en el mercado de reciente introducción.

CUADRO 6-1

Métodos	Ventajas	Inconvenientes
Tasas simples	Aplicables a todos los usuarios. Pueden implementarse sin necesidad de largos análisis y estudios, para establecer un modelo de cálculo de tasas y fijar sus importes de acuerdo con la aplicación de radiocomunicación de que se trate. Fácil de implementar. Recupera todos los costes de expedición de la licencia, o al menos parte de ellos	Estas tasas no reflejan los costes de la administración ni el valor que el usuario atribuye al espectro. Por sí solas no fomentan la utilización eficaz desde un punto de vista técnico ni económico
Recuperación de costes	Garantiza a los usuarios del espectro que sólo se les repercuten los costes que ocasionan a la autoridad de gestión del espectro. Los impuestos recaudados a los contribuyentes en general no se utilizan para financiar actividades de la administración cuyos beneficiarios son claramente identificables	Este método no fomenta por sí solo la utilización eficaz del espectro ni desde un punto de vista técnico ni económico. El proceso de distribución de los costes totales, directos e indirectos, del organismo de gestión del espectro por medio de modelos de cálculo de tasas y tarifas resulta muy complicado. Debido a restricciones legales o prácticas (por ejemplo en el caso de las exenciones de licencia/licencias generales) puede ocurrir que no todas las actividades del organismo de gestión del espectro puedan financiarse con las tasas de recuperación de costes
Tasas basadas en los ingresos brutos de los usuarios	Vinculan el coste del espectro con el valor de las actividades comerciales que lo utilizan. Su cálculo es sencillo	Sólo aplicables a aquellos usuarios cuyos ingresos estén directamente vinculados a la utilización del espectro. No fomentan la eficacia espectral si los ingresos no son proporcionales a la cantidad de espectro utilizado. Pueden considerarse como impuestos extraordinarios
Tasas incentivadas	Fomentan la utilización eficaz del espectro. Recuperan todos los costes de expedición de licencias, o al menos algunos de ellos, aunque no es el objetivo de estas tasas	Pueden exigir un gran esfuerzo para aproximarse a los valores de mercado. Pueden no ser idóneas para todos los servicios
Tasas basadas en los costes de oportunidad	Buena aproximación al valor de mercado del espectro. Fomenta la utilización eficaz del espectro. Es una tasa incentivada	Puede requerir una gran cantidad de datos y análisis. Sólo se aplican a una parte limitada del espectro (sólo se consideran los usuarios y usos en competencia por una determinada banda de frecuencias)

6.5 Derechos sobre el espectro

Como consecuencia de la definición de los precios del espectro, algunas administraciones y titulares de licencias han reconsiderado los derechos y permisos asociados a las licencias, lo que éstas amparan, cómo deben definirse y si son enajenables. En general, hay espectro exento de licencia, que no necesita de una licencia individual, o espectro sometido a licencia. Sólo en este último caso es posible comerciar con las licencias, que dan derechos específicos sobre el espectro, como la duración de la utilización, la utilización de determinadas frecuencias cerca de las fronteras y, en determinados casos, conllevan también obligaciones de desarrollo, etc., incluso pueden definirse condiciones y obligaciones para la compartición del espectro sometido a licencia con otros usuarios.

6.5.1 Cómo definir los derechos sobre el espectro

El espectro es análogo en ciertos aspectos a la tierra en cuanto a que puede dividirse en «parcelas» susceptibles de transmisión o arrendamiento. No obstante, el espectro no es tan fácil de definir ni delinear como la tierra, ya que la propagación de las ondas radioeléctricas no está limitada por fronteras físicas. Por otra parte, aunque el concepto de «venta de espectro» suela utilizarse en relación con las subastas, se trata tan solo de una idea teórica. En la práctica lo que se concede es la licencia, y la subasta es un mecanismo comercial de asignación.

El alcance de los derechos que el usuario obtiene depende de la licencia específica con condiciones y exclusiones. Estos derechos se confieren al usuario en el momento de la asignación del espectro. Los derechos sobre el espectro suelen definir detalladamente las características exactas, técnicas u operacionales, del sistema de radiocomunicación que se utilizará desde un emplazamiento específico, o dentro de una zona específica.

Con los mecanismos tradicionales de concesión de licencias, se suele admitir que la administración conserva, entre otros, los derechos de modificar las condiciones de la licencia, resolver las denuncias de interferencia y responsabilizarse de las cuestiones internacionales relacionadas con el espectro. La introducción de sistemas de fijación de precios del espectro, por ejemplo mediante subasta, ha llevado a los solicitantes de licencias en competencia a plantear cuestiones sobre el alcance de las condiciones que les serán impuestas. Estas cuestiones han surgido por los siguientes motivos:

- para el usuario del espectro, la licencia se considera un activo³⁸ (con independencia de la duración de la licencia, aunque cuanto mayor sea la duración de ésta mayor será también el valor de la misma) que puede utilizarse para financiar sus programas de desarrollo. Cuantas menos restricciones se impongan sobre la utilización del espectro mayor será el valor de la licencia y, a la inversa, cuantas más restricciones menor valor;
- las subastas suelen convocarse con arreglo a un conjunto de criterios que especifican las condiciones que se aplican a la oferta de licencia del espectro, y que pueden ser complementarias al conjunto de derechos sobre el espectro otorgados por la licencia, y a los que conserva la administración. Cuando estos criterios contradigan los derechos sobre el espectro, o no reflejen exactamente los derechos sobre el espectro asociados a una licencia, pueden:
 - impedir la operación de la subasta, o
 - si con posterioridad fueran objeto de pleito entre el titular de la licencia y la administración, plantear dudas sobre el valor de la licencia – lo que podría desembocar en un pleito contra la administración o en una demanda de compensación.

Es muy importante definir claramente los derechos sobre el espectro para los procesos de subasta y comercio posteriores. Resulta evidente la conveniencia de que haya un cierto grado de flexibilidad en la definición de los derechos sobre el espectro del titular de la licencia, a pesar de las limitaciones existentes. Concretamente, la capacidad que tiene el titular de la licencia de modificar el servicio prestado puede plantear dificultades, especialmente cuando hay varios países fronterizos, en relación con:

- los posibles problemas técnicos y de interferencia consecuencia de la existencia de tipos diferentes de servicios que funcionan en la misma banda de frecuencias o en la misma frecuencia;
- la repercusión de la modificación del servicio prestado por el titular de la licencia (aprovechándose de los cambios en las condiciones comerciales) sobre los usuarios del servicio existente.

En el primer caso, aunque puede ser posible explotar ciertos servicios en la misma banda de frecuencias hay que considerarlos caso por caso. También hay que tener en cuenta la cuestión de la protección contra la interferencia transfronteriza que se plantearía si una atribución nacional no se ajustase al Artículo 5 del RR.

En el último caso, el titular de la licencia puede encontrar problemas de orden práctico para cambiar el servicio prestado ya que es probable que necesite amortizar la inversión inicial en sistemas y servicios, lo que habría que considerar si se migrase a un servicio nuevo, además de años de vigencia de la licencia. Hay además otros factores que pueden afectar a la amortización de la inversión (tanto en el servicio existente como en el servicio sustitutivo planificado), tal como la disponibilidad de nuevos equipos para la prestación del servicio sustitutivo,

³⁸ En esta sección no se utiliza activo con el significado habitual en contabilidad.

el tiempo necesario para desplegar éste y los nuevos equipos destinados a los usuarios. En un entorno competitivo donde se maximicen los beneficios, el titular de la licencia será el más capacitado para tomar tales decisiones.

6.5.2 Papel de la administración en la definición de los derechos sobre el espectro

Los derechos sobre el espectro que se reserva la administración son importantes para ésta y para los posibles solicitantes en competencia por el espectro. También son importantes para los países vecinos de la administración³⁹. Así pues, al otorgar al titular de la licencia mayores derechos e incluso la capacidad de modificar aspectos del servicio prestado o de sus características técnicas, la administración necesita verificar que, al definir los derechos sobre el espectro, se garantizan los derechos de los países vecinos. Esto mismo se aplica a los usuarios de frecuencias vecinos dentro del mismo país. Desde una perspectiva internacional, la administración debe reservarse los derechos sobre el espectro necesarios para:

- constituir el punto de contacto internacional para cuestiones de radiocomunicaciones;
- asumir la responsabilidad de todas las señales radioeléctricas con origen en su territorio;
- cumplir con sus obligaciones con arreglo a los acuerdos y tratados internacionales (por ejemplo la Constitución de la UIT) y en particular con el derecho a reclamar el espectro antes de la caducidad de la licencia cuando sea necesario, por ejemplo, para satisfacer los requisitos de un acuerdo internacional de retribución del espectro con carácter regional o mundial.

Los derechos mencionados sobre el espectro son probablemente los mínimos que las administraciones desearían retener, pudiendo haber en la práctica requisitos adicionales, dependiendo de la legislación de cada país y de la estructura y organización del proceso de gestión nacional del espectro.

6.5.3 Duración de la licencia

El periodo de validez de la licencia varía entre países. Normalmente la vigencia de la licencia oscila entre 1, 5, 10, 15 o, incluso, 20 años, aunque hay licencias especiales que pueden ser más cortas y países en los que las licencias pueden expedirse por un periodo indefinido sin perjuicio del pago anual de una tasa. El pago anual de una tasa no confiere a la licencia carácter anual. La mayor duración del periodo de validez de la licencia no implica automáticamente mayor seguridad de posesión, ya que ésta depende de las condiciones propias de la licencia. No obstante, la renovación anual puede facilitar a la administración, o hacer más conveniente, la cancelación de la licencia, en contraposición a los procedimientos de revocación, cuando a la licencia le quedan varios años de vigencia. Sin embargo, bajo un régimen de subastas, precios incentivados y comerciabilidad de las licencias, finalmente será un régimen de licencia perpetua el que ofrecerá las mejores características, pues es un proceso de mercado descentralizado constante en el que el gobierno deseará intervenir lo menos posible.

6.5.4 Enajenación de los derechos sobre el espectro

Ningún mecanismo de asignación puede contemplar la aparición posterior de alguien que aproveche mejor el espectro; por ello las administraciones necesitan un mecanismo que garantice que el espectro continúa utilizándose con eficacia. Hay dos soluciones a este problema, que se han examinado en varios países.

- *La enajenación de los derechos sobre el espectro* – la transmisión a un tercero, ya sea total o parcial, de los derechos del titular sobre el espectro.
- *La flexibilización de los derechos sobre el espectro* – el permiso al titular de la licencia para que modifique sus derechos sobre el espectro de modo que pueda cambiar las técnicas de modulación, las densidades de población, las potencias de transmisión, las frecuencias, etc.

O una combinación de ambas.

En algunos países se puede aplicar la enajenación y/o la flexibilización de derechos sobre el espectro con permiso de la administración dentro del marco legal vigente. No obstante, esto implica directamente a la administración en el proceso de decisión y puede introducir demoras y limitaciones.

³⁹ En este contexto el concepto de vecindad depende de las distancias de propagación, pudiendo extenderse a 1 000 millas e incluso más, dependiendo de la frecuencia y de si la propagación sigue un trayecto sobre tierra o mar.

La definición de los derechos sobre el espectro tiene que ser o más clara, pero también lo menos restrictiva (flexible) posible para evitar restricciones innecesarias sobre la operación de los mismos y garantizar su plena eficacia económica. Una definición menos restrictiva permite al titular de la licencia elegir los servicios que desea prestar al usuario final, siempre y cuando se garantice que no se provoca interferencia a otros usuarios del espectro. En el otro extremo de la escala, la forma más restrictiva de derechos sobre el espectro limita las posibilidades de enajenación dentro de una atribución específica y de un conjunto de parámetros técnicos estrictamente definidos, y es posible que no se goce de la suficiente flexibilidad como para alcanzar la eficacia económica. La solución idónea es intermedia entre estos dos extremos y debe encontrar un equilibrio aceptable entre eficacia económica y adopción de parámetros técnicos restrictivos, lo que puede conseguirse en determinadas circunstancias permitiendo a los titulares negociar sus derechos de emisión.

6.5.5 El mercado secundario

La introducción de derechos enajenables sobre el espectro en el marco de las condiciones de la licencia y del área geográfica en cuestión permite crear un mercado secundario. Ello depende de la demanda y la oferta de frecuencias y licencias en una cierta gama de frecuencias y de la estructura del mercado en esos países, sea o no sea éste muy dinámico o estático. Para que existiese un mercado secundario los derechos sobre el espectro tendrían que ser enajenables y las licencias gozar de la adecuada seguridad de tenencia y vigencia. La posibilidad de comprar y vender espectro fomenta su eficacia de utilización gracias a que los titulares de las licencias dispondrían de un mecanismo para obtener beneficios económicos del espectro que ya no necesitasen o podrían venderlo obteniendo un beneficio superior al que generarían explotando su propia licencia.

Toda enajenación de derechos tiene que registrarse en el organismo de gestión del espectro en algún tipo de «registro de frecuencias y titulares» y, como en cualquier otro mercado, una «autoridad antimonopolio» deberá garantizar la competencia leal y evitar el dominio del mercado. Concretamente sería necesario legislar en materia de libre competencia para evitar el dominio de mercado de los titulares (monopolios) que podría resultar del acaparamiento de espectro y la colusión. Durante el desarrollo de un mercado de espectro, probablemente sea necesario crear organizaciones que faciliten la reventa de frecuencia y, tal vez, servicios de comercialización de espectro.

CUADRO 6-2

Fijación del precio del espectro*

Temas	Subtemas	Apartados
Precios incentivados («valor» del espectro)	<ul style="list-style-type: none"> – «variables económicas» de cálculo de la tasa (fórmula de la tasa): <ul style="list-style-type: none"> – anchura de banda – exclusividad – emplazamiento geográfico – cobertura – etc. – tasas basadas en los ingresos brutos – tasas basadas en los costes de oportunidad 	§ 6.4; § 6.4.1 § 6.4.1b) § 6.4.1a) § 6.4.1c)
Tasas basadas en los costes	– Tasas basadas en cualquier tipo de sistemas o cálculos de asignación de costes	§ 6.2.2.2 § 6.2.3
Tasas simples	Tasa simple por el disfrute de un recurso público	§ 6.2.2.1 § 6.3.4
Subastas Pujas en «licitaciones comparativas» Pujas en concursos	Puja del ganador	§ 6.4.2 § 6.3.2
Mercado secundario	Transmisión de los «derechos de utilización de la frecuencia» por adquisición del nuevo usuario al anterior	§ 6.5.3 § 6.5.1.4 § 6.5.1.5

* Debe observarse de que no se trata forzosamente de elegir *entre* los distintos tipos de precios mostrados. En un determinado país pueden *coexistir* distintos tipos de precios, pudiendo combinarse mecanismos diferentes de fijación de precios.

6.5.6 Gestión de la transición de la financiación del espectro

El crecimiento o disminución del nivel de beneficios económicos obtenidos de las radiocomunicaciones depende de la eficacia de utilización del espectro y de la efectividad de su gestión. La determinación de precios del espectro y la definición de derechos sobre el espectro puede tener una importante repercusión sobre los procesos de gestión del espectro.

De hecho, las subastas de espectro, la fijación de precios de espectro y su comercio son resultado de la transformación de un régimen de gestión de frecuencias tradicional, con frecuencia denominado de «instrucción y control», en un régimen basado en los mecanismos del mercado. En último término, el objetivo principal de esta transición es dejar al titular de la licencia decidir cómo y cuánto espectro necesita para maximizar los beneficios en un entorno competitivo de mercado («atribución descentralizada»). Para ello es necesario que las administraciones cambien de punto de vista y que se cree una nueva cultura en que se reduzca el papel de las administraciones y deje de definirse detalladamente quién puede utilizar las frecuencias, en qué condiciones y bajo qué circunstancias. Este nuevo enfoque se considera necesario en un mercado de TIC competitivo a nivel mundial, donde la evolución tecnológica y la innovación son muy rápidas. Un método de gestión de frecuencias de mercado y más flexible generará mayores beneficios económicos para la sociedad.

6.5.7 Coste de la redistribución del espectro (como método de gestión del espectro)

La redistribución es una herramienta de gestión del espectro que permite observar el calendario de disponibilidad de frecuencias establecido para los recién llegados. Este asunto está en estudio en la Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicación (véase la Recomendación UIT-R SM.1603). Las experiencias obtenidas en Francia sobre la redistribución del espectro constituyen un ejemplo de redistribución del espectro. No obstante, los principios generales identificados pueden aplicarse sin problemas a otros países (véase el Anexo 2). También ha de tenerse en cuenta que, en un contexto evolutivo donde cada vez se puede comerciar más con el espectro, la redistribución del espectro por parte del gobierno central puede perder parte de su importancia relativa.

ANEXO 1 AL CAPÍTULO 6

Ejemplo de fijación de precios del espectro (Nueva Zelanda)

En Nueva Zelanda se ha establecido un mecanismo de gestión del espectro inspirado esencialmente en los principios del mercado libre, con arreglo a la Ley de Radiocomunicaciones de 1989. El Ministerio de Comercio ha arrendado mediante subasta «derechos de gestión» para bandas de frecuencias seleccionadas, con una vigencia de 20 años. Estos derechos de gestión pueden transferirse, subdividirse o agregarse. El titular de los derechos de gestión arrienda «derechos de licencia» de la duración indicada, a sí mismo o a otros usuarios potenciales, teniendo el titular de los derechos de licencia la obligación de instalar radiotransmisores de la frecuencia de portadora, potencia y tipo de emisión especificados en los emplazamientos indicados, para utilizarse en los fines de su interés. El titular de los derechos de la licencia abona una tasa anual para cubrir los costes del Ministerio y es responsable de que la radiación más allá de los límites de frecuencia del arrendamiento del titular de los derechos de gestión, no supere los niveles establecidos. Estos derechos de licencia también son comerciales. Las bandas de frecuencias que quedan fuera de este esquema, y entre ellas aquellas en las que se considera probable la aparición de problemas importantes de interferencia internacional, continúan siendo gestionadas por el Ministerio de Comercio.

El cambio de rumbo radical de Nueva Zelanda no ha sido imitado hasta la fecha por ningún otro país. Probablemente el aislamiento geográfico de Nueva Zelanda permite la ejecución de prácticas que no serían viables en otro lugar. No obstante, se han emprendido en varios países una diversidad de iniciativas de fijación de precios del espectro más limitadas, que vinculan la presión económica con métodos de gestión del espectro más convencionales, por ejemplo en relación con los sistemas privados de radiocomunicaciones.

ANEXO 2

AL CAPÍTULO 6

Coste de la redistribución del espectro (Francia)

1 Intereses que motivan la decisión de redistribuir el espectro

Para obtener la autorización de redistribución de las bandas de RF, la comunidad en conjunto debe obtener suficientes beneficios de la misma. Éstos se traducen, en términos económicos, en la maximización del excedente comunitario. Dicho de otro modo, debe alcanzarse un punto de equilibrio de modo que ninguna otra utilización del espectro pueda mejorar el excedente comunitario, de acuerdo con el criterio de optimización de Pareto.

Para encontrar el punto de equilibrio resulta útil comparar las preferencias (utilidades) de los diversos participantes implicados. Sus funciones de utilidad se expresan en términos de valor privado y valor social para la comunidad. El valor privado corresponde a los beneficios que pueden obtener de la utilización de las bandas de frecuencias, mientras que el valor social corresponde a la importancia del servicio para la sociedad en general. El cálculo del valor privado es bastante simple, mientras que la cuantificación del valor social es relativamente compleja. Se puede recurrir al concepto de «oportunidad» para evaluar el valor social del servicio, dicho de otro modo, se puede calcular lo que costaría a la comunidad la carencia del servicio.

En lo que se refiere al proceso de redistribución del espectro, es necesario comparar las utilidades en cuanto al valor privado y al valor social del agente al que se pide que libere las bandas de frecuencias y del agente entrante.

Sean U_{saliente} y U_{entrante} las respectivas utilidades (incluidos los valores privado y social) del operador que libera el espectro y del que lo sustituye. Sea $C_{\text{liberación}}$ el coste de redistribución del espectro para el saliente:

- si $U_{\text{entrante}} > U_{\text{saliente}} + C_{\text{liberación}}$ la liberación es óptima desde un punto de vista social y económico,
- si $U_{\text{entrante}} < U_{\text{saliente}}$ la liberación no es óptima desde un punto social o económico, y
- si $U_{\text{saliente}} < U_{\text{entrante}} < U_{\text{saliente}} + C_{\text{liberación}}$ debe tomarse una decisión.

2 El coste de la redistribución

Se supone que, como resultado de la redistribución, el usuario de una banda de frecuencias se ve obligado a liberar la misma y proseguir su actividad en otra diferente o utilizar una solución viable ajena a la radiocomunicación. Para este usuario, la obligación de liberar la banda de frecuencias puede suponer un coste «adicional» que no habría contraído de no existir esta obligación. En lo sucesivo, este coste adicional se denominará «coste de redistribución». El coste de liberación $C_{\text{liberación}}$ citado anteriormente está incluido en el coste de redistribución.

En el sector de telecomunicaciones en particular, el valor de reventa de los equipos afectados por la migración suele ser desconocido. Las inversiones efectuadas en estas redes se denominan a menudo «costes hundidos» para los usuarios. Esto significa que, de cesar en su actividad, los usuarios no podrían recuperar su inversión. El cálculo del valor residual permite determinar el valor teórico de estos equipos cuando no pueden ser objeto de reventa. Resulta útil distinguir entre el valor residual contable y el valor residual económico. Por este motivo, se contemplan dos métodos de cálculo de los costes de redistribución, que se presentan a continuación:

- el cálculo basado en el valor residual contable;
- el cálculo basado en el valor residual económico.

3 Cálculo de los costes de redistribución basado en el valor residual contable

El método del valor contable se aplica en particular cuando el agente saliente lleva una contabilidad normal. Además, cuando se trata de una actividad comercial, este método tiene en cuenta las ventajas fiscales que el saliente ha disfrutado por la amortización de sus equipos.

3.1 Evaluación del coste de liberación de la banda de frecuencias soportado por el usuario

Migración a otra parte del espectro o salida del mismo

En primer lugar debe determinarse si el usuario saliente está obligado a utilizar frecuencias radioeléctricas y a proseguir sus actividades. De ser éste el caso (como ocurre, por ejemplo, con los operadores de servicios móviles), el usuario saliente se desplaza a otra banda de frecuencias, evaluándose el coste «Cd» de dicho desplazamiento a otra parte del espectro. De no ser éste el caso (como ocurre por ejemplo con los organismos que poseen enlaces de radiocomunicaciones del servicio fijo), deben contemplarse las dos hipótesis siguientes:

- el usuario se desplaza a una banda de frecuencias diferente y se evalúa el coste Cd;
- el usuario abandona la utilización de frecuencias para migrar a un sistema alternativo basado en comunicaciones alámbricas y se evalúa el coste Cs correspondiente al abandono del espectro radioeléctrico.

La elección entre estas dos hipótesis, en base exclusivamente a criterios económicos, supone la adopción de la menos costosa de ambas.

Sea Ci el coste soportado por el usuario al liberar la banda de frecuencias. Si el usuario se ve obligado a ocupar una banda de frecuencias diferente, Ci es igual a Cd, pero si el usuario tiene la posibilidad de adoptar una solución basada en comunicaciones alámbricas, Ci es igual al menor de Cd y Cs.

3.2 Valor residual contable Vrc

En este método se tiene en cuenta la antigüedad de los equipos del usuario saliente, y se toma su valor residual contable «Vrc ». La definición habitual de valor residual contable de un elemento de equipamiento es la siguiente:

$$Vrc = \text{precio de adquisición del equipo listo para funcionar} - \text{amortización}$$

Vrc representa el valor de la fracción de equipo por amortizar. Si en esta etapa de la amortización su usuario ya no pudiera utilizar el equipo, soportaría, de acuerdo con la teoría contable, un coste igual a Vrc.

3.3 Costes de renovación

Debido a la evolución tecnológica y al envejecimiento de los equipos, quien ocupa una banda de frecuencias se ve obligado a renovar los equipos aunque no cambie de bandas de frecuencias. Sea Cr el coste de renovación de los equipos, con idénticas propiedades en la misma banda de frecuencias. En este caso Cr representa el coste que soportaría este ocupante aunque no hubiese redistribución de espectro.

3.4 Cálculo del coste de redistribución

Sea un usuario de una banda de frecuencias cuyo equipo actual tenga un valor residual contable Vrc, que tenga que abandonar esta banda debido a su redistribución. La liberación de la banda supone que tiene que desembolsar una cantidad igual a Ci (véase el § 3.1) para poder proseguir sus actividades. El hecho de abandonar la banda supondrá con toda probabilidad que le resultará imposible utilizar sus equipos actuales, por lo que incurrirá en unas pérdidas iguales a Vrc (véase el § 3.2). De permanecer en la banda, tendría que desembolsar una cantidad igual a Cr (véase el § 3.3). Por consiguiente se tiene la siguiente relación:

$$\text{Coste de redistribución} = \text{coste adicional para el usuario obligado a liberar} \\ \text{la banda de frecuencias} = Ci + Vrc - Cr$$

Observaciones:

- si el resultado del cálculo es un coste de redistribución negativo, significa que el usuario tiene interés en liberar voluntariamente la banda de frecuencias que ocupa actualmente;
- el cálculo del coste de redistribución de una banda de frecuencias requiere, en cada caso, una peritación para determinar los costes reales de la red existente y de la nueva red.

Los resultados del cálculo son muy sensibles a la tasa de amortización y a la arquitectura de la red existente.

4 Cálculo del coste de redistribución basado en el valor residual económico

El planteamiento económico permite, entre otras cosas, dejar a un lado los siguientes aspectos:

- el hecho de que la vida útil real de los equipos pueda ser diferente de la utilizada a efectos contables⁴⁰ (determinada en base a los plazos de amortización);
- la posibilidad de que el usuario saliente no utilice un plan de amortización.

Análisis del valor de las redes

Una vez que el entrante ha reconocido su interés en la utilización de sistemas radioeléctricos para prestar su servicio y que se haya establecido que el valor del entrante es superior al valor del saliente más el coste de la migración (dicho de otro modo $U_{\text{entrante}} > U_{\text{saliente}} + C_{\text{liberación}}$), el saliente tiene cinco posibilidades:

- *Cesar en su actividad:* el saliente presta un servicio de escaso valor para la sociedad, de tecnología obsoleta o que ya no tiene razón de ser. En todos estos casos es preferible que el saliente cese en su actividad.
- *Compartir las bandas de frecuencias para un único servicio:* el operador existente utiliza las frecuencias ineficazmente, o bien es incapaz de justificar la cantidad de la que dispone. En este caso podría aceptar la acomodación de otro operador que preste el mismo servicio, sin que ello le ocasionase ningún problema técnico.
- *Compartir las bandas de frecuencias entre distintos servicios:* el entrante puede explotar las bandas de frecuencias del anfitrión sin que el operador existente tenga que desplazarse, por lo que este último puede continuar explotando el espectro sin que el entrante provoque interferencia. Esta solución es la de compartición de bandas de frecuencias para la prestación de usos diferentes.
- *Desplazar su actividad a otra banda de frecuencias anfitriona:* el entrante tiene la exclusividad de uso de toda la banda de frecuencias y el operador saliente debe trasladar su actividad a otra banda de frecuencias.
- *Trasladar su actividad a una plataforma totalmente distinta:* el entrante desea disfrutar de la exclusividad de uso de toda la banda de frecuencias por lo que el operador saliente debe trasladar su actividad. El examen de esta situación pone de manifiesto que el coste de desarrollo de la actividad del saliente en otras bandas de frecuencias es mayor que el de la misma actividad realizada con tecnologías alámbricas (cable, fibra óptica, etc.). Por consiguiente, cuando no haya que cambiar el servicio, es más conveniente que el saliente abandone las bandas de frecuencias y migre a una plataforma alternativa.

⁴⁰ La amortización a efectos contables es distinta de la depreciación económica. Se pueden utilizar equipos totalmente amortizados durante varios años antes de reemplazarlos. En términos concretos, la depreciación económica es la suma de un término de depreciación (pérdida del valor nominal del equipo a lo largo de un año) y del término que representa la remuneración del capital fijo a la tasa de descuento k (o coste de capital). En los costes financieros asentados en la contabilidad sólo se incluye la remuneración de la porción del capital financiada por préstamos (deuda). En consecuencia, la amortización a efectos contables correspondiente al coste de utilización constante (inversión dividida por la vida útil de los equipos utilizado en contabilidad) y gastos financieros decrecientes, presenta una diferencia de cobertura comparada con la depreciación económica. Para esta última, la remuneración se aplica al valor del capital total de la inversión en cuestión, dado que parte de la financiación se obtiene de hecho internamente. Así pues, cubre tanto el equivalente de los gastos financieros como la remuneración de la inversión procedente de los propios recursos (remuneración de accionistas, etc.).

Cada uno de estos casos puede abordarse tras un estudio económico de las alternativas de inversión.

En los trabajos realizados en Francia sobre desagregación del bucle local y cálculo de costes de la red, se examinaron los costes de redistribución comparando las distintas alternativas (denominadas «configuraciones»). Cuando un operador (denominado saliente) tenga que abandonar su banda de frecuencias (total o parcialmente) y trasladarse a una banda de frecuencias o plataforma diferente (o simplemente ajustar su utilización de la banda de frecuencias para acomodar a otro operador), esta salida no debe perjudicarlo. El traslado debe suponer un incentivo para el saliente, de lo contrario no abandonará la banda de frecuencias o intentará demorar su salida. Sin embargo, el traslado del operador no debe generar beneficios. La conclusión es que debe encontrarse el punto de equilibrio mediante el cálculo de una compensación «justa». Esto se hace por comparación entre la situación del saliente, que tiene que soportar los costes del traslado, y la situación del mismo operador de no haber tenido que trasladarse y haber soportado únicamente el coste de renovación de sus equipos.

5 Presupuesto de gastos y procedimientos de redistribución

5.1 El presupuesto de gastos de la redistribución

Este presupuesto lo gestiona el organismo responsable de la gestión del espectro (*Agence Nationale des Fréquences*, ANFR) con unas partidas específicas estrictamente independientes del presupuesto general de la ANFR. Dicho presupuesto puede financiarse de diversas maneras, entre otras con las aportaciones de entidades públicas para las necesidades de la redistribución. Hasta el momento, las únicas aportaciones son las procedentes del Ministerio de Economía, Hacienda e Industria.

El Ministerio de Economía, Hacienda e Industria aporta los créditos presupuestarios iniciales, que ascienden a 3 millones de euros anuales, y que se incrementarán en cantidades a determinar cada año, caso por caso, dependiendo de las circunstancias. Entre 1997 y 2001 las aportaciones del Ministerio de Economía, Hacienda e Industria ascendieron a 65 millones de euros debido a los traslados necesarios para acomodar las aplicaciones GSM 1800, IMT-2000 y SRD (y entre éstas, Blue Tooth). Más adelante, también se recibirán aportaciones de personas privadas. Se puede solicitar a los usuarios que ingresen sus aportaciones al presupuesto en el momento en que se les conceda la nueva banda de frecuencias. Por ejemplo, los operadores de GSM contribuirán en 2002 por las frecuencias adicionales en la banda de 1,8 GHz, mientras que los operadores de las IMT-2000 contribuirán sólo tras la concesión de las autorizaciones, o sea en septiembre de 2001.

Los Ministerios y organismos independientes (o las entidades delegadas a estos efectos) que se benefician del presupuesto de la redistribución, firman convenios de redistribución con la ANFR.

El Consejo de la ANFR, en el que están representados todos los Ministerios y organismos implicados, aprueba estos convenios. El total acumulado correspondiente a los convenios firmados desde el 30 de junio de 2002 asciende a 59 millones de euros. Las entidades que ya se han beneficiado del presupuesto de redistribución son principalmente el operador France Telecom y el Ministerio de Defensa. Otros beneficiarios importantes son EDF y SNCF.

5.2 Procedimientos de redistribución

Los procedimientos los ejecutan las administraciones responsables de la asignación de frecuencias antes de la reatribución de la banda de frecuencias. En Francia, los organismos encargados de la asignación de frecuencias se denominan «afectatarios (*affectataires*)».

Las tareas delegadas por el Estado a la ANFR, a petición de aquellos, son las siguientes:

- preparar la evaluación de los diversos elementos de coste y definir los principios de la redistribución;
- proponer un calendario para la operación de redistribución;
- organizar la supervisión del procedimiento;
- gestionar el presupuesto de la redistribución.

Para llevar a cabo estas tareas, la ANFR se apoya en varias comisiones en las que se busca el consenso. Las Comisiones implicadas en la operación de redistribución son las siguientes:

CPF: *Commission pour la Planification des Fréquences* (Comisión de Planificación de Frecuencias).

Esta Comisión recibe, examina y coordina las solicitudes de frecuencias procedentes de los organismos responsables.

Su cometido es el siguiente:

- definir y mantener actualizado el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias y armonizar la utilización de éstas cuando sea necesario;
- examinar todas las cuestiones sobre utilización y atribución de frecuencias con implicaciones nacionales o internacionales;
- publicar directivas para la *Commission d'Assignment des Fréquences*, CAF (Comisión de Asignación de Frecuencias), que es responsable y actúa como organismo de apelación.

CSPR: *Commission de Synthèse et Prospective des Radiocommunications* (Comisión de Síntesis y Prospectiva de las Radiocomunicaciones).

La CSPR contribuye a los análisis prospectivos del espectro de RF para optimizar su uso por parte de los sectores público y privado, y formula propuestas sobre reglas de compatibilidad electromagnética, ingeniería del espectro y normas necesarias para garantizar la adecuada utilización de los sistemas de radiocomunicaciones.

La CSPR reúne a los representantes de los departamentos afectados, así como a los operadores de las redes abiertas al público y a las industrias afectadas.

La CSPR funciona con ayuda de cuatro subcomisiones:

- CCE: *Commission de Compatibilité électromagnétique* (Comisión de Compatibilidad Electromagnética).
- CVS: *Commission de Valorisation du Spectre* (Comisión de Valorización del Espectro).
- CRDS: *Commission des revues du Spectre* (Comisión de Revisión del Espectro).
- CFRS: *Commission du Fonds de Réaménagement du Spectre* (Comisión de Fondos de Redistribución del Espectro).

Normalmente todas las decisiones se toman por consenso. No obstante, cuando esto no es posible, las decisiones las toma el Consejo de la ANFR que es el órgano decisorio superior en asuntos relativos al espectro de frecuencias. Puede iniciarse un procedimiento de apelación ante el Gabinete del Primer Ministro a petición de un miembro del Consejo de la ANFR.

Hasta la fecha todos los casos de redistribución se han abordado con arreglo al procedimiento habitual, alcanzándose el consenso en las comisiones afectadas y con garantía de total transparencia.

ANEXO 3

AL CAPÍTULO 6

**Ejemplo de subasta de espectro
(República de Corea)****1 Introducción**

Las subastas de espectro son un medio de determinar el precio de mercado de la asignación de frecuencias para las comunicaciones móviles comerciales basándose en la competencia, empleando la subasta como método para asignar las frecuencias cuando resulta difícil definir el precio de mercado.

En el pasado, las asignaciones de frecuencias para comunicaciones móviles se realizaban imponiendo una tasa de espectro, que no reflejaba plenamente el valor económico y de mercado. Por eso se introdujo la subasta como método para asignar frecuencias, dado el aumento de la demanda de frecuencias, que son un recurso limitado.

Se considera eficaz recurrir a las subastas de espectro para operadores móviles para la asignación de recursos de espectro escasos en un mercado basado en la competencia.

La República de Corea quiere compartir con otros países sus experiencias en asignación de espectro a servicios de comunicaciones móviles, que han tenido lugar en un periodo de tiempo relativamente corto.

2 Historia

En julio de 2010 se aprobó el plan de revisión de la Ley de Ondas Radioeléctricas, que preveía la introducción de un sistema de subasta de espectro, que entró en vigor el 1 de enero de 2011.

En la Ley revisada el método principal de asignación de frecuencias sobre la base de un precio competitivo es la subasta. Sin embargo, se pueden asignar frecuencias a operadores móviles aplicándoles una tasa de espectro en circunstancias especiales, cuando no hay demanda competitiva de las frecuencias en cuestión.

Cuando el espectro se asigna aplicando una tasa, se ha de tener en cuenta el valor económico del espectro, que depende del valor de la banda de frecuencias y del ancho de banda del sistema. También se han de tener en cuenta los elementos siguientes:

- eficiencia en la utilización de los recursos radioeléctricos;
- capacidad financiera del solicitante;
- capacidad técnica del solicitante;
- características técnicas de las frecuencias que se van a asignar, repercusión de dicha atribución de frecuencias en el mercado de las telecomunicaciones y otros puntos pertinentes.

3 Subasta

Para la venta de tres bandas, 800 MHz, 1,8 GHz y 2,1 GHz, por subasta, las tres subastas han de realizarse simultáneamente y se utilizará el método de subasta ascendente simultánea. El ganador se determina mediante el procedimiento de puja en múltiples etapas (rondas), descrito en la cláusula 6.4.1. Se fija un precio de salida, que es la oferta mínima que se puede presentar, que va subiendo a medida que se pasa de una etapa a otra.

La oferta mínima es fija en la primera ronda y, a partir de la segunda, se calcula añadiendo un incremento al precio de salida de la ronda anterior.

Al finalizar cada ronda, se anota la oferta más alta presentada para cada banda de frecuencia y se comunica a todos los licitantes el precio de salida de cada banda de frecuencias al inicio de la siguiente ronda.

4 Proceso y resultados de la subasta de espectro

4.1 Primera subasta de espectro

Agosto de 2011.

4.2 Objeto de la asignación

Las frecuencias subastadas fueron las de la banda de 800 MHz (10 MHz de ancho de banda), la banda de 1,8 GHz (20 MHz de ancho de banda) y la banda de 2,1 GHz (20 MHz de ancho de banda).

No se podían otorgar más de 20 MHz de ancho de banda por operador.

4.3 Fecha de la asignación

La banda de 800 MHz se asignó el 1 de julio de 2012. Las bandas de 1,8 GHz y 2,1 GHz se asignarán en la fecha en que se notifiquen los resultados. El periodo de asignación es de 10 años a partir de la fecha de notificación.

4.4 Precio competitivo mínimo

El precio de salida fue de 261 miles de millones KRW para la banda de 800 MHz, de 445,5 miles de millones KRW para la banda de 1,8 GHz y de 445,5 miles de millones KRW para la banda de 2,1 GHz. En el Cuadro 1 se resumen las frecuencias presentadas a subasta y el resultado de la misma.

CUADRO 1

Frecuencias presentadas a subasta y resultado de la misma

Banda	Frecuencias presentadas a subasta (MHz)		Fecha de asignación	Periodo de asignación	Precio final
	Superior	Inferior			
800 MHz	819-824	864-869	1 de julio de 2012	10 años	261 miles de millones KRW (Empresa A)
1,8 GHz	1755-1765	1850-1860	Fecha de notificación	10 años	995 miles de millones KRW (Empresa B)
2,1 GHz	1920-1930	2110-2120	Fecha de notificación	10 años	445,5 miles de millones KRW (Empresa C)

4.5 En Corea se considera que la utilización de la subasta ha sido un éxito y en esta experiencia se basará la futura política de asignación de frecuencias comerciales.

5 Conclusión

Una vez examinados el proceso de subasta y su resultado, el gobierno ha reconocido que se trata de un proceso estable que mejora la equidad y eficacia de la asignación de frecuencias.

Bibliografía

Textos del UIT-R

Informe UIT-R SM.2012 – Aspectos económicos de la gestión del espectro

Textos de la CEPT

Informe ECC 53, «*Cost Allocation and Accounting systems used to finance the radio administration in CEPT countries*».

CAPÍTULO 7

Automatización de las actividades de gestión del espectro**Índice**

	<i>Página</i>
7.1	Introducción 211
7.2	Aplicación a las actividades de gestión del espectro 211
	7.2.1 Oportunidad del proceso de gestión del espectro 212
	7.2.2 Ventajas de la automatización del proceso de gestión del espectro 213
7.3	Principales componentes de un sistema automatizado de gestión del espectro 214
7.4	Migración de un sistema manual a otro informatizado 216
7.5	Conclusión 218
	Referencias 221
	ANEXO 1 – Sistema informatizado de gestión del espectro de la UIT (SMS4DC) 220
1	Introducción 220
2	Desarrollo y características del SMS4DC 220
3	Principales funciones del SMS4DC 221
	ANEXO 2 – La gestión del espectro radioeléctrico en Malasia (estudio de caso práctico) 222
	ANEXO 3 – Descripción del sistema automatizado de administración y gestión del espectro radioeléctrico (SAAGER) 224
1	Introducción 224
2	El sistema de gestión del espectro 225
3	Comprobación técnica del espectro 230
4	Utilización del sistema en CONATEL 234
5	Otras experiencias de utilización del sistema automatizado de gestión del espectro de CONATEL 236
	ANEXO 4 – Aplicación informática y ejemplo de gestión automatizada del espectro en los países de Europa Central y Oriental 238
	ANEXO 5 – La gestión nacional de frecuencias en Turquía 242
	ANEXO 6 – Actualización de los sistemas de gestión del espectro anteriores 252
1	Presentación 252
2	El problema 252
3	Situación existente 253
4	Hacia un sistema moderno integrado y unificado 254
5	El sistema avanzado de gestión de frecuencias 258
6	La transición al FMS 259
7	El futuro 260
8	Resumen 260

	<i>Página</i>
ANEXO 7 – Sistema de gestión nacional del espectro y de comprobación técnica de Perú.....	261
1 Introducción	261
2 Presentación del sistema de gestión del espectro.....	263
ANEXO 8 – Sistema de gestión y supervisión nacional del espectro de Botswana (República de)..	271
1 Introducción	271
2 Descripción del sistema de gestión del espectro	272
3 Descripción del sistema de comprobación técnica del espectro	278
ANEXO 9 – Herramientas informatizadas y actividades armonizadas automatizadas que utiliza la CEPT	284
1 introducción	284
2 SEAMCAT	284
3 EFIS	286
Bibliografía	290

7.1 Introducción

Cuando hay un gran volumen de datos y la necesidad de disponer de estudios analíticos es diversa y compleja, las técnicas de automatización se vuelven indispensables. Además, la automatización puede mejorar la implementación de técnicas de análisis limitadas y de bases de datos. Los sistemas informáticos permiten almacenar datos de forma que su recuperación es fácil e inmediata, para trabajar con ellos, generar informes y realizar estudios analíticos.

Hace tiempo que se dispone de sistemas informáticos rentables capaces de procesar grandes volúmenes de datos y de realizar complejos estudios analíticos. Los desarrollos tecnológicos han reducido el coste de los sistemas informáticos, incrementado su capacidad de cálculo y permitido que la aplicación de técnicas informáticas a la gestión del espectro sea una solución viable para las administraciones, incluso para aquellas con necesidades de gestión del espectro relativamente reducidas o con bases de datos más pequeñas. La Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) ha patrocinado la elaboración del sistema de gestión del espectro para países en desarrollo, SMS4DC, que ya está disponible en varios idiomas. En el Anexo 1 al presente Capítulo se presenta una breve descripción del SMS4DC, que se detalla en el Anexo al Manual de la UIT sobre Técnicas informatizadas para la gestión del espectro.

La BR examina las asignaciones de frecuencias y analiza los posibles problemas de interferencia y, si obtiene resultados positivos, inscribe las asignaciones en el Registro Internacional de Frecuencias o actualiza los planes. Es de suma importancia que las administraciones individuales desarrollen también actividades similares. En particular, es necesario disponer de ficheros de datos normalizados y de técnicas de análisis que puedan ser utilizadas por todas las administraciones, para conseguir utilizar de forma eficaz el espectro radioeléctrico.

El objeto de este Capítulo es introducir el tema y mencionar los documentos más recientes sobre el mismo, sin pretender sustituir al Manual del UIT-R – Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (2015) ni a las Recomendaciones de la Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones, que ya existen sobre este tema.

7.2 Aplicación a las actividades de gestión del espectro

Independientemente del volumen, frecuencia y complejidad del proceso de gestión del espectro, deberían utilizarse computadores en todas las actividades nacionales que tal proceso conlleva, o al menos en parte de éstas. Las necesidades de dicha gestión varían considerablemente entre administraciones y es importante que cada una de ellas desarrolle las bases de datos y aplicaciones de ingeniería necesarias para satisfacer sus exigencias particulares. A la hora de determinar estas exigencias, una administración debe considerar tanto las necesidades nacionales como los acuerdos internacionales.

La automatización puede dar soporte a diversas funciones de gestión del espectro tales como las siguientes:

- planificación de frecuencias;
- atribución de frecuencias;
- asignación de frecuencias y concesión de licencias;
- coordinación de frecuencias;
- notificación internacional;
- normas, especificaciones y autorización de equipos;
- actividades de comprobación técnica;
- almacenamiento y mantenimiento de los datos de la gestión del espectro;
- elaboración de estadísticas e informes complejos;
- creación de una interfaz de consulta;
- cálculo de tasas y notificación automática de renovaciones; y
- cálculos de CEM y de propagación.

Una parte muy importante de todo sistema de gestión del espectro es su base de datos de información diversa. Muchos de estos elementos de datos están descritos en el Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones (Recomendación UIT-R SM.1413). Para favorecer la implantación rápida y económica de la automatización

de la gestión del espectro, es aconsejable que la administración se limite a incorporar únicamente aquellos elementos de datos, ficheros y bases de datos que sean necesarios para atender sus necesidades de gestión del espectro. Debe incluirse la lista de los elementos de datos necesarios para la coordinación internacional. Con miras a adoptar un planteamiento común para la adquisición, mantenimiento y recuperación de los datos de gestión del espectro, estos podrían clasificarse en las categorías siguientes:

- datos de atribución de bandas de frecuencias;
- datos de asignación de frecuencias;
- datos de los titulares de licencias;
- datos característicos de los equipos;
- tasas;
- datos cartográficos;
- datos de coordinación de frecuencias;
- datos de notificación de frecuencias;
- datos de comprobación técnica de frecuencias;
- datos de fiscalización.

7.2.1 Oportunidad del proceso de gestión del espectro

El primer interrogante que se plantea al considerar la automatización del proceso de gestión del espectro de un país es su necesidad real. La respuesta definitiva en todos los casos es afirmativa. No obstante, si un sistema automatizado de gestión del espectro no se diseña adecuadamente puede llegar a ser una carga para la administración en vez de una solución.

Para que un sistema automatizado de gestión del espectro tenga éxito, la administración proponente de dicho proyecto debe abordar y articular sin ambigüedades varios temas. Entre los temas que deben considerarse y las preguntas que deben responderse cabe citar las siguientes:

- Existencia de una infraestructura reglamentaria de gestión del espectro. Esto equivale a preguntar si se dispone de un organismo de gestión del espectro y de unidades de apoyo, y si éstas funcionan con eficacia. Esto incluye, entre otras cosas, la legislación, el reglamento y las políticas y procedimientos operacionales.
- Definición del alcance y objetivos del proyecto para aplicarlos al sistema informatizado de gestión del espectro. ¿Por qué se plantea la automatización? ¿Se han publicado nuevas directivas que exigen la reasignación de recursos a otras funciones del mandato de la administración? ¿Se considera la automatización una herramienta para afrontar la creciente carga de trabajo? ¿Qué partes de los procesos o tareas de cada unidad de gestión del espectro se proponen para automatización? ¿Es mejor dejar intactos algunos procesos manuales?
- Determinación de la asignación de recursos disponibles internos y externos. Debe evaluarse qué recursos económicos y humanos se necesitarán para el proyecto. Además, ¿será necesario obtener una autorización presupuestaria especial?
- ¿Cómo ha de implementarse o desarrollarse el sistema, con los recursos propios, por contrato, adquiriendo programas informáticos o por combinación de los anteriores? ¿Dispone la administración de los expertos jurídicos y técnicos suficientes o necesitará ayuda?
- ¿Qué límites y restricciones deben imponerse, en su caso, al desarrollo de la automatización? ¿Impondrá la magnitud del proyecto muchas fases o años de desarrollo?
- Desarrollo de planes de trabajo y de calendarios de las fases del proyecto, tareas y puntos de información de la situación. Debe considerarse el empleo de ilustraciones gráficas, tales como los diagramas de Gantt, para la planificación y programación de los trabajos.
- Definición de las especificaciones del usuario. Deben definirse con claridad las necesidades y requisitos de los usuarios finales para garantizar su adecuada traducción a especificaciones de diseño detalladas. Deben definirse con toda claridad las funciones de gestión del espectro que deben ser

objeto de automatización y el grado de automatización de cada una de ellas. Los contratos que se otorguen deben exponer de manera clara y completa los trabajos objeto de los mismos.

- Identificación de los requisitos operacionales. Cada una de las tareas o actividades tiene sus propios requisitos operacionales que deben ser fácilmente interpretables como secuencia de pasos en diagramas de flujo o pseudocódigo.
- Establecimiento de las especificaciones funcionales y técnicas. Estas especificaciones marcan el desarrollo del sistema y constituyen la base del diseño detallado.
- Disponibilidad de documentación sobre organización y procedimientos de los sistemas y operaciones existentes. Los diseñadores del sistema necesitarán tener acceso a esta documentación ya que la mayor parte de las veces no tendrán más remedio que convertirse prácticamente en expertos jurídicos o técnicos antes de poder comenzar la traducción de las operaciones y procedimientos existentes.
- Si hubiera que acudir a contratistas deberían examinarse previamente sus antecedentes. ¿Dispone el contratista de diseñadores de sistemas con la necesaria formación y experiencia para llevar a buen fin el proyecto y ponerlo en marcha? Deben examinarse los contratos adjudicados con anterioridad para determinar y evaluar experiencias afines que puedan aplicarse al contrato propuesto.

Los elementos arriba relacionados pretenden ser una orientación para las administraciones que estén planteándose establecer, diseñar, desarrollar y poner en marcha un sistema informatizado de gestión del espectro.

7.2.2 Ventajas de la automatización del proceso de gestión del espectro

Las técnicas asistidas por computador se han generalizado en las administraciones permitiéndoles gestionar datos y realizar los estudios analíticos necesarios para la gestión del espectro. Además, los desarrollos tecnológicos han permitido reducir continuamente el coste de los sistemas informáticos, y en particular el de los potentes microcomputadores, de modo que la aplicación de las técnicas asistidas por computador a la gestión del espectro se ha convertido en una solución práctica.

Para maximizar los beneficios que para la gestión del espectro tiene la introducción de las soluciones asistidas por computador, el primer paso consiste en evaluar la aplicación de sistemas informáticos a una situación específica de gestión del espectro. Deben analizarse los diversos tipos de equipos y programas informáticos existentes. Su utilización debe integrarse en una estructura perfectamente definida en la que las funciones de la gestión nacional del espectro estén bien determinadas.

Una vez hecho esto, las administraciones pueden aprovechar la rapidez y eficacia de un sistema integrado como éste para realizar las siguientes tareas:

- verificar la conformidad de las solicitudes de asignación de frecuencias con los Cuadros nacional e internacional de asignación de frecuencias y sus correspondientes notas;
- verificar si un conjunto de equipos (transmisor, receptor y antena) con destino a un determinado radioenlace, se ha presentado anteriormente y se ha aprobado el oportuno trámite de certificación, o cumple otras normas de acuerdo de reconocimiento recíproco;
- responder con más exactitud y eficacia a las solicitudes de asignación de frecuencias, seleccionando los canales adecuados teniendo en cuenta detalles tan precisos como las características del terreno;
- expedir y renovar las licencias en línea, de forma automática y descentralizada, junto con las liquidaciones correspondientes (la ley debe autorizar la firma electrónica);
- tratar de forma adecuada los datos de comprobación técnica de las radiocomunicaciones (véase el Manual del UIT-R – Comprobación técnica del espectro, (Ginebra, 2002));
- establecer un sistema de cobro a los clientes que utilizan el espectro, más ágil, mejor documentado y más rápido;
- preparar formularios de notificación para la UIT más precisos, permitiendo su presentación electrónica, con miras a la implementación de un proceso de validación automática de datos;
- permitir el intercambio electrónico de datos de las administraciones entre sí, o entre éstas y la UIT (véase la Recomendación UIT-R SM.668).

El número total de elementos necesarios para soportar todas estas funciones es bastante elevado. Los objetivos de las autoridades del país determinan de manera importante la necesidad de disponer de muchos de estos elementos de datos. Por ejemplo, el volumen de datos requeridos para lograr un cálculo significativo y válido de la CEM aumenta con el grado de congestión del espectro. El volumen de datos está relacionado con la densidad de equipos de radiocomunicaciones utilizados en el país y por tanto con la infraestructura del mismo. Esto puede provocar que el conjunto de los ficheros llegue a tener cientos de campos de datos de acuerdo con el Anexo 1 del Manual del UIT-R – Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (Ginebra, 2015). No obstante, en muchos casos, los datos necesarios pueden reducirse a un número limitado de elementos básicos.

En la UIT se han automatizado muchas actividades. Para procesar las notificaciones de asignación de frecuencias presentadas por las administraciones, la Oficina utiliza las herramientas informáticas Sistema de Análisis Terrenal (TerRaSys) de la Oficina de Radiocomunicaciones y Sistema de Redes Espaciales (SNS). Estos sistemas mantienen asimismo el Registro Internacional de Frecuencias y los planes de asignaciones de frecuencias. Estos datos están disponibles en varios formatos, entre ellos el CD-ROM. De este modo los datos ya están disponibles en los formatos definidos en cada país para consultas o para bases de datos. Además, también se publica en formato electrónico la Circular Semanal de Radiocomunicaciones (BR IFIC) con información sobre las asignaciones notificadas e inscritas, en CD-ROM.

7.3 Principales componentes de un sistema automatizado de gestión del espectro

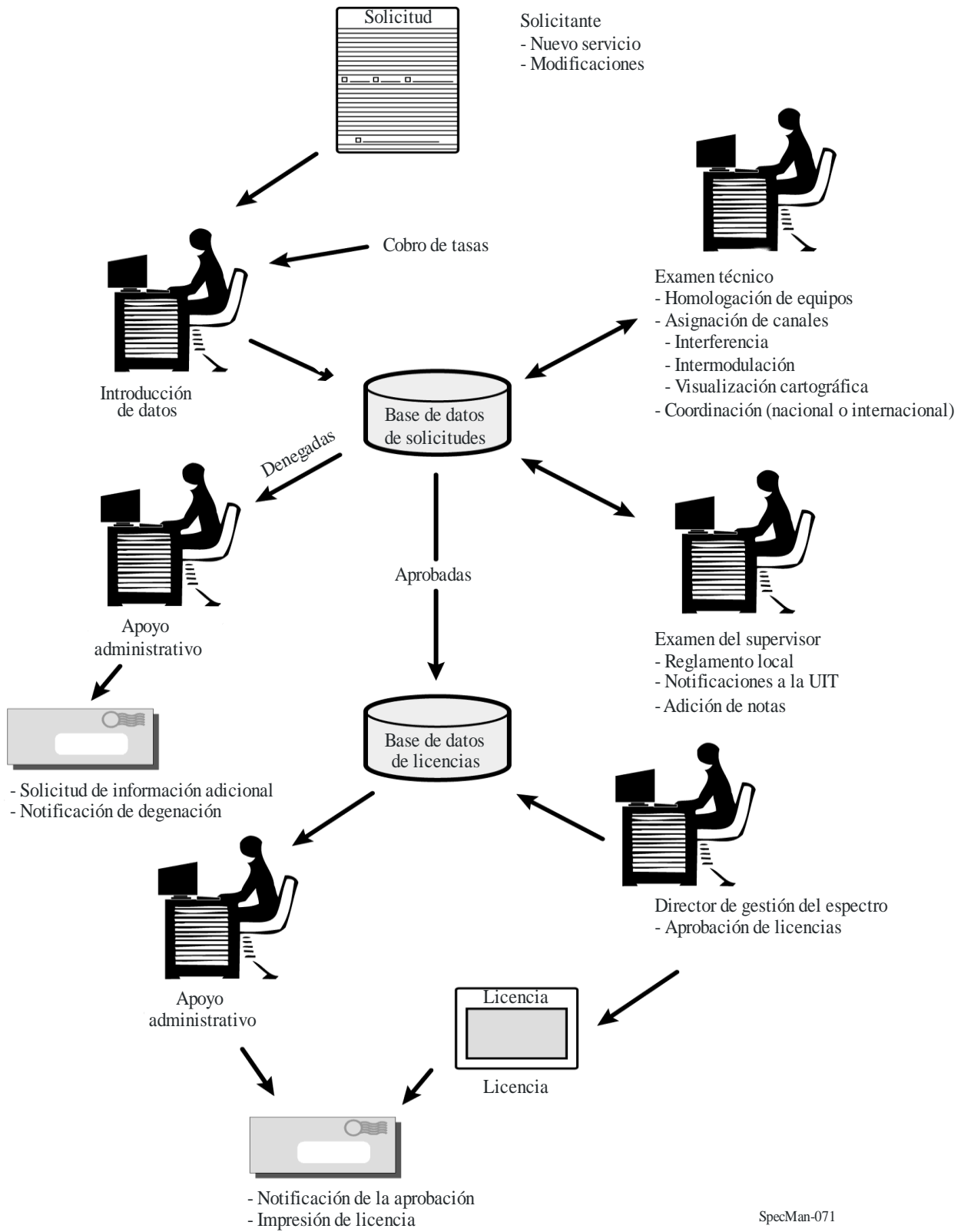
Para evaluar la aplicación de los sistemas informáticos a una situación de gestión del espectro concreta, deben analizarse diversos tipos de equipos y programas informáticos disponibles. En la Fig. 7.1 se muestra un ejemplo de sistema informatizado de gestión del espectro.

Hay que definir el flujo de datos (debe quedar claro de dónde proceden los datos, qué tratamiento hay que aplicarles y a dónde deben dirigirse), la estructura de los ficheros de datos, la de los registros y la de sus campos. Debe determinarse el volumen de datos, la frecuencia de las actualizaciones y los procedimientos de actualización.

Las administraciones que deseen utilizar modelos específicos de ingeniería del espectro deben asegurarse de que los datos necesarios para utilizar dichos modelos están disponibles y actualizados. Es necesario un cuidadoso diseño de los datos y bases de datos, con una metodología actualizada, para obtener información utilizable de cualquier módulo informatizado de ingeniería del espectro.

FIGURA 7.1

Ejemplo de procesamiento informatizado de solicitud de licencias



Para facilitar la automatización de la gestión de las radiofrecuencias, deberán incluirse en los futuros acuerdos y convenios, bilaterales o multilaterales, aquellos elementos de datos que deban consensuarse. Por ello, debe llegarse a un acuerdo internacional sobre la definición, formato y posible codificación de los elementos de datos básicos. Además, los formatos de los datos deben coordinarse con la Oficina de Radiocomunicaciones (véanse las Recomendaciones UIT-R SM.668 y UIT-R SM.1413). Esto significa también que la lista de los elementos de datos necesarios no puede tener carácter definitivo, sino que debe adaptarse a las nuevas soluciones y necesidades. Teniendo esto en cuenta, se podrán desarrollar aplicaciones informáticas, determinar tareas y especificar responsabilidades. Sólo entonces podrá examinarse y prepararse la introducción o adaptación de un conjunto de equipos y programas informáticos compatibles. La disponibilidad de ayuda al mantenimiento es un factor importante en este proceso de selección. Hay que disponer además de personal cualificado, capacitado y estable como garantía de continuidad. Una vez conseguido todo lo anterior, se puede establecer una estrategia y un plan para la introducción de la automatización en la gestión nacional del espectro.

La Recomendación UIT-R SM.1370 contiene las directrices para el diseño de sistemas automatizados de gestión del espectro. Tanto la BDT como empresas privadas han creado software que se ajusta a las directrices de la Recomendación UIT-R SM.1370. Como ya se ha indicado, el software de la BDT se llama SMS4DC. La BDT ha organizado varios seminarios para impartir formación a las administraciones sobre la utilización práctica y eficaz de este programa informático.

Entre las facilidades específicas que un organismo de reglamentación puede esperar de la automatización se encuentran las siguientes:

1. Un sistema que facilite la tramitación de solicitudes y licencias.
2. Un sistema contable para administrar la recaudación de tasas.
3. Herramientas de análisis de ingeniería para aplicarlas a la evitación de interferencia, consistentes en (relación). Tal vez convenga incentivar la normalización de modo que los distintos países alcancen conclusiones idénticas sobre las solicitudes de servicio en las zonas fronterizas comunes.
4. Cartografía y un sistema de información geográfica para su visualización.
5. Interfaz fácil y directa para los medios de comprobación técnica del espectro.

Para más información sobre las facilidades que han de automatizarse, véase la Recomendación UIT-R SM.1370.

Entre las facilidades específicas que un organismo de reglamentación no debe esperar de la automatización se encuentran las siguientes:

1. Asignación automática de frecuencias.
2. Planificación automática de los emplazamientos-frecuencias.
3. Calidad de servicio de los sistemas celulares.

7.4 Migración de un sistema manual a otro informatizado

La migración de las técnicas de análisis manual a las automatizadas ofrece numerosas ventajas y se hace indispensable a medida que aumenta el volumen de los datos.

Antes de iniciar la transición a un sistema automatizado deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Antes de poner en marcha el sistema automatizado debe analizarse, planificarse y realizar su infraestructura. Esta planificación requiere, entre otras, las siguientes etapas:
 - a) estudio de los métodos que pueden utilizarse para adaptar al sistema automatizado los procedimientos manuales establecidos;
 - b) estudio de la posibilidad de aceptación de los nuevos procedimientos por los usuarios;
 - c) formación de un núcleo de personal especializado para realizar el trabajo automatizado;
 - d) disponibilidad de fondos para el desarrollo y aplicaciones a largo plazo;
 - e) disponibilidad de un proveedor de equipos informáticos capaz de prestar apoyo local y a largo plazo tanto a los equipos informáticos como a sus programas;

- f) consideración de los compromisos para el nivel de datos necesario.
- El cambio de un proceso manual a otro automatizado creará en principio problemas nuevos.
- El periodo inicial de desarrollo e implementación del sistema puede ser costoso. El usuario debe ser consciente de que tardará algún tiempo en obtener todas las ventajas y beneficios económicos del sistema automatizado.

En las operaciones de gestión del espectro cada administración utiliza un conjunto exclusivo de documentos (licencias, formularios de solicitud, planes de atribución, liquidaciones, etc.). Estos documentos suelen ser de papel, aunque ya hay algunos con formato electrónico. Para poder migrar a un sistema automatizado de gestión del espectro resulta absolutamente indispensable que todos estos documentos se estudien cuidadosamente a fin de satisfacer las necesidades específicas de la administración en cuanto a gestión del espectro y para proporcionar los formatos de salida solicitados. El éxito de la migración del sistema existente al nuevo sistema automatizado depende de manera crítica de la programación del periodo de transición y del esfuerzo invertido en la satisfacción de estos requisitos específicos así como de la conversión de los documentos necesarios para utilizarlos en el nuevo sistema. El cambio de estado de los datos actualmente utilizados por la administración debe ser perfectamente conocido para poder reproducirlos en el sistema automático. Estos requisitos deben formar parte del marco contractual de la colaboración necesaria entre la administración y el contratista, indispensable para el éxito de la implementación. En cualquier proceso de licitación se recomienda que la administración facilite el acceso de los contratistas potenciales a los requisitos de entrada y salida y a los registros de datos actuales, de modo que puedan estimar correctamente, y prever en sus ofertas, el volumen de trabajo que supone la migración. Asimismo, la administración debe estimar adecuadamente, y garantizar, la disponibilidad de sus propios recursos humanos necesarios como parte del esfuerzo de transición. Esto permitirá una evaluación más aproximada de las capacidades del contratista y que las garantías tengan más carácter ejecutivo.

Hasta ahora los contratos de estos proyectos han planteado muchos problemas. Las discusiones sobre las disposiciones contractuales sólo sirven para enojar a las partes. Es mejor diseñar un proceso de transición que reconozca el importante esfuerzo que todas las partes deben realizar para garantizar el desarrollo sin problemas del proceso. Las interrupciones provocadas por los desacuerdos poco contribuyen a que las partes alcancen un final satisfactorio. Por estos motivos es importante ajustarse a un protocolo que documente los procesos de recogida de datos y las fuentes de datos existentes del siguiente modo:

1. Identificar el tipo y formato de todos los datos existentes y, en particular, de los datos operacionales y de gestión tales como los administrativos de carácter general (departamentos, códigos de región, normativa de las tasas, fases del flujo de trabajo, tipos de licencias, tipos de certificados de equipos, tipos de titulares de licencias, etc.) así como los datos técnicos de tipo general (tipos de servicio, tipos de estaciones, tipos de equipos, tipos de móviles, planes de frecuencias, relaciones de protección, curvas de rechazo fuera de canal, etc.). Normalmente se pueden definir dos tipos de datos:
 - no repetitivos (denominados a veces datos de referencia) tales como los planes de frecuencias, las atribuciones, etc.;
 - repetitivos tales como los datos administrativos y técnicos.
2. Definir una estrategia detallada de migración de los datos existentes, que comprenda la relación de datos a migrar, el formato en el que administración facilitará los datos, el calendario de entrega de los datos por parte de la administración, el calendario de conversión de los datos por parte del contratista, las pruebas destinadas a verificar que el proceso de conversión se ha completado con éxito y las pruebas destinadas a verificar que la migración se ha realizado en todos sus extremos.

Para evitar malentendidos, esta responsabilidad compartida deberá formar parte del acuerdo. Estos documentos deben definir los trabajos a realizar, el plazo de ejecución de los mismos y la naturaleza de las responsabilidades atribuidas a cada parte. Se habrán definido los datos básicos y los datos operacionales, la administración presentará los datos en el formato adecuado y se los facilitará al contratista al comienzo del periodo transitorio. Los datos presentados por la administración deben ser válidos y estar exentos de redundancias. Los datos de los registros manuales que puedan existir se suelen transcribir a formatos electrónicos intermedios (por ejemplo, EXCEL). A continuación, pueden integrarse en el nuevo sistema por medio de rutinas facilitadas por el contratista con arreglo al pliego de condiciones.

Durante el proceso de migración de datos, la administración debe ser estricta en la anotación de las eventuales modificaciones de los datos originales facilitados al contratista, ya que estos cambios no serán tenidos en cuenta por el contratista durante la migración. La administración necesitará utilizar el nuevo sistema para introducir estas modificaciones, una vez que los datos hayan sido migrados y verificados satisfactoriamente. El proceso se desarrolla con menos problemas si la colaboración entre administración y contratista se entiende en todos sus extremos y se adhieren a la misma todas las partes.

7.5 Conclusión

Al aumentar el coste de mantenimiento de los sistemas manuales de gestión del espectro con el volumen de datos, el número de transacciones y el número y complejidad de las operaciones analíticas, el recurso a los sistemas automatizados de gestión del espectro resulta obligado. Actualmente hay sistemas informáticos con la capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos necesaria para ofrecer una calidad de funcionamiento considerable a un coste razonable.

La Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones ha elaborado la Recomendación UIT-R SM.1370, que especifica las directrices para el diseño de un sistema automatizado de gestión del espectro (ASMS) que deben ser la base de las licitaciones de las administraciones que pretendan implementar estos sistemas. El software del sistema de gestión del espectro para países en desarrollo, SMS4DC, conforme con esta Recomendación, puede obtenerse de la BDT.

En los Anexos 2 a 9 a este Capítulo, se presentan estudios de casos prácticos que podrían ayudar a las administraciones que estén planteándose adoptar estas iniciativas de automatización. Cabe esperar que estos estudios de casos prácticos faciliten información útil que evite la repetición de errores comunes en la compra o desarrollo de estos sistemas. No se apoya ni se critica, explícita ni tácitamente, ninguno de los sistemas presentados. Se pretende resultar cuáles son las etapas de los procesos que garantizan o impiden su éxito y no los detalles particulares de los sistemas.

Referencias

- Manual del UIT-R Comprobación técnica del espectro (Ginebra, 2011)
- Manual del UIT-R Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (Ginebra, 2015)
- Textos del UIT-R**
- Rec. UIT-R SM.668 Intercambio electrónico de información para la gestión del espectro
- Rec. UIT-R SM.1047 Gestión nacional del espectro
- Rec. UIT-R SM.1370 Directrices de diseño para la elaboración de sistemas de gestión automática del espectro
- Rec. UIT-R SM.1413 Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones para notificación y coordinación
- Rec. UIT-R SM.1537 Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro

ANEXO 1

AL CAPÍTULO 7

Sistema informatizado de gestión del espectro de la UIT (SMS4DC)

1 Introducción

La Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (BDT-UIT) puede facilitar un programa informático para asistir a las administraciones de los países en desarrollo a asumir más eficazmente sus responsabilidades de gestión del espectro. Este programa se conoce como Sistema de gestión del espectro para países en desarrollo (SMS4DC), que se ha creado para ser un sistema de gestión del espectro básico de bajo coste, aunque se trata de una herramienta informática muy compleja con numerosas funciones técnicas.

El objetivo del programa informático SMS4DC es facilitar a los países en desarrollo una herramienta que les permita gestionar con eficacia el espectro radioeléctrico principalmente para los servicios de radiodifusión, fijo y móvil terrestre impulsando de este modo el desarrollo de la tecnología inalámbrica en dichos países.

2 Desarrollo y características del SMS4DC

El primer software de gestión del espectro creado por el UIT-R y el UIT-D, el Sistema básico automatizado de gestión del espectro (BASMS) se editó en 1995, utilizaba el lenguaje FoxPro y funcionaba en una plataforma MS-DOS. Más adelante (1997) se puso gratuitamente a disposición de los países en desarrollo una versión para Windows (WinBASMS). WinBASMS se diseñó para ser fácil de utilizar y mantener por un solo usuario y soportaba la mayoría de los requisitos funcionales definidos en el Manual de la UIT sobre Gestión nacional del espectro.

En 2002, la Comisión de Estudio 1 de Radiocomunicaciones aprobó la nueva Recomendación UIT-R SM.1604, en la que se pedía una mejora/actualización de WinBASMS. Además, la CMDT-02 decidió seguir desarrollando el sistema informatizado de gestión del espectro. El SMS4DC es el sucesor de WinBASMS, elaborado de acuerdo con las especificaciones definidas por la Oficina de desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) y la Oficina de Radiocomunicaciones (BR) de la UIT a partir de la antigua Recomendación UIT-R SM.1048.

La responsabilidad de asistencia, supervisión e información sobre la evolución de este aspecto del programa se otorgó a un Grupo Mixto del UIT-R y el UIT-D sobre la Resolución 9 de la CMDT-02. Un Grupo de Expertos voluntario se reunió en varias ocasiones con carácter informal a fin de preparar las especificaciones de esta actualización. En el marco de ese Grupo se prepararon especificaciones técnicas detalladas de los objetivos de un sistema básico mejorado y de los requisitos fundamentales de un sistema avanzado. La especificación técnica refundida se presentó a la BDT a finales de 2004 para su aplicación. De acuerdo con tales especificaciones técnicas definitivas se preparó un nuevo software, el SMS4DC, que se publicó para gestionar las asignaciones de frecuencias a los servicios móvil terrestre, fijo y de radiodifusión y para la coordinación de frecuencias a estaciones terrenas (procedimientos del Apéndice 7 del RR).

El SMS4DC puede utilizarse para satisfacer la mayor parte de las necesidades funcionales definidas en el Manual de la UIT sobre Gestión nacional del espectro.

Hay que subrayar que, para poder instalar y utilizar satisfactoriamente el SMS4DC, la administración debe disponer de mecanismos jurídicos, reglamentarios y técnicos para la gestión nacional del espectro. Del mismo modo, si bien el sistema automatiza muchos de los procesos técnicos, la elección y decisión finales de asignación de frecuencias depende del ingeniero. Por consiguiente, el personal operativo debe tener conocimientos suficientes para entender los procesos reglamentarios y técnicos que representan el núcleo operativo del SMS4DC y para interpretar correctamente los resultados de los algoritmos a fin de tomar las decisiones pertinentes.

Principales características del SMS4DC:

- interfaz gráfica de usuario de fácil utilización;
- incorporación de IDWM de la UIT;
- Instalable en entornos en red;
- disponibilidad de distintos niveles de acceso de usuario;
- utilización del modelo de terreno digital (DTM) en el servidor o las estaciones de trabajo;
- gestión de una base de datos administrativa jerárquica compartida;
- integración de varios modelos de propagación;
- demostración de los resultados de los cálculos en DTM;
- generación de formularios de notificación electrónica de la BR;
- cálculo de la interferencia;
- asignación de frecuencias;
- consideración de los cuadros regionales/nacionales de atribución de frecuencias;
- consideración de los acuerdos regionales al realizar los cálculos técnicos;
- capacidades de planificación de frecuencias;
- interfaz con las bases de datos de la BR-IFIC;
- generación de informes declarativos;
- utilización de módulos de la UIT para el cálculo de los contornos de coordinación en torno a las estaciones terrenas;
- gestión de la facturación del espectro de frecuencias;
- cálculo del presupuesto de enlace;
- registro de usuarios para el control de auditoría;
- interfaz en inglés y francés (y próximamente también en español);
- enlaces a los software de control Argus (R&S) y Esmeralda (Thales);
- interfaz a los mapas Google™ Earth;
- cálculos conformes con el Acuerdo GE06.

3 Principales funciones del SMS4DC

- *Una función administrativa.* Esta función se aplica en un sistema de gestión de base de datos relacional, que asegura la integridad y coherencia de los datos administrativos. Proporciona pantallas de usuario para ejecutar todas las tareas administrativas, como el registro de solicitudes de frecuencia y su asignación, licencias, interferencias, medición de frecuencias y pago de derechos. Por ahora el programa está disponible en inglés y próximamente lo estará en español, francés y ruso.
- *Una función de análisis de ingeniería.* Esta función proporciona instrumentos mejorados de análisis para la elaboración de propuesta de asignación de frecuencia a los usuarios. Suministra asimismo la capacidad de calcular interferencias entre una o más estaciones transmisoras y una estación receptora afectada, bajo determinadas condiciones de usuario.
- *Una interfaz gráfica de usuario.* Interfaz de fácil utilización con despliegue del modelo digital del terreno, la capacidad de importar formatos normalizados de correspondencia, incluidos mapa mundial y despliegue de mapas geográficos, funciones de introducción múltiples, menús, asignación de nuevas estaciones sobre mapas y búsqueda y visualización de una estación o un grupo de estaciones en el mapa.

Puede encontrarse información detallada sobre el SMS4DC en el Manual de la UIT sobre Técnicas informatizadas para la gestión del espectro.

ANEXO 2

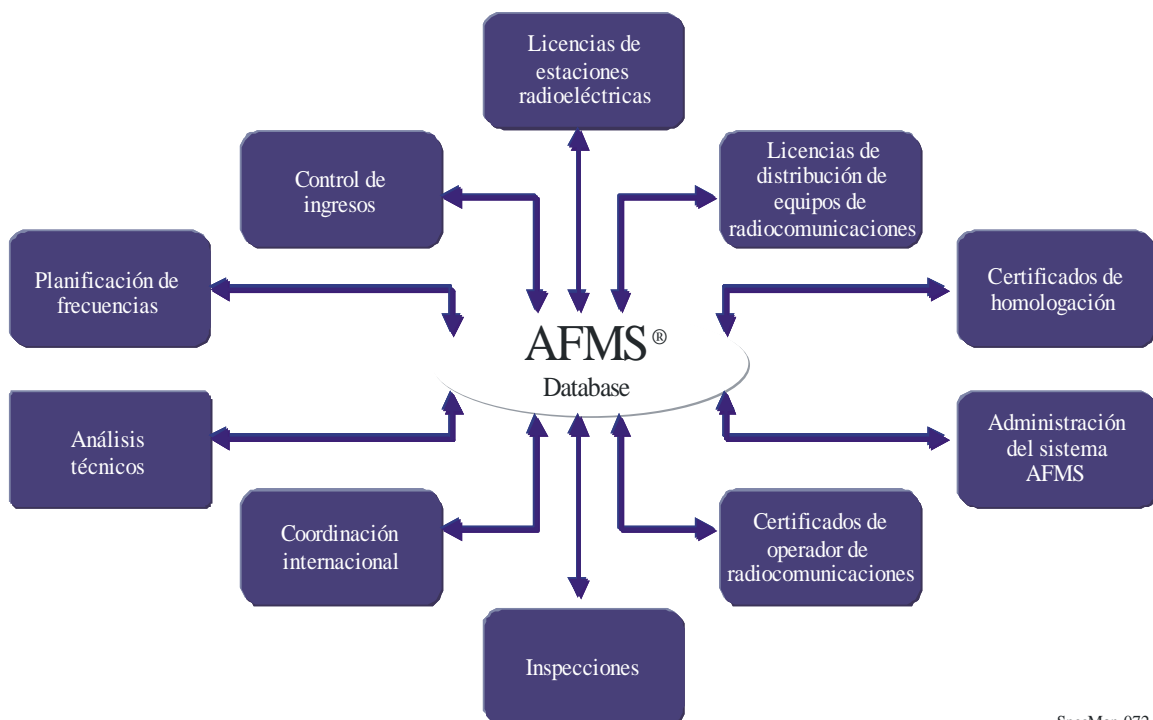
AL CAPÍTULO 7

La gestión del espectro radioeléctrico en Malasia (estudio de caso práctico)

El AFMS es un sistema informático basado en Windows con todos los requisitos necesarios para gestionar grandes cantidades de información del proceso de concesión de licencias de estaciones radioeléctricas. El AFMS se basa en especificaciones técnicas y normas internacionales. El sistema dispone de un módulo de entrada de datos para introducir la información de la solicitud de la estación de radiocomunicaciones. Como puede observarse en la Figura 7.2, hay módulos para el control y la administración de ingresos, la planificación de frecuencias, el análisis técnico, la coordinación y notificación de frecuencias, el control del espectro, la concesión de licencias de distribuidor, y para la autorización, expedición y renovación automatizadas de licencias de estaciones radioeléctricas. Todos los módulos trabajan sobre una base de datos de asignaciones de frecuencias y de licencias con estructura ORACLE.

El Gobierno de Malasia contrató la adquisición de un sistema automatizado de gestión de frecuencias basado en el modelo canadiense de gestión del espectro. Este sistema fue desarrollado a medida para satisfacer los requisitos de Jabatan Telecommunikasi Malaysia (JTM). El sistema estaba totalmente integrado y constaba de un completo sistema de gestión del espectro que funcionaba sobre una red VAX centralizada en Kuala Lumpur y dotada de una interfaz con el sistema de comprobación técnica de radiocomunicaciones.

FIGURA 7.2
Módulos AFMS



Hasta la instalación del AFMS, la Administración de Malasia mantenía todos sus registros de asignaciones de frecuencias e información asociada de licencias en un sistema de archivos en papel. Los ficheros de papel resultaban ineficaces e inefectivos. Las asignaciones de frecuencias y los registros de ingresos y licencias en ficheros de papel eran difíciles de controlar y administrar. La interferencia perjudicial estaba convirtiéndose en un grave problema con los operadores inalámbricos de Malasia, preocupados ante la posibilidad de que sus operaciones corriesen peligro y tuviesen que afrontar grandes gastos para resolver la situación. Con el creciente número de estaciones radioeléctricas en Malasia, donde estaban sucediéndose los cambios sociales a un ritmo vertiginoso, era evidente que la automatización resultaba indispensable.

La instalación fue mucho más complicada de lo previsto debido a la falta de información completa y precisa y a la inadecuada configuración del plan de distribución de canales. Para establecer una base de datos de asignaciones de frecuencias y licencias que sea eficaz, es imprescindible que la información de que se dispone sea completa y exacta. Aunque no se disponga de cierta información, las aplicaciones automatizadas requieren que la disponible sea fiable para poder realizar operaciones exactas.

Como ocurre con la tecnología, la obsolescencia es una realidad que debe abordarse en una administración progresista. Durante los años noventa, Malasia adjudicó diversos contratos para proseguir su actualización tecnológica así como su auditoría técnica por expertos y su formación. En 1999, con ocasión de la celebración en Ginebra (Suiza) de «Telecom 99», bajo los auspicios de la UIT, Malasia adjudicó el contrato para la actualización de los sistemas informáticos de JTM, entidad que se había reorganizado pasando a ser la Comisión de Comunicaciones y Multimedia de Malasia, (MCMC, *Malaysia Communications and Multimedia Commission*). Gracias a la previsión del Estado de Malasia, el contrato actual contiene una disposición importante para la auditoría y formación de la gestión del espectro.

Como consecuencia del establecimiento de una base de datos de asignaciones de frecuencias y de licencias efectiva y de una explotación de gestión del espectro eficaz y moderna, los ingresos por licencias en Malasia han aumentado significativamente debido al crecimiento de la comunidad de radiocomunicaciones. Además, los costes de explotación se han mantenido razonablemente constantes. De acuerdo con el principio de recuperación de costes, los ingresos por licencias pueden utilizarse para financiar el programa de gestión del espectro.

El éxito de la iniciativa de gestión del espectro de Malasia se debe principalmente al reconocimiento por parte de la administración del país de la necesidad de centrarse en la transferencia de conocimiento además de en la tecnología.

La dirección del sitio web de la MCMC es la siguiente: <http://www.cmc.gov.my>.

ANEXO 3

AL CAPÍTULO 7

Descripción del sistema automatizado de administración y gestión del espectro radioeléctrico (SAAGER)**1 Introducción**

En este Anexo se presenta de manera esquemática el sistema automatizado de administración y gestión del espectro radioeléctrico (SAAGER) que utiliza actualmente la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) de Venezuela. El sistema SAAGER es un sistema de gestión y comprobación técnica del espectro que cumple totalmente las normas de la UIT y cuyos equipos físicos satisfacen o superan las recomendaciones de los Manuales de la UIT-R sobre gestión y comprobación técnica del espectro. El sistema fue suministrado por la empresa norteamericana TCI, a Dielectric Company (www.tcibr.com).

Este sistema permite que el Ministerio de Infraestructuras (MINFRA), representado por CONATEL, utilice el espectro radioeléctrico con efectividad. Este sistema tiene las siguientes posibilidades:

Planificación y gestión del espectro radioeléctrico

- Planificación de los recursos del espectro.
- Incorpora la última tecnología, ajustada a las normas de la UIT, ampliable para permitir su crecimiento acorde con el de la infraestructura de telecomunicaciones de Venezuela.
- Permite la cooperación con los países vecinos sobre necesidades de asignación de frecuencias y problemas de interferencia.

Comprobación y verificación técnicas de las emisiones radioeléctricas

- Realiza todas las mediciones radioeléctricas recomendadas por la UIT.
- Evita y resuelve los problemas de interferencia durante la instalación y funcionamiento de servicios críticos tales como los teléfonos móviles, los enlaces terrenales de microondas, las radiocomunicaciones móviles privadas y el bucle local inalámbrico.
- Facilita al personal de comprobación técnica del espectro una lista de señales no conformes y de sus características.
- Identifica a los operadores ilegales y permite la apertura de expedientes a los mismos para cobrar las sanciones impuestas y proteger a los operadores legítimos del espectro contra la interferencia.

Radiolocalización de las emisiones radioeléctricas

- Determina las líneas de marcación y el origen de las señales interferentes, ilegales y de otras no conformes, en aplicación del reglamento de radiocomunicaciones venezolano.

Normalización de los equipos de telecomunicaciones

- Mantiene una base de datos de equipos de telecomunicaciones homologados de modo que en Venezuela sólo se expidan licencias de equipos homologados.

El sistema consta de los siguientes emplazamientos y equipos, con las cantidades indicadas entre paréntesis:

- *Centro de control nacional (1)*: Situado en Caracas, actúa como centro del sistema, en él se encuentra instalado el servidor de la base de datos del sistema de gestión del espectro; genera tareas operacionales, dirige y controla las actividades operacionales de las estaciones de comprobación técnica; recibe y consolida los datos resultantes.

- *Centros de control auxiliar (5)*: Situados en Caracas, Maracaibo, Cristóbal, San Felipe y Maturín; disponen de capacidades de comprobación y verificación técnica en las bandas de ondas decamétricas, métricas y decimétricas.
- *Unidades móviles (10)*: Dos por cada centro de control auxiliar. Disponen de capacidades de comprobación técnica en las bandas de ondas decamétricas, métricas y decimétricas, radiogoniometría en las bandas de ondas decamétricas, métricas y decimétricas (tres unidades) y radiogoniometría en las bandas de ondas métricas y decimétricas (siete unidades).
- *Conjuntos de equipos portátiles (10)*: Disponen de capacidades de verificación técnica.

La situación de los emplazamientos se representa en el mapa de Venezuela que figura en el § 3.5 de este Anexo.

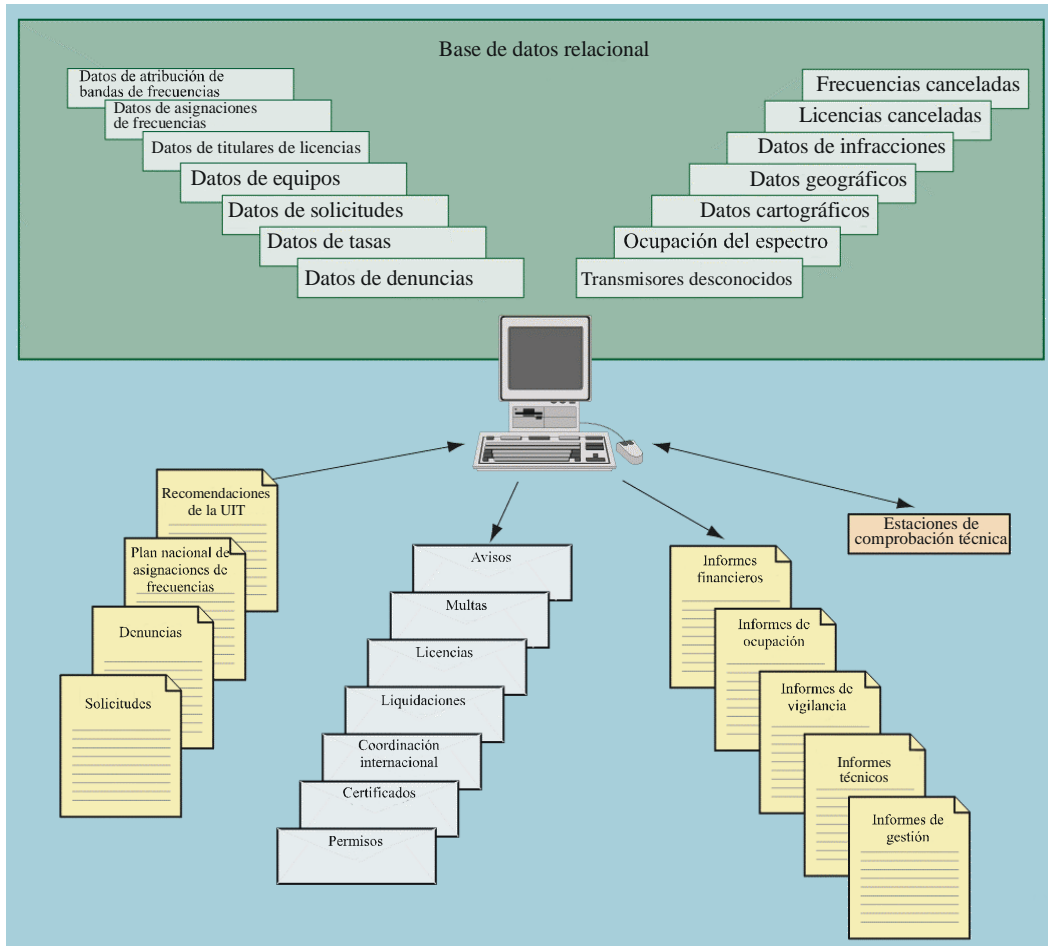
2 El sistema de gestión del espectro

Esta sección contiene la descripción funcional del sistema de gestión del espectro. En la Figura 7.3 se representa el diagrama funcional del programa informático de gestión.

2.1 Procesamiento de la solicitud

En la Figura 7.1 se representa en forma esquemática un ejemplo típico del procesamiento de una solicitud de licencia, incluido el proceso de recepción de la solicitud y su introducción en el sistema, la asignación de la frecuencia y la expedición de la licencia. El sistema dispone de formularios de entrada de datos integrados para facilitar a la administración el proceso de la solicitud de asignación de frecuencia y tramitación de la licencia. Estos formularios se utilizan para los nuevos servicios así como para la modificación de las licencias existentes y de las solicitudes pendientes. La pantalla de entrada de solicitudes se muestra en la Figura 7.4.

FIGURA 7.3
Diagrama funcional del programa informático de gestión



SpecMan-073

FIGURA 7.4
Formulario de solicitud

The screenshot shows the 'Formulario de la Solicitud' window, divided into two main sections: 'Información de la Solicitud' and 'Información del Usuario'.

Información de la Solicitud:

- # Solicitud: 6
- Condiciones: Pendiente
- Tipo de Solicitud: Servicio Nuevo
- Código Expediente: VEN-8350
- Fecha de la Solicitud: 1/4/86
- Prioridades de la Solicitud: 3
- Naturaleza del Servicio: RTV
- Clase de Servicio: RADIODIFUSION, TELEVISION
- Tipo de Licencia: Resolución - Mod
- No. De Radicación Original: [Empty]
- Notas: [Text area]

Información del Usuario:

- # Usuario: 3
- Tipo de Usuario: Solicitante
- Apellidos: [Empty]
- C.I./RIF: J-4568908 Ex Ciudad Emitida: [Empty]
- Nombre: [Empty]
- Compañía: Venezolana de Televisión
- Dirección Comercial: Ubr. Los Ruices, Edificio VTV
- Dirección Residencia: [Empty]
- Municipio: [Empty]
- Municipio: [Empty]
- Ciudad: CARACAS
- Ciudad: [Empty]
- Estado: DISTRITO FEDERV
- Estado: [Empty]
- Zona Postal: 1001
- Zona Postal: [Empty]
- País: Venezuela
- País: [Empty]
- Núm. de Teléfono: 02 4568900
- Núm. de Fax: 02 4568901
- Fecha: 1/28/00
- Notas: [Text area]

Buttons: 'Agregar Usuario', 'Borrar Usuario', 'Detalles de la Estación', 'Uso Oficial', 'Operador', 'Agregar Solicitud', 'Cerrar'. Record: 1 of 1.

SpecMan-074

2.2 Asignación de frecuencias

El operador tiene acceso a una diversidad de funciones integradas que facilitan la asignación de frecuencias. Estas funciones:

- muestran los posibles canales para un determinado equipo y servicio;
- buscan en la base de datos de licencias las asignaciones existentes y muestran las correspondientes a los diversos canales posibles;
- efectúan cálculos de interferencia entre la nueva asignación propuesta y las asignaciones existentes; e
- introducen las nuevas asignaciones en la base de datos.

2.2.1 El proceso de asignación de frecuencias

El sistema soporta la asignación automática de frecuencias y, en particular, las designaciones de servicios de la UIT y las prioridades de servicios nacionales y notas correspondientes. El programa informático se carga con el Plan de atribución de bandas de frecuencias de la UIT para Venezuela. El operador puede hacer que el sistema muestre los canales correspondientes al Plan nacional de atribución de bandas de frecuencias de Venezuela, a los tipos de equipos especificados, a los tipos de servicios y operaciones planificados, o los de otras categorías especificadas por el operador. El sistema busca en la base de datos las asignaciones existentes en estos canales y las muestra en pantalla. Pueden efectuarse cálculos de interferencia entre las asignaciones existentes y las nuevas asignaciones propuestas. A continuación, el operador puede asignar una frecuencia e introducirla en la base de datos. Cuando no sea posible encontrar un canal utilizable en una región concreta, las herramientas de análisis de ingeniería del espectro ASMS pueden ayudar al operador a encontrar un canal disponible en la zona geográfica, o una frecuencia en la región, que pueda compartirse durante determinadas horas de funcionamiento.

2.2.2 La UIT y el Plan nacional de atribución de bandas de frecuencias

El operador del sistema tiene la posibilidad de examinar y de actualizar las asignaciones de frecuencias para cada clase de estación. Entre los parámetros disponibles se encuentran la gama de frecuencias, la clase de estación, la anchura del canal y restricciones tales como la separación dentro del mismo canal.

2.2.3 Coordinación transfronteriza

El sistema cuenta con un módulo de coordinación internacional para que los gestores del sistema puedan procesar las solicitudes de coordinación (entrantes y salientes). Estas solicitudes pueden proceder de otros países, de la UIT o de otro organismo de Venezuela. Toda la información de las licencias se guarda en una única base de datos. El módulo extrae de la base de datos la información necesaria para cada solicitud. Esta información comprende: la fecha, número de licencia, tipo de dato requerido, parte que recibe la comunicación y formato de transmisión (en papel o electrónico). Como parte de las consultas de coordinación se crea un registro permanente que se guarda en la base de datos.

2.3 Licencias

La mayor parte de las funciones de procesamiento y expedición de licencias del sistema está automatizada. Esto permite que el sistema genere automáticamente la licencia una vez aprobada la solicitud. El sistema proporciona una interfaz basada en el formulario, que soporta las siguientes actividades:

- renovación de una licencia existente que satisfaga todas las condiciones de renovación;
- conversión de una licencia temporal en permanente;
- cancelación de una licencia por no cumplir los requisitos de explotación existentes;
- expedición de una licencia o permiso temporal.

2.4 Ingeniería del espectro

El sistema de gestión automatizada del espectro se construyó con arreglo a las Recomendaciones de la UIT y está dotado de un conjunto de potentes herramientas de análisis de ingeniería para ayudar a los operadores. Estas herramientas se utilizan para el estudio del espectro radioeléctrico y comprenden los cálculos de CEM,

la calidad de funcionamiento de los radioenlaces y la cobertura de las estaciones. Las herramientas analíticas se utilizan para procesar las solicitudes de licencias, las solicitudes de coordinación y las denuncias por interferencia. El Cuadro 7-1 muestra los algoritmos y modelos residentes en el sistema y las gamas de frecuencias y tipos de servicios cubiertos.

CUADRO 7-1

Modelos de propagación del módulo de análisis de ingeniería

Gama de frecuencias	Modelo de propagación	Observaciones
De 0,15 a 3 MHz	GRWAVE	GRWAVE calcula la intensidad de campo eléctrico y la atenuación del trayecto con la distancia para propagación por onda de superficie a lo largo de una Tierra curva homogénea y lisa. También se utiliza para el análisis de interferencia en la banda de ondas hectométricas
De 2 a 30 MHz	IONCAP y VOACAP	IONCAP es el nombre del programa original de análisis ionosférico. La versión más reciente, denominada VOACAP, está integrada en el módulo de análisis de ingeniería. Este programa puede calcular la MUF, la LUF y la FOT para las comunicaciones punto a punto en la banda de ondas decamétricas
De 30 a 1 000 MHz	TIREM (Versión 3.04)	Acrónimo de <i>terrain integrated rough earth model</i> (modelo cartográfico integrado de suelo irregular) desarrollado originalmente para la Administración Norteamericana de Información de Telecomunicaciones (NTIA, U.S. National Telecommunications Information Administration) como parte del sistema maestro de propagación (MPS, <i>master propagation system</i>). MPS es una familia de modelos que abarca desde la banda de ondas miriamétricas hasta las longitudes de onda milimétricas
De 30 a 1 000 MHz	Longley-Rice	La Nota Técnica 101 de la FCC de los Estados Unidos de América documenta la utilización de los modelos de difracción de arista simple y doble cuando se conocen, para un trayecto de propagación concreto, las características destacadas del terreno
Hasta 40 GHz	SEAM	Siglas de <i>single-emitter analysis model</i> (modelo de análisis de emisor sencillo). Calcula las pérdidas de propagación y la intensidad de campo de las señales de microondas mediante un modelo de espacio libre o de suelo liso
De 1 a 40 GHz	Apéndice 7	Calcula los contornos de coordinación de las estaciones terrenales y satélites geoestacionarios con arreglo al Apéndice 7 del RR
De 1 a 40 GHz	Apéndice 8	Calcula la interferencia entre dos redes de satélites geoestacionarios con arreglo al Apéndice 8 del RR

Las herramientas de análisis de ingeniería están integradas en el programa de cartografía ArcView de la empresa ESRI. Esto permite que el sistema muestre la información calculada sobre un mapa geográfico y topográfico. El programa de cartografía se activa automáticamente cuando el sistema lo necesita.

El módulo de análisis de ingeniería ejecuta, entre otras, las siguientes funciones:

- diagramas de cobertura y perfiles de trayectos radiales de la estación base;
- análisis de las interferencias cocanal, de canal adyacente y de canal intersticial;
- análisis de la intermodulación de tercer orden multiseñal;
- análisis de la desensibilización del receptor y del ruido del transmisor;
- ejecución de análisis de las asignaciones de frecuencias candidatas seleccionadas para las aplicaciones recibidas, por parte del personal habilitado;

- ejecución de análisis de las asignaciones de frecuencias candidatas correspondientes a las solicitudes de coordinación, por parte del personal habilitado;
- utilización automática del modelo o algoritmo por defecto para la banda de frecuencias y tipo de servicio que se analiza;
- ejecución de las herramientas en línea;
- actualización de los registros técnicos del sistema real por parte del personal habilitado, una vez completados los análisis;
- recuperación de los datos de ocupación de la base de datos del sistema de comprobación técnica;
- utilización por parte del gestor del sistema de un modelo distinto;
- actualización por parte del gestor del sistema de los datos de entrada para mejorar la representación de las condiciones locales; y
- visualización de los resultados del análisis de propagación sobre un mapa cartográfico digital integrado en el sistema.

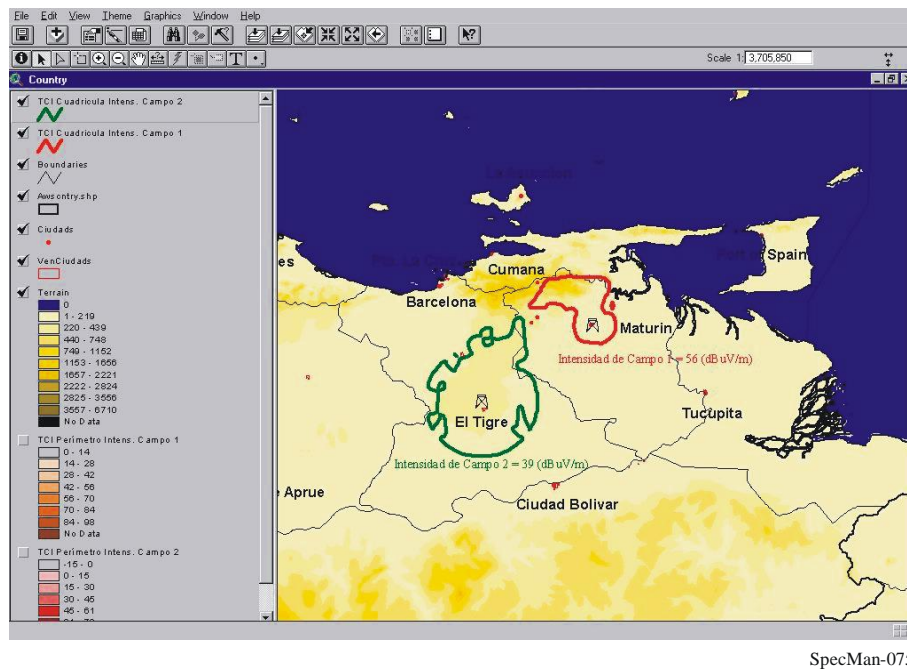
2.5 Informes de ingeniería

El técnico competente accede al módulo de ingeniería del espectro para analizar el entorno electromagnético y generar informes. Una vez seleccionado el informe deseado, el sistema muestra una pantalla en la que el operador introduce todos los parámetros necesarios pudiendo a continuación seleccionar el formato del informe (tabla o gráfico). Se pueden obtener del sistema los informes siguientes:

- | | |
|---|--|
| – Análisis del enlace y pérdidas en el trayecto | – Análisis de la altura de la antena |
| – Análisis de propagación | – Análisis de intermodulación |
| – Contorno de la intensidad de campo | – Herramienta de análisis de CEM |
| – Zonas de sombra | – Análisis de la altura de la antena |
| – Análisis de la zona de servicio | – Planificación de las frecuencias de microondas |
| – Análisis de la interferencia | – Apéndice 7 sobre satélites |
| – Diagrama de perfil del terreno | – Apéndice 8 sobre satélites |

La Figura 7.5 muestra un ejemplo de informe obtenido del sistema.

FIGURA 7.5
Análisis de la interferencia



3 Comprobación técnica del espectro

El sistema de gestión del espectro cuenta con un módulo de comprobación técnica con arreglo a lo indicado en la Recomendación UIT-R SM.1537. Esto permite que los gestores de Venezuela controlen el espectro de frecuencias. El sistema totalmente integrado puede recibir encargos del sistema de gestión así como remitir informes desde las estaciones de comprobación técnica. Las estaciones de comprobación técnica descargan una copia de la base de datos de gestión periódicamente para tener actualizada al máximo la información sobre los emisores con licencia.

El programa informático del sistema se ejecuta en un entorno cliente-servidor normal de Windows NT y proporciona una solución, totalmente conforme con la UIT, a las necesidades de la administración en materia de comprobación técnica del espectro. La aplicación informática de comprobación técnica dispone de las capacidades necesarias para acceder a los resultados de las mediciones generados por el sistema de comprobación técnica, visualizarlos y salvarlos. Estos resultados pueden visualizarse en formato alfanumérico o gráfico.

Las pantallas gráficas se presentan sobre un mapa de fondo utilizando el mismo paquete de cartografía informatizada que el sistema de gestión. Esta pantalla comprende la siguiente información sobre el sistema de comprobación técnica seleccionado por el operador:

- líneas de marcación de una señal medida directamente;
- distancia y posición de la señal medida;
- localización, en la base de datos, de los transmisores con licencia.

En la pantalla aparece una relación de los parámetros de señal medidos. El operador tiene la opción de solicitar la impresión de la pantalla. La aplicación informática de comprobación técnica dispone de las capacidades de acceder a los datos de las mediciones generadas por los sistemas de comprobación técnica, visualizarlos y salvarlos. De cada señal medida directamente por la comprobación técnica, se dispone de la siguiente información:

- valor medido de la frecuencia de la señal;
- valor medido de la intensidad de campo;

- valores medidos de los parámetros de modulación;
- valor medido de la anchura de banda ocupada;
- valor medido de la dirección de recepción.

3.1 Capacidades de la aplicación informática

La aplicación informática dispone de las siguientes capacidades:

Métricas: Permiten efectuar mediciones precisas de los parámetros de señal con arreglo a las Recomendaciones de la UIT. Se utilizan para verificar el cumplimiento de los requisitos de la licencia y pueden programarse.

Control de dispositivos: Se utilizan para buscar, identificar y registrar los parámetros de emisores específicos, normalmente sistemas piratas sin licencia o fuentes de interferencia. Estas capacidades cuentan con completas herramientas de radiogoniometría para localizar los emisores buscados.

Herramientas: Se utilizan para inspeccionar y detectar la presencia de señales, y para situarlas en el espectro. Son un medio elemental de comprobar si el entorno electromagnético real se corresponde con la información contenida en la base de datos de gestión. La herramienta detección automática de infracciones (AVD, *automatic violation detection*) informa de la conformidad o discrepancia entre la base de datos de gestión y el entorno electromagnético «real». Las herramientas de ocupación del espectro generan comprobaciones estadísticas de que los canales asignados se utilizan con arreglo a sus licencias.

Diagnósticos (BITE): Se utiliza para obtener el estado operacional de un servidor (estación de comprobación técnica fija, móvil o portátil).

3.2 Configuración de las mediciones

La métrica contiene «calendarios de tareas» y «resultados de las tareas» que permiten a los operadores configurar el sistema para la toma de mediciones. La aplicación informática proporciona una conexión de red para la ejecución de mediciones en el «modo interactivo» y otra para el «modo planificado».

- El modo interactivo permite la interacción directa con información de realimentación instantánea tal como la selección de la pantalla panorámica del espectro, la demodulación y la sintonía del receptor de comprobación técnica. (Nota: las operaciones de radiogoniometría pueden ser «inmediatas» o «planificadas».)
- El modo (calendario) planificado ofrece una característica de ejecución diferida gracias a la cual el cliente puede reservar intervalos de tiempo en un servidor seleccionado para efectuar las mediciones solicitadas. Un solo servidor puede procesar las solicitudes de varios clientes. Obsérvese que una vez encargada la tarea de medición al servidor, el cliente puede desconectarse del enlace hasta el momento de recuperar los resultados.

Como parte de la aplicación informática, el operador dispone de una diversidad de herramientas integradas que le permiten ajustar a su medida diversas tareas. El operador puede añadir requisitos de planificación complementarios de gran utilidad para la verificación de las denuncias de interferencia. Si el demandante puede indicar una hora específica en la que tiene lugar la interferencia, el operador puede encargar al sistema que efectúe la verificación a dicha hora. El operador puede encargar asimismo al sistema la ejecución inmediata de la aplicación cuando sea necesario. La pestaña de planificación permite al operador determinar cuántas veces, o con qué frecuencia, deben ejecutarse las mediciones. El operador puede visualizar, imprimir y salvar un informe que resuma los datos recogidos. El informe de resultados de la medición contiene toda la información relativa a la configuración de la misma y un resumen de los resultados con la siguiente información: datos de la tarea, fecha, hora, frecuencia, anchura de banda, identidad, mediciones solicitadas, tipo, resultado, y datos gráficos. Pueden seleccionarse para la medición uno o más de los siguientes parámetros: anchura de banda ocupada, modulación, intensidad de campo, frecuencia y dirección.

Las mediciones se ajustan totalmente a las Recomendaciones de la UIT y al Manual de Comprobación técnica del espectro. Estos parámetros se repiten automáticamente y se promedian de acuerdo con los valores seleccionados por el usuario. Entre las técnicas de promediación se encuentran las lineales, las de los valores cuadráticos medios y la de retención del valor máximo.

3.3 Visualización y control cartográfico

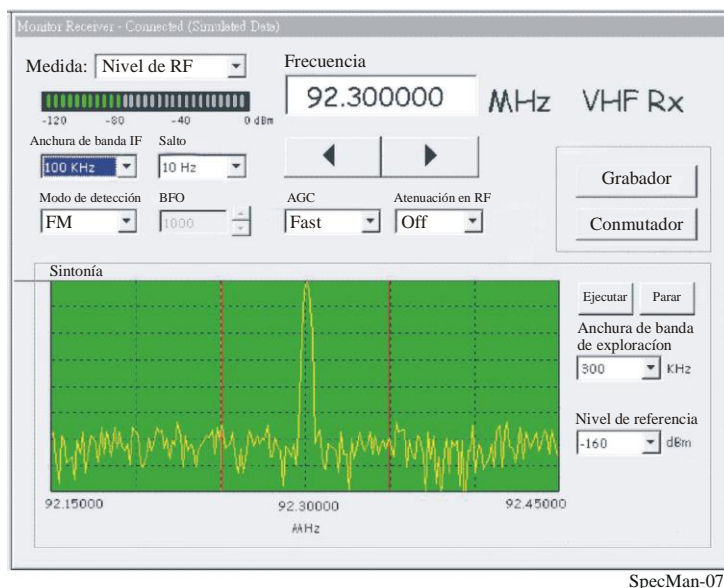
La ventana cartográfica muestra las estaciones de comprobación técnica de la red, los resultados de las operaciones de radiogoniometría y la localización de los emisores (con elipses de error). El sistema está configurado con varios mapas. El operador tiene la posibilidad de visualizar varias capas (ciudades, regiones, ríos, etc.) de Venezuela mediante el botón «capas». El operador puede aumentar o reducir la escala, desplazar la imagen, centrarla o ejecutar mediciones.

3.4 El receptor de comprobación técnica

El operador controla los receptores de comprobación técnica integrados mediante un panel de control virtual (VCP, *virtual control panel*) como el representado en la Figura 7.6. El VCP tiene los habituales controles propios de los receptores autónomos normales, que facilitan el control interactivo de la unidad receptora para observar la señal comprobada en tiempo real. En la misma pantalla se visualizan la información del estado del receptor así como los controles de frecuencia, modulación y amplitud. El computador también dispone de un conmutador integrado de audio y de una tarjeta de sonido. Las grabaciones de audio se hacen en formato digital, como ficheros (.wav) que pueden transferirse entre estaciones.

FIGURA 7.6

Pantalla del receptor de comprobación técnica



El operador tiene acceso a varias pantallas que le permiten observar las frecuencias de interés. La panorámica del espectro (o Pan) es una de estas pantallas. Se trata de un diagrama cartesiano ejes (X – Y) de la amplitud de la señal en función de la frecuencia que puede representar hasta 10 MHz de anchura de banda de datos digitales de FI. Gracias a esta pantalla el operador puede observar e identificar las señales de banda ancha, señalar relaciones en el espectro radioeléctrico e investigar las fuentes de interferencia.

3.5 Radiogoniometría

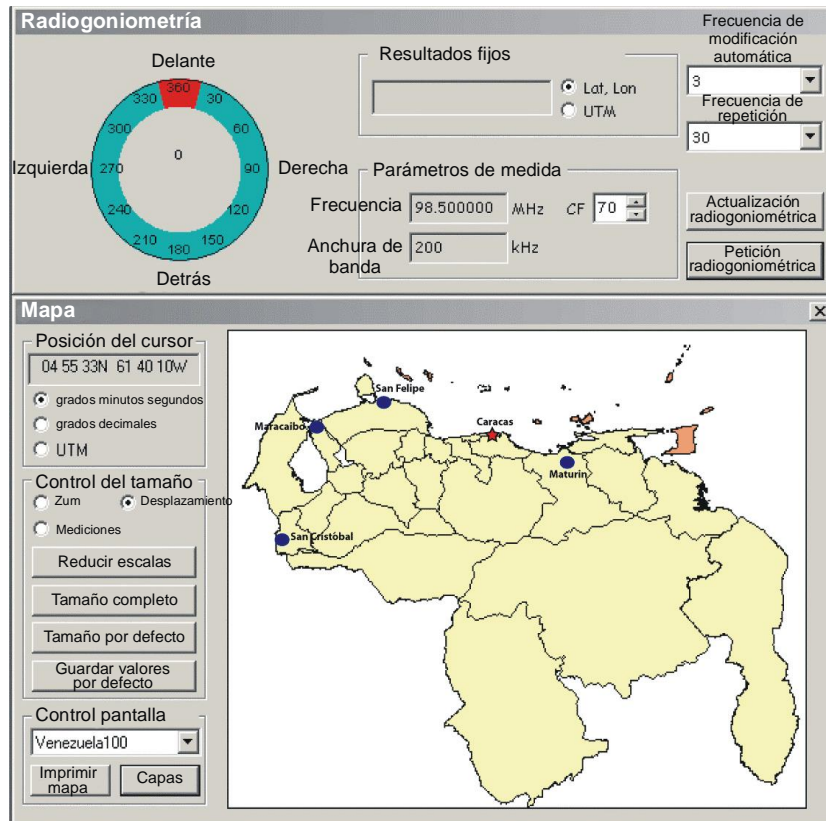
El sistema de radiogoniometría (DF, *direction finding*) permite averiguar con rapidez y efectividad la posición de los emisores mediante las estaciones de comprobación técnica. El sistema puede calcular los resultados de dos o más estaciones así como utilizar una sola estación móvil para ejecutar la radiogoniometría desde vehículo.

La radiogoniometría desde vehículo permite que una estación de comprobación técnica móvil tome mediciones sucesivas de radiogoniometría y de la intensidad de la señal en movimiento. Gracias a estas mediciones la

estación móvil de comprobación técnica puede determinar el emplazamiento del transmisor (véase la Figura 7.7).

FIGURA 7.7

Ejemplo de ventana de visualización de mapa radiogoniométrico



SpecMan-077

3.6 Ejercicios de simulación de la comprobación técnica

Para formar operadores nuevos y actualizar los conocimientos de los operadores existentes, la aplicación de comprobación técnica dispone de un módulo de formación integrado. Este módulo de formación permite a los nuevos usuarios familiarizarse con la programación de las mediciones y controlar el receptor sin utilizar recursos ni crear o borrar mediciones de la base de datos operacional de comprobación técnica. Gracias a ella los operadores también pueden hacer prácticas de sus técnicas y asignaciones de comprobación.

El módulo de formación es totalmente interactivo y utiliza la ayuda en línea del computador portátil o estación de trabajo, así como el manual del usuario en papel que se facilita para que los nuevos usuarios puedan familiarizarse con la interfaz, las pantallas gráficas y los informes que genera el sistema. La formación puede realizarse sin necesidad de que haya equipos reales de comprobación técnica conectados a la red.

3.7 Funciones del sistema de comprobación técnica del espectro

El sistema de comprobación técnica del espectro ejecuta todas las mediciones recomendadas por la UIT, entre ellas las mediciones de parámetros de señal (frecuencia, intensidad de campo y densidad de flujo de potencia, modulación y anchura de banda ocupada), radiogoniometría y ocupación del espectro. El sistema de ejecución automática de mediciones automatiza todo este proceso de modo que los operadores no tienen que aprender, recordar ni invertir tiempo en observar las diversas normas de medición.

La ocupación del espectro permite que el operador defina el intervalo de frecuencias supervisado mediante la especificación de las frecuencias inicial y final de la banda a buscar y de los parámetros de búsqueda, entre ellos el periodo temporal de búsqueda.

El sistema de comprobación técnica tiene, como característica central la AVD. La AVD es una potente herramienta gracias a la cual puede verificarse la conformidad de los emisores con las licencias y detecta las explotaciones sin licencia. La AVD se apoya en los datos de las licencias (asignaciones de frecuencias) obtenidos de la base de datos de gestión. La AVD determina si una emisión específica cumple las tolerancias en frecuencia y anchura de banda del centro asignado, especificadas para la banda y servicio atribuidos en el Plan nacional de atribución de bandas de frecuencias de Venezuela. Asimismo informa de los emisores que están funcionando sin la correspondiente licencia en la base de datos de gestión. Las mediciones de la AVD pueden realizarse en una sola frecuencia o en un intervalo de frecuencias especificado por el operador. En la Fig. 7.8 se representa una pantalla de resultados típica de la AVD.

3.8 Informes

El sistema puede generar informes de los parámetros de la señal, de la ocupación del espectro y de otras mediciones.

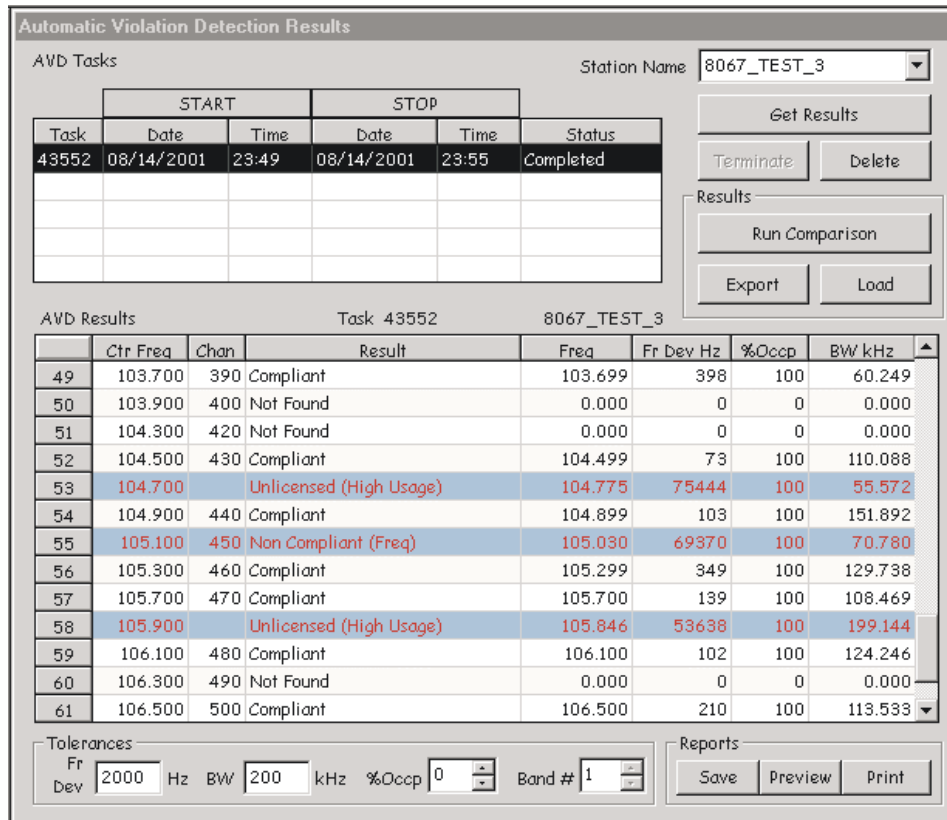
4 Utilización del sistema en CONATEL

La introducción del nuevo sistema integrado de gestión del espectro de comprobación técnica ha cambiado radicalmente la forma de realizar las actividades de CONATEL. Antes de la introducción del sistema los trámites de concesión de licencias y de aplicación de tasas requerían una gran inversión de tiempo con una duración que podía llegar a semanas. Todas las anotaciones tenían que hacerse a mano y no había modo alguno de predecir si los nuevos emisores interaccionarían con los ya instalados. Los análisis de ingeniería tenían que efectuarse con dispositivos manuales o portátiles de capacidad limitada que no estaban integrados en el sistema de gestión.

Desde la introducción del nuevo sistema el procesamiento de las licencias y de las tasas puede realizarse en cuestión de horas. Con las herramientas y análisis de ingeniería integradas y el pleno acceso a las capacidades de comprobación técnica del espectro, descritos en este Manual, el sistema de gestión del espectro puede asignar la frecuencia y verificar su disponibilidad y compatibilidad con los emisores existentes.

FIGURA 7.8

Ejemplo de resultados de detección automática de infracciones



SpecMan-078

El sistema de gestión y comprobación técnica totalmente integrado proporciona unas funciones notables de control, generación de informes e intercambio de datos; para regular el espectro de frecuencias puede utilizar información tanto del sistema de gestión como de las estaciones de comprobación técnica. El sistema utiliza las funciones AVD para investigar las denuncias de los usuarios y para localizar los emisores que incumplen las especificaciones de las frecuencias asignadas (anchura de banda, potencia, etc.).

4.1 Las denuncias y la detección de infracciones

La base de datos principal del sistema se utiliza como punto central de almacenamiento de todas las denuncias. Cuando se recibe una denuncia de un usuario se confronta ésta con la relación de denuncias registradas para ver si se trata de una nueva o coincide con alguna recibida anteriormente. Una vez constatada la novedad de la denuncia, se acude a la aplicación informática de comprobación técnica del espectro para obtener mediciones de frecuencia de la estación infractora y realizar las investigaciones que procedan. La aplicación informática cuenta con una amplia gama de herramientas de análisis de ingeniería para analizar las denuncias.

El sistema cuenta con tres formularios distintos para la tramitación de denuncias: el de denuncia, el de inspección y el de infracción:

- El formulario de denuncia contiene la información que describe el incidente que la provoca y la persona que la presenta.
- El formulario de inspección se utiliza para registrar la información relativa a las inspecciones relacionadas con la infracción o denuncia.
- El formulario de infracción se utiliza para registrar la información sobre la infracción en relación con la denuncia.

La aplicación informática permite que los operadores recojan todos los datos pertinentes y examinen la denuncia. Acto seguido, los funcionarios pueden desestimar la denuncia o adoptar algún tipo de medida, tal como la de sancionar al titular de la licencia o la cancelación de ésta.

4.2 Capacidad de ampliación

La utilización del espectro radioeléctrico es un proceso en permanente evolución. Conforme se descubren más usos para el espectro radioeléctrico, la gestión del espectro y el sistema de comprobación técnica necesitan tener capacidad de ampliación para dar cabida a éstos. El sistema se diseñó teniendo en cuenta este factor. El diseño del sistema es modular y dispone de un potente núcleo de funcionalidades que facilita su adaptación a las necesidades futuras. Entre las posibilidades de ampliación en el futuro se encuentran las siguientes: actualización de los algoritmos de análisis y de modulación de nuevos formatos de comunicaciones, adición de sistemas móviles o fijos, ampliación de la gama de frecuencias de las estaciones móviles y adición de estaciones de trabajo de operador.

5 Otras experiencias de utilización del sistema automatizado de gestión del espectro de CONATEL

5.1 Introducción

Las anteriores secciones de este Anexo describen el sistema automatizado de gestión del espectro que utiliza CONATEL. El sistema descrito anteriormente en las referencias 1 y 2* fue suministrado por TCI. Este sistema lo están utilizando en la actualidad varios organismos de reglamentación de todo el mundo además de CONATEL, entre ellos Zimbabwe, Colombia, Namibia, Mauritania, la República Dominicana y Uganda. En este apartado se resumen las ventajas obtenidas por los usuarios de este sistema.

Entre los ejemplos de automatización y mejora de las operaciones de gestión del espectro que la introducción de este sistema ha supuesto para estas administraciones cabe citar los siguientes:

- Una administración solía procesar entre 10 y 20 solicitudes por semana, con un retraso de entre cuatro y ocho semanas para el procesamiento y aprobación de una solicitud típica. Una vez instalado el sistema y formados los operadores, la misma organización pudo procesar, asignar frecuencia y aprobar 90 solicitudes durante la primera semana de pleno funcionamiento.
- Algunas administraciones venían utilizando desde tiempo atrás grupos de personas independientes para administrar los servicios de radiodifusión y los servicios de telecomunicación, de modo que estas administraciones no tenían un trámite unificado de procesamiento y aprobación de licencias. Gracias a la adquisición del sistema descrito en este Anexo disponen de una base de datos unificada y de un proceso unificado de aprobación y asignación de frecuencias para todos los usuarios del espectro. Aunque continuaron utilizando grupos independientes de funcionarios para los distintos servicios, todos ellos utilizaban el mismo sistema y toda la información de carácter técnico y administrativo se almacenaba en el mismo punto.
- Asimismo las administraciones incorporaron a la base de datos las funciones de procesamiento, aprobación y liquidación de permisos y licencias correspondientes a servicios que no requerían la utilización del espectro, tales como la telefonía por hilos, o los servicios de valor añadido. La administración de estos servicios se solía llevar por separado en hojas de cálculo. El sistema permitió que las administraciones mantuviesen una base de datos unificada de todos sus clientes y de todas las fuentes de ingresos.

Hay otros ejemplos sobre temas específicos que se tratan en los siguientes apartados.

* Referencias:

WOOLSEY, R.B. [2000] Proc., ITC/USA 2000, Automatic Tools for Telemetry Test Range Spectrum Management. TCI, A Dielectric Company, 47300 Kato Road, Fremont CA 94538-7334.

Spectrum Management Systems, <http://www.tcibr.com/PDFs/710webs.pdf>

5.2 Procesamiento de las solicitudes

El sistema permite la entrada de datos y el procesamiento de las solicitudes de servicio, de modo que la administración puede ejecutar las funciones de asignación de frecuencias y concesión de licencias descritas en el Capítulo 3 de este Manual. La mayor parte de los usuarios de este sistema creyó oportuno imprimir los formularios de solicitud en papel directamente desde el sistema para que los rellenasen los solicitantes. De este modo se facilita la introducción de los datos de los formularios en el sistema.

5.3 Asignación de frecuencias

El sistema ayuda al operador a ejecutar las funciones de asignación de frecuencias descritas en el Capítulo 3 de este Manual. A todas las administraciones que utilizan este sistema les ha parecido que la funcionalidad de búsqueda automática en la base de datos de otros transmisores en la frecuencia propuesta y la ayuda que proporciona a la asignación de frecuencias, son muy potentes.

5.4 Economía del espectro

El sistema cuenta con un paquete financiero integrado de control de deudores y administra el procesamiento de tasas que es un elemento clave de la economía del espectro expuesta en el Capítulo 6 de este Manual. Algunas de las administraciones que utilizan este sistema no habían practicado liquidaciones por renovación de licencias durante años hasta que adquirieron el mismo, debido a que el proceso de la renovación resultaba muy engorroso con los sistemas de archivo basados en papel o en computadores sencillos. El sistema hizo posible que las administraciones recaudasen ingresos por renovación de licencias sin mayor dificultad.

5.5 Tramitación de licencias

El sistema automatiza la mayor parte de las funciones de expedición y tramitación de licencias descritas en el Capítulo 3 de este Manual. Algunas de las administraciones que utilizan este sistema guardaban anteriormente sus licencias en formularios de papel en archivadores, que no eran fácilmente accesibles para consultas ni búsquedas. Los datos contenidos en estos impresos de licencia se han introducido en el sistema y actualmente forman parte de la base de datos, están accesibles para búsquedas informatizadas y para que el sistema los utilice para las nuevas asignaciones de frecuencias.

5.6 Ingeniería del espectro

El sistema dispone de potentes herramientas de ayuda a los operadores para realizar las funciones de ingeniería del espectro descritas en el Capítulo 5 de este Manual. Las administraciones que utilizan este sistema consideran estas herramientas especialmente útiles para la resolución de hipótesis de trabajo, lo que ayuda considerablemente a las administraciones en sus actividades de planificación espectral.

5.7 Comprobación técnica del espectro

El sistema integrado ejecuta las funciones de comprobación técnica del espectro descritas en el Capítulo 4 de este Manual. La ventaja más importante de disponer de un sistema totalmente integrado tal vez sea la AVD. Un sistema integrado puede comparar las mediciones realizadas por el sistema de comprobación técnica con la información sobre licencias del sistema de gestión a fin de identificar las frecuencias en las que hay transmisores que no figuran en la base de datos de licencias y los transmisores que no funcionan con los parámetros propios de la licencia. Algunos de los usuarios de este sistema especificaron en sus pliegos de condiciones que la detección automática de infracciones tenía que formar parte del sistema de gestión del espectro y comprobación técnica, ya que consideraban que era una herramienta de gran utilidad para que los operadores detectasen los transmisores sin licencia y los que funcionaban sin respetar los parámetros de sus licencias.

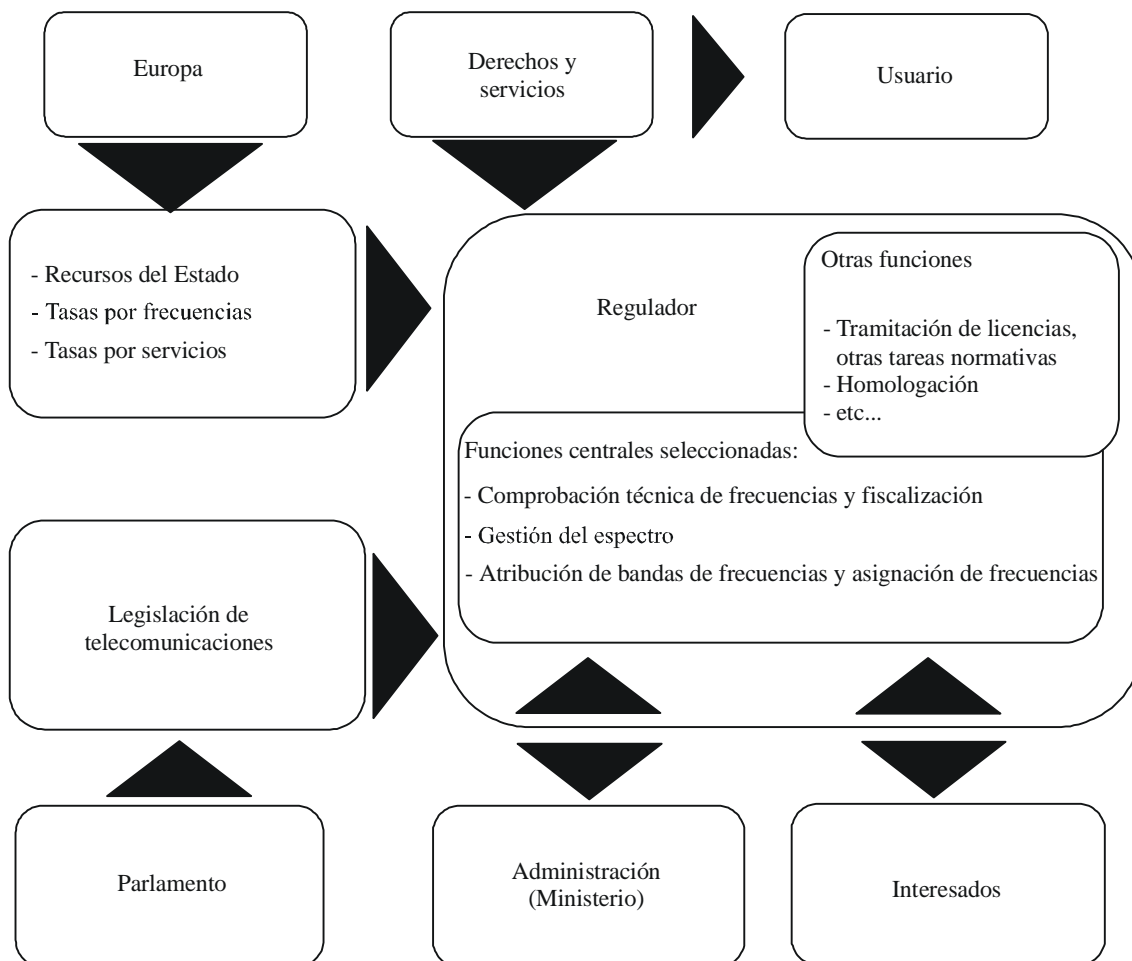
ANEXO 4

AL CAPÍTULO 7

Aplicación informática y ejemplo de gestión automatizada del espectro en los países de Europa Central y Oriental

Once países de Europa Central y Oriental participaron en un importante proyecto de un año de duración subvencionado por el Programa Multinacional Phare de la Unión Europea destinado a analizar problemas en el ámbito de la gestión del espectro y de la comprobación técnica de frecuencias, y a identificar las soluciones a los mismos. A pesar del carácter marcadamente técnico del tema, gran parte del proyecto se dedicó a estudiar el desarrollo de las instituciones de reglamentación, definiendo sus tareas, herramientas y alternativas de financiación. Esto se fundamentó en la necesidad de establecer la autoridad nacional de reglamentación (ANR) como organismo de servicio público con arreglo a la práctica común en los Estados miembros de la UE.

El sistema de reglamentación de las radiocomunicaciones, como el propio régimen reglamentario de las telecomunicaciones nacionales en conjunto, se considera parte de un entorno político, jurídico y empresarial más amplio.



La defensa de la independencia del órgano de reglamentación no supone, sin embargo, que el Estado deba abandonar toda influencia sobre las cuestiones políticas que afecten al desarrollo del sector de las telecomunicaciones. Hay, y siempre habrá, una dimensión política de la reglamentación. Lo importante es establecer una división clara y sin ambigüedades de las responsabilidades y tareas entre el nivel político (es decir el ministerio competente) y el de reglamentación (es decir la ANR).

Por una parte, el sistema político debe ofrecer la legislación y control parlamentario necesarios para la actuación del regulador. Por otra, la realización cotidiana de la independencia operativa de la ANR en la práctica, de organizarse adecuadamente, puede actuar en apoyo de los principios de la democracia y buen gobierno.

La autonomía financiera constituye un medio eficaz de lograr la independencia operativa de la ANR. Los ingresos que necesita la ANR pueden obtenerse de las tasas y derechos recaudados de los usuarios. El desarrollo de modernas administraciones de reglamentación en los países de la UE depende de varios factores que varían de un país a otro. Aunque el proceso de modernización ya ha comenzado en toda la región, en 1998 seguía habiendo grandes diferencias en cuanto a su progreso entre unos países y otros.

El proyecto consideraba cinco cuestiones clave para la creación de los organismos nacionales de reglamentación y recomendaba se les otorgase el siguiente orden de prioridad:

- establecimiento del soporte legislativo;
- asentamiento de la estructura institucional;
- decisión de las posibilidades financieras;
- desarrollo de los recursos humanos;
- adquisición de las herramientas tecnológicas necesarias.

El modo en que cada país participante aborda estas prioridades determina la etapa de su aproximación a la modernización. El proyecto (gestión del espectro y comprobación técnica de frecuencia (SMFM, *spectrum management and frequency monitoring*)) ha intentado investigar los distintos planteamientos.

Las principales observaciones de carácter general realizadas en los países ponen de manifiesto lo siguiente:

- Los funcionarios de los organismos de reglamentación suelen tener un buen conocimiento de los nuevos objetivos.
- El proceso de cambio de reglamentación corre el riesgo de quedar confundido entre otros procesos de cambio.
- El diálogo entre los distintos sectores de las administraciones nacionales es susceptible de mejora. El diálogo entre el organismo de reglamentación y el Ministerio de Hacienda tal vez necesite fortalecerse.
- El nivel potencial (y actual) de recaudación de tasas y derechos parece suficiente, en la mayor parte de los países de la UE, para soportar los gastos del órgano de reglamentación (siempre que se disponga de los adecuados procedimientos de asignación y transferencia de recursos).

Estas observaciones confirman la viabilidad de dotar de autonomía financiera al órgano de reglamentación, contemplándose la posibilidad real de tener superávit (o sea ingresos netos para el Estado). Aunque se otorga una especial relevancia a los respectivos derechos y obligaciones de los ministerios, órganos de reglamentación y operadores de telecomunicación, el régimen de financiación de los gastos ordinarios y de inversiones del órgano de reglamentación resulta en muchos casos insuficiente.

Los proyectos de planes elaborados muestran que el proceso de modernización de los distintos países puede finalizar entre 2000 y 2006. La primera aplicación de estos planes, de acuerdo con las prioridades, ha sido la implementación de una interfaz normalizada para el espectro (interfaz P) entre los países, gracias a la cual se pueden efectuar intercambios administrativos de cooperación internacional. La interfaz P está en vigor en la actualidad.

La interfaz P: interfaz normalizada para el espectro

A pesar de los distintos planteamientos para la gestión del espectro de los diversos países, destacados en los apartados anteriores, hay ámbitos de orden práctico en los que resulta posible y beneficiosa la cooperación

internacional. La posibilidad de intercambiar datos de radiocomunicaciones y aplicaciones informáticas de gestión de frecuencias es uno de ellos. La herramienta común multinacional Phare, aquí descrita, está destinada al desarrollo de una interfaz normalizada (la interfaz P) como herramienta común de intercambio de datos y de programas informáticos entre los sistemas de gestión nacional del espectro. La interfaz P es una contribución al objetivo más amplio de facilitar el crecimiento de los servicios de radiocomunicaciones y reducir el riesgo de interferencia radioeléctrica perjudicial.

La aplicación informática de la interfaz P se comporta como un servidor virtual de bases de datos que permite a sus clientes acceder de forma transparente a un conjunto de bases de datos subyacentes. Hay once países de Europa Central y Oriental que participan en este proyecto de doce meses de duración, y tienen proyectado implementar la capa de la interfaz P para intercambiar datos y programas informáticos entre ellos. Una de las ventajas más importantes de la interfaz P es que gracias a ella las distintas administraciones pueden utilizar el mismo programa de cálculo de compatibilidad. El programa informático de cálculo de compatibilidad desarrollado para una administración es portable a las demás administraciones. Dicho de otro modo, una administración puede aplicar su propio programa informático de compatibilidad a los datos recibidos de otra extranjera y también ejecutar en su propio entorno un programa informático de compatibilidad remitido por la administración extranjera. Un ejemplo de programa informático común para el cálculo de compatibilidad es el método de cálculo armonizado.

La interfaz P presenta una interfaz de programación de aplicaciones única gracias a la cual se pueden certificar los programas informáticos de compatibilidad. De este modo, el peso del desarrollo de las aplicaciones informáticas puede compartirse entre las administraciones participantes. La informática garantiza que el intercambio de datos sobre radiocomunicaciones es completo y coherente. El intercambio directo de datos entre administraciones está acortando el proceso de coordinación, y tiene como objetivo final facilitar el desarrollo de servicios de radiocomunicaciones y reducir los riesgos de interferencia.

La tecnología aplicada se basa en la arquitectura cliente/servidor de acuerdo con la cual se puede acceder a los datos de interés para los sistemas de gestión nacional del espectro gracias a los servicios del servidor. Cuando se dispone de una interfaz normalizada con el servidor, los datos se ven como si estuvieran situados en un contenedor y hubiera un medio de acceso transparente. Así pues, la estructura interna de los datos y el sistema de almacenamiento carecen de importancia y son invisibles para la aplicación cliente.

Los principios que inspiran la interfaz P permiten ofrecer una solución armonizada a las siguientes cuestiones:

Utilización de un diccionario de datos único

Uno de los principales problemas del intercambio de datos es el carácter exclusivo de la identificación de los elementos de datos. Los elementos de datos utilizados por la interfaz P son los definidos por las Comisiones de Estudio de Radiocomunicaciones de la UIT. Cada administración puede, por tanto, identificar adecuadamente y sin ambigüedad la información de gestión de frecuencias.

Definición de una estructura común de base de datos de radiocomunicaciones

Cada elemento de datos se asigna como atributo de base de datos a una entrada de radiocomunicaciones gestionada por la interfaz P. La estructura de la base de datos incorpora los últimos resultados de las Comisiones de Estudio de la UIT y puede adaptarse para tener en cuenta las necesidades de los cálculos de compatibilidad.

Encapsulación de la base de datos nativa

La interfaz P encapsula la base de datos del usuario de modo que el cliente ve la «base de datos de la norma P» que contiene la información de interés para la coordinación de frecuencias y los cálculos de compatibilidad. La interfaz P puede encapsular varios contenedores de datos en una sola sesión de base de datos. De este modo, se respetan todas las aplicaciones anteriores.

Utilización de un servidor común de cartografía

Los países participantes utilizan sistemas de coordenadas diferentes. Para resolver este problema, la interfaz P dispone de una interfaz común para los datos cartográficos. La interfaz P utiliza el World Geodetic System 1984 (WGS84) como sistema de coordenadas de referencia. Asimismo, la interfaz P dispone de servicios de conversión entre los sistemas nativos de coordenadas y el WGS84.

Soporte de intercambio de datos

En los conceptos propuestos, el intercambio de datos pasa a ser el simple envío de un contenedor de transporte a una administración extranjera. El transporte del contenedor se realiza por Internet. En una situación típica los datos se envían en el contenedor de transporte que se conecta a la base de datos del usuario. En el lado cliente de la interfaz P no se distingue si un elemento de datos concreto se obtiene del contenedor de transporte o de los contenedores locales.

En resumen, la complejidad de los problemas contemplados en este proyecto se debió a la preexistencia de entornos diversos en los países participantes. El alcance del proyecto era multidisciplinar y requería soluciones a problemas tales como la gestión de frecuencias, métodos informáticos avanzados, acceso a bases de datos heterogéneas y arquitecturas de sistemas de computadores.

ANEXO 5

AL CAPÍTULO 7

La gestión nacional de frecuencias en Turquía**Introducción**

Como resultado de la creciente demanda de espectro, muchos países se enfrentan a la necesidad de aplicar más estrictamente el reglamento que rige la utilización de frecuencias. Hay que supervisar a los operadores de sistemas inalámbricos titulares de licencias para verificar que sus redes no se apartan de las longitudes de ondas asignadas y, además, hay que identificar a las estaciones de radiodifusión y televisión ilegales y resolver su situación.

La Administración turca ha adoptado medidas agresivas para garantizar la existencia de suficientes frecuencias para satisfacer la creciente demanda. La Autoridad de Telecomunicaciones de Turquía ha desarrollado un sistema nacional de comprobación técnica multifocal que ejecuta las siguientes funciones:

- supervisión de las señales radioeléctricas;
- medición de la ocupación del espectro;
- medición de las transmisiones de radiodifusión sonora y de televisión;
- detección de infracciones de frecuencias;
- determinación y trazado de mapas de las zonas de cobertura radioeléctrica;
- análisis de las señales de interferencia;
- localización de las estaciones ilegales.
- recogida de datos estadísticos para la gestión de frecuencias en general.

Un elemento primordial de este sistema es el sistema de gestión nacional de frecuencias (NFMS, *national frequency management system*), que contiene dos componentes de programación informática clave con las técnicas más avanzadas de ingeniería del espectro, modelos de propagación y técnicas de visualización de datos geoespaciales, para alcanzar los objetivos de la Autoridad. La Autoridad de Telecomunicaciones de Turquía, equivalente a la Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos de América, adjudicó el contrato NFMS al Centro de Investigación de Comunicaciones y Gestión del Espectro (ISYAM) de la Universidad Bilkent de Ankara por su constante dedicación al estudio de la ingeniería del espectro para aplicaciones de telecomunicaciones, y especialmente para la planificación, asignación y utilización de frecuencias.

El sistema nacional de comprobación técnica (NMS, *national monitoring system*) cuenta con un centro nacional de control (NCC, *national control center*) situado en Ankara y siete centros regionales de comprobación técnica (RMC, *regional monitoring centres*) situados en distintas ciudades de Turquía. Hay estaciones de comprobación técnica fijas y transportables así como sistemas móviles de medición de la radiodifusión y vehículos de comprobación técnica móvil con equipos de radiogoniometría y comprobación técnica semejantes a los de las estaciones fijas. El sistema de comprobación técnica del espectro lo utiliza la Autoridad para supervisar las frecuencias, analizar la interferencia entre estaciones, verificar la conformidad de los parámetros de las estaciones radioeléctricas con las licencias y localizar emisiones ilegales. La gama de frecuencias del NFMS va de 10 kHz a 40 GHz y el sistema de comprobación técnica cubre las frecuencias comprendidas entre 10 kHz y 2,5 GHz.

El contrato del proyecto se adjudicó en mayo de 1998. La especificación y análisis de los requisitos detallados, seguida del diseño del sistema y el desarrollo tuvieron como resultado la aparición de la primera versión del NFMS que entró en servicio en el NCC y en el RMC de Ankara. Durante el año siguiente, gracias a la realimentación informativa procedente del equipo administrativo de la Autoridad y de los usuarios del NFMS, se pudieron introducir mejoras y obtener un sistema a la medida. Mientras tanto, los datos anteriores de la Autoridad con formato electrónico se han transferido a la base de datos del nuevo sistema.

Visión general del sistema

Arquitectura del sistema

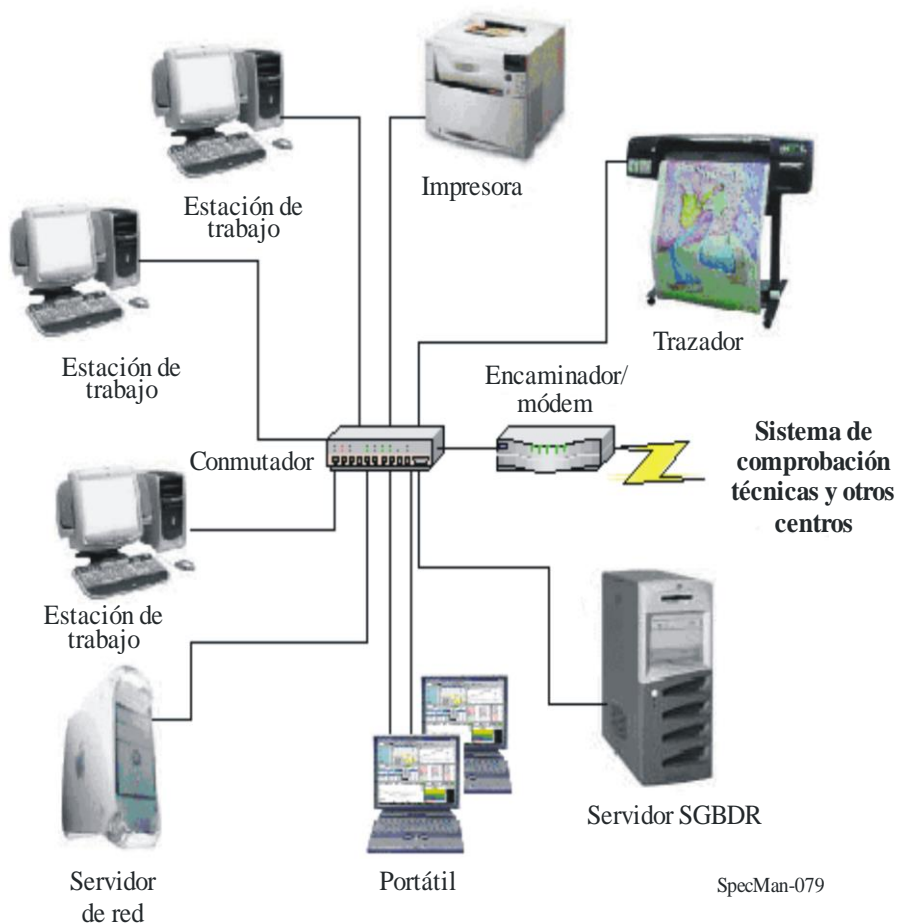
El NFMS y sus componentes tienen una estructura modular clasificada en tres capas:

- *la capa física*, compuesta de los equipos informáticos y las instalaciones de redes de comunicaciones que dan soporte a las actividades de infraestructura y a los sistemas de aplicaciones;
- *la capa de infraestructura de soporte*, que consta del sistema operativo, la base de datos y su sistema de gestión, y las herramientas informáticas que permiten dar soporte a los sistemas de aplicación;
- *la capa del sistema de aplicación*, integrada por programas informáticos específicos de la aplicación y bases de datos locales destinadas a dar soporte a actividades específicas y cálculos relacionados.

El NFMS se ha diseñado con arreglo al Manual del UIT-R – Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (CAT), y se le han incorporado mejoras adicionales para poder funcionar en los centros de explotación plurirregionales. Su arquitectura es del tipo cliente-servidor y se ejecuta sobre las estaciones de trabajo de los usuarios del centro de explotación conectadas por una LAN. Los datos administrativos y de explotación se guardan en un servidor local de bases de datos que también está conectado a la LAN. Además, cada centro de explotación puede conectarse con los demás centros de explotación a través de una WAN formando un entorno de explotación distribuido pero integrado. El sistema NFMS puede utilizar cualquier recurso informático que se apoye en esta infraestructura. Los datos de cada una de los servidores de bases de datos de los distintos centros de explotación se duplican por motivos de integridad y coherencia. En la Fig. 7.9 se representa la arquitectura del sistema correspondiente al planteamiento de varios centros de explotación.

FIGURA 7.9

Arquitectura de varios centros de explotación



Para evitar que usuarios no autorizados tengan acceso a los datos del NFMS o puedan manipularlos, el sistema dispone de cuatro capas de seguridad; la capa del sistema operativo, la capa de la estación de trabajo cliente, la capa de base de datos y la capa de aplicación. Además de estos niveles de seguridad, el sistema permite ejecutar auditorías de seguridad de tres formas: la prueba de auditoría suministrada por el SGBDR, el registro de indicaciones de tiempo, la auditoría de intentos de conexión y los históricos de registros suprimidos facilitados por la capa de aplicación.

Si la política administrativa de la Autoridad así lo determina, esta arquitectura podría convertirse en un sistema centralizado con una sola base de datos central, estando los clientes en centros de explotación remotos desde donde podrían acceder a los datos de la base de datos central y modificarlos.

Metodología de diseño e implementación: la clave del éxito

El desarrollo de la aplicación informática del NFMS se ha ajustado al proceso definido por la norma de desarrollo de programas informáticos J-STD del IEEE, habiéndose gestionado y documentado el proyecto al amparo de la certificación ISO 9001:1994.

La normalización del desarrollo y documentación del proyecto, y la gestión de la configuración del mismo, han permitido aplicar con éxito principios de ingeniería de programación informática a los procesos del ciclo de vida de las aplicaciones informáticas evitando, por consiguiente, pasar por alto detalles de relevancia en las fases de diseño e implementación, lo que ha proporcionado la solidez y calidad deseadas a la aplicación informática.

En el análisis y el diseño del sistema se han utilizado herramientas CASE para facilitar la introducción de modificaciones y la reingeniería de los componentes del sistema. El NFMS se ha diseñado e implementado con independencia del sistema de gestión de base de datos escogido. Su arquitectura de sistemas abierta le permite incorporar nuevos módulos e integrarse con otros sistemas de gestión del espectro. Se han utilizado herramientas de programación específicamente ajustadas a las operaciones de bases de datos para obtener el máximo rendimiento de procesamiento.

Gracias a todo lo expuesto, a la sobresaliente gestión del proyecto y a la coordinación con la Autoridad de telecomunicaciones, se ha podido obtener un sistema de alto rendimiento cuyas especificaciones superan las del pliego de condiciones, dentro de los plazos previstos.

La aplicación informática

Los dos componentes más importantes del NFMS son el *sistema de soporte de comprobación técnica e ingeniería del espectro (BilSpect)* y el *sistema de información de gestión (MIS)*, que funcionan íntegramente en base a datos compartidos. Estos sistemas disponen de interfaces gráficas con características mejoradas tales como la validación de datos, la ayuda en línea y la consulta de datos, que cabe esperar de las aplicaciones informáticas de alta tecnología.

BilSpect

El sistema de soporte de comprobación técnica e ingeniería del espectro (BilSpect) se ha diseñado como unión de dos componentes principales, a saber el sistema de soporte de comprobación técnica (MSS) y el sistema de ingeniería del espectro (SES).

El sistema de soporte de comprobación técnica (MSS)

El sistema de soporte de comprobación técnica permite la automatización e integración del sistema nacional de comprobación técnica en el NFMS de acuerdo con lo expuesto en la Recomendación UIT-R SM.1537. El MSS controla las funciones automáticas de medición realizadas en diversas estaciones de comprobación técnica y muestra las mediciones realizadas por estas actividades de comprobación técnica ya sea en forma de tablas o gráficos.

Gracias al sistema de soporte de comprobación técnica, un operador de un RMC puede realizar tareas de medición automática tales como la determinación de la ocupación del espectro, la detección de estaciones ilegales o la verificación de la conformidad de los parámetros de una estación radioeléctrica con sus licencias de acuerdo con una planificación semanal para cada estación de comprobación remota. Las estaciones de comprobación técnica introducen estas tareas en la base de datos y, tras realizar las mediciones definidas,

transfieren los resultados al centro de comprobación técnica para su análisis estadístico o visualización gráfica. El sistema de soporte de comprobación técnica está dotado de la función de detección automática de infracciones para generar alarmas cuando se detectan señales ilegales o que se desvían de los parámetros de sus licencias.

Por ejemplo, pueden evaluarse los resultados de las mediciones de ocupación del espectro de tres modos diferentes, a saber: como ocupación de la banda de frecuencias, como ocupación de una única frecuencia o generando la tabla de horas cargadas. El diagrama de ocupación de bandas de frecuencias muestra las frecuencias en el eje de abscisas (eje x) y los valores de la ocupación de frecuencias (en %) en el de ordenadas (eje y). El diagrama de ocupación de frecuencias únicas muestra los valores de la ocupación (en %) de una frecuencia en el eje de ordenadas en función del tiempo que se indica en el eje de abscisas. La tabla de horas cargadas permite calcular las medias móviles de una hora de duración de los valores de ocupación correspondientes a una frecuencia, comenzando cada cuarto de hora y mostrando la hora de máxima ocupación en un intervalo de 24 h. Si los valores de ocupación correspondientes a una frecuencia se pueden obtener para un periodo superior a 24 h, la tabla muestra las horas cargadas de cada día, por separado.

Cuando se sospecha la utilización ilegal de una frecuencia, se asignan tres estaciones de radiogoniometría para realizar las mediciones de la marcación de dicha frecuencia por medio de las antenas adecuadas. Si las tres estaciones pueden identificar la dirección de la fuente de la señal en cuestión, la aplicación de una sencilla técnica de triangulación permite encontrar el posible emplazamiento objetivo, que también se visualiza en el mapa junto con las estaciones de radiogoniometría y sus marcaciones.

El sistema de ingeniería del espectro (SES)

El SES integra varios módulos informáticos destinados a ayudar a los operadores a ejecutar las funciones de ingeniería del espectro necesarias para la gestión automatizada de frecuencias con arreglo a lo descrito en la Recomendación UIT-R SM.1370. Estos módulos se utilizan para ejecutar análisis de propagación, análisis de interferencias, análisis de enlaces, asignaciones y planificaciones de frecuencias, cálculos para la coordinación internacional, operaciones de bases de datos y generación de informes útiles. El SES lleva integrado un paquete informático de sistema de información geográfica (GIS) para mostrar en pantalla los resultados del análisis, seleccionando el fondo del mapa y pudiendo utilizar cualquier tipo de datos geoespaciales, ya sean éstos de ráster o vectoriales. El sistema proporciona las siguientes funcionalidades:

- Predicción de la propagación utilizando los datos de la altimetría digital y los modelos de propagación recomendados por la UIT.
- Cálculo de la zona de cobertura de la estación y presentación en mapas digitales.
- Análisis de los enlaces de microondas y cálculo de la disponibilidad de éstos aplicando el método descrito en la Recomendación UIT R P.530.
- En los servicios de radiodifusión sonora digital-terrenal (T-DAB) y de radiodifusión de televisión digital-terrenal (DVB-T), cálculo de los niveles de las señales interferentes, de la ganancia de red y de la probabilidad y cobertura correspondientes a una sola red de frecuencias.
- Análisis de la interferencia intraservicio en los servicios analógicos de radiodifusión sonora y de televisión y en los servicios móviles terrestres.
- Análisis de la interferencia entre los servicios analógicos de televisión y los servicios de T-DAB y DVB-T.
- Cálculos de compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de 87-108 MHz, aproximadamente, y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz con arreglo a la Recomendación UIT-R SM.1009.
- Análisis de desensibilización e interferencia de intermodulación.
- Planificación de frecuencias para los servicios analógicos de radiodifusión sonora de televisión.
- Cálculo automático de las asignaciones de frecuencias propuestas para los circuitos del servicio móvil terrestre que funcionen en la banda de ondas decamétricas (2-30 MHz) utilizando el Programa ICEPAC desarrollado por la Administración Nacional de Información de las Telecomunicaciones de Estados Unidos de América (NTIA, *U.S. National Telecommunications Information Administration*).

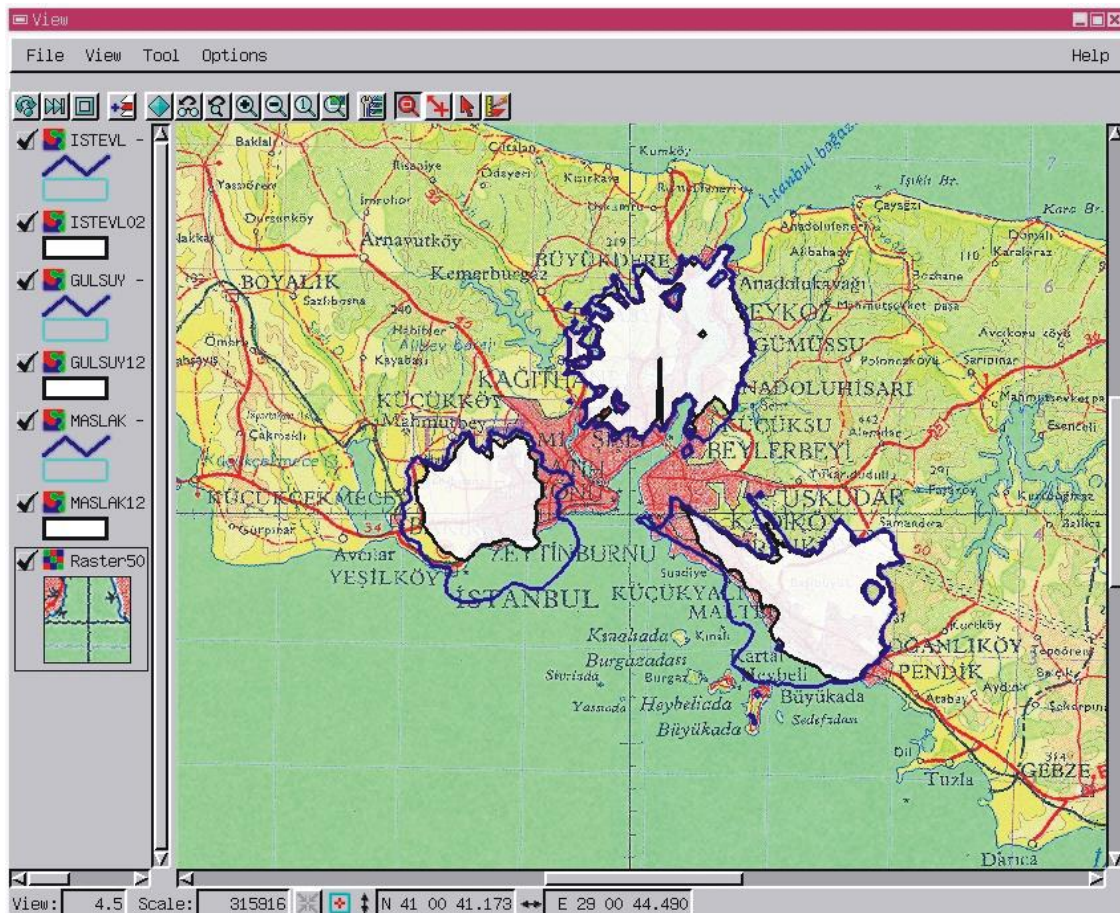
- En las zonas fronterizas, detección y presentación en el mapa de las estaciones que pueden requerir coordinación internacional.
- Mantenimiento de registros de bases de datos para actividades de coordinación con los países vecinos.
- Generación de los formularios de notificación de la UIT para asignaciones de frecuencias que requieran coordinación internacional, ya sea en formulario impreso o en formato electrónico, junto con todos los datos que proceda enviar a la UIT.
- Cálculo de coordinación de las estaciones radioeléctricas que funcionan en las bandas de ondas hectométricas y kilométricas utilizando el método descrito en las Actas Finales del Acuerdo Regional (Ginebra, 1975).
- Cálculo de los contornos de coordinación para las estaciones terrenas de satélites geoestacionarios con arreglo al RR de la UIT y determinación de las estaciones radioeléctricas terrenales que se encuentran dentro de dicho contorno y comparten la misma banda de frecuencias.
- Generación de listados, actualización y consultas de los cuadros nacionales e internacionales (es decir regionales y mundiales) de atribución de bandas de frecuencias.
- Operaciones de bases de datos tales como presentación, actualización, consulta y generación de informes sobre los registros de asignaciones de frecuencias.

El SES está dotado de herramientas de análisis de gran utilidad para facilitar a los operadores el proceso de asignación de frecuencias. El sistema cuenta con las siguientes características:

- Una vez ejecutado el análisis de propagación de un transmisor, puede dibujarse sobre el mapa cualquier número de contornos de intensidad de campo definidos por el usuario.
- Se puede generar una relación de todas las unidades administrativas (provincias, distritos y municipios) y de su número de habitantes, así como el número total de habitantes que reside dentro de un determinado contorno e intensidad de campo, gracias a la base de datos censal.
- Se puede dibujar el perfil de la señal mostrando el nivel de ésta (intensidad de campo o potencia recibida) en función de la distancia al emplazamiento del transmisor, en cualquier dirección, así como el diagrama del perfil del terreno.
- Análisis de la interferencia potencial entre las estaciones existentes y las propuestas suponiendo que cada estación considerada puede tratarse como fuente de interferencia o como víctima de ésta.
- A partir del análisis de la interferencia, utilizando las relaciones de protección en el mismo canal y en canales adyacentes, puede calcularse para cada estación la zona de cobertura libre de interferencia y proyectarse sobre el mapa como se muestra en la Figura 7.10.
- Las frecuencias candidatas libres de interferencia para una estación propuesta pueden identificarse automáticamente si se conoce dicha frecuencia.
- Se calcula la cobertura de la estación base y el alcance de la respuesta de los equipos móviles para los servicios móviles terrestres en las bandas de ondas métricas y decimétricas así como la zona de viabilidad de la comunicación bidireccional, que puede visualizarse en el mapa.

FIGURA 7.10

Zonas de cobertura libres de interferencia de tres estaciones de base en el servicio móvil terrestre



SpecMan-0710

El sistema de información de gestión (MIS)

El MIS (*management information system*) es un conjunto integrado de subsistemas adaptados para la automatización de todas las tareas administrativas de una Autoridad de telecomunicaciones. Satisface además los requisitos de la gestión de datos administrativos de la Autoridad, desde la entrada de datos hasta las consultas y la generación de informes. El soporte avanzado de las funciones administrativas relacionadas a continuación supone una solución inmediata y fácil para las actividades de gestión del espectro:

- Tramitación de solicitudes.
- Tramitación de licencias.
- Tramitación de tasas.
- Tramitación de informes.
- Tramitación de denuncias de interferencia.
- Trámites de seguridad.
- Asignación de frecuencias.

La creación de un sistema que satisfaga los requisitos actuales y futuros de la Autoridad, debe ser una de las políticas de diseño insoslayables. Teniendo esto en cuenta, las funciones citadas se han clasificado en cuanto al carácter de su campo de aplicación a fin de satisfacer los requisitos específicos de las aplicaciones y obtener por tanto subsistemas modulares fáciles de mantener.

Las aplicaciones de las licencias de radiocomunicaciones pueden variar en función del tipo de estaciones radioeléctricas. A estos efectos, se han diseñado y desarrollado dos subsistemas, a saber: *gestión de licencias de estaciones radioeléctricas* y *gestión de licencias de estaciones de radioaficionados*. Adicionalmente, para registrar los certificados de radiocomunicaciones en la banda ciudadana y efectuar un seguimiento de los mismos, se ha desarrollado un subsistema independiente denominado *gestión de certificados de radiocomunicaciones en la banda ciudadana*.

Algunas Autoridades también han autorizado la expedición de certificados individuales para explotar estaciones de radiocomunicación de los servicios fijo y móvil así como estaciones de radioaficionados, una vez que los candidatos hayan superado los exámenes correspondientes. Se han diseñado los sistemas *gestión de certificados de operador de radiocomunicaciones* y *gestión de certificados de radioaficionados* para ejecutar las tareas necesarias a estos efectos. Para tramitar las licencias de radioaficionados extranjeros expedidas temporalmente para utilizarlas en el país por un plazo limitado, se ha desarrollado la *gestión de certificados de radioaficionados extranjeros*.

Cada uno de los subsistemas citados tiene sus propias funcionalidades de tramitación de solicitudes, tramitación de licencias, tramitación de tasas, tramitación de informes y trámites de seguridad.

La *gestión de denuncias de interferencia* se ha diseñado como subsistema independiente aunque integrado con los otros sistemas para manejar las solicitudes de denuncia de interferencia, las fuentes de interferencia y su resolución.

El subsistema de *gestión de normas de equipos y de licencias de autorización* se encarga de otra importante actividad de la gestión del espectro. Se ha diseñado para registrar las solicitudes y resultados de las pruebas de equipos y efectuar un seguimiento de las mismas a fin de inscribir y manipular los equipos aprobados por la Autoridad con arreglo a las Normas y Recomendaciones de la UIT. Adicionalmente, este subsistema se utiliza para preparar y registrar licencias de autorización de importación, venta y producción de equipos de radiocomunicaciones, efectuar un seguimiento de las mismas, y expedir permisos de importación y producción de equipos radioeléctricos, efectuando asimismo un seguimiento de los mismos, inscribiendo a los fabricantes y a los vendedores de equipos, y registrando y preparando los certificados de conformidad de los equipos.

Para la gestión al máximo nivel de las tasas, impagados y sanciones, se ha diseñado la *gestión de tasas* con características más avanzadas. La gestión de tasas pretende realmente procesar las tasas por licencia de las estaciones de radiocomunicaciones y demás cobros de tasas relacionadas, teniendo además la posibilidad de generar estados financieros del MIS.

En lo que se refiere a la tramitación de las asignaciones de frecuencias, la gestión de licencias de las estaciones radioeléctricas interacciona con el SES para completar los pasos necesarios de la tramitación de licencias empezando por la solicitud de las mismas, siguiendo por la inspección de los emplazamientos, la asignación de las frecuencias y terminando finalmente con la expedición de las licencias.

Las visitas de las estaciones radioeléctricas las realizan los funcionarios responsables de la Autoridad, periódicamente o en fechas preestablecidas, a fin de controlar los parámetros del sistema y de los equipos así como los límites y funcionalidades permitidos. Estas visitas, los resultados de los controles e incluso las tasas de control, de existir, pueden registrarse y ser objeto de seguimiento por medio del subsistema *gestión de control del sistema*. Gracias a este subsistema, el usuario puede acceder a todos los detalles de la licencia, las frecuencias asignadas, los atributos de la estación y las deudas.

En la mayor parte de los casos, resulta útil para las Autoridades hacer un seguimiento de la situación jurídica de las tasas por licencias pendientes de cobro, de los impagados y de las sanciones encargándose de todo ello el departamento responsable de su administración. El subsistema *gestión de seguimiento legal* está diseñado específicamente para este fin y funciona integrado con los demás subsistemas del MIS.

El *soporte de gestión del MIS* es otro subsistema único que permite al gestor del MIS crear perfiles de usuario dentro de la estructura organizativa definida, asignar nombres y contraseñas a los usuarios, definir derechos de acceso y modificación a los usuarios, pudiendo limitar la utilización de un subsistema específico y llegando a limitar funciones tales como la consulta de registros, la supresión de los mismos y la generación de informes. El gestor puede controlar de este modo la seguridad del sistema y, gracias a las interfaces de comprobación técnica, efectuar un seguimiento de las acciones de los usuarios de mayor relevancia, tales como la supresión de registros y los intentos de acceso no autorizados.

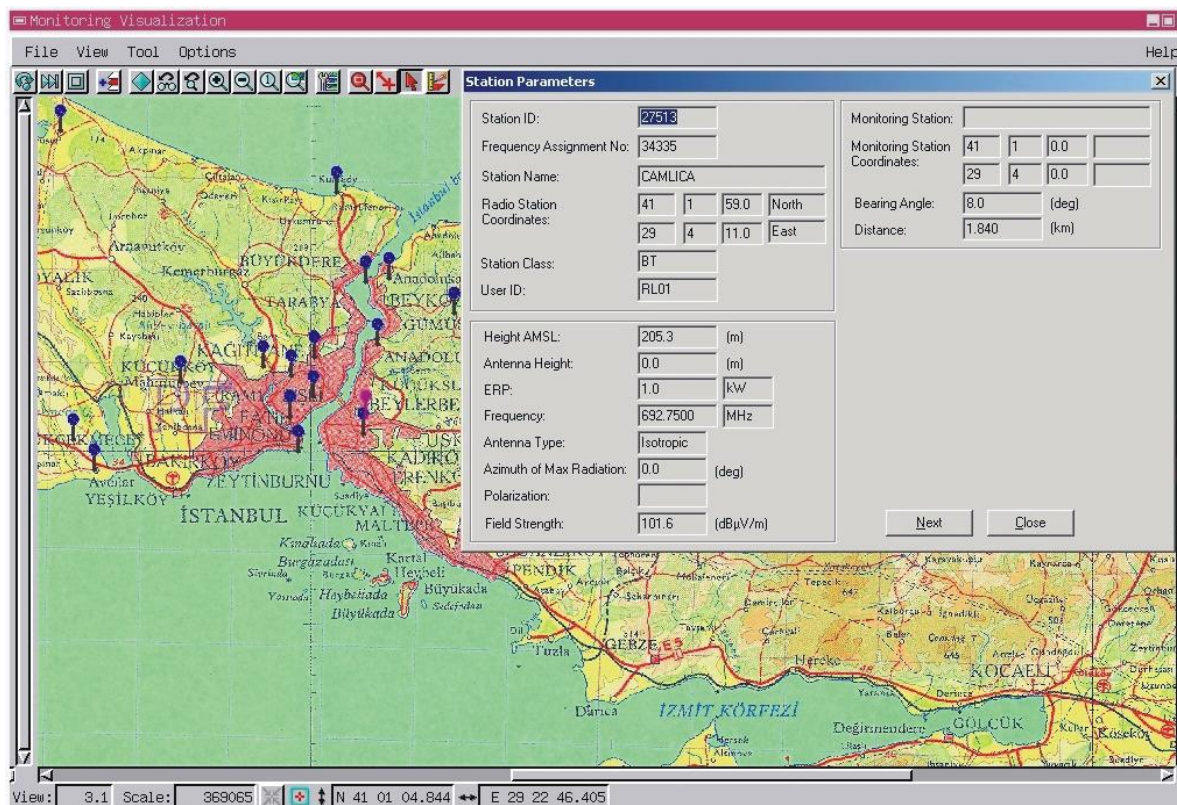
En resumen, el NFMS-MIS dispone de los subsistemas siguientes:

- Gestión de licencias de estaciones radioeléctricas.
- Gestión de licencias de estaciones de radioaficionado.
- Gestión de certificados de radioaficionado.
- Gestión de certificados de operadores de radiocomunicaciones.
- Gestión de certificados de radioaficionados extranjeros.
- Gestión de certificados de radiocomunicaciones en la banda ciudadana.
- Gestión de tasas.
- Gestión de denuncias de interferencia.
- Gestión de seguimiento legal.
- Gestión de normas de equipos y licencias de autorización.
- Gestión de control del sistema.
- Soporte de gestión del MIS.

El sistema MIS también está integrado con el *sistema de soporte de comprobación técnica e ingeniería del espectro*. Utilizando las funciones de consulta de la base de datos y los programas informáticos de cartografía del sistema de información geográfica (GIS), los usuarios pueden buscar registros de la base de datos por frecuencia, clase de estación y emplazamiento, y visualizar los resultados en el mapa. Por ejemplo, si un usuario desea ver las estaciones radioeléctricas que funcionan en una determinada gama de frecuencias en una zona geográfica de Turquía, el programa informático accede a la base de datos de licencias, recupera las estaciones que satisfacen los criterios especificados y muestra sus posiciones en el mapa con símbolos definidos por el usuario. Señalando y pulsando sobre el símbolo de una estación radioeléctrica en el mapa, se accede al fichero de dicha estación y su contenido se presenta en un cuadro de texto de la pantalla como puede verse en la Figura 7.11.

FIGURA 7.11

Resultados de la consulta a la base de datos presentados sobre el mapa



SpecMan-0711

El NFMS en números

En la actualidad hay millones de ficheros que contienen la información de todas las estaciones radioeléctricas y equipos de transmisión utilizados en Turquía. Las estaciones radioeléctricas operan en una amplia gama de servicios (por ejemplo, radiodifusión, móvil terrestre, servicios aeronáuticos, etc.), enlaces de microondas, antenas de telefonía móvil, sistemas de seguridad de aeropuertos, disponen todas ellas de licencia y están registradas en la base de datos. El objetivo principal parece ser la construcción de una base de datos que sólo requiera la introducción de datos una vez. Es necesario crear formularios para que los utilicen los funcionarios de la Autoridad en la expedición de licencias. Una vez introducida la información correcta, la base de datos debe actualizarse automáticamente y transferir los datos a los ficheros correspondientes.

Inicialmente, la Autoridad mantenía los datos bajo diversos formatos, que iban desde los impresos hasta las hojas de cálculo MS Excel y pequeñas bases de datos, pero gran parte de los datos electrónicos eran obsoletos y necesitaban actualizarse. Durante la fase de desarrollo de la base de datos del proyecto NFMS, los datos electrónicos anteriores se transfirieron automáticamente a la nueva base de datos por medio de programas de transferencia desarrollados por el ISYAM. En este proceso se aplicaron técnicas de discriminación de datos y verificaciones sintácticas y semánticas de los datos existentes, para conseguir una base de datos coherente y correcta.

El NFMS dispone de una base de datos relacional completa y totalmente congruente, de arquitectura distribuida, que interconecta eficazmente siete centros de explotación, denominados *centros regionales de comprobación técnica*, con el *centro nacional de control*. Los datos se duplican diariamente entre estos centros.

En la actualidad la base de datos del NFMS cuenta con 365 tablas. Debe observarse que el número de registros para cada campo de operación de estas tablas representa el número total de registros relacionados con dicho campo de operación. Por ejemplo, aunque el total de registros de las tablas utilizadas para la «gestión y asignación de frecuencias» sea de 553 624, el número de asignaciones de frecuencias a estaciones con licencia

en toda Turquía es de 119 228. El número de registros se incrementa en varios millones más en la base de datos de explotación de gestión de las estaciones de comprobación técnica, dependiendo del tipo y número de tareas de medición asignadas a las estaciones de comprobación técnica.

Preparándose para el futuro

La tecnología está cambiando tan rápidamente que ciertas funcionalidades deben volver a diseñarse estando los sistemas todavía en construcción. Una de las mejoras, actualmente en estudio, del sistema de gestión de espectro es la utilización de datos de alta resolución sobre altura de edificios, y técnicas de trazado de rayos para efectuar análisis de señal más precisos en las zonas urbanas. Los participantes en el proyecto opinan que el NFMS ofrecerá amplios beneficios en los años venideros.

ANEXO 6

AL CAPÍTULO 7

Actualización de los sistemas de gestión del espectro anteriores

1 Presentación

1.1 Introducción

Este Anexo está dedicado a la actualización y desarrollo de nuevos sistemas informáticos en el ámbito de la gestión del espectro. Concretamente describe el proceso de desarrollo seguido por Telcordia para fabricar un sistema avanzado de gestión de frecuencias⁴¹ (FMS) a la medida para uno de sus clientes. El estudio de la modernización y actualización de los sistemas de gestión del espectro anteriores reviste particular interés debido a su peculiar combinación de procesamiento de datos técnicos, administrativos, financieros y espaciales, algoritmos numéricos, presentación científica, generación de informes y a su completa interfaz de usuario. El desarrollo del FMS requiere la integración y actualización de los diversos sistemas y bases de datos anteriores, diferentes entre sí, para formar un sistema de gestión completo, unificado e integrado.

2 El problema

El cliente solicitó una auditoría de su departamento de gestión de frecuencias y el desarrollo de un sistema avanzado de gestión de frecuencias (FMS) dotado de la última tecnología que cumpliera sus requisitos específicos y los de la Recomendación UIT-R SM.1370 – Directrices de diseño para la elaboración de sistemas avanzados de gestión automática del espectro.

En general, las funciones de un sistema de gestión del espectro se clasifican en las siguientes categorías genéricas:

- Funciones administrativas tales como el mantenimiento de registros, la tramitación de solicitudes, la generación de informes, etc.
- Análisis de ingeniería tales como modelos de propagación, análisis de interferencia, análisis de enlaces, análisis de cobertura, etc.
- Funciones cartográficas para facilitar la planificación del espectro y la resolución de interferencias.
- Funciones financieras tales como la tramitación de tasas, su contabilización, cobro y liquidación.

Cada una de estas categorías cuenta a su vez con varias funciones que comprenden diversas tareas. El cliente llevaba a cabo la gestión de frecuencias utilizando una diversidad de bases de datos independientes y un pequeño conjunto de herramientas de ingeniería. Algunas funciones se ejecutaban manualmente. Este FMS se diseñó para integrar la base de datos, las funciones de ingeniería, las funciones financieras, el GIS y la generación de informes en una única aplicación cliente-servidor. El sistema tenía que ser flexible, modular y estar basado en tecnologías de bases de datos probadas.

Para facilitar la migración del cliente al nuevo sistema integrado y unificado se ejecutaron las siguientes tareas:

- Análisis de las operaciones del cliente.
- Desarrollo de los requisitos del FMS en colaboración con el cliente.
- Desarrollo del FMS.
- Instalación del FMS en su emplazamiento.
- Puesta en marcha del FMS y formación del cliente antes de hacerle entrega de la aplicación informática del FMS.

⁴¹ En este Capítulo 7 la expresión «sistema de gestión del espectro» se refiere a un sistema genérico de automatización de la gestión del espectro. La expresión «sistema avanzado de gestión de frecuencias» se refiere al sistema específico desarrollado y descrito en el presente Anexo.

3 Situación existente

La situación existente antes de la introducción del FMS se caracterizaba por la existencia de unos programas informáticos heterogéneos y un entorno de datos dispar. En los siguientes párrafos se ofrece una breve descripción del entorno.

3.1 Entorno heterogéneo de aplicaciones informáticas

Entre las aplicaciones informáticas anteriores se encontraban los sistemas diseñados por el cliente y los adquiridos de otras fuentes. Entre los sistemas anteriores se encontraban los siguientes:

- **MRSELS-II**
El Microwave Radio & Satellite Engineering and Licensing System II (MRSELS-II) permitía realizar el análisis espectral y las funciones de tramitación de licencias para sistemas terrenales fijos y sistemas de radiocomunicaciones de microondas por satélite entre 2 y 40 GHz. Básicamente consistía en un gran sistema de base de datos desarrollado en Focus.
- **WARE**
El sistema Workstation for Advanced Radio Engineering (WARE) permitía realizar la ingeniería de radiocomunicaciones y el análisis espectral, y ofrecía herramientas de resolución del espectro entre 150 MHz y 2 GHz. Las funciones de ingeniería de WARE en última instancia estaban orientadas a la aplicación de cualquier sistema genérico de radiocomunicación punto a multipunto, tal como PCS, BETRS, móviles y celulares, etc. WARE estaba escrito en C.
- **ARC Workstation**
El sistema Advanced Radio Coordination (ARC) disponía de herramientas de ingeniería de radiocomunicaciones en microondas y de otras para la resolución del espectro entre 2 y 40 GHz. El ARC estaba escrito en C.
- **RANEBO**
Éste era el sistema de gestión del espectro de Telcordia para la coordinación de frecuencias entre los servicios de radiodifusión y los alámbricos. Ranebo contaba con varios modelos de propagación y de interferencia escritos en FORTRAN.
- Diversos programas de la administración norteamericana escritos en FORTRAN. Entre éstos se encontraban MSAM y REC533 para la propagación en la banda de ondas decamétricas.
- Una colección de programas del UIT-R escritos en FORTRAN y en C.
- Programas en FORTRAN diseñados por el cliente, entre ellos los de la coordinación de satélites.

3.2 Entorno heterogéneo de datos

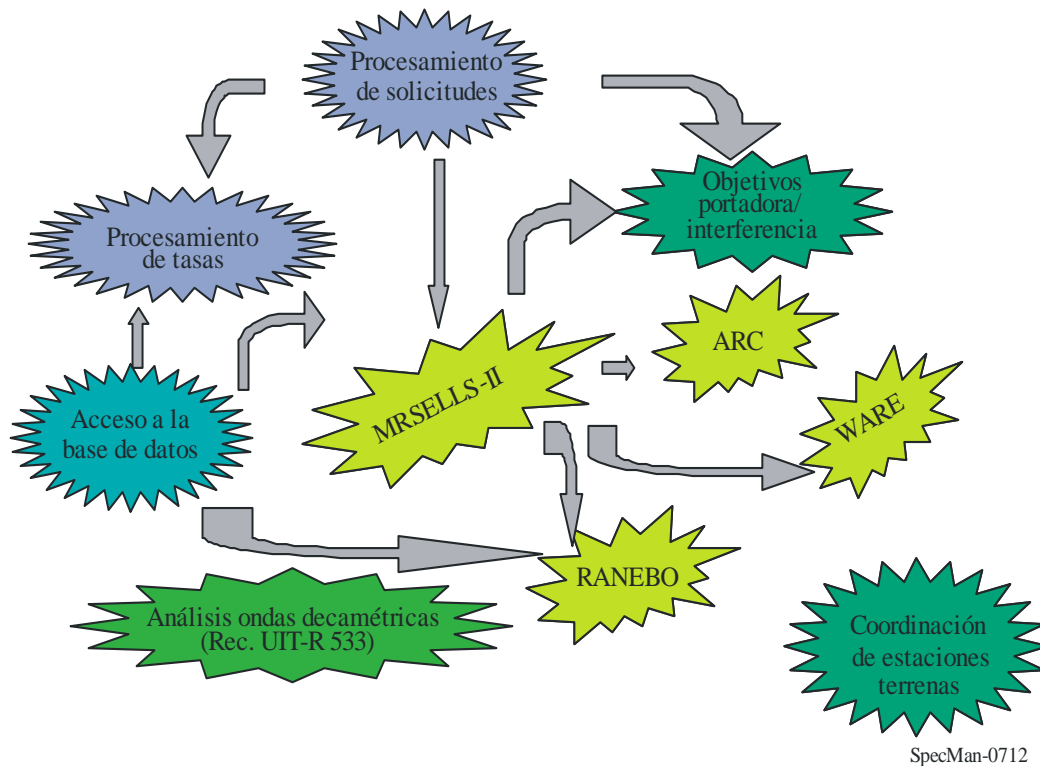
Los datos utilizados para la gestión del espectro procedían de diversas fuentes:

- *Bases de datos del cliente*: la principal fuente de datos fue la colección de bases de datos normalizadas del cliente. Se utilizaban distintas bases de datos para los distintos servicios.
- *UIT-R*: Los datos correspondientes a la atribución del espectro, la definición de servicios, etc. se obtenía del RR del UIT-R, de la Lista Internacional de Frecuencias (LIF) del UIT-R y de otras fuentes del UIT-R.
- *Datos del GIS*: Los datos del GIS, entre ellos varias capas tales como las de carreteras, fronteras políticas y centros de población se obtuvieron en formato ESRI®.

Todos los sistemas y datos eran independientes entre sí, de modo que para utilizarlos todos era imprescindible efectuar una gran cantidad de transferencias a mano. Además, dado que estos sistemas funcionaban sobre plataformas diferentes, se necesitaban varios técnicos para el mantenimiento del sistema.

FIGURA 7.12

Ilustración de un entorno heterogéneo de gestión del espectro



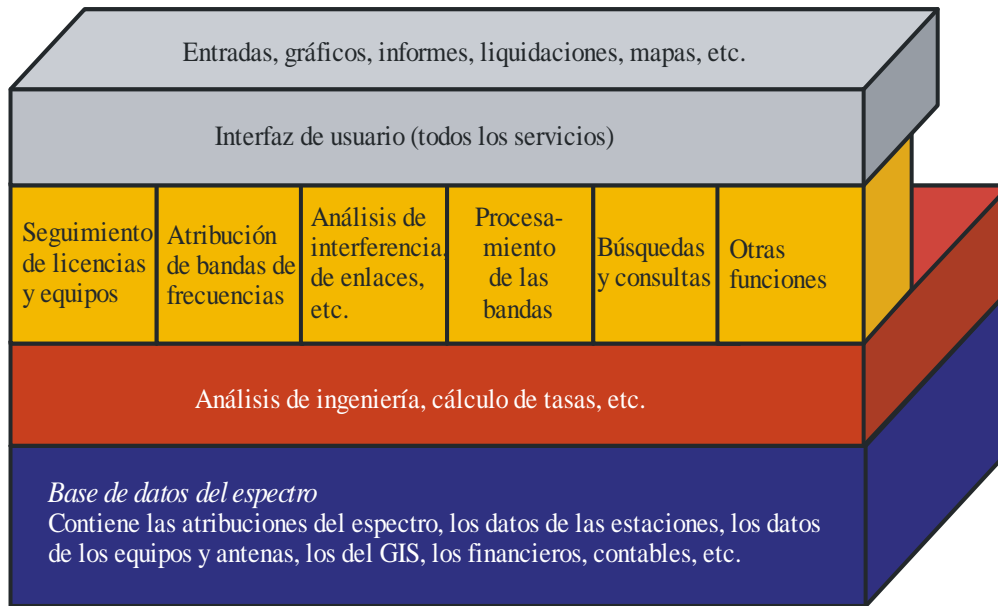
4 Hacia un sistema moderno integrado y unificado

El cliente deseaba un sistema dotado de la tecnología más avanzada para integrar el mayor número de componentes posible y unificar las diversas bases de datos.

La Fig. 7.13 representa un sistema ideal de gestión del espectro unificado e integrado. El sistema está unificado porque los datos de todos los servicios y de todas las funciones residen en una única base de datos. El sistema está integrado porque los datos se propagan automáticamente de la base de datos a los diversos procedimientos y entre los diferentes procesos. El sistema presenta una interfaz de usuario coherente para todos los servicios.

FIGURA 7.13

Ilustración de un sistema avanzado de gestión del espectro unificado e integrado



SpecMan-0713

Las ventajas de un sistema unificado e integrado son las siguientes:

- *Menor mantenimiento:* El mantenimiento de una sola base de datos es menos costoso que el de varias.
- *Mayor eficacia:* Un sistema integrado constituye un medio eficaz de realizar todas las tareas de gestión del espectro. En vez de introducir los datos repetidas veces en varias pantallas para efectuar las diversas tareas, se introducen los datos una sola vez y se reproducen automáticamente en los campos correspondientes de cada tarea.
- *Menos errores de usuario:* El sistema integrado automatizado puede verificar y analizar automáticamente los datos presentados.
- *Uniformidad de interfaz y codificación:* Las modernas técnicas de ingeniería de programación informática orientada a objetos facilitan el desarrollo de una interfaz de usuario uniforme y coherente. Las tareas comunes tienen un comportamiento idéntico en todas las funciones.
- *Actualización:* Una ventaja suplementaria de la integración es la oportunidad que ofrece de actualizar y mejorar las funciones existentes.

El principal inconveniente de la estricta integración es el coste previo y la complejidad de la integración de las aplicaciones informáticas y de la migración de datos. Por consiguiente, los beneficios de la integración y la sustitución deben compararse con la dificultad y el gasto de realizarlos. Además, es conveniente que los programas informáticos tengan muchas posibilidades de reutilización, especialmente, en lo que se refiere a las funciones computacionales que han demostrado ser fiables a lo largo de una dilatada historia de utilización de las mismas.

El inconveniente del sistema unificado es la necesidad de combinar datos dispares en una única base de datos. Esto exige la determinación, por modelado de datos, de un diseño de base de datos que acomode las estructuras de datos anteriores.

Las decisiones de intentar conseguir la integración y la unificación están interrelacionadas aunque son independientes. La integración es principalmente una cuestión de programación, mientras que la unificación también implica el modelado de datos y las prácticas empresariales. En los sistemas de gestión del espectro suele haber suficiente uniformidad entre los datos de los distintos servicios y funciones, y semejanza entre los

procedimientos de gestión del espectro de los diversos servicios. En consecuencia, la unificación es viable y puede mejorar significativamente el funcionamiento del departamento.

4.1 Selección de la plataforma

Una de las claves para conseguir un sistema integrado de gestión del espectro que sea fiable es la selección de la arquitectura y de la plataforma. Para la plataforma, la empresa seleccionó los siguientes elementos:

- Como sistema de gestión de base de datos relacional (SGBDR) se escogió Oracle8i™. El SGBDR Oracle® se seleccionó por diversos motivos técnicos, entre ellos la independencia de la plataforma y la posibilidad de integrarlo con otras aplicaciones Oracle en el caso de que el cliente decidiese ampliar su sistema de gestión de frecuencias en el futuro.
- Para la manipulación de los datos del GIS se seleccionó MapInfo Professional® y para la presentación de los datos de la aplicación se seleccionaron componentes MapInfo MapX®. Como motor del GIS se seleccionó Oracle® Spatial. La ventaja de esta elección es la buena integración existente entre los productos Oracle Spatial, Oracle y MapInfo.
- Las funciones de ingeniería y financieras se implementaron en PL/SQL™, C++ y FORTRAN. El SGBDR elegido, la composición de los programas informáticos anteriores y el objetivo de que el diseño esté orientado a objetos determinaron esta elección.
- El sistema operativo del servidor fue Microsoft® Windows NT® 4. El cliente solicitó un sistema Windows NT ya que tenía la intención de administrar el sistema al acabar el proyecto y la carga prevista sobre el FMS era moderadamente baja. Aunque el FMS está basado en el sistema Windows NT, la independencia de la plataforma constituía un objetivo importante para el desarrollo del FMS. Cabe esperar que la portabilidad del FMS a Unix sea relativamente sencilla.

4.2 Análisis de las operaciones del cliente

El primer paso para desarrollar un sistema integrado fue el análisis de las operaciones del cliente. Se examinaron los métodos y procedimientos del cliente en relación con el rendimiento de las funciones espectrales. Uno de los pasos clave de este examen fue la investigación del flujo de datos y de los pasos necesarios para realizar las tareas de los diversos departamentos en relación con la implementación del sistema automatizado anterior.

El segundo paso fue el desarrollo de los requisitos del sistema en base a los sistemas anteriores, el análisis de los métodos y procedimientos, los actuales requisitos técnicos y reglamentarios, y la proyección de las necesidades del departamento. El desarrollo de los requisitos comprendía puntos tales como la construcción y revisión de un diccionario de datos y la creación de un modelo de datos. El desarrollo de requisitos dependía en parte de la disposición de los sistemas anteriores.

Antes de crear la aplicación, la empresa y el cliente examinaron las aplicaciones informáticas anteriores para decidir qué partes conservar, cuáles rechazar y qué otras desarrollar.

4.3 Lecciones aprendidas en la construcción de la aplicación

Algunas de las decisiones relacionadas con la funcionalidad y reutilización de los programas informáticos, que se adoptaron durante el desarrollo de la aplicación, y los motivos para ello fueron los siguientes:

- La mayor parte de las interfaces de usuario se desarrollaron de nuevo. El motivo es que la tecnología de interfaces de usuario avanzó considerablemente en poco tiempo de modo que las antiguas interfaces de usuario parecían muy primitivas y eran difíciles de mantener.
- En algunas tareas, tales como en el GIS, los componentes disponibles permiten el desarrollo de interfaces que hubieran sido difíciles de desarrollar hace pocos años. La empresa trabajó con el grupo GIS de Oracle para desarrollar una pantalla geográfica integrada en la aplicación.
- Se reutilizó el código C existente cuando se estimó oportuno desde un punto de vista técnico. No obstante la mayor parte del código C se actualizó a C++ para que el diseño pudiera estar orientado a objetos. En determinados casos, el código C existente tuvo que actualizarse para incorporar los desarrollos más modernos en algoritmos de gestión del espectro (tales como los cambios de los

modelos de propagación, la revisión de procedimientos para la coordinación de estaciones terrenas, etc.).

- La reutilización del código FORTRAN es difícil si contiene mucho código de la interfaz de usuario. En este caso, resulta más práctico reescribir el código desde el principio o utilizar la aplicación sin modificaciones renunciando a su integración. Cuando no se dispone del código de la interfaz de usuario o cuando el autor del original puede extraer la parte numérica del código, se plantean tres alternativas:

Opción 1: Compilar el programa FORTRAN como librería.

Opción 2: Pasarlo a C utilizando una herramienta automatizada tal como f2c, o

Opción 3: Pasarlo a C++ de forma manual.

La empresa utilizó las tres estrategias para integrar el código FORTRAN, dependiendo de la aplicación. No obstante, varios programas en FORTRAN quedaron sin integrar debido a que se utilizaban con escasa frecuencia, lo que no justificaba la inversión necesaria para su integración.

- El paso del código existente a C++ (o a otro lenguaje de programación moderno tal como Java) o la recodificación del fuente de la aplicación ofrece una oportunidad de mejorar la aplicación original. Por ejemplo, el cliente venía utilizando varios programas en FORTRAN para generar las densidades espectrales de potencia (PSD) y calcular los objetivos de portadora/interferencia *C/I*. Dada la limitación sobre la asignación de matrices en FORTRAN, estos programas utilizaban matrices de dimensiones fijas con incrementos fijos de frecuencia. Telcordia volvió a escribir estos programas utilizando tablas en SQL para almacenar las densidades espectrales de potencia y las relaciones *C/I*, y programas en C++ para computar y manipular estas cantidades utilizando matrices de longitud variable e incrementos de frecuencia arbitrarios. Esto mejoró la precisión, rendimiento y requisitos de almacenamiento de la aplicación.
- La reutilización de un código de base de datos antiguo desarrollado para una tecnología de base de datos distinta resulta imposible. Se desarrolló un esquema de base de datos normalizado en base a los requisitos del cliente que incorporaba elementos de las bases de datos del cliente y campos de la base de datos del UIT-R.
- La reutilización de los informes existentes no suele presentar problema alguno. El motivo es que los informes no suelen variar a lo largo del proceso de actualización. El formato de los informes y su contenido, tal como los formularios de solicitud, las liquidaciones y los formularios de notificación, puede venir determinados por requisitos legales o por normativas departamentales. Si durante la actualización se han conservado los esquemas de datos subyacentes, se pueden utilizar los informes sin modificación alguna. Si se han alterado los esquemas subyacentes, sólo hay que modificar la vinculación entre los datos. Se automatizaron hasta los formularios que se rellenaban anteriormente a mano, vinculando los campos de datos adecuados. Esta técnica permitió automatizar la generación de ciertos formularios que se elaboraban anteriormente a mano.

4.4 Conversión de datos

Otro problema es la conversión y combinación de los datos existentes en una única base de datos. Esto se abordó de la manera siguiente.

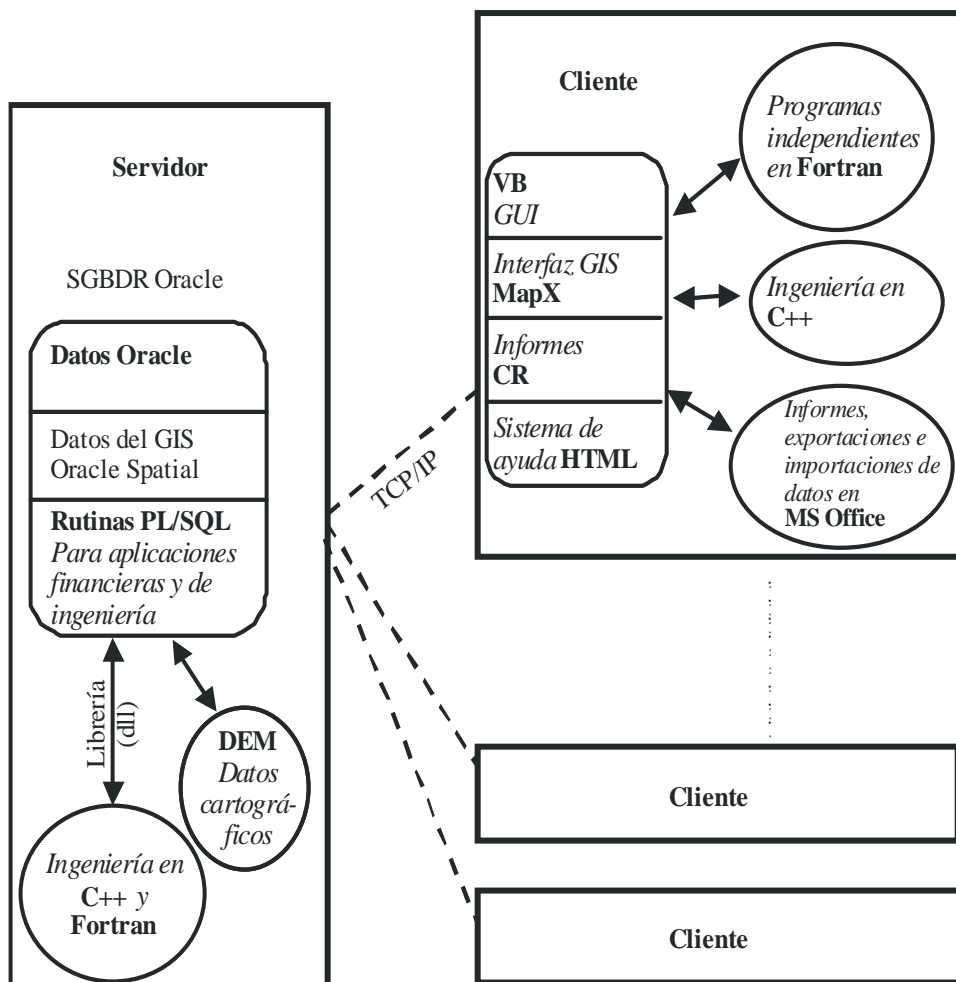
- Los datos del GIS se convirtieron de ficheros ESRI Shapefiles al formato MapInfo y a continuación se cargaron en el Oracle Spatial.
- Los diversos datos del UIT-R se convirtieron por medio de módulos de programación Perl y SQL.
- Los datos en Access se migraron a Oracle integrando la aplicación con Microsoft® Excel y Access mediante la automatización COM. Además, se desarrollaron varias rutinas en PL/SQL para transformar los datos dentro de Oracle.
- Un problema particular en este proceso es la normalización de los datos. El esquema definitivo de la base de datos estaba bastante más normalizado que los datos originales del cliente. Además, se aplicó un gran número de restricciones a los datos. El cliente deseaba aumentar el grado de normalización y ampliar las restricciones sobre los datos para mantener la integridad de los mismos.

La aplicación de restricciones referenciales a los datos, tales como las restricciones de claves externas y de claves primarias, exigió el desarrollo de procesos automatizados para localizar las informaciones solapadas o duplicadas y cambiar de nombre, combinar o suprimir registros para mantener la integridad de la base de datos final. La aplicación de otras restricciones se consiguió por conversión de los campos de datos en aras de la uniformidad.

5 El sistema avanzado de gestión de frecuencias

El resultado de estos trabajos fue la obtención de un FMS avanzado. La arquitectura del sistema se basa en Oracle8i, Oracle Spatial para el GIS, PL/SQL y C++ para las herramientas de ingeniería, y MapX para la interfaz GIS cliente. El sistema utiliza HTML en las funciones de ayuda.

FIGURA 7.14
Arquitectura del FMS



SpecMan-0714

En la Fig. 7.14 se representa la arquitectura del FMS. Este sistema utiliza una arquitectura modular que facilita su adaptación y actualización. Por ejemplo, todos los procedimientos numéricos se implementan como librerías con una interfaz de programación de aplicación (API, *application programming interface*) definida. De este modo, Telcordia puede actualizar cualquier herramienta de ingeniería simplemente sustituyendo la librería. Esto adquiere una importancia especial en la gestión del espectro ya que ciertas herramientas, tales como la coordinación de estaciones terrenas, varían con frecuencia. Análogamente, es posible modificar la interfaz de

usuario de los informes con independencia de los demás componentes. Otro ejemplo de flexibilidad de este sistema es la capacidad de modificar la base de datos cartográfica intercambiando sus ficheros.

El FMS es un sistema de aplicaciones informáticas que automatiza una diversidad de tareas de la gestión del espectro. Entre éstas se encuentran los procesos siguientes:

- asignación de nuevas frecuencias;
- resolución de problemas de interferencia;
- cálculo y cobro de tasas por asignación de frecuencias;
- ejecución de análisis de ingeniería;
- verificación de la conformidad con los reglamentos internacionales y nacionales;
- evaluación de la calidad de funcionamiento de los enlaces de comunicaciones;
- realización de la coordinación de las estaciones terrenas;
- ejecución de la coordinación y notificación internacional;
- generación de informes, formularios de solicitud, cálculos de tasas, licencias y liquidaciones;
- ejecución de consultas y búsqueda;
- ejecución de los procesos de seguridad.

Los programas informáticos del FMS ejecutan tres funciones básicas:

- La función administrativa comprende características tales como la grabación y recuperación de las frecuencias asignadas, los datos de usuarios y frecuencias, los datos de los equipos, los de las antenas, la generación automática de diversos formularios reglamentarios, los informes de datos y las liquidaciones, y los cálculos de las tasas espectrales. El FMS dispone de un completo programa de búsqueda con arreglo a muchos parámetros técnicos y administrativos. El FMS aplica automáticamente la conformidad con el Cuadro nacional de atribución de bandas de frecuencias y con los planes de distribución de canales. Asimismo, dispone de una función de consulta a la medida. Por último, el FMS está integrado con los paquetes informáticos Microsoft Access y Microsoft Excel para la realización de análisis e informes.
- La función de análisis de ingeniería permite calcular la interferencia entre los sistemas transmisores, evaluar la zona de cobertura de las estaciones de base y determinar las frecuencias más adecuadas para las nuevas asignaciones. Se accede a todas las funciones mediante una interfaz gráfica de usuario fácil de utilizar dotada de características tales como las funciones de trazado de gráficos. Entre las funciones de ingeniería se cuentan diversos modelos de propagación, modelos de discriminación de antenas, análisis de la relación C/I , análisis del desvanecimiento, análisis de los enlaces, evaluación de la exposición del hombre a la RF, determinación del ángulo de los satélites, análisis de la CEM (y en particular de las microondas, servicio móvil terrestre, radiodifusión, etc.) y muchas otras herramientas.
- La función de presentación cartográfica permite la generación de mapas interactivos en detalle que son imprescindibles para la comprensión de los diversos problemas de gestión del espectro. El FMS utiliza bases de datos cartográficas digitales integradas para realizar complejas funciones de ingeniería.

6 La transición al FMS

El paso final consiste en el traspaso al cliente de la administración del nuevo sistema. Aunque el cliente pretendía administrar el nuevo sistema, durante el periodo de transición la empresa administró el FMS en su emplazamiento. Transcurrido un cierto tiempo, la administración del sistema se realizó a medias con el personal del cliente hasta que adquirieron la suficiente experiencia para valerse por sí mismos.

El personal del departamento recibió formación sobre la utilización y manejo del FMS. El FMS dispone de un completo sistema de ayuda basado en HTML. Una de las experiencias clave de este proyecto fue la importancia de trabajar estrechamente con el cliente durante el diseño e implementación del sistema. La curva de

aprendizaje para la utilización del nuevo sistema fue más corta de lo previsto debido a la participación activa del personal del cliente en el diseño de la interfaz de usuario.

7 El futuro

Los programas informáticos de gestión del espectro continúan evolucionando y actualizándose. Una nueva orientación de la gestión del espectro es el autoservicio en lo que se refiere a algunas de sus funciones habilitadas por Internet. Por ejemplo, los programas informáticos de compatibilidad espectral se han portado a la web en lenguaje de programación Java™ para utilizar la capacidad de computación del servidor. Otra interesante posibilidad es la utilización del intercambio de datos electrónicos para la gestión del espectro. El FMS puede procesar solicitudes de licencias presentadas como tablas Excel. Los usuarios pueden enviar lotes de solicitudes por correo electrónico. El intercambio electrónico de los datos de las antenas ya está perfectamente definido en las normas de la Asociación de Gestores Nacionales del Espectro (NSMA, *National Spectrum Managers Association*).

Otra tendencia digna de mención es la creciente importancia del lenguaje Java para su utilización en las futuras aplicaciones de gestión del espectro. El lenguaje de programación Java podría llegar a ser el preferido para las aplicaciones de las bases de datos Oracle. La plataforma Java permite la utilización de un único lenguaje para el procesamiento en el servidor y en el cliente. Además, las aplicaciones y módulos Java permiten la ejecución de cualquier parte de los programas informáticos en la web. La migración del código C++ existente a Java resulta bastante fácil, como se ha puesto de manifiesto con la migración de los programas informáticos de compatibilidad del espectro realizada por Telcordia. El inconveniente de la plataforma Java es su bajo rendimiento y los problemas de implementación de determinados procedimientos numéricos. A pesar de ello, a medida que la implementación de los FMS comienza a parecerse a los sistemas de comercio electrónico, las técnicas desarrolladas para el comercio electrónico tales como las de la plataforma Java y XML irán cobrando importancia.

8 Resumen

En este Anexo se ha descrito el desarrollo de un FMS avanzado. El desarrollo de este sistema no fue nada fácil por diversos motivos, entre los cuales cabe citar los siguientes:

- Era imprescindible que existiese una estrecha cooperación entre el cliente y la empresa para definir los requisitos del sistema, tales como la interfaz del usuario, las herramientas de ingeniería, la estructura de la base de datos y los informes.
- La definición de muchas de las funciones del FMS se basaba en las funciones de los programas informáticos anteriores o en la estructura de datos anterior.
- Los conocimientos técnicos y la experiencia del cliente resultaron vitales para la definición de las interfaces de los programas informáticos, su ingeniería y los algoritmos financieros, elementos de datos y formatos de los informes.
- El FMS incorporó un considerable volumen de código anterior procedente de diversas fuentes y en diversos lenguajes informáticos, directamente o tras la oportuna revisión.
- Hubo que manipular los datos para migrarlos a la base de datos unificada.

A pesar de los problemas expuestos, se ha conseguido desarrollar un sistema de gestión del espectro unificado, integrado y dotado de la tecnología más avanzada. Una vez puesto en marcha el sistema en el emplazamiento del cliente, se le hizo entrega del mismo y se está utilizando con una alta productividad. Gracias al FMS, el cliente ha mejorado su rendimiento y puede realizar con rapidez y precisión tareas que anteriormente eran laboriosas.

ANEXO 7

AL CAPÍTULO 7

**Sistema de gestión nacional del espectro
y de comprobación técnica de Perú****1 Introducción**

En este Anexo se describen las experiencias encontradas en la implementación del sistema de gestión y comprobación técnica del espectro con destino al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de Perú (www.mtc.gob.pe). Este proyecto fue gestionado por la UIT (www.itu.int) para el MTC. El principal adjudicatario del contrato del proyecto es THALES Communications Corporation (TCC) de Francia (www.thalesgroup.com). El sistema de comprobación técnica del espectro se adquirió a TCC y el sistema de gestión del espectro, denominado ELLIPSE Spectrum, se adquirió a Cril Telecom Software (CTS), empresa francesa de programación informática especializada en sistemas de gestión automatizada del espectro y soluciones informáticas para los operadores de telecomunicaciones (www.criltelecom.com).

1.1 Descripción del sistema

El proyecto consistió en la implementación de un completo sistema llave en mano para su entrega a Perú con destinado al Centro Nacional de Lima y a seis Centros Regionales, en la primera fase que finalizaba en 2002, pudiendo extenderse el sistema a otras regiones. En la Figura 7.15 se presenta la arquitectura general de la red existente.

El Centro Nacional cuenta con los siguientes elementos:

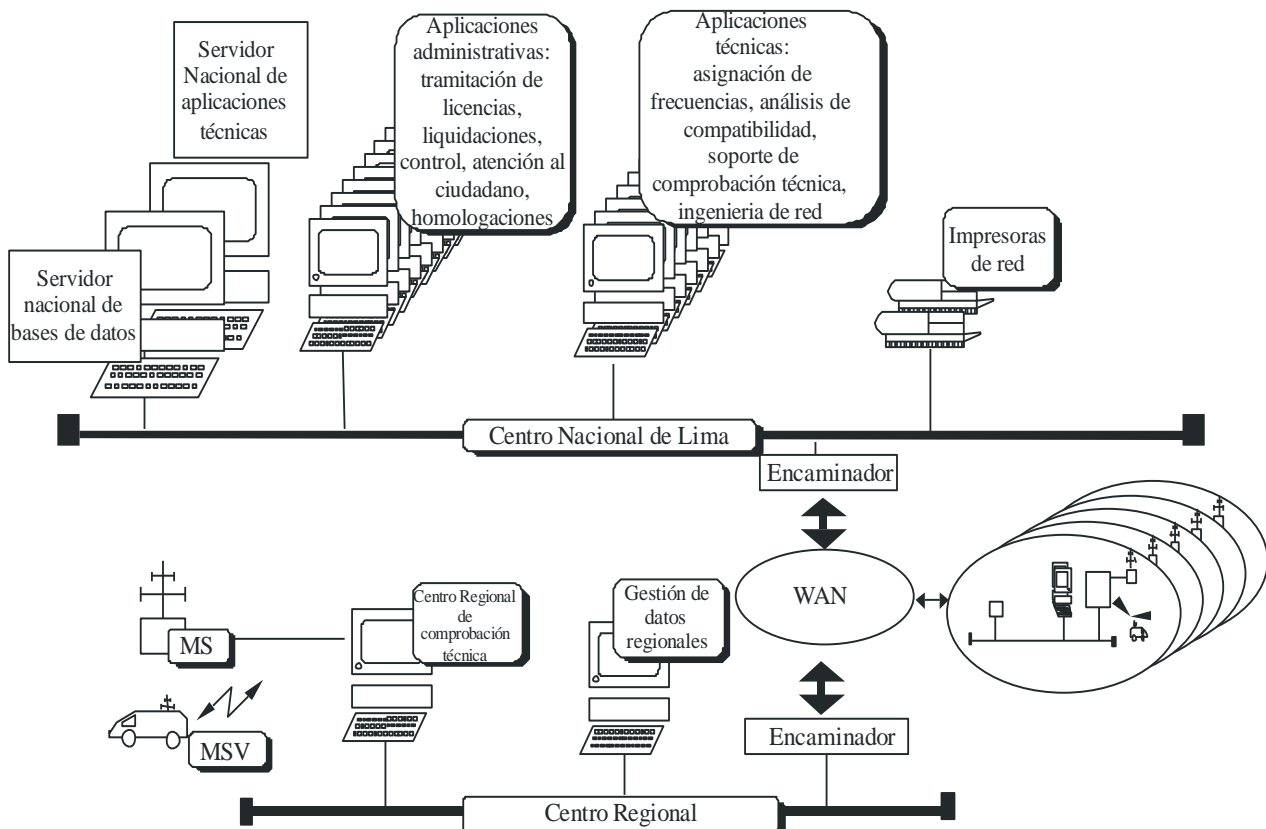
- Los programas informáticos de gestión y comprobación técnica del espectro:
 - la base de datos nacional,
 - las herramientas de análisis técnico,
 - las herramientas administrativas,
 - la interfaz con el sistema de comprobación técnica,
 - los programas informáticos nacionales de comprobación técnica.

Los Centros Regionales cuentan con:

- los programas informáticos de gestión y comprobación técnica del espectro: herramientas administrativas, interfaz con los programas informáticos de comprobación técnica del espectro;
- los equipos.

FIGURA 7.15

Arquitectura general del sistema de gestión y comprobación técnica del espectro de Perú



SpecMan-0715

1.2 Expectativas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

Con este sistema totalmente integrado, el MTC pretende gestionar y supervisar con la mayor eficacia el espectro radioeléctrico nacional de conformidad con las Recomendaciones del UIT-R y especialmente con la Recomendación UIT-R SM.1537.

Ciertamente, se admite desde hace bastante tiempo que las redes de telecomunicaciones forman parte de la infraestructura básica, lo que resulta indispensable para el desarrollo del país y su modernización. El espectro radioeléctrico constituye un recurso limitado valioso y escaso. La consecuencia de este hecho es que el desarrollo social, cultural, industrial y económico de cualquier país está asociado al crecimiento de la demanda de nuevos servicios de telecomunicaciones, lo que a su vez se traduce en un aumento de las necesidades de espacio en el espectro. Estas legítimas demandas de servicios sólo pueden acomodarse mediante la gestión cuidadosa del espectro y la utilización inteligente del mismo. El espectro radioeléctrico está integrado asimismo en el núcleo de la protección nacional, la defensa y la seguridad.

La gestión del espectro radioeléctrico es esencial debido a que éste se ha convertido en un recurso vital para el país, en pie de igualdad con recursos físicos más tangibles tales como los recursos humanos, los recursos naturales, el transporte, las redes, etc. Conforme aumenta el número de aplicaciones que utilizan las ondas radioeléctricas, la gestión del espectro radioeléctrico va volviéndose más compleja y difícil. El MTC espera que el sistema de gestión y comprobación técnica del espectro adquirido le ayude a satisfacer los requisitos de los usuarios del espectro y de las administraciones.

Se pretende que el sistema ayude al MTC a llevar a cabo las siguientes actividades clave:

- Políticas y reglamentos.
- Coordinación de conferencias y reuniones internacionales.

- Planificación de frecuencias, atribución de bandas y asignación de frecuencias.
- Tramitación de licencias, liquidación y notificación automática de renovaciones.
- Coordinación de frecuencias y notificación.
- Soporte de ingeniería (análisis de compatibilidad electromagnética, cálculo de la relación portadora/interferencia *C/I*, predicción de la propagación).
- Inspección, control del espectro, vigilancia y comprobación técnica.
- Elaboración de estadísticas e informes complejos.
- Mediciones y emplazamiento de los transmisores de conformidad con el Manual del UIT-R – Comprobación técnica del espectro.

Estas actividades se llevan a cabo en Lima, Capital del país, mientras que otras se realizan en los seis Centros Regionales.

2 Presentación del sistema de gestión del espectro

2.1 Implementación del proyecto

La implementación de este proyecto se planificó en distintas fases. La primera fase cubría el Centro Nacional situado en la Capital, Lima. Las fases segunda y tercera incorporaban 6 Centros Regionales. Hay fases adicionales en proyecto.

2.2 Descripción del sistema

El sistema automatizado de gestión del espectro, ELLIPSE Spectrum, se ha diseñado para ayudar al MTC en sus tareas de gestión del espectro de conformidad con los Reglamentos Nacionales, el RR, los Informes y Recomendaciones de la UIT.

La mayor parte de los aspectos y actividades administrativas y técnicas de la gestión del espectro, inspiradas principalmente en las directrices de la Recomendación UIT-R SM.1370 y publicaciones afines de la UIT, están contemplados y automatizados.

Se consideran, entre otras, las siguientes actividades:

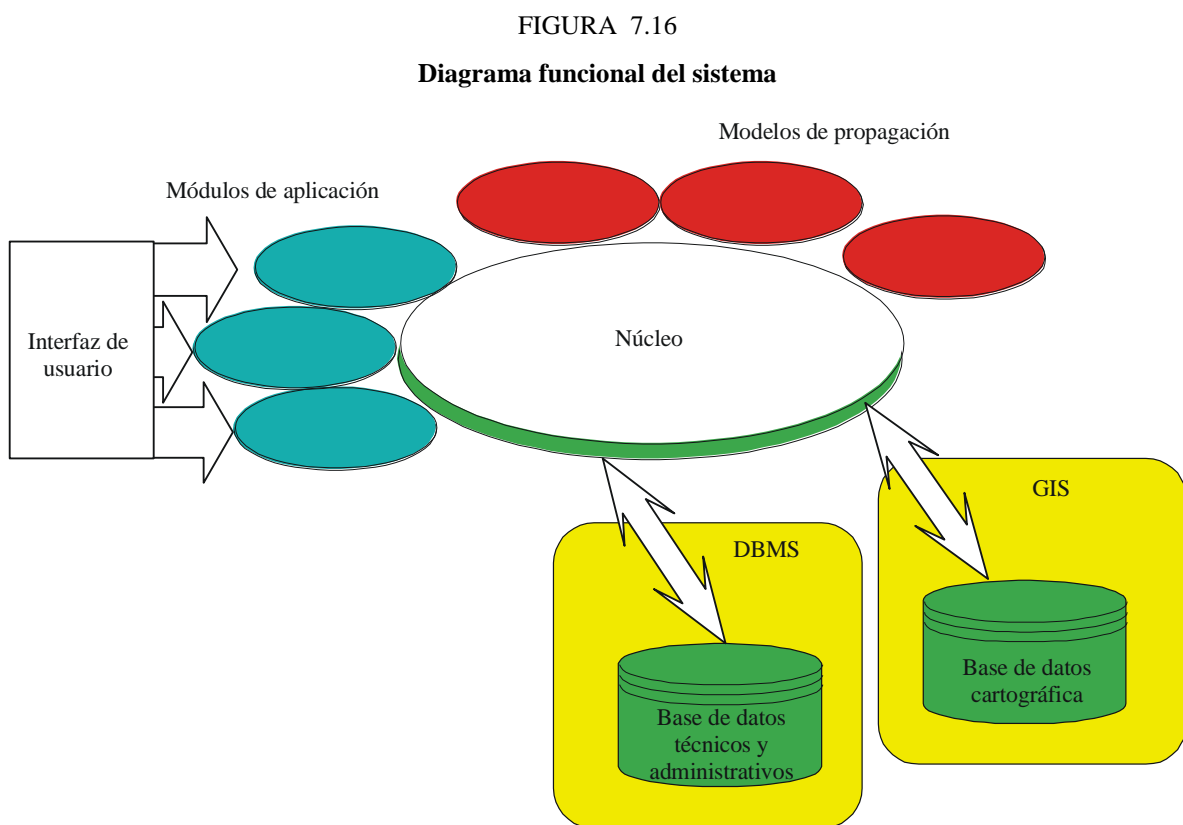
- Gestión y procesamiento del flujo de trabajo.
- Automatización de las tareas administrativas.
- Definición del plan de frecuencias.
- Atribución de las bandas de frecuencias.
- Asignación de frecuencias.
- Expedición de licencias y permisos.
- Homologación y certificación de equipos.
- Liquidación de derechos, procesamiento de tasas y notificación automática de renovaciones.
- Coordinación y notificación internacionales.
- Ingeniería del espectro, predicciones de cobertura, análisis de compatibilidad electromagnética, cálculos de la relación *C/I*.
- Gestión de denuncias, planificación de inspecciones y control del espectro.
- Interfaz entre los sistemas de gestión del espectro y los de comprobación técnica.
- Elaboración de estadísticas y de informes complejos.

Las principales características técnicas del sistema son las siguientes:

- Sistema integrado de gestión del espectro con un único paquete de programas informáticos y una sola base de datos para las tareas administrativas y técnicas.
- Compatibilidad con las Recomendaciones e Informes de la UIT.

- Acuerdos internacionales de coordinación.
- Varios modelos de propagación de gran eficacia.
- Análisis de ingeniería, compatibilidad electromagnética (CEM) y relaciones C/I.
- Sistema de base de datos relacional (ORACLE) de gran potencia.
- Sistema de interfaz gráfica de usuario (GUI) de gran eficacia.
- Sistema de información geográfica (GIS) de gran capacidad.
- Flexibilidad, facilidad de manejo y fiabilidad.
- Capacidad multiusuario y multitarea.
- Cuenta con un entorno cliente servidor multiventana en varios idiomas.
- Sistema de arquitectura abierta de varias plataformas.

El sistema está integrado por diversas entidades funcionales representadas en la Figura 7.16.



SpecMan-0716

La **interfaz de usuario** hace posible la comunicación persona/máquina.

El **núcleo** es el módulo funcional que gestiona todos los recursos compartidos del sistema así como los recursos externos (equipo físico, sistema operativo y programas informáticos de intermediación) y los pone a disposición de las aplicaciones.

La **base de datos técnicos y administrativos** utiliza ORACLE como SGBDR tanto para las aplicaciones administrativas como para las técnicas.

El **GIS** (sistema de información geográfica) utiliza la **base de datos cartográfica** para gestionar la información geográfica disponible.

Los **modelos de propagación** se utilizan para calcular las predicciones de propagación y las intensidades de campo. Estos modelos pueden utilizar parámetros obtenidos de los datos cartográficos disponibles y del sistema GIS.

Los **módulos de aplicación** son entidades funcionales asignadas a tareas específicas. Utilizan las funciones del núcleo.

El sistema es multiusuario y multitarea y dispone de un entorno cliente-servidor multiventana en varios idiomas.

La organización de los menús se inspira en las tareas, lo que simplifica y optimiza el aprendizaje y utilización de la aplicación.

2.3 Administración de los usuarios del sistema y gestión de la seguridad

La gestión de la seguridad constituía una cuestión de la máxima importancia para el MTC por distintos motivos, tales como los siguientes:

- varias personas de distintos departamentos del MTC pueden utilizar el sistema;
- no todos los usuarios tienen derecho a realizar todas las operaciones disponibles;
- en la base de datos se mantienen registros financieros;
- etc.

El sistema se implementa teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- el administrador del sistema es el responsable de la definición de los usuarios al sistema;
- el sistema operativo de la estación de trabajo desde la que el usuario puede tener acceso al sistema facilita un nivel inicial de identificación;
- el segundo nivel de identificación se obtiene de la aplicación mediante los controles de acceso del SGBDR (ORACLE);
- el tercer nivel se gestiona en base a los derechos concedidos sobre manipulación de datos.

2.4 Funciones administrativas

A continuación se indican las funciones administrativas que proporciona el sistema con arreglo a las necesidades del MTC:

- interfaz de entrada de datos y definición de datos;
- gestión de los usuarios del espectro;
- gestión y procesamiento del flujo de trabajos;
- gestión de la coordinación internacional;
- homologación y certificación de equipos;
- tramitación de licencias;
- liquidación de derechos, tramitación de tasas y notificación automática de renovaciones.

2.4.1 Interfaz de entrada de datos y definición de datos

Gracias a esta interfaz el usuario puede introducir datos, tanto administrativos como técnicos, para aplicaciones técnicas, así como datos de referencia: servicios de la UIT, planes y bandas de frecuencias, valores de las librerías, etc. Esta interfaz tiene por objeto facilitar la labor cotidiana del operador.

2.4.2 Gestión de los usuarios del espectro

Los usuarios del espectro son personas físicas o jurídicas titulares de licencias o de certificados de utilización del espectro. El sistema gestiona los datos de interés de los usuarios del espectro.

2.4.3 Gestión y procesamiento del flujo de trabajo

El sistema permite la definición de procesos entre los distintos departamentos y entidades del MTC, relativos al procesamiento de solicitudes, la tramitación de licencias, la expedición de certificados y permisos, la tramitación de las tasas y su liquidación, la coordinación internacional, la notificación y la ingeniería, etc.

2.4.4 Gestión de la coordinación internacional

Las frecuencias radioeléctricas no están limitadas por las fronteras políticas. Por consiguiente, resulta indispensable coordinar las asignaciones de frecuencias a nivel regional e internacional. Para llevar a cabo esta tarea el MTC debe:

- mantener una base de datos exactos para la gestión de las frecuencias;
- poder realizar los análisis técnicos de ensayos;
- coordinar las asignaciones de frecuencias con los países vecinos, ya sea directamente (mediante acuerdos bilaterales), o con carácter regional (acuerdos regionales tales como los celebrados en el seno de CITELE), o a nivel internacional (a través de la UIT o de otros organismos internacionales);
- negociar acuerdos bilaterales con los países vecinos para la compartición de frecuencias.

Gracias a ELLIPSE Spectrum los operadores del MTC pueden aplicar los acuerdos de coordinación internacional pertinentes y generar los formularios de notificación de la UIT en formato electrónico y en papel, que necesiten los servicios correspondientes.

2.4.5 Homologación y certificación de equipos

Este módulo permite gestionar la homologación de los equipos de radiocomunicaciones así como su certificación con arreglo a las normas nacionales e internacionales. Los certificados de equipo se imprimen en los formatos de rigor.

2.4.6 Gestión de licencias

Los procedimientos de gestión y notificación de licencias deben inspirarse en las políticas y reglamentos del país. El MTC debe poder:

- definir los criterios nacionales de concesión y notificación de licencias;
- definir los procedimientos y procesos nacionales de concesión y notificación de licencias:
 - definir los procedimientos y trámites de concesión de licencias específicos para cada tipo de servicio (radioaficionados, marítimo, aeronáutico, móvil, terrestre, radiodifusión, etc.), estación (fija, móvil, portátil, etc.) y usuario (administración, seguridad, privado, etc.). El procedimiento y los trámites están integrados por los diversos pasos y actuaciones necesarias para la presentación de solicitudes al MTC a fin de obtener la correspondiente licencia;
 - definir procedimientos y trámites de notificación específicos para cada tipo de servicio, estación y usuario. El procedimiento y los trámites están integrados por los distintos pasos y actuaciones necesarios para notificar una nueva asignación, expedir una nueva licencia, renovar una licencia caducada, modificar una asignación existente, cancelar una licencia, etc;
- mantener una base de datos de licencias exacta y actualizada y un registro de seguimiento de notificaciones. Como se ha indicado anteriormente, esta base de datos y el procedimiento de seguimiento deben estar informatizados. La concesión de la licencia depende de la aprobación de la asignación;
- generar los informes y estadísticas adecuados que sean necesarios;
- actualizar los formularios de solicitud de licencias y los formatos de éstas;
- definir, con arreglo a la Ley Nacional de Radiocomunicaciones, una relación de categorías de licencias, un marco detallado para la tramitación de las licencias, un plan y estructura detallados de las tasas de las licencias por tipo de servicio, estación, usuario, cobertura, anchura de banda, etc.

Con este módulo se puede efectuar todo el proceso de gestión de la adjudicación de licencias. El tipo de licencia del MTC determina varios parámetros tales como el periodo de vigencia, la plantilla imprimible y las tasas. Las licencias se imprimen en los formatos necesarios.

2.4.7 Liquidación de derechos, tramitación de tasas y notificación automática de renovaciones

Esta función almacena toda la información sobre liquidación de derechos: liquidaciones practicadas, liquidaciones cobradas, tasas pendientes de cobro, etc. Tras adjudicar o modificar una licencia, se guardan los detalles de la liquidación y se calculan las tasas a partir de los parámetros almacenados en la base de datos. Dependiendo del servicio, pueden emitirse varios tipos de liquidaciones. Las tasas pueden depender de diversos parámetros, tales como el número de estaciones, su potencia, el número de unidades móviles, etc. Una vez calculadas, pueden imprimirse las liquidaciones para enviarlas a los usuarios.

El sistema gestiona los cobros de intereses de demora mediante la librería de sanciones e intereses, pudiendo calcular las deudas de los clientes. Las liquidaciones se imprimen en los formatos necesarios.

2.5 Herramientas de análisis técnico

El MTC de Perú implementó los siguientes módulos técnicos:

- entrada de datos a la interfaz técnica;
- análisis de ingeniería CEM y de las relaciones *C/I*;
- asignación de frecuencias.

2.5.1 Entrada de datos a la interfaz técnica

Existe una interfaz de fácil utilización basada en los conceptos GUI que facilita la comprensión inmediata de todos los elementos de la pantalla. Su objeto es ayudar al operador del sistema a trabajar en un entorno eficaz y seguro. Los menús de la aplicación suelen estar organizados en base a los trabajos. Por ejemplo, se utiliza la gestión de datos de la interfaz para crear y editar emplazamientos y estaciones así como para seleccionarlos antes de hacer cálculos de simulaciones, etc.

2.5.2 Análisis de ingeniería, CEM y relaciones *C/I*

Como administración responsable de la gestión de frecuencias en Perú, el MTC debe:

- Definir sus políticas y reglamentos con arreglo a los análisis técnicos y a la planificación obtenidos del soporte de ingeniería.
- Preparar y coordinar conferencias y reuniones internacionales en base a las contribuciones y estudios del soporte de ingeniería.
- Crear laboratorios de ingeniería con instalaciones de prueba, mantenimiento y calibrado; investigación y desarrollo; estudios; etc.
- Mantener una relación actualizada de los equipos homologados o técnicamente aceptables.
- Coordinar asignar y conceder licencias a las estaciones de radiocomunicaciones o a las frecuencias con arreglo a parámetros técnicos, estudios y análisis: análisis de la CEM y de la interferencia, y verificar la ingeniería de sistema.
 - El objeto de los análisis de la CEM y de la interferencia es estudiar la repercusión de las asignaciones de frecuencias propuestas sobre el entorno de las asignaciones de frecuencia existentes (a nivel nacional e internacional). Los análisis de CEM e interferencia constan de cuatro etapas principales:
 - Recopilación de las asignaciones existentes en la zona geográfica que rodea al emplazamiento propuesto y en la gama de frecuencias en torno al canal de frecuencias candidato.
 - Determinación de los niveles de interferencia aceptable.
 - Determinación de los niveles de interferencia de cada asignación existente en el emplazamiento objeto de estudio.
 - Generación de informes de posibles casos de interferencia.

- Antes de llevar a cabo los análisis de CEM, debe procederse a la ingeniería del sistema para evaluar la validez de los requisitos mínimos de un determinado diseño de red, aunque no suele ser la misión del MTC la ejecución de un diseño completo del sistema. El objeto de la ingeniería del sistema es garantizar que los parámetros técnicos de la instalación son coherentes, suficientes y óptimos para el tipo de explotación propuesto en el emplazamiento.
- Llevar a cabo las actividades de inspección y comprobación técnica con arreglo a las recomendaciones y directrices del Grupo de soporte de ingeniería.

Para facilitar la ejecución por parte del MTC de las tareas citadas, ELLIPSE Spectrum dispone de diversos módulos tales como: cálculo de la cobertura de la estación y red, cobertura del punto, cobertura de la ruta, análisis de la CEM, cálculo de los productos de intermodulación, cálculo de las relaciones C/I , etc.

El operador puede seleccionar diversos modelos de propagación para un análisis, banda, región o servicio determinado. Entre éstos, hay un modelo propietario desarrollado por CTS que puede calibrarse utilizando parámetros locales.

2.5.3 Asignación de frecuencias

El MTC debe poder:

- Mantener una base de datos exacta y actualizada de asignaciones de frecuencias. Debido al creciente número de usuarios de frecuencias y servicios de radiocomunicaciones, cobra gran importancia la disponibilidad de una base de datos electrónica, utilizando herramientas de gestión de bases de datos relacionales con la tecnología más avanzada. La asignación de frecuencias se realiza con arreglo al reglamento y políticas nacionales, y a las normas nacionales de planificación de frecuencias. La base de datos nacional debe tener asimismo información administrativa, geográfica y técnica de todas las asignaciones de frecuencias del país.
- Utilizar los análisis de la CEM para determinar, cuando proceda, la probabilidad de que las nuevas asignaciones provoquen interferencia perjudicial sobre las asignaciones existentes o la reciban de éstas.
- Asignar frecuencias con arreglo a los resultados de la coordinación de frecuencias y de los análisis de CEM.
- Asignar frecuencias a título compartido. Ciertamente, al ser el espectro radioeléctrico un recurso limitado el MTC debe fomentar y aplicar, en su caso, principios de compartición de frecuencias. La compartición de frecuencias puede realizarse cuando existe la suficiente separación espacial, y se lleva a cabo reutilizando una frecuencia cuando hay suficiente distancia entre los emplazamientos de las estaciones que la utilizan. La separación espacial puede controlarse mediante varios parámetros, por ejemplo limitando la potencia radiada aparente (p.r.a.), utilizando antenas directivas, limitando la anchura de banda, aplicando el oportuno filtrado, etc. La compartición de frecuencias también puede realizarse por compartición en el tiempo. En este caso, se asigna la misma frecuencia a distintos usuarios en intervalos temporales diferentes de un periodo de 24 h.

El sistema se utiliza para obtener un análisis completo y exacto de la interferencia para una determinada estación/frecuencia y se basa en el modelado de una red que utiliza distintos tipos de estaciones y en un análisis de las fuentes de interferencia. Se facilita una relación de frecuencias que optimiza la ocupación espectral y minimiza la interferencia.

2.6 La interfaz con el sistema de comprobación técnica del espectro

El operador responsable de las tareas de comprobación técnica del espectro puede acceder a los datos técnicos del sistema de gestión cuando lo necesite en su trabajo cotidiano. Asimismo, puede utilizar los datos de comprobación técnica para actualizar la base de datos de gestión del espectro.

El intercambio de información entre los sistemas de gestión y de comprobación técnica se realiza por transferencia electrónica de ficheros. El sistema de gestión del espectro envía al de comprobación técnica la lista de parámetros a medir (lista de comprobación). El sistema de comprobación técnica del espectro devuelve una relación de las discrepancias asociadas a estos parámetros en un fichero de salida (lista de resultados), así como los resultados de las mediciones en su caso.

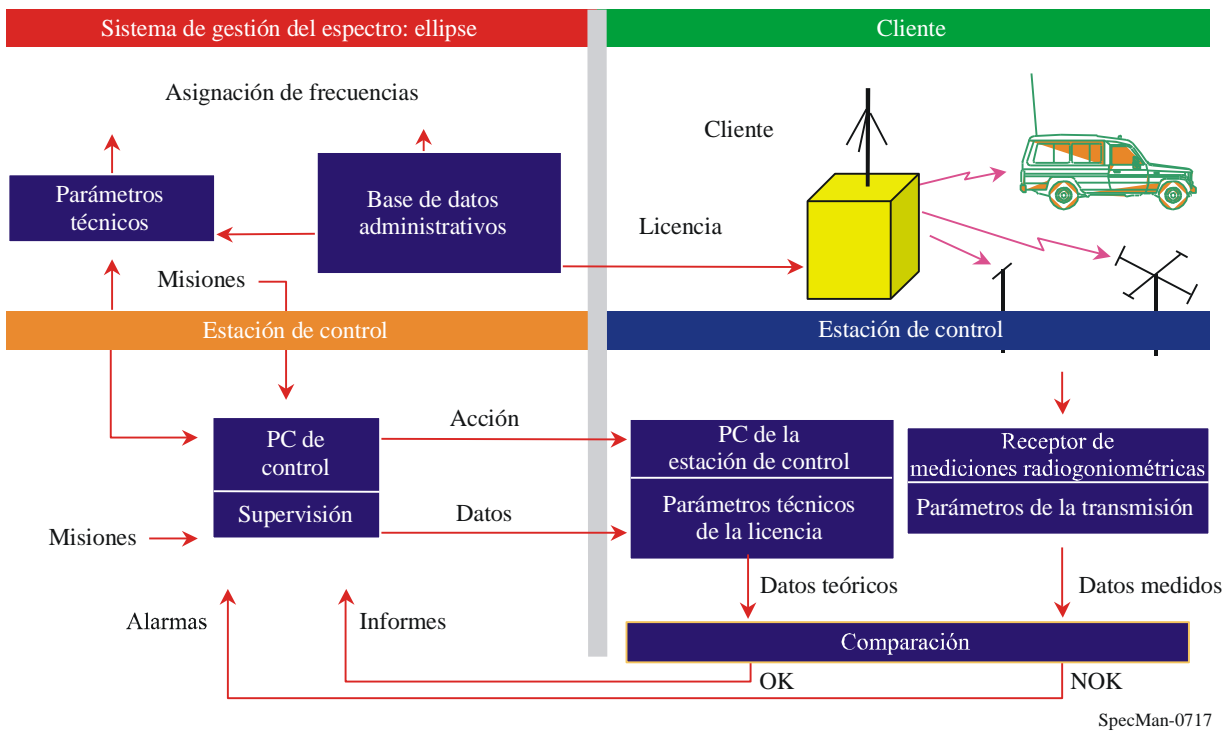
Se pueden considerar dos hipótesis de funcionamiento:

- sesión de comprobación técnica iniciada a instancias del operador del sistema de gestión del espectro, y
- sesión de gestión técnica del espectro iniciada a instancias del operador del sistema de comprobación técnica del espectro.

Estos cometidos pueden inicializarse y lanzarse desde el Centro Nacional o desde cualquiera de los Centros Regionales.

FIGURA 7.17

Intercambio de procesos e información entre el sistema de gestión y el de comprobación técnica



2.7 El sistema de información geográfica (GIS)

2.7.1 La herramienta GIS

La herramienta GIS se ha implementado en el MTC de Perú con arreglo a las recomendaciones del Manual del UIT-R – Gestión nacional del espectro. La herramienta GIS ofrece un motor de proyección coordinada y se utiliza para gestionar todos los datos cartográficos.

Los datos cartográficos se utilizan en los modelos de propagación para predecir la cobertura y los cálculos de CEM. Asimismo se utilizan para mostrar la configuración topológica de las redes así como los resultados de los análisis técnicos, de forma cómoda para los usuarios.

A continuación se indican los distintos tipos de datos utilizados por el GIS:

- Modelo cartográfico digital o DTM (a nivel de suelo para cada emplazamiento por encima del nivel del mar).
- Modelo altimétrico digital o DEM (alturas de los edificios por encima del nivel del terreno).
- Ecos del terreno (lagos, bosques, edificios, zonas abiertas, etc.).
- Base de datos de planimetría (fronteras administrativas, ciudades, ríos, carreteras, etc.).

- Base de datos de imágenes digitalizadas (mapas escaneados y ortoimágenes).
- Información del Programa IDWM de la UIT (por ejemplo, conductividad).

2.7.2 Configuración de la base de datos cartográfica del MTC

Los datos cartográficos proporcionados al MTC de Perú en el marco de este proyecto son los siguientes:

- Un primer conjunto de datos de baja resolución correspondientes a todo el país.
- Un segundo conjunto que cubre la Capital, Lima, en alta resolución.

Esta configuración se consideró la idónea en cuanto a su relación resolución/coste y, efectivamente, permite al MTC realizar predicciones para todo el país así como cálculos y análisis precisos para Lima. Esta base de datos cartográfica podrá actualizarse fácilmente con otras ciudades peruanas durante el desarrollo de las nuevas fases.

2.8 Conclusión

La introducción de un nuevo proceso en la organización suele exigir un periodo de adaptación, un seguimiento de cerca y ayuda al personal de la administración.

Este aspecto cobra más importancia y sensibilidad cuando se trata de implementar un sistema informático. Efectivamente, además de la implementación de nuevos procesos y metodologías de trabajo o adaptación a los mismos, es necesario impartir la formación adecuada a los operadores de los sistemas que suelen estar acostumbrados a trabajar con papeles, realizar procesos manuales o ejecutar diversas aplicaciones informáticas no integradas.

Por otra parte, un sistema informático complejo requiere una base de datos completa y precisa con información válida de carácter administrativo, técnico y geográfico. Por consiguiente, el proceso de recogida de datos y de su migración ha constituido un punto vital y un auténtico problema tanto para el MTC como para TCC/CTS durante la implementación y puesta en servicio del sistema.

El éxito de tan importante y complejo proyecto depende realmente de un principio esencial: la seriedad y voluntad de las partes implicadas, el MTC y la UIT por una parte y THALES y CTS por otra, para dedicar la energía necesaria y aportar los medios humanos, técnicos y financieros adecuados, creando la correcta sinergia entre todas las partes a cada nivel y en cada etapa de la implementación del proyecto y de la explotación de los sistemas.

Gracias a la eficacia de este sistema tan avanzado de gestión y comprobación técnica del espectro, el MTC dispone ahora de los medios necesarios para mejorar sus tareas diarias de gestión y comprobación técnica del espectro, y cumplir adecuadamente su mandato de conformidad con los reglamentos y recomendaciones internacionales y nacionales. Las fases planificadas para el futuro deben contribuir a la descentralización del proceso.

ANEXO 8

AL CAPÍTULO 7

**Sistema de gestión y supervisión nacional del espectro de
Botswana (República de)****1 Introducción**

El objetivo de este Anexo es describir el sistema de gestión del espectro que utiliza la Autoridad de Reglamentación de las Comunicaciones de Botswana (BOCRA).

La BOCRA es un órgano estatutario creado por la Ley de Reglamentación de las Comunicaciones de Botswana. Su mandato consiste, entre otras cosas, en garantizar la utilización racional del espectro de radiofrecuencias en Botswana mediante los procesos de gestión del espectro adecuados. En 2006 la BOCRA adquirió un sistema de gestión automatizada del espectro creado de acuerdo con las políticas de gestión del espectro en vigor. Desde entonces, el sistema ha experimentado diversas actualizaciones para ajustarse a las demandas de gestión del espectro a medida que se conceden licencias a nuevas tecnologías.

Como se ilustra en la Figura 7.18, el sistema de gestión del espectro se compone de los siguientes elementos:

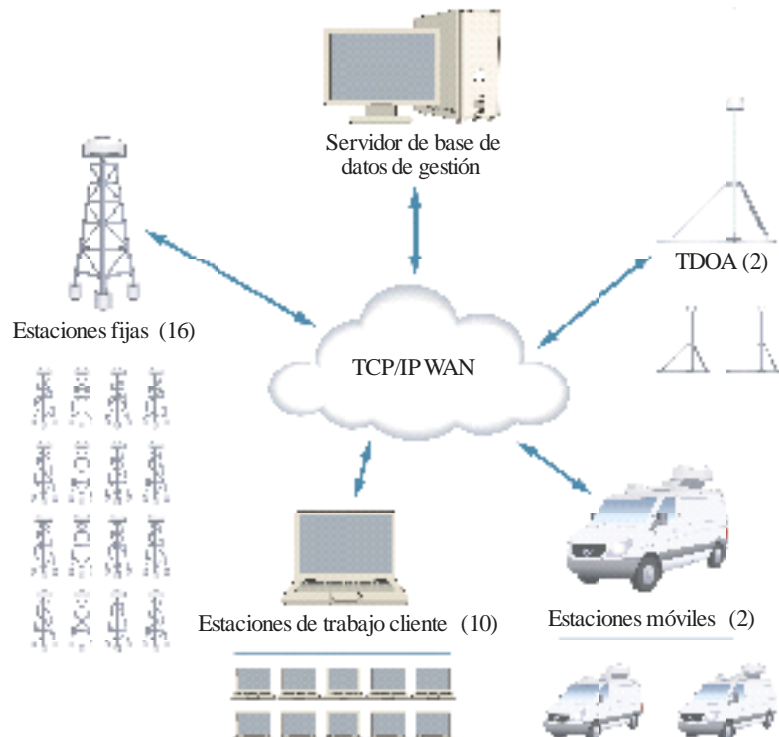
- un (1) sistema web de gestión automatizada del espectro (ASMS) ubicado en la sede de la BOCRA, y
- un (1) sistema de comprobación técnica del espectro (SMS) formado por 16 estaciones de comprobación técnica fijas y 2 estaciones móviles por todo el país, además de dos sensores TDOA que funcionan con las estaciones fijas de la capital para ofrecer una capacidad TDOA/AOA híbrida.

Todo el hardware y el software proceden de TCI (Estados Unidos de América) y están previstos para funcionar conjuntamente, de conformidad con la Recomendación UIT-R SM.1537.

El sistema permite a la BOCRA gestionar efectivamente el espectro radioeléctrico de Botswana:

- creando y manteniendo un registro de utilizaciones permitidas de las diversas bandas de frecuencias radioeléctricas, de conformidad con el plan nacional;
- manteniendo un registro de todos los equipos de radiocomunicaciones de cada titular de licencia por número de serie y distintivo de llamada;
- autorizando todas las asignaciones de frecuencias de acuerdo con el plan nacional y manteniendo un registro de las mismas;
- analizando la posible interferencia causada por las asignaciones de frecuencias propuestas a los usuarios autorizados del espectro;
- realizando todas las mediciones radioeléctricas recomendadas por la UIT;
- detectando las señales no conformes, no autorizadas o interferentes y sus características;
- ubicando la fuente de las señales no conformes, no autorizadas o interferentes, lo que permite solucionar rápidamente el problema y proteger los intereses de los usuarios legítimos del espectro.

FIGURA 7.18

Componentes del sistema de la BOCRA

Nat.SpecMan-7.18

2 Descripción del sistema de gestión del espectro**2.1 Aspectos generales**

El sistema de gestión automatizada del espectro (ASMS) de la BOCRA está formado por los siguientes elementos:

- un (1) servidor web ASMS conectado a la red de área local de la BOCRA y a Internet. Alberga el sitio web de la aplicación en línea de la BOCRA y la base de datos del sistema de gestión;
- diez (10) estaciones de trabajo cliente distribuidas entre la oficina central de la administración y el centro de control de comprobación técnica. Cada estación de trabajo tiene instalado el software cliente del ASMS y algunas de ellas tienen también instalado el paquete de herramientas de análisis optativo.

El objetivo del sistema de gestión es ayudar a planificar y gestionar los recursos de espectro radioeléctrico. En un principio, el sistema BOCRA se ocupaba únicamente de la reglamentación de las telecomunicaciones. Hoy en día la BOCRA tiene un mandato reglamentario convergente para las telecomunicaciones, las TIC, la radiodifusión y los servicios postales. El sistema se actualizó para incluir las licencias a otros servicios. La centralización ha facilitado la ejecución del mandato de la BOCRA, pues, al estar vinculadas las licencias a servicios, las licencias de radiocomunicaciones y las licencias a sistemas, se puede tener una visión global de los clientes con distintas licencias. El sistema incluye hoy en día las siguientes funcionalidades:

- mantenimiento del plan nacional de atribución de frecuencias, que puede visualizarse en formato tabular o gráfico;
- mantenimiento de registros administrativos de todos los solicitantes, incluidos su nombre, dirección de correo y datos de contacto;

- tramitación de las solicitudes de licencias radioeléctricas, licencias a sistemas y servicios, y licencias de comercio de equipos de telecomunicaciones. Se registran todas las asignaciones de frecuencias por usuario, emplazamiento, frecuencia, potencia y demás parámetros técnicos exigidos por la UIT;
- cálculo de las características de propagación de las estaciones transmisoras y análisis de la posible interferencia entre ellas;
- cálculo automático de las tasas de todas las licencias y preparación de facturas pro forma. Se procesan todos los pagos recibidos y se sincroniza la información de facturación y pago con el sistema contable de la BOCRA;
- gestión de los registros de cumplimiento, como inspecciones e infracciones;
- preparación de informes administrativos y técnicos;
- gestión de la lista de equipos homologados y utilidades a fin de completar los datos de marca/modelo en los formularios de solicitud;
- interfaz con el sistema de comprobación técnica del espectro a fin de identificar las señales no conformes y no autorizadas;
- tramitación en línea de las siguientes licencias a sistemas y servicios: OTP (operador de telecomunicaciones públicas), SRVA (servicios de red de valor añadido), RTP (red de telecomunicaciones privada). Está configurado para guardar todo el material lógico presentado durante el procedimiento de solicitud y toda información solicitada durante la evaluación;
- presentación de reclamaciones en línea:
 - reclamaciones ante cualquiera de los operadores con licencia BOCRA;
 - reclamaciones sobre temas no relacionados con licencias;
 - informe de infracción de las condiciones de licencia.

Está diseñado conforme a las directrices de la Recomendación UIT-R SM.1370.

2.2 Arquitectura

El sistema de gestión está diseñado siguiendo el modelo informático cliente-servidor. El servidor web del ASMS emplea Microsoft® SQL Server® para la base de datos y Microsoft IIS para el software del sitio web. El software cliente del ASMS está personalizado y disponible en diversos lenguajes Microsoft. Además, utiliza componentes de ESRI™ para la visualización geoespacial de los resultados del análisis técnico, y de Sage™ para la interfaz con el sistema contable de la BOCRA.

El servidor web del ASMS y la impresora de documentos se encuentran en la sede de la BOCRA. Las estaciones de trabajo cliente conectadas se conectan al servidor a través de la red de área local de la BOCRA. Las diez estaciones de trabajo cliente se dividen entre la sede y el centro de comprobación técnica, ubicado en otro edificio de la capital conectado por un enlace de microondas. Tanto el cliente ASMS como el software cliente SMS están instalados en cada estación de trabajo.

El servidor web del ASMS se conecta a Internet para aceptar solicitudes presentadas en línea por los usuarios. También se conecta al servidor de protocolo de transferencia de correo simple de la BOCRA. Se utiliza esta conexión SMTP para enviar notificaciones de aprobación, notificaciones de renovación y notificaciones generales por correo-e a los solicitantes y administradores, según proceda.

En todo el sistema se emplean múltiples capas de seguridad, incluido el acceso restringido por contraseña, grupos de seguridad, encriptación y técnicas para asegurar las transmisiones por la red y desalentar el acceso no autorizado al sistema.

2.3 Software cliente ASMS

El software cliente ASMS ofrece una interfaz de fácil utilización para la base de datos del sistema de gestión. Acepta la información incluida en las solicitudes de licencia, las quejas por interferencia y demás fuentes y la relaciona con los datos ya incluidos en la base. Así se pueden elaborar diversos documentos de utilidad, como facturas, notificaciones, certificados de licencia e informes de gestión, como se muestra en la Figura 7.19.

La aplicación cliente ASMS se organiza en menús. Cada menú de nivel superior da acceso a una serie de funciones y funcionalidades. En las siguientes cláusulas se describen los menús de nivel superior y las funcionalidades que albergan.

2.3.1 Contabilidad

El menú Contabilidad da acceso a los detalles administrativos de los clientes y permite controlar las características de facturación del sistema. Permite crear facturas manualmente, de ser necesario, y registrar los pagos recibidos. Los usuarios pueden modificar las cuantías fijas aplicadas a los diversos servicios, así como las constantes utilizadas para el cálculo de las tasas. El libro mayor con dos entradas que utiliza el ASMS puede administrarse desde este menú. Por último, abre una interfaz al sistema contable de la BOCRA donde pueden sincronizarse el libro mayor del ASMS y el libro mayor de la BOCRA.

2.3.2 tramitación de solicitudes

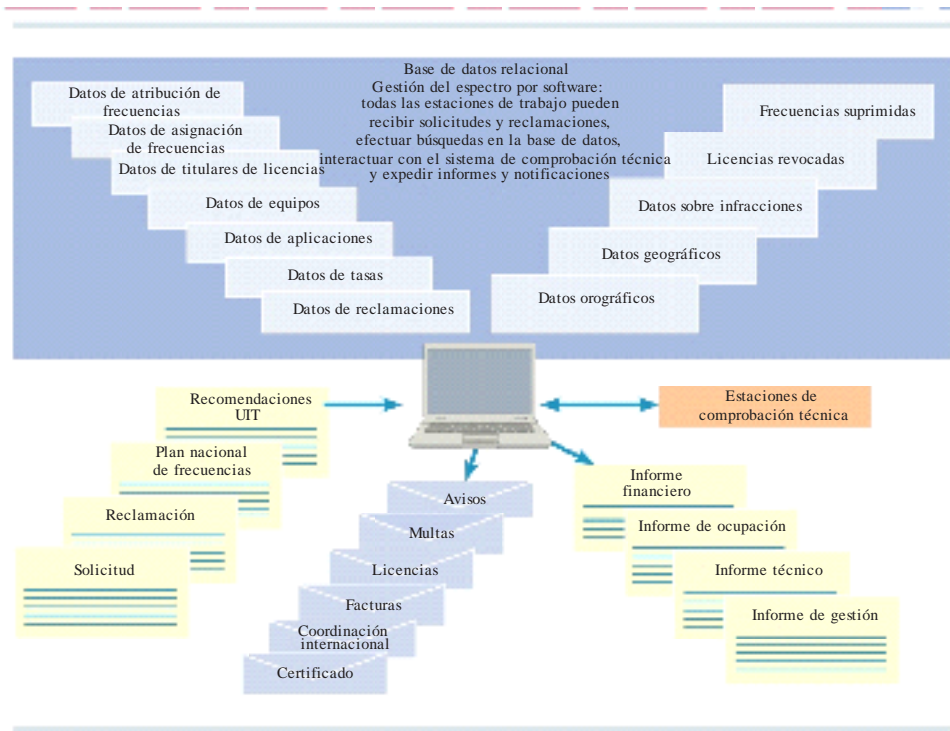
El menú Tramitación de solicitudes permite introducir en el sistema diversos tipos de solicitud para su examen y aprobación:

- licencias radioeléctricas (para la utilización del espectro de radiofrecuencias);
- licencia de comercio de equipos de telecomunicaciones (para los importadores y distribuidores de equipos);
- homologación de equipos de telecomunicaciones (para certificar una marca/modelo para su utilización en Botswana);
- coordinación fronteriza entrante (para predecir la interferencia causada por estaciones extranjeras propuestas);
- sistemas y servicios (licencia independiente del servicio para proveedores de sistemas).

El sistema asigna un número de referencia unívoco a cada solicitud, rellena los valores por defecto en los formularios de solicitud y autocompleta los campos cuando es posible. Estas funcionalidades están disponibles para los usuarios en línea a través de navegadores web y para los usuarios del software cliente ASMS.

FIGURA 7.19

Datos de entrada y salida típicos del ASMS



Nat.Spec.Man-7.19

2.3.3 Tramitación de licencias

El menú Tramitación de licencias permite realizar varias acciones relacionadas con las solicitudes de licencia. Puede expedirse una licencia nueva una vez abonadas las tasas; pueden enviarse por correo-e recordatorios de renovación de licencia; pueden modificarse, transferirse, suspenderse o revocarse las licencias. También es posible efectuar búsquedas extensivas.

2.3.4 Análisis técnico

Desde el menú Análisis técnico se accede a una serie de herramientas para predecir la propagación de la señal radioeléctrica por el terreno del país. Las condiciones iniciales de cada análisis se derivan de la información que figura en las solicitud de licencia radioeléctrica del usuario, incluidas las coordenadas de las estaciones y las especificaciones de los equipos de las estaciones. Los usuarios pueden modificar los valores iniciales y recalculan los resultados sin modificar la información almacenada en la base de datos. El sistema ofrece también los valores de determinados factores atmosféricos y del terreno. El usuario puede modificar esos valores de la misma manera que los anteriores. Algunas herramientas generan informes tabulares, otras presentan sus resultados gráficamente en forma de mapas digitales. En la Figura 7.20 se reproduce la pantalla donde se introducen los parámetros para el análisis de microondas.

FIGURA 7.20

Parámetros para el análisis de microondas

Name	Value
Gain (dB)	10

Name	Value
Gain (dB)	30

Nat.Spec.Man-7.20

2.3.5 Frecuencia

El menú Frecuencia permite hacer búsquedas en el plan nacional de atribución de frecuencias (o el Plan de la UIT para cualquier Región) y visualizar los resultados en formato textual o gráfico. Este menú da acceso a diversos informes y búsquedas relacionados con las asignaciones de frecuencias. Permite realizar búsquedas en las asignaciones de frecuencias existentes y en las nuevas frecuencias por asignar (en función del proceso de solicitud). También identifica aplicaciones que incluyen estaciones dentro de la distancia de coordinación con los países vecinos y hace un seguimiento de las solicitudes de coordinación fronteriza salientes.

2.3.6 Cumplimiento

El menú Cumplimiento permite crear, modificar y suprimir informes de reclamación, informes de infracción e informes de inspección de estaciones. También exporta los datos de las estaciones con licencia al sistema de comprobación técnica del espectro (SMS) para su utilización en la detección automática de infracciones (AVD) y permite visualizar las mediciones de comprobación técnica obtenidas del SMS.

2.3.7 Informe

El menú Informe da acceso a once informes de texto y cincuenta y nueve informes específicos para estaciones inalámbricas, aplicaciones, licencias, reclamaciones y búsquedas financieras.

2.3.8 Administración

El menú Administración permite a los administradores actualizar los cuadros del sistema ASMS, visualizar los registros de errores, gestionar los usuarios individuales y definir grupos de usuarios. Hay también opciones para importar el CD de asignaciones terrenales de la BR-IFIC más reciente, aprobar solicitudes de licencias radioeléctricas e imprimir notificaciones de la UIT.

2.4 software del servidor web ASMS

La base de datos del sistema de gestión reside en el servidor web ASMS. Las estaciones de trabajo ASMS se conectan a este servidor para tramitar las solicitudes de licencias radioeléctricas, generar informes y realizar la mayoría de las demás tareas. El servidor también alberga el portal web para clientes del ASMS, que permite a los solicitantes presentar en línea sus solicitudes y demás formularios por Internet. El portal web para clientes permite rellena y presentar los siguientes formularios:

- solicitud de licencia radioeléctrica (todos los tipos);
- solicitud de homologación de equipos;
- solicitud de licencia de comercio de equipos,
- solicitud de licencia a sistemas y servicios,
- reclamación.

Estos formularios contienen todos los campos y funcionalidades que aparecen en la versión cliente de la estación de trabajo ASMS, incluidas las listas de selección actualizadas dinámicamente, la autocompleción de campos y la capacidad de adjuntar documentos en formato electrónico. Sin embargo, los solicitantes en línea no ven los campos reservados para uso oficial.

Los funcionarios autorizados de la BOCRA pueden registrarse en el sitio web a través del portal para administradores del sitio. Desde ahí pueden introducir directamente en la base de datos del ASMS solicitudes y reclamaciones. En la Figura 7.21 se muestran los elementos de la inscripción y solicitud en línea. En la Figura 7.22 se muestra una página web del portal de solicitud para clientes.

FIGURA 7.21

Inscripción en línea y presentación de solicitudes

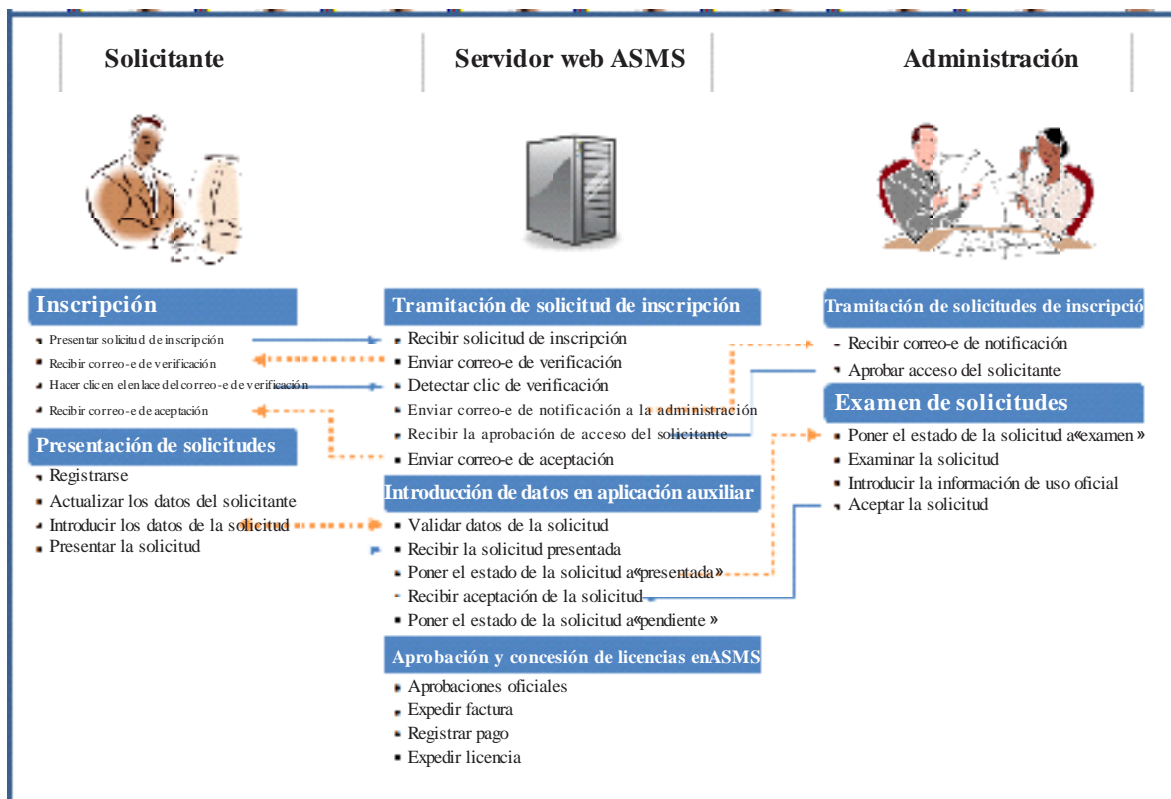
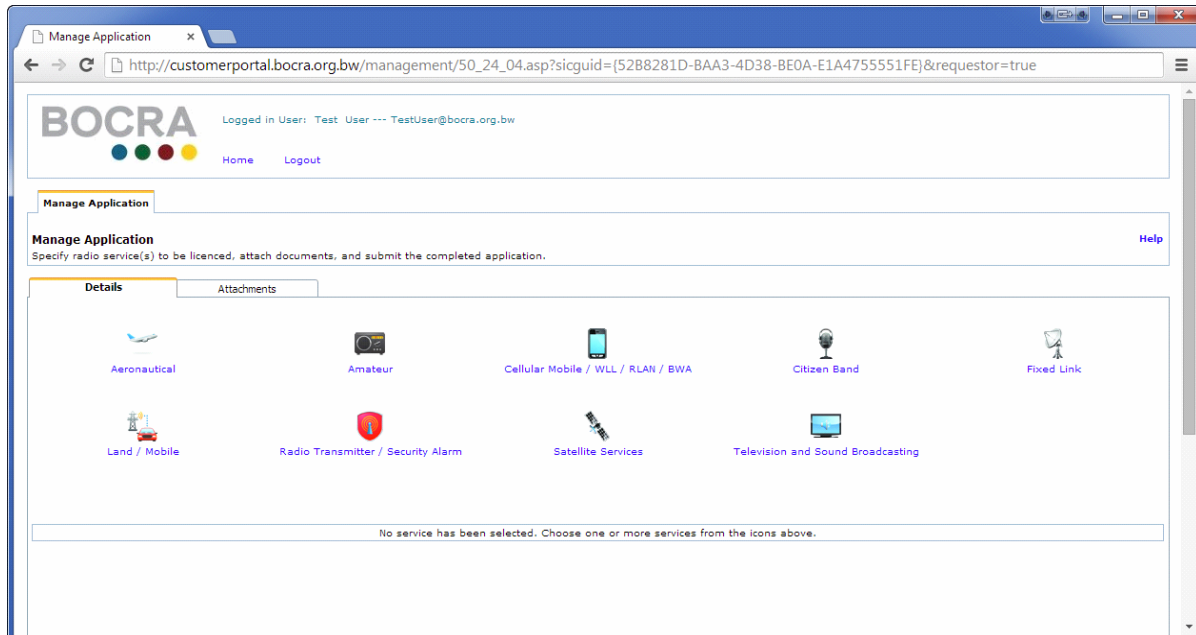


FIGURA 7.22

Solicitud de licencia radioeléctrica en línea

Nat.Spec.Man-7.22

2.5 Flujo de la tramitación de licencias en ASMS

El ASMS utiliza un modelo de distribución central para la tramitación de las solicitudes de licencia. La base de datos ASMS asigna un estado a cada solicitud a medida que transita por el sistema. Una nueva solicitud de licencia o la modificación de una licencia se consideran en «introducción de datos» cuando se están introduciendo los datos. Una vez esa fase terminada, el sistema verifica que se ha introducido toda la información necesaria y pasa la solicitud al estado «pendiente de aprobación». Una vez realizado el examen oficial y obtenida la aprobación de los diversos departamentos, el sistema calcula automáticamente las tasas correspondientes, genera una factura y cambia el estado de la solicitud a «facturada». En cuanto se ha procesado totalmente el pago, la solicitud puede ponerse en estado «licencia concedida». El control del flujo de trabajo garantiza que el estado de una solicitud no pueda cambiar hasta que se haya finalizado cada una de las fases.

2.6 Seguridad

Como parte del perfil de registro de cada uno de los usuarios del cliente ASMS figura su asignación a uno o más grupos de seguridad. Cada grupo de seguridad tiene permiso para acceder a una porción limitada del ASMS. Los usuarios del grupo Introducción de datos, por ejemplo, pueden ver y editar las solicitudes de licencia, pero carecen del permiso para ver y editar los registros contables. Se pueden adaptar según las necesidades los permisos de cada grupo. Pueden configurarse varios niveles de acceso para cualquier control de la interfaz de usuario, desde No visible (más bajo) a Acceso completo (más alto). Cuando un usuario pertenece a más de un grupo de seguridad y los permisos para un objeto o control entran en conflicto, tendrá prioridad el permiso de mayor nivel. A partir de los grupos existentes pueden definirse nuevos grupos de seguridad.

3 Descripción del sistema de comprobación técnica del espectro

De conformidad con la Recomendación UIT-R SM.1537, el sistema de gestión del espectro y el sistema de comprobación técnica del espectro (SMS) están integrados.

3.1 Aspectos generales

El principal objetivo del SMS es:

- supervisar que las emisiones asignadas se ajustan a las condiciones de licencia tal y como están registradas en la base de datos del sistema de gestión;
- investigar la interferencia, determinar la ubicación de los transmisores sin licencia o los transmisores que no utilizan las características prescritas;
- supervisar la utilización real y la capacidad de detectar automáticamente las infracciones de los parámetros técnicos de las licencias.

El SMS de la BOCRA está compuesto por dieciséis (16) estaciones de comprobación técnica en ondas métricas/decimétricas (VHF/UHF) fijas por todo el país. Las dos ciudades más importantes cuentan con tres estaciones cada una. Cinco estaciones repartidas por todo el país tienen también capacidades de radiogoniometría en ondas decamétricas (HF DF). Su emplazamiento se escogió estratégicamente para poder efectuar la HF DF en todo el país. Todas las estaciones efectúan mediciones del ángulo de llegada (AOA), que pueden combinarse para obtener datos de geolocalización.

El sistema comprende también dos sensores de diferencia temporal de llegada (TDOA), instalados en la capital. Sus resultados pueden combinarse con las mediciones AOA de otras estaciones para obtener una geolocalización «híbrida» en la capital.

El sistema cuenta también con dos (2) unidades móviles con capacidad HF/VHF/UHF, que pueden realizar mediciones radiogoniométricas hasta 8 GHz.

Las estaciones de comprobación técnica están controladas desde el centro de control de comprobación técnica situado en la capital, Phakalane, Gaborone. Las diez (10) estaciones de trabajo se dividen entre el centro de control y la sede de la BOCRA y en todas ellas están instalados el cliente Scorpio (aplicación cliente del SMS) y el cliente ASMS.

El SMS realiza todas las mediciones recomendadas por la UIT, incluidas las de los parámetros de la señal (frecuencia, intensidad de campo y densidad de flujo de potencia, modulación y ancho de banda ocupado), de radiogoniometría de ocupación del espectro. El sistema de medición automática automatiza todo el proceso de modo que los operadores no tienen que aprender, recordar e invertir tiempo en respetar todas las normas de medición.

3.2 Arquitectura

El software del sistema funciona en un entorno cliente-servidor Microsoft® Windows®. Los servidores del SMS funcionan en Windows 7 Embedded. Las estaciones de trabajo cliente del SMS funcionan con Windows 7. Todos los servidores de medición de las estaciones fijas se conectan a la red oficial por un enlace de microondas. Los servidores de medición de los vehículos móviles se conectan por la red celular GSM. Las estaciones de trabajo cliente están divididas entre la sede de la BOCRA y el centro de comprobación técnica, situado en otro edificio de la capital y conectado por enlace de microondas. Las estaciones de trabajo tienen instalados tanto el cliente ASMS como el cliente SMS.

3.3 Software cliente SMS

El software cliente SMS (cliente Scorpio) ofrece las siguientes capacidades:

3.3.1 Métrica

Esta capacidad ofrece los medios para medir precisamente los parámetros de la señal, de conformidad con las Recomendaciones de la UIT. Se utiliza para verificar el cumplimiento de los requisitos de la licencia y las mediciones pueden programarse.

3.3.2 Control de dispositivos

Esta capacidad se utiliza para encontrar, identificar y registrar los parámetros de emisores específicos, generalmente sistemas pirata sin licencia o que causan interferencia. Incluye herramientas de radiogoniometría para ubicar el emisor objetivo.

3.3.3 Herramientas

Estas herramientas se emplean para sondear, detectar y cartografiar en el espectro la presencia de señales. Se trata de un medio básico para verificar si el entorno electromagnético real se ajusta a la información contenida en la base de datos. La herramienta de detección automática de infracciones (AVD) indicará la correlación o las discrepancias entre la base de datos de gestión y el entorno electromagnético «real». Las herramientas de ocupación del espectro efectúan verificaciones estadísticas de que los canales asignados se utilizan de acuerdo con las licencias a que están sometidos.

3.3.4 Diagnóstico y mantenimiento (BIST)

La capacidad de autoprueba incorporada se utiliza para conocer el estado operativo de un servidor (estación de comprobación técnica fija, móvil o portátil).

3.4 Realización de las mediciones

Las herramientas de medición contienen un «Calendario de tareas» para programar las mediciones. A la hora de realizar las mediciones se pueden seleccionar uno o más de los siguientes parámetros de señal: frecuencia, intensidad de campo y densidad de flujo de potencia, modulación, ancho de banda ocupado, dirección y ocupación del espectro. Las mediciones se repiten automáticamente y se medían de acuerdo con los valores seleccionados por el usuario. Los métodos de mediación disponibles son lineal, RMS y retención de máximos. Todas las mediciones se ajustan plenamente a las Recomendaciones de la UIT y el Manual de Comprobación técnica del espectro. Las mediciones se pueden realizar en tres modos distintos: interactivo, programado y de fondo.

- Modo interactivo: permite la interacción directa con diversas funciones que dan respuestas inmediatas, como sintonización del receptor del monitor, selección de desmodulación, visualización radiogoniométrica en tiempo real, notificación automática de alarmas y selección de visualización global. La medición de la recalada por radiogoniometría para rastrear una fuente de interferencia y la cartografía de la intensidad de campo en una determinada zona geográfica son ejemplos del funcionamiento interactivo. Pueden efectuarse mediciones radiogoniométricas y de intensidad de campo con una unidad móvil cuando esta está estacionaria o en movimiento sin necesidad de ensamblar/desensamblar las antenas para realizar las mediciones.
- Modo automático o programado: pueden programarse las tareas para realizarlas inmediatamente o en momentos precisos en el futuro. Las funciones realizadas en modo programado incluyen las mediciones técnicas, los análisis y la radiogoniometría.
- Modo de fondo: se utiliza para medir la ocupación del espectro, hacer barridos radiogoniométricos y para la detección automática de infracciones, que son datos que conviene recopilar a lo largo de amplios periodos de tiempo. El operador ordena un barrido automático de una lista de frecuencias discretas o de una gama o gamas de frecuencias, que puede realizarse inmediatamente o en un determinado momento futuro. Los resultados de las mediciones se almacenan localmente en el procesador de espectro y el operador que ordenó la tarea puede recuperarlos mientras la tarea está en curso o cuando ya se ha terminado. Esos datos pueden utilizarse para generar informes y pueden combinarse con los datos de las licencias de la base de datos del sistema de gestión a fin de efectuar una AVD en busca de posibles infracciones de las condiciones de licencia.

Las herramientas de medición contienen también una función «resultados de la tarea» con a que el operador puede ver, imprimir y guardar un informe donde se resumen los datos obtenidos. Los informes de resultados contienen toda la información relativa a la configuración de la medición y un resumen de sus resultados con la siguiente información: datos de la tarea, fecha, hora, frecuencia, ancho de banda, identidad, medición solicitada, tipo, resultado y datos gráficos.

3.5 Visualización y control de mapas

La ventana mapa permite ver la red de estaciones de comprobación técnica, las líneas de marcación de radiogoniometría y el emplazamiento de los emisores utilizando elipses de error en la intersección de las líneas de marcación. El sistema está configurado con múltiples mañas, incluidos los de Internet, como Bing® y OpenStreetMap. El operador puede visualizar múltiples capas (ciudades, regiones, ríos, etc.) seleccionando el

botón «capas». El operador puede agrandar o reducir la imagen, verla a tamaño completo, centrarla o realizar mediciones en ella. Pueden añadirse a cualquier mapa anotaciones modelo y personalizadas. El operador puede imprimir lo que ve en la pantalla.

3.6 Receptor monitor

El operador controla los receptores monitores mediante un panel de control virtual (VCP), como el que se muestra en la Figura 7.23. El VCP tiene los controles habituales de los receptores independientes típicos, que permiten controlar de manera interactiva las funciones de visualización y escucha de la señal que se comprueba en tiempo real. En la misma pantalla puede verse la información de estado del receptor y los controles de frecuencia, modo de detección y ganancia automática. Las grabaciones de audio se hacen en archivos de audio digital (.wav) y pueden transferirse de una estación a otra. Las estaciones de trabajo están equipadas con una tarjeta de sonido para la reproducción de audio de las señales grabadas y en directo.

FIGURA 7.23
Pantalla del receptor monitor



Nat.Spec.Man-7.23

El operador tiene acceso a una serie de pantallas que le permiten ver las frecuencias que le interesan. Una de ellas es la panorámica espectral. Se trata de un plano con coordenadas X-Y de la amplitud de la señal en función de la frecuencia y se pueden ver anchos de banda de hasta 10 MHz de datos digitales IF. El operador puede utilizar este modo de visualización para ver e identificar señales de banda amplia, relaciones de señal en el espectro radioeléctrico y para investigar fuentes de interferencia.

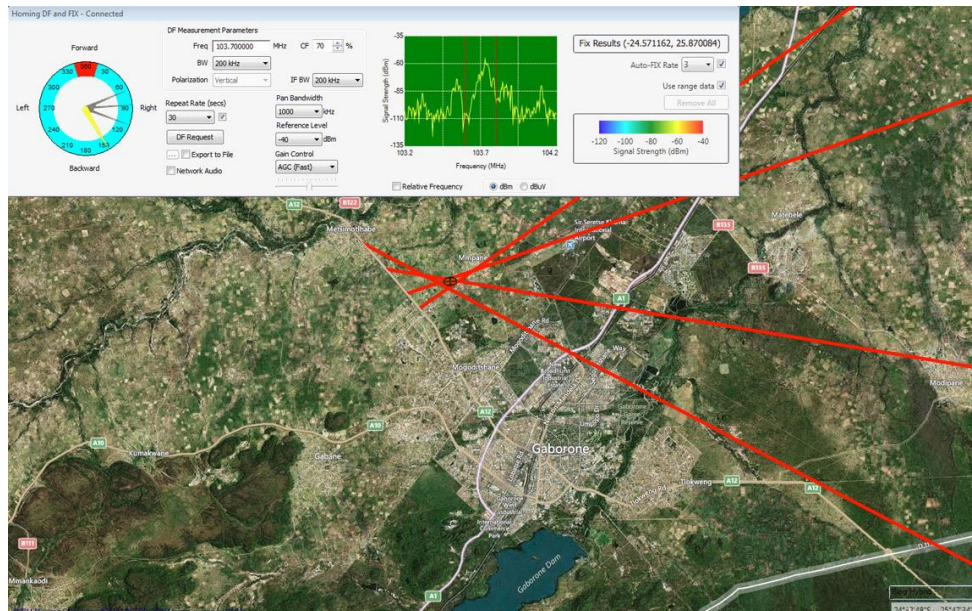
3.7 Radiogoniometría

El sistema de radiogoniometría encontrar rápida y eficazmente el emplazamiento de los emisores utilizando las estaciones de comprobación técnica. El sistema puede calcular los resultados procedentes de dos o más estaciones, así como de una única estación móvil para calcular la recalada de radiogoniometría.

La recalada de radiogoniometría permite a una única estación de comprobación técnica móvil realizar mediciones de radiogoniometría y de intensidad de la señal sucesivas en movimiento. A partir de esas mediciones, la estación de comprobación técnica móvil determina el emplazamiento del transmisor (Figura 7.24).

FIGURA 7.24

Ejemplo de ventana de visualización de radiogoniometría/mapa



Nat.Spec.Man-7.24

3.8 Ocupación y detección automática de infracciones

La ocupación del espectro permite al operador definir la gama que se va a comprobar especificando las frecuencias inicial y final de la banda que se investiga y especificar los parámetros deseados, incluido el periodo de tiempo durante el que se ha de efectuar la investigación.

El sistema de comprobación técnica tiene, como característica principal, la detección automática de infracciones (AVD), que es una potente herramienta que permite verificar el cumplimiento de las condiciones de licencia por parte de los emisores y ayuda a detectar el funcionamiento no sometido a licencia. El AVD funciona con los datos de las licencias (asignaciones de frecuencias) procedentes de la base de datos de gestión. El AVD alerta al operador cuando las transmisiones no se ajustan a las tolerancias de la frecuencia central asignada y el ancho de banda, según se especifican para la banda atribuida y el servicio en el Plan nacional de frecuencias de Botswana. También da cuenta de los emisores que funcionan sin una licencia correspondiente en la base de datos de gestión.

3.9 Informes

Del sistema pueden obtenerse informes sobre los parámetros de la señal, la ocupación del espectro y demás medidas.

3.10 AOA/TDOA híbrida

La BOCRA utiliza hoy en día un sistema de geolocalización «híbrido» para localizar los emisores en la capital. Está formado por dos sensores de diferencia de tiempo de llegada (TDOA) cuyas medidas se combinan con las de una o más estaciones de ángulo de llegada (AOA).

La BOCRA se pasó al sistema híbrido a fin de mejorar la precisión de la geolocalización de la manera más rentable. La AOA exige menos estaciones (mínimo de 2) y su zona de cobertura es más amplia, pero su

precisión decrece cuanto mayor es la distancia que la separa del emisor. La precisión de la TDOA no se reduce con la distancia al emisor, pero necesita más sensores (mínimo de 3, pero 5 en la realidad) y su utilidad se limita a la zona delimitada por las estaciones de comprobación técnica. Las configuraciones híbridas, como la del sistema de la BOCRA, combinan las ventajas de los sistemas AOA y TDOA al tiempo que resuelven los inconvenientes de ambas. Los estudios realizados por el fabricante del sistema indican que, en general, con la solución híbrida se necesitan la mitad de estaciones, en comparación con la configuración TDOA, para lograr el mismo nivel de precisión en la geolocalización. El coste inicial de un sistema híbrido, que necesita menos estaciones, pero más caras, que el sistema TDOA, es comparable. Sin embargo, los costes recurrentes son más bajos con un sistema híbrido al haber menos estaciones.

ANEXO 9

AL CAPÍTULO 7

Herramientas informatizadas y actividades armonizadas automatizadas que utiliza la CEPT**1 introducción**

La CEPT utiliza algunas herramientas informatizadas en sus debates sobre gestión del espectro:

- SEAMCAT – Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool
- EFIS – ECO Frequency Information System.

2 SEAMCAT

SEAMCAT es un software de simulación basado en el método de simulación Monte-Carlo, elaborado por la Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones (CEPT). Esta herramienta permite modelizar estadísticamente diversas hipótesis de interferencia radioeléctrica a fin de realizar estudios de compartición y compatibilidad entre sistemas de radiocomunicaciones (dispositivos de corto alcance, GSM, UMTS, LTE, etc.) en la misma banda o en bandas adyacentes.

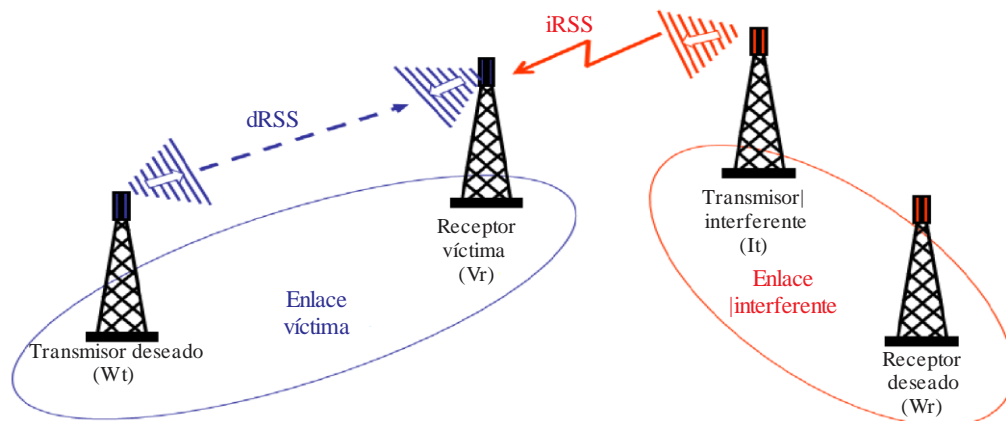
El mantenimiento del software depende de la ECO (Oficina Europea de Comunicaciones) y su distribución es gratuita. El Manual SEAMCAT está disponible al público en general, también en línea, y permite al usuario de SEAMCAT entender cómo funciona exactamente el software SEAMCAT. La interfaz de usuario de la aplicación funciona en MS Windows y se utilizan ficheros SML para el intercambio de datos.

Con la herramienta SEAMCAT se puede modelizar cualquier tipo de sistema de radiocomunicaciones en una hipótesis de interferencia terrenal. Entre los resultados se encuentran la cuantificación de la probabilidad de interferencia entre diversos sistemas de radiocomunicaciones, la consideración de las distribuciones espacial y temporal necesarias de las señales recibidas o la pérdida de capacidad debida a la interferencia.

FIGURA 7.25

Principales elementos de una hipótesis SEAMCAT

Principales elementos de una hipótesis SEAMCAT



Nat.Spec.Man-7.25

Gracias a SEAMCAT, la CEPT puede elaborar normas de compartición importantes para la optimización de la utilización del espectro. A menos que los sistemas de radiocomunicaciones apliquen algún tipo de sistema inteligente de evitación de la interferencia, la elección cuidadosa de las condiciones de compartición es el único medio para lograr una satisfactoria coexistencia y utilizar de manera óptima el espectro.

Hoy en día se utiliza el software SEAMCAT en la mayoría de estudios de la CEPT para la definición de los requisitos técnicos mínimos para la introducción de nuevos servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones en el espectro de manera compatible con los servicios y aplicaciones ya implantados. Los expertos de las Administraciones de la CEPT confían en SEAMCAT a la hora de formular sus consideraciones sobre ingeniería del espectro.

Las funciones de SEAMCAT permiten automatizar estudios de compatibilidad repetitivos programando varias simulaciones SEAMCAT para que se realicen en una sola ejecución del programa. Un caso típico es el estudio de las repercusiones de la modificación de uno (o varios) parámetros de la hipótesis en la probabilidad de interferencia.

El espacio de trabajo SEAMCAT de la CEPT es del dominio público. Puede encontrarse más información en la dirección <http://www.cept.org/eco/eco-tools-and-services/seamcat-spectrum-engineering-advanced-monte-carlo-analysis-tool>, desde la que se puede descargar SEAMCAT.

SEAMCAT también dispone de una aplicación (API) que puede utilizarse para, por ejemplo, modelizar determinadas características de diseño especiales del sistema, como las antenas inteligentes, o para tener en cuenta condiciones ambientales adicionales, por ejemplo, repercusión del terreno/los obstáculos. Los resultados pueden además exportarse a ficheros externos para procesar la señal con otras herramientas (Matlab, etc.)

La utilización de SEAMCAT se reconoce en:

- Informe UIT-R SM.2028-1, Metodología de simulación Monte Carlo para su aplicación en estudios de compartición y compatibilidad entre distintos servicios o sistemas de radiocomunicaciones
- Recomendación UIT-R M.1634, Protección contra la interferencia causada a los sistemas del servicio móvil terrestre que utilizan la simulación de Montecarlo con aplicación a la compartición de frecuencias

3 EFIS

El 31 de enero de 2002 la ECO lanzó un sistema de información de frecuencias denominado EFIS. Toda la información de EFIS está disponible al público en internet. Puede encontrarse más información, además de una función de búsqueda rápida, en la dirección <http://www.efis.dk/>.

EFIS es la base de datos de información sobre la utilización del espectro en Europa que garantiza la disponibilidad de información armonizada a nivel europeo sobre utilización del espectro. De los 48 que la componen, prácticamente todos los países de la CEPT (incluidos todos los Estados miembros de la UE) están representados en EFIS, donde también están integrados el Cuadro de atribuciones de la UIT (Región 1) y el Cuadro de ECA (Atribuciones comunes europeas).

La terminología de aplicaciones de radiocomunicaciones del EFIS se actualiza constantemente para tener en cuenta las modificaciones en la gestión de frecuencias, como la adición de nuevas aplicaciones. El Informe ECC 180⁴² contiene una guía para la interpretación de los requisitos impuestos a las administraciones a la hora de editar la información de EFIS.

Con esta herramienta la CEPT pretende prestar un valioso servicio a todas las partes interesadas en la utilización del espectro. EFIS también contribuye a la consecución de los objetivos políticos de la CEPT, a saber, la armonización y la transparencia, así como de los objetivos políticos de la Unión Europea, consignados en las Decisiones del Consejo y el Parlamento Europeo en materia de política del espectro radioeléctrico.

En 2005 la Comisión Europea pidió a la CEPT que estudiara la viabilidad de transformar el EFIS en un portal europeo de información del espectro.

La CE publicó una Decisión sobre este tema el 16 de mayo de 2007. EFIS es la herramienta que responde a esta Decisión de la CE (2007/344/EC) sobre la disponibilidad de información armonizada sobre utilización del espectro en Europa.

EFIS tiene también un papel que desempeñar en el inventario de espectro de la Unión Europea⁴³, que es una de las iniciativas que forma parte del Programa de política del espectro radioeléctrico (RSPP) de la UE.

Los usuarios de EFIS pueden realizar búsquedas y comparar la utilización del espectro en toda Europa, además de obtener información conexa, como las actividades de la CEPT, las especificaciones de interfaces radioeléctricas conformes con la Directiva R&TTE⁴⁴ y otros reglamentos nacionales o internacionales.

EFIS contiene los siguientes datos (información reglamentaria):

- Atribuciones (terminología del RR de la UIT)
- Aplicaciones (terminología de aplicaciones de radiocomunicaciones europeas acordada)
- Información sobre interfaces radioeléctricas nacionales
- Documentos (indexados por los términos sobre aplicaciones correspondientes y por gamas de frecuencias)
- Licencias/derechos de utilización del espectro.

La información sobre gestión del espectro ha adquirido importancia en EFIS desde 2012 gracias a la introducción de una sección «no reglamentaria».

En EFIS puede encontrarse una amplia gama de informaciones, principalmente documentos relativos al Cuadro europeo de aplicaciones y atribuciones de frecuencias («Cuadro ECA» o simplemente «ECA»), entre los que se cuentan resúmenes de los cuestionarios de la CEPT destinados al inventario del espectro, Informes ECC (por ejemplo, estudios de compatibilidad) y demás información útil sobre la utilización presente y prevista del espectro, como, por ejemplo, el Informe ECO 03 sobre información de licencias para las bandas móviles

⁴² Véase <http://www.cept.org/ecc/deliverables>

⁴³ El Inventario de espectro de la UE está destinado a identificar las bandas de frecuencias cuyo espectro puede utilizarse más eficientemente.

⁴⁴ Esta Directiva (1999/5/EC) fue sustituida en 2014 por la Directiva radioeléctrica.

públicas o la Recomendación ERC 70-03 sobre SRD (incluida la información de aplicación nacional de cada una de las entradas reglamentarias).

La información sobre el inventario de espectro incluye lo siguiente:

- información pertinente sobre la utilización actual de una o varias bandas de frecuencias, o su utilización prevista;
- documentos de referencia del sistema ETSI, que comprenden información sobre el mercado, como la utilización del espectro actual, los reglamentos en vigor, la utilización del espectro prevista y una propuesta de utilización futura del espectro y de reglamentación;
- UE: información pertinente/decisiones de la CE/Informes preparados por la CEPT para la Comisión Europea;
- nacional: las administraciones nacionales disponen de información adicional de carácter no reglamentario sobre la posible evolución de la utilización del espectro en su país que pueden telecargar en este apartado;
- terceros: documentos con información relevante de los socios del MoU/LoU CEPT/ECC.

Las Administraciones de la CEPT telecargan sus datos directamente en EFIS. Pueden utilizar una interfaz automatizada entre sus herramientas de gestión nacional del espectro y EFIS utilizando ficheros XML.

En pocas palabras, EFIS está compuesto por una base de datos y un servidor web con aplicaciones software que permiten la interacción entre la base de datos (base de datos SQL) y el servidor web. El sistema se basa en las normas más modernas de cada ámbito individual.

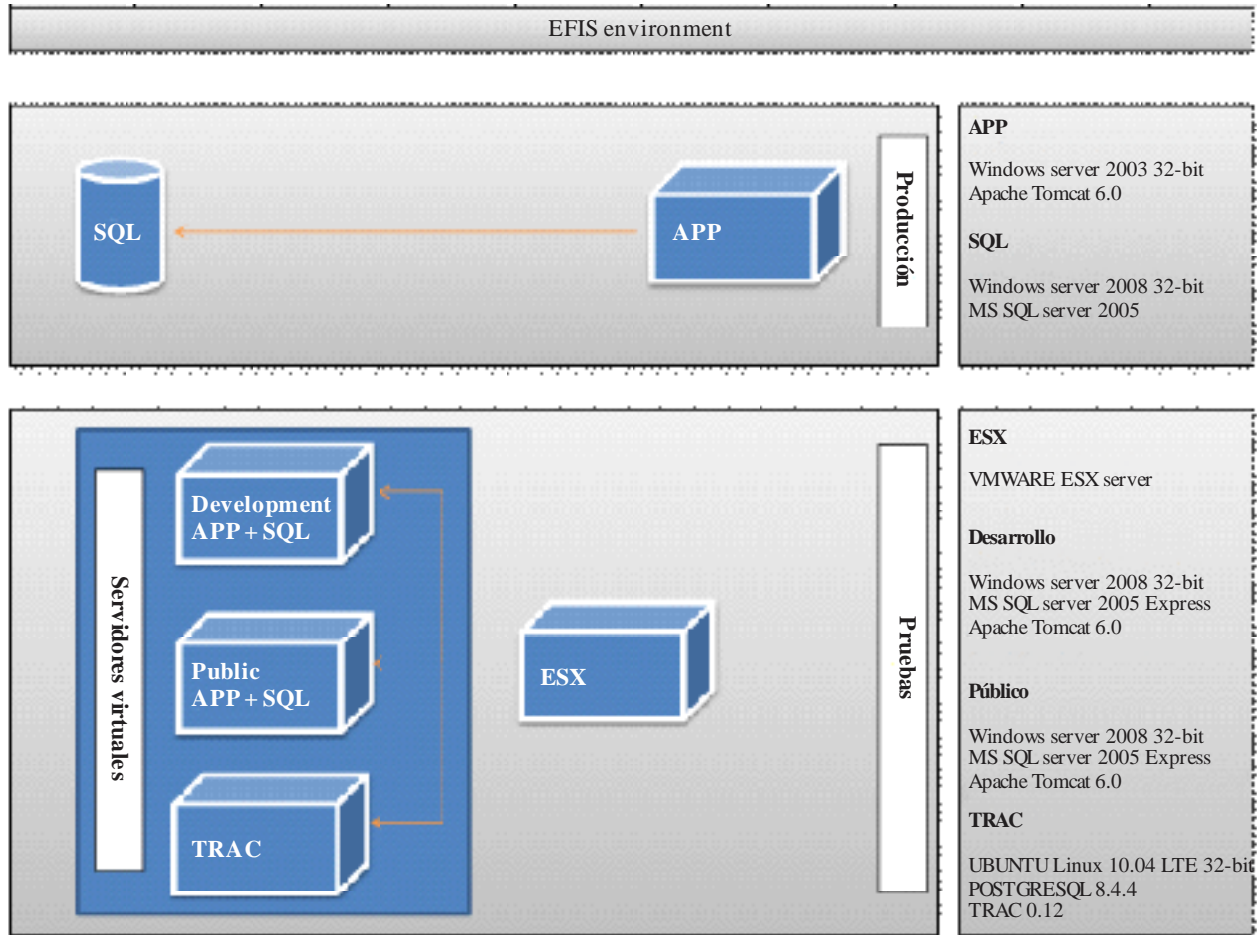
El entorno EFIS completo tiene un sistema de producción y un sistema de prueba con dos servidores virtuales: uno para las pruebas ECO y un sistema para las administraciones (para probar, por ejemplo, nuevos sistemas/aplicaciones software nacionales antes de utilizarlos en el EFIS real).

Para la gestión de proyectos se utiliza el sistema de rastreo de errores/problemas y gestión «Trac».

En la Figura 7.26 siguiente se ilustran los detalles de la configuración de EFIS.

FIGURA 7.26

Entorno EFIS

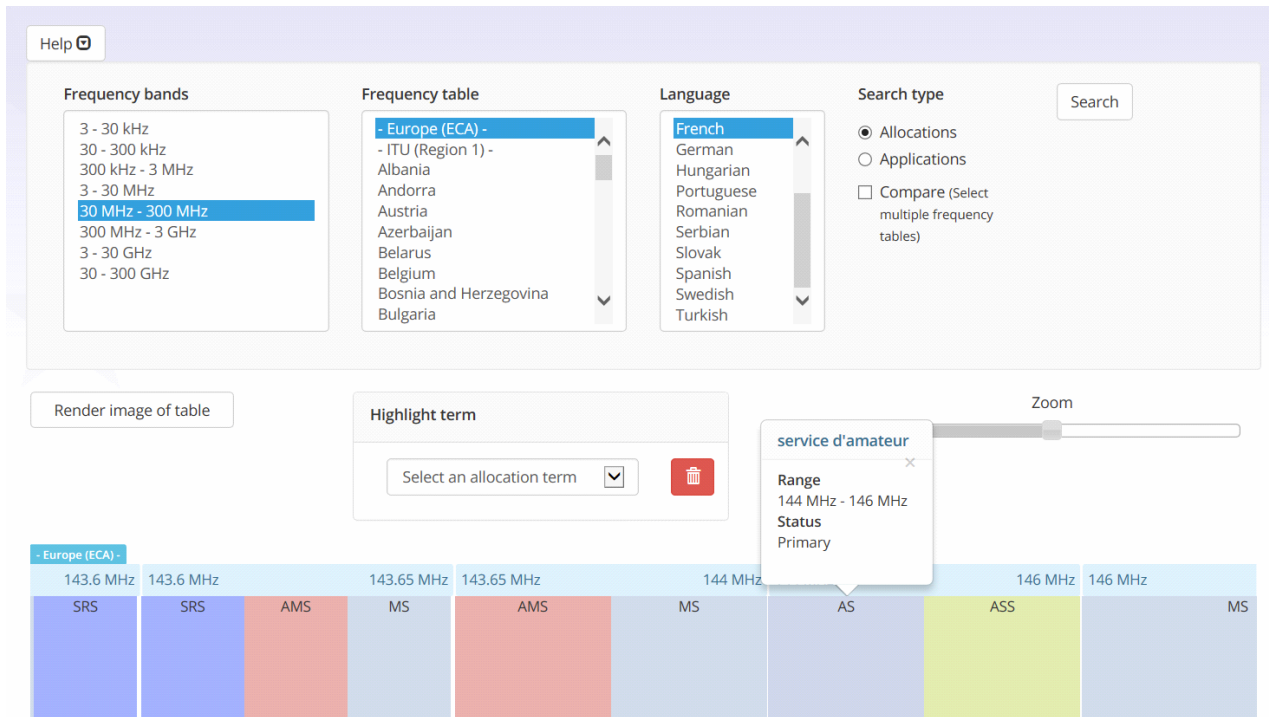


Nat Spec Man-7 26

La base de datos EFIS ofrece también la posibilidad de utilizar una herramienta de visualización gráfica a todas las autoridades interesadas (incluso ajenas a la CEPT). La información de los cuadros nacionales de frecuencias, así como la información de los planes de utilización pueden visualizarse gráficamente y exportarse como imágenes estáticas o a través de un enlace que puede insertarse en, por ejemplo, el sitio web de una administración externa. De este modo los usuarios pueden extraer la información y compararla en su idioma nacional y en todos los demás idiomas.

FIGURA 7.27

Ejemplo de visualización gráfica de la información del cuadro de frecuencias



Bibliografía

Textos del UIT-R

- Rec. UIT-R SM.1370 Directrices de diseño para la elaboración de sistemas avanzados de gestión automática del espectro
- Rec. UIT-R SM.1537 Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro

CAPÍTULO 8

**Mediciones de la utilización del espectro y
de la eficacia de utilización del espectro**

Índice

	<i>Página</i>
8.1	Introducción 292
8.2	Primer método para calcular la utilización del espectro 292
8.2.1	Análisis 292
8.3	Segundo método para el cálculo de la utilización espectral..... 295
8.4	Evaluación de la utilización económica del espectro..... 295
8.5	Aplicaciones..... 296
8.6	Utilización del espectro de sistemas por satélite 296
8.7	Cálculo de la eficacia de utilización del espectro 296
8.7.1	Ejemplo de cálculo de la EUE..... 297
8.7.2	Índice de calidad espectral (SQI) (utilización del espectro en relación con la demanda) 302
8.8	Eficacia espectral en bandas compartidas (por ejemplo, dispositivos de corto alcance) . 304
8.8.1	Observaciones y definiciones basadas en el método general de la Recomendación UIT-R SM.1046-2..... 305
8.8.2	Método modificado de la Recomendación UIT-R SM.1046-2..... 306
8.9	Relación entre eficacias de utilización del espectro, EUE, o eficacia relativa del espectro, ERE (RSE, <i>relative spectrum efficiency</i>)..... 311
8.9.1	Análisis 311
8.9.2	Ejemplo de ERE para el servicio móvil terrestre..... 312
8.10	Conclusiones 313
Referencias 314
Bibliografía 315

8.1 Introducción

La eficacia de utilización del espectro (EUE) es importante al ser el espectro un recurso limitado que tiene valor económico y social y porque la demanda de espectro está creciendo rápidamente en la mayoría de las bandas de frecuencias. En los últimos años, muchas tecnologías radioeléctricas mejoradas y emergentes han permitido mejorar considerablemente la eficacia de utilización del espectro. Las nuevas técnicas ayudan a solventar la demanda creciente para asignaciones de espectro y su utilización. La medición de la eficacia de utilización del espectro es diferente para cada tipo de sistema o de servicio. Por ejemplo, el cálculo de la eficacia del espectro para sistemas punto a punto es diferente del cálculo para sistemas por satélite o móviles terrestres. Por lo tanto, sólo se puede hacer una comparación entre tipos de sistemas similares y en bandas de frecuencias o canales específicos. También puede ser provechoso realizar una comparación de la eficacia del espectro o de su utilización en función del tiempo de un único sistema para observar si se producen mejoras en el ámbito específico estudiado.

Cabe destacar que aunque la eficacia de utilización del espectro es un factor importante, no es el único factor que hay que considerar. Otros factores son la selección de la tecnología o del sistema, así como las repercusiones económicas, la disponibilidad del equipo, su compatibilidad con equipos y técnicas existentes, la fiabilidad del sistema y otros factores de explotación.

La explicación de estos conceptos se iniciará mediante una definición de la utilización del espectro, es decir, la cantidad de espectro radioeléctrico que se está utilizando en una determinada circunstancia y proseguirá con la descripción de la eficacia de utilización del espectro, que es la relación entre la cantidad de comunicaciones establecidas y el espectro utilizado. Puesto que la información sobre la eficacia de utilización del espectro se utiliza extensamente para comparar las eficacias de dos sistemas, resulta necesario definir una eficacia relativa del espectro (ERE). La ventaja que tiene determinar directamente una eficacia relativa del espectro es que puede ser más fácil de calcular. A continuación se ofrecen ejemplos de cálculos de sistemas reales.

8.2 Primer método para calcular la utilización del espectro

Un sistema radioeléctrico funciona a una determinada frecuencia situada en una determinada anchura de banda, un determinado emplazamiento y en un instante dado. En frecuencias suficientemente próximas a las frecuencias de funcionamiento, es posible que otros sistemas radioeléctricos no sean capaces de funcionar sin producir interferencias perjudiciales o sin recibir interferencias. No obstante, el alcance de un sistema radioeléctrico no es infinito; a partir de una cierta distancia puede funcionar otro sistema radioeléctrico en la misma frecuencia sin producir interferencia perjudicial ni recibir interferencias. Es más, algunos sistemas radioeléctricos no están en funcionamiento permanentemente. Puesto que no producirán ni recibirán interferencias cuando no estén en uso, el espectro estará disponible para su uso por otros sistemas. Por lo tanto, hay un factor tiempo asociado con el transmisor. Además de la separación geográfica y temporal, existen algunos otros medios para evitar interferencias como se trata más adelante.

La utilización del espectro se puede definir como el producto de la anchura de banda de radiofrecuencia, la separación geográfica y el intervalo de tiempo denegado a otros posibles usuarios. Según la Recomendación UIT-R SM.1046, la medición es:

$$U = B \times S \times T \quad (8-1)$$

siendo:

- U : factor de utilización del espectro ($\text{Hz} \times \text{m}^3 \times \text{s}$)
- B : anchura de banda de radiofrecuencia (véase el Capítulo 4)
- S : separación geométrica (deseada y denegada)
- T : tiempo.

8.2.1 Análisis

El planteamiento general para calcular el valor de «U» consiste en suponer que hay que incluir en una banda de frecuencias existente transmisores y receptores adicionales. ¿Qué frecuencias, ubicaciones e intervalos de tiempo se negarían al nuevo sistema teniendo en cuenta las características técnicas de explotación de los nuevos transmisores y receptores? La utilización del espectro se puede calcular considerando la parte del espectro

denegada al nuevo sistema por el equipo existente. No existe una única respuesta a esta magnitud sin una especificación de las características del nuevo sistema. La ecuación (8-1) para la utilización del espectro es una fórmula conceptual general que tendrá que ampliarse cuando se aplique a un caso específico. No existe un conjunto claro de valores por defecto, ni siquiera de valores «ideales» que se pueda utilizar. Puede resultar muy difícil aplicar este concepto a un determinado sistema, en parte porque el cálculo se complica y también porque depende de un gran número de hipótesis.

Tanto los transmisores como los receptores utilizan parte del espectro. Los transmisores utilizan espacio espectral y deniegan el uso de ese espacio a ciertos receptores (distintos del receptor propio) que recibirían interferencias del transmisor. Este espacio se denomina «espacio denegado por el transmisor», o sencillamente «espacio del transmisor». Los receptores utilizan parte del espectro denegando el uso de espacio próximo a transmisores adicionales (suponiendo que el receptor tiene derecho a protección contra las interferencias). Un transmisor que funcione en dicho espacio producirá interferencias al receptor. Este espacio se denomina «espacio denegado por el receptor», o sencillamente «espacio del receptor». Cabe destacar que los transmisores no le niegan espacio a otros transmisores. La presencia de un transmisor no impide de ninguna manera las transmisiones de otro. De forma similar, los receptores no le niegan espacio espectral a otros receptores. Algunos modelos de utilización del espectro calculan por separado la utilización del espectro por el receptor y por el transmisor; otros los combinan.

La zona de influencia de cada transmisor se puede definir en función de la frecuencia, el espacio y el tiempo (y de la modulación, si procede) como la zona en la que el transmisor ha denegado su utilización por otros receptores con frecuencias próximas (anchura de banda), en territorios geográficos (espacio) y en el mismo intervalo de tiempo. La zona de interés del transmisor podría ser relativamente circular, o podría ser muy directiva (debido a antenas receptoras o transmisoras de alta ganancia y haces estrechos). De forma similar, cada receptor está rodeado por una zona de interés en la que no se pueden usar otros transmisores sin producir interferencias. La suma de estas zonas es la cantidad de espectro utilizada por el sistema. El volumen geométrico, de frecuencia y tiempo restante no se usa y está disponible para su utilización por transmisores y receptores del tipo especificado en el sistema de referencia.

El espacio «del receptor» se considera que es el espacio en el que la presencia de un hipotético transmisor de referencia produciría interferencia al receptor. Se supone que se conoce la ubicación del receptor, así como el resto de sus características. Pero ¿cuáles deberían ser las características del transmisor de referencia que debe mantenerse fuera del espacio «denegado»? Si sólo un tipo de sistema utiliza esa banda de frecuencias, sería razonable considerar las características de los transmisores asociados con dicho sistema. (Cuando en este contexto se consideran «las características del transmisor» se deberían incluir todas las características del sistema transmisor en general, incluida la frecuencia, la anchura de banda, la potencia, el diagrama de radiación de la antena, el ángulo de apuntamiento de la antena (si procede), la modulación, los ciclos de trabajo de funcionamiento y la codificación. Algunas de estas características estarán en la especificación del término anchura de banda « B », algunas en el término espacio « S » y algunas en el término temporal « T ».)

Se puede realizar un análisis para ver si queda parte del espectro sin utilizar en una determinada banda. Se podrían utilizar diferentes modelos de ingeniería, por ejemplo, utilizando una antena del transmisor de referencia menos directiva que no apunte hacia el receptor. Para saber cuánto espectro se podría utilizar sin ningún tipo de restricción se puede considerar el modelo más sencillo posible (antena dirigida hacia el receptor). Por ejemplo, para determinar cuánto espectro se podría compartir con un sistema de comunicaciones personal planificado se utilizarían las características de dicho sistema como receptor y transmisor de referencia.

No existe una respuesta sencilla sobre cuánto espectro se utiliza. Depende de las necesidades de los usuarios existentes y de lo difícil que resulte encontrar una manera para incluir un nuevo sistema.

Cálculo detallado

La ecuación (8-1) separa el cálculo en las dimensiones de frecuencia, espacio geométrico y tiempo. Estas dimensiones sugieren el tipo de factor que debería considerarse. No limita el uso de otros factores ni sugiere que exista una clara división entre los factores.

Frecuencia

Este factor incluye el efecto de los filtros paso banda de RF y de FI, la modulación del transmisor incluida ortogonalidad, la anchura de banda ocupada por el transmisor, las características de rechazo fuera de banda, el tratamiento de la señal y las relaciones S/I permitidas y la codificación. Los armónicos y otras respuestas espurias se incluyen aquí. En resumen, se deberían incluir en esta sección todos los factores que afectan a la parte dependiente de la frecuencia de la respuesta del sistema radioeléctrico.

Espacio geométrico

Este factor comprende todos los elementos asociados con el espacio geométrico, incluidos la ubicación física de los componentes del sistema, los ángulos de apuntamiento y los diagramas de antena asociados con las antenas de transmisión y de recepción. Aunque el espacio geométrico siempre es un volumen, existen casos en los que es interesante limitar ese volumen. Por ejemplo, el espacio geométrico de los sistemas por satélite puede ser el volumen en forma de cono de un haz global o puntual o, en el caso de un sistema tridimensional dentro de un edificio, la altura es la que determina los requisitos espectrales. Otro ejemplo es el tamaño de zonas de servicio para aplicaciones terrenales como sistemas móviles terrestres o sistemas punto a punto. El espacio de interés también puede ser un sector angular alrededor de un punto (como puede ser alrededor de antenas muy directivas). El aislamiento por polarización debería considerarse como parte de las características de la antena.

El factor espacio geométrico estará afectado por los modelos de propagación utilizados para calcular las pérdidas de la señal al desplazarse la onda radioeléctrica a través del espacio geométrico. Modelos más complejos pueden requerir una base de datos del terreno como parte de la modelización de propagación.

Tiempo

La última dimensión es el tiempo que incluye todos los factores relativos al ciclo de trabajo y será importante para radares o sistemas con ciclos de trabajo conocidos similares. También puede resultar más sencillo considerar una antena de radar giratoria como una antena con una respuesta temporal intermitente, aunque la rotación de la antena y su haz estrecho forman parte de los factores geométricos. El factor ciclo de trabajo de una modulación pulsada de radar o, de una señal de acceso múltiple por división en el tiempo (AMDT), se puede considerar un factor temporal o un factor de frecuencia como parte de la relación de protección S/I disponible.

El factor tiempo en un sistema de difusión, que tiene que funcionar permanentemente, sería «uno». La consideración del factor tiempo puede mejorar en gran medida la eficacia de utilización del espectro.

Ocupación espectral

La ocupación espectral de un canal radioeléctrico está muy relacionada con el factor tiempo. Los datos de ocupación espectral proporcionan información sobre el nivel real de utilización de cada canal de radiofrecuencia. Un mensaje está constituido por una serie de transmisiones de estaciones de base y móviles, separadas por intervalos de tiempo.

Puesto que un canal podría no estar disponible para otro usuario durante toda la duración de este tipo de mensaje, el grado de ocupación que caracteriza el nivel de utilización de un canal es la ocupación del mensaje, que se define como el porcentaje de tiempo durante el cual un canal está ocupado por este tipo de mensajes, en un determinado periodo de tiempo.

La ocupación del mensaje, O_p , de un determinado canal es la suma de la ocupación por la transmisión de la estación de base, O_b , de la ocupación por el transmisor móvil, O_m , y de los intervalos de transmisión, O_g . Se utiliza un valor umbral para diferenciar entre intervalos de transmisión y duraciones del mensaje. Los datos de ocupación espectral proporcionan información útil para la utilización del espectro y para la eficacia de un sistema radioeléctrico.

Bases de datos y modelos requeridos

El cálculo de la eficacia espectral y de su utilización requiere una gran cantidad de datos, comenzando por las características técnicas y ubicaciones de todos los transmisores y receptores existentes en las frecuencias y en las zonas geográficas de interés para ese cálculo. Esto implica la necesidad de bases de datos de gestión de

frecuencias detalladas y actualizadas. Además, se necesitará más información y otros modelos, como de las señales requeridas y de la relación señal/interferencia tanto para el sistema de referencia como para los sistemas existentes en la banda. Finalmente, se necesitarán modelos realistas de propagación para calcular las pérdidas en el trayecto para las señales deseada y no deseada. En función de la precisión necesaria en el modelo de propagación, puede ser necesaria una base de datos del terreno. Estos datos serán necesarios independientemente de la zona geográfica elegida para realizar los cálculos.

Cálculo global

El cálculo de la utilización del espectro se puede realizar para un único par transmisor/receptor, para un sistema completo que implique muchos transmisores y receptores o para todos los transmisores y receptores de una banda de frecuencias completa en una zona relativamente amplia (una gran zona metropolitana, por ejemplo). Si se selecciona para el análisis una zona demasiado pequeña, los resultados pueden estar muy influidos por los «efectos de contorno» y es muy probable que no sean estadísticamente representativos de una zona más amplia. Si se selecciona una zona excesivamente grande, la cantidad de tiempo de cálculo y el tamaño de la base de datos requerida pueden llegar a ser demasiado grandes para poder realizar el análisis. Independientemente de la zona seleccionada, es importante hacer hipótesis realistas con respecto a los modelos de referencia seleccionados y prestar atención a las zonas de recepción y de transmisión.

La definición de utilización del espectro, como se indica aquí, es un único número que representa la cantidad de espectro utilizado en toda la zona que se está considerando. Puesto que el número final obtendrá de la suma de datos que representan puntos de una malla, puede ser útil representar mapas de contorno o gráficos de distribución acumulada que muestren resultados intermedios. Ejemplos de este tipo de resultados podrían incluir el porcentaje de frecuencias en uso (denegadas) o no utilizadas (disponible para el sistema de referencia) en cada ubicación de la malla. Estos gráficos de resultados intermedios podrían ser útiles junto con las zonas geográficas y las partes de las bandas de frecuencias que estén más utilizadas, de forma que se pueda dedicar una atención especial a la resolución de los problemas en dichas áreas. Otros tipos de servicios pueden aportar determinados resultados intermedios que podrían mostrar un punto de vista particular sobre la utilización de esa banda de frecuencias.

8.3 Segundo método para el cálculo de la utilización espectral

La utilización espectral se puede evaluar de otra forma que fundamentalmente es una ampliación lógica del planteamiento establecido en la Recomendación UIT-R SM.1599. Se basa en un procedimiento especial para rediseñar las frecuencias de estaciones radioeléctricas en funcionamiento [Kovtunova y otros, 1999] e implica el indicador de utilización espectral dado por la ecuación $Z = \Delta F / \Delta F_0$, donde ΔF es la banda de frecuencias mínima necesaria que permite el funcionamiento de las instalaciones en cuestión y ΔF_0 es la banda de frecuencias que se está analizando, en la que están ubicadas las frecuencias reales de trabajo de las estaciones radioeléctricas en explotación. Los cálculos se basan en la determinación de ΔF mediante la resolución del problema «del vendedor viajante» mediante el método «del vecino más próximo». La utilización de un algoritmo óptimo (o casi óptimo) de reasignación de frecuencias dará el límite inferior para la utilización del espectro. Para obtener valores reales, se determina ΔF mediante un procedimiento diferente que selecciona el algoritmo de reasignación para los datos de asignación de frecuencias incluidos en el Registro Nacional de Frecuencias [Zolotov y otros, 2001]. La ventaja de este método estriba en que permite la comparación de diferentes bandas de frecuencias, incluso aunque las estén utilizando estaciones radioeléctricas de diferentes servicios y que no precisa ningún recurso normalizado específico.

8.4 Evaluación de la utilización económica del espectro

La economía es uno de los componentes importantes de una utilización eficaz del espectro. Aparte de las características técnicas de las estaciones radioeléctricas, la economía en la utilización del espectro viene determinada principalmente por el método que la autoridad de planificación (o de coordinación) utiliza para asignar frecuencias a sistemas en explotación y hasta qué punto se corresponde con el método óptimo (o casi óptimo). Es por lo tanto posible determinar la economía en la utilización del espectro (o la eficacia de las asignaciones de frecuencias implantadas) a partir de la relación $\eta = Z_{opt} / Z_{real}$, donde Z_{opt} es el factor de utilización del espectro para sistemas en explotación que se conseguiría si sus frecuencias fueran asignadas de conformidad con el algoritmo óptimo (o casi óptimo), y Z_{real} es el factor de utilización del espectro para

aquellos sistemas basados en las asignaciones de frecuencias reales. Se pueden calcular los valores de Z_{opt} y de Z_{real} utilizando el primer método (§ 8.2 y la Recomendación UIT-R SM.1599) o el segundo método (§ 8.3).

8.5 Aplicaciones

Existen varias maneras en las que las administraciones pueden utilizar las mediciones de utilización del espectro [Haines, 1989]. Éstas incluyen:

- mapas de utilización del espectro que muestran zonas de congestión espectral en las que son necesarias normas restrictivas y una coordinación intensa para asegurar la utilización eficaz del espectro;
- comparaciones cuantitativas del grado de utilización de diferentes bandas en cada zona geográfica que ayudan a la planificación del espectro para asignaciones a servicios específicos; y
- cálculos periódicos de utilización del espectro en cada banda para mostrar las tendencias que se pueden utilizar para la planificación estratégica.

8.6 Utilización del espectro de sistemas por satélite

En § 2.3 del Manual sobre Comunicaciones por satélite del UIT-R (Servicio fijo por satélite), (Ginebra, 2002), se pueden encontrar los argumentos para la utilización del recurso órbita-espectro.

8.7 Cálculo de la eficacia de utilización del espectro

La eficacia de utilización del espectro se define como la relación entre la información transferida y el grado de utilización del espectro.

$$EUE = M/U = M/(B \times S \times T) \quad (8-2)$$

siendo:

M : cantidad de información transferida

U : factor de utilización del espectro (véase la ecuación (8-1)).

La eficacia de utilización del espectro es una medida técnica de con qué eficacia se está utilizando el espectro. La fórmula de la eficacia de utilización del espectro es una fórmula conceptual general a la que se tienen que añadir muchos detalles antes de que se pueda aplicar a un determinado problema.

La cantidad de información transferida, M , se puede cuantificar para algunos sistemas como una velocidad en baudios o en unidades de megabytes/s. Puede que no sea fácil puesto que resulta difícil caracterizar la tasa de información en un canal analógico, en un radar o, por ejemplo, en un sistema estático que podría ser utilizado como sistema de alarma de prevención de inundaciones. ¿Transmite la misma cantidad de información la ausencia de un avión en una pantalla de radar que su presencia? ¿Cuánta información transmite una alarma de aviso de inundaciones si no hay inundación? Estas preguntas sugieren ciertas dificultades al asignar valores numéricos a la cantidad de información transferida.

Según los principios de la teoría de la información [Gallager, 1968], la capacidad de comunicación (C_0) (o la cantidad de información transferida) de un canal de comunicación en el que un abonado o un oyente recibe una comunicación deseada viene determinado por la relación:

$$C_0 = F_0 \ln(1 + p_0) \quad (8-3a)$$

donde:

F_0 : ancho de banda de la comunicación deseada

p_0 : relación señal/ruido a la salida del receptor.

Si la relación señal/ruido a la entrada del receptor es igual a la relación de protección, p_s , y la anchura de banda del canal de comunicación sobre el que se transmite la señal es igual a F_m , entonces la capacidad de comunicación (C_p) según la Recomendación UIT-R SM.1046 es:

$$C_p = F_m \ln(1 + p_s) \quad (8-3b)$$

Como alternativa puede ser más sencillo poner la relación en términos del número de unidades de tráfico tales como Erlangs, canales analógicos o canales de radar, por unidad de espectro utilizada.

La medida de la eficacia de utilización del espectro es diferente para cada tipo de sistema o de servicio. Por ejemplo, el espacio espectral, S , en la ecuación (8-1) tiene implicaciones diferentes para un sistema punto a punto, un sistema por satélite o un sistema móvil terrestre. La comparación de las eficacias de utilización del espectro para diferentes sistemas no tiene sentido puesto que el marco de referencia es diferente. No obstante, se puede adaptar la ecuación (8-1) a cada tipo específico de sistema y se puede utilizar para comparar sistemas del mismo tipo.

8.7.1 Ejemplo de cálculo de la EUE

8.7.1.1 Sistemas radioeléctricos celulares y picocelulares

Los sistemas radioeléctricos celulares con las células más pequeñas pueden soportar más tráfico en general. El concepto de sistemas microcelulares con tamaños de células del orden de 1 km o inferior en diámetro se introdujeron en los primeros años 1980. Estos sistemas tienen una gran capacidad global de transmitir tráfico y se utilizan para soportar comunicaciones personales urbanas.

También existen requisitos para las comunicaciones personales en interiores. Debido a menores zonas de cobertura y a un requisito menor de potencia, los sistemas en interiores podrían tener incluso tamaños más pequeños que los sistemas microcelulares. Estos sistemas pueden tener tamaños de células del orden de decenas de metros de diámetro y podrían proporcionar una capacidad de sistema global mucho mayor que los sistemas radioeléctricos celulares.

Basándose en la ecuación (8-1), la eficacia de utilización del espectro de un sistema radioeléctrico celular o picocelular se puede expresar en términos de anchura de banda en Erlang y de área [Hatfield, 1977]:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Cantidad de información transferida (E)}}{\text{Anchura de banda (Hz)} \times \text{área (m}^2\text{)}} \quad (8-4)$$

donde la cantidad de información transferida representa el tráfico total cursado por el sistema, la anchura de banda es la cantidad total de espectro utilizada por el sistema y el área es el área de servicio total del sistema.

La unidad de cantidad de tráfico M es «Erl» para los sistemas con conmutación de circuitos (CS), como se ve en la fórmula anterior. Sin embargo, los sistemas de comunicación inalámbricos están transformándose en sistemas con conmutación de paquetes (PS) puros. Los sistemas 2G se basan principalmente en la CS, mientras que para los servicios de datos los sistemas 3G han adoptado masivamente la PS. Los nuevos sistemas 4G serán únicamente sistemas PS y probablemente los futuros sistemas 5G conservarán esta característica de los sistemas 4G. La unidad «Erl» vale para los sistemas CS, pero causarían grandes errores a la hora de medir la cantidad de tráfico en el dominio PS. «Erl» se basa en el supuesto de que todos los datos se transmiten a velocidad constante por cada canal, de manera que la cantidad total de tráfico puede calcularse contando el número de canales utilizados. Sin embargo, en la transmisión PS los datos están organizados para su transmisión a velocidad variable, como también varía el recurso inalámbrico utilizado para cada tipo de servicio de datos, por lo que «Erl» no vale para registrar la cantidad de tráfico hoy en día.

El «bit» (siempre en minúsculas) es la unidad básica de las redes informáticas y también se utiliza ampliamente en los sistemas de comunicación inalámbricos para registrar la cantidad de datos. Así, en la fórmula anterior es más conveniente utilizar «bit» que «Erl», por lo que debería quedar de la siguiente manera:

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Cantidad de información transferida (bit/s)}}{\text{Anchura de banda (Hz)} \times \text{área (m}^2\text{)}} \quad (8-5)$$

Estas consideraciones para los sistemas celulares pueden transponerse teniendo en cuenta la demanda de frecuencia, la reutilización de frecuencias y el desvanecimiento, además de otras importantes condiciones. A continuación se ilustran la metodología y los parámetros que se han de tener en cuenta para determinar la demanda de espectro.

Se supone que una red celular plana necesita una cobertura sin falla, como se ve en las ecuaciones (8-6) y (8-7):

$$\text{Tamaño de la agrupación de haces} = \text{Factor de reutilización de frecuencias} \quad (8-6)$$

Por lo que para una red plana:

$$\text{N}^\circ \text{ necesario de canales por EB} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de canales de la red radioeléctrica}}{\text{Tamaño de la agrupación de haces}} \quad (8-7)$$

Suponiendo que el factor de reutilización de frecuencias es X, el tamaño de la agrupación de haces es Y.

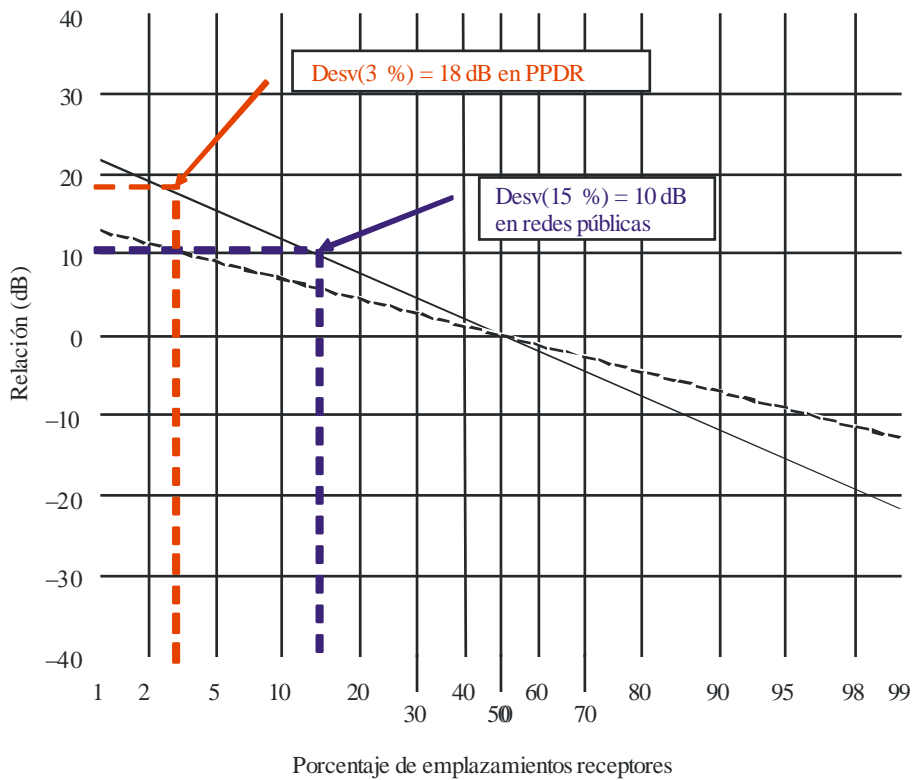
Se necesitan márgenes cuando la utilización es de alta densidad, muy móvil (más traspasos) y para la coordinación transfronteriza.

El factor de reutilización de frecuencias depende principalmente del porcentaje de emplazamientos receptores, lo que en sí necesita que se especifique la probabilidad de cobertura. Esto implica que en cada intervalo de emplazamiento con un diámetro específico, se ha de verificar el nivel de cobertura medida con una probabilidad mínima de un determinado porcentaje. Por ejemplo, para la planificación de una red de radiocomunicaciones celular se puede utilizar un valor del 97%.

Para la evaluación de los valores se utilizó la antigua Recomendación UIT-R P.370-7, como se muestra en la Figura 8.1 (dado que la Recomendación UIT-R P370-7 fue suprimida, para las nuevas evaluaciones se puede utilizar también la Recomendación UIT-R P.1546).

FIGURA 8.1

Relación (dB) entre la intensidad de campo en un determinado porcentaje de emplazamientos receptores y la intensidad de campo en el 50% de emplazamientos receptores



Frecuencia: 450 MHz – 1 000 MHz (Bandas IV y V)

- Sistemas de banda estrecha
- Sistemas de banda ancha (Ancho de banda > 1,5 MHz)

Nat.Spec.Man-8.01

Una probabilidad del 97% equivale a un desvanecimiento del 3%, por lo que se necesita un margen adicional medio de 18 dB. En la Figura 8.1 anterior se incluyen dos ejemplos, uno para redes móviles celulares públicas típicas y otro para redes celulares robustas como las de protección pública y operaciones de socorro (PPDR). Habida cuenta de este margen, se suponen las siguientes ecuaciones:

Relación de desvanecimiento, factor de reutilización de frecuencias y pérdida de datos:

$$F = c - \gamma \cdot \log(d) \tag{8-8}$$

Cálculo de la intensidad de señal recibida en función de la distancia y de la atenuación por década del diagrama de la UIT:

$$F_{car} - F_{Int} = c/i_{PPDR-System} + \sum Desv_{(x\%)} = \gamma \cdot \log\left(\frac{d_{Int}}{d_{car}}\right) = \gamma \cdot \log(\text{Factor de reut. de frec.}) \tag{8-9}$$

Y el factor de reutilización de frecuencias se obtiene con:

$$\text{Factor de reut. de frec.} = 10^{\frac{c/I_{\text{Sist. PPDR}} + \sum \text{Desv}_{(x\%)}}{\gamma}} \quad (8-10)$$

$$\sum \text{Desv}_{(x\%)} = \text{Desv}_{(x\%)_{\text{car}}} \text{ und } \text{Desv}_{(x\%)_{\text{Int}}} = \text{Desv}_{(x\%)_{\text{usuario/interferente}}} \cdot \sqrt{2} \quad (8-11)$$

Leyenda de las ecuaciones:

F: intensidad de campo

F_{car} : intensidad de campo de la portadora deseada

F_{Int} : intensidad de campo de la señal interferente

c: constante, incluye datos de la EB, como la potencia de transmisión y las características de la antena

γ : coeficiente de propagación (véase las curvas de la UIT para ondas decimétricas, aproximadamente 50 dB/década de distancia; hasta valores de 35 dB/década de distancia; los cálculos siguientes utilizan 50 dB/década)

d: distancia

$\text{Desv}_{(x\%)}$: desvanecimiento (en dB); hay una relación con la probabilidad de emplazamiento y, por tanto, las pérdidas de datos, expresadas en porcentaje

$\sum \text{Desv}$: desvanecimiento; eventos de desvanecimiento simple de las señales deseada y no deseada

c/I sistema celular criterios de protección de banda estrecha/banda amplia/banda ancha = 9 dB (ejemplo).

Para las aplicaciones celulares robustas, una probabilidad de cobertura del 98% equivale a un 5% de desvanecimiento.

Con las fórmulas anteriores puede calcularse el factor de reutilización de frecuencias:

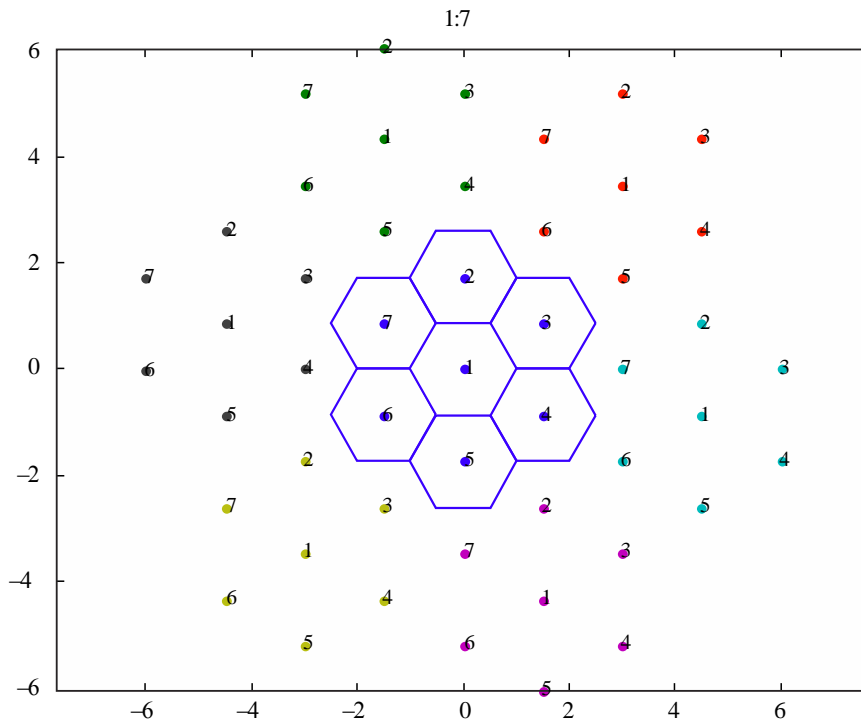
Ejemplo Caso 1: C/I = 9 dB; desvanecimiento 2%, lo que equivale a 19 dB, $\gamma = 50$ dB, el factor de reutilización de frecuencias calculado es 5,24.

Para calcular la probabilidad de interferencia cocanal, como función de la reutilización de frecuencias, pueden utilizarse SEAMCAT (herramienta de análisis Monte Carlo, véase el Informe UIT-R SM.2028-1 – Metodología de simulación Monte Carlo para su aplicación en estudios de compartición y compatibilidad entre distintos servicios o sistemas de radiocomunicaciones, y la Recomendación UIT-R M.1634 – Protección contra la interferencia causada a los sistemas del servicio móvil terrestre que utilizan la simulación de Montecarlo con aplicación a la compartición de frecuencias, y/o los cálculos MCL.

En la Figura 8.2 se muestra un diagrama de reutilización básico con siete pares de frecuencias. Cada una de las células centrales (hexágonos) utiliza una frecuencia distinta. La misma frecuencia se utiliza posteriormente en las «agrupaciones» vecinas, de modo que todas las células marcadas con el mismo número utilizan la misma frecuencia.

FIGURA 8.2

Agrupación



Nat.Spec.Man-8.02

Esta agrupación es típica de los sistemas GSM. Los sistemas de banda ancha, como CDMA, UMTS y LTE suelen emplear una reutilización de frecuencias de 1.

Se puede calcular la reutilización con un método «MCL» alternativo basado en la siguiente fórmula para la reutilización de cualquier tecnología:

$$N_R = 1/3 [M K A (C/I)_T]^{2/\alpha} \tag{8-12}$$

donde:

M : margen de desvanecimiento lento

K : factor «geometría»

A : carga del sistema o actividad

α : exponente de Hata

$(C/I)_T$: relación de interferencia cocanal dinámica necesaria.

El método MCL es rápido, pero muy dependiente de los parámetros introducidos. En particular el margen M puede ser difícil de determinar.

Las consideraciones de eficiencia espectral basadas en este método se fundamentan en la comparación de los resultados de NR en relación con la velocidad binaria por Hz y el número de frecuencias utilizadas.

El método puede utilizarse como una evaluación rápida, pero deberá validarse la elección de los parámetros con respecto a la experiencia «real».

8.7.1.2 Sistemas de radiodifusión y de comunicaciones móviles terrestres

Un indicador útil para la EUE de estos sistemas es la variable vectorial.

$$\vec{E} = f(UEF, Z)$$

donde:

UEF : factor que da la medida de la «utilidad» obtenida mediante la utilización del espectro por los sistemas en cuestión

Z : indica la utilización del espectro necesaria para obtener esa utilidad.

La composición de estos dos factores para los sistemas en cuestión se describe en [Pastukh y otros, 2002].

Sistemas de radiodifusión sonora y de televisión

El factor «utilidad» se puede tomar como el número medio de canales de radio o de televisión que pueden ser recibidos por un usuario individual, k_{medio} . Para un área geográfica compuesta por I componentes elementales de superficie, se puede expresar como sigue:

$$UEF = k_{medio} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I n_i k_i$$

siendo:

n_i : número de usuarios individuales en el elemento i -ésimo

k_i : número de canales de radio o de televisión que se pueden recibir en el elemento i -ésimo

N : número total de usuarios individuales en la zona geográfica en cuestión.

Sistemas de comunicaciones móviles terrestres

La utilidad de un sistema de comunicación móvil radica en la posibilidad de ofrecer a los usuarios una comunicación por radio con otros usuarios ubicados en cualquier lugar de la zona geográfica. La utilidad se puede calcular utilizando la fórmula:

$$UEF = \left(\frac{N_{sub}}{N} \right) \left(\frac{S_{serv}}{S} \right)$$

siendo:

N y S : número de usuarios individuales que se encuentran en la zona geográfica en cuestión y tamaño de esa zona geográfica, respectivamente

N_{sub} : número de usuarios (abonados) de sistemas de comunicaciones móviles

S_{serv} : área de servicio cubierta por esos sistemas.

En [Pastukh y otros, 2002] se presenta información adicional sobre la aplicación de este planteamiento a sistemas de radiodifusión y a sistemas móviles terrestres.

8.7.2 Índice de calidad espectral (SQI) (utilización del espectro en relación con la demanda)

La eficacia de utilización del espectro también se puede calcular basándose en la ocupación real de los canales o en el tráfico real cursado por el sistema, que da una medida directa de la cantidad de información transferida. El concepto de SQI proporciona la medida de la eficacia de utilización del espectro de un sistema o servicio radioeléctrico para una determinada banda de frecuencias en una cierta zona tomando en consideración el espectro ocupado, el valor del espectro y el espectro denegado.

8.7.2.1 Medida de la calidad del espectro

Factor valor del espectro, Γ

Para un determinado servicio, la demanda de espectro radioeléctrico no está uniformemente distribuida en una zona geográfica. Por ejemplo, en el servicio móvil terrestre, la demanda se concentra en zonas urbanas y el máximo de la demanda se encuentra en los núcleos centrales de las zonas metropolitanas. Por lo tanto, el espectro tiene mayor valor en zonas de alta demanda que en las de baja demanda. El espectro no tiene valor en una zona en la que es necesario. El espectro denegado es más crítico en las áreas en las que el espectro tiene alta demanda que en las áreas desiertas.

Puede no ser posible conocer la demanda real de algunos tipos de espectro en zonas urbanas. Puede que no se soliciten licencias para servicios prestados por el espectro en cuestión debido a que el usuario potencial sabe que la banda está saturada, o debido a restricciones legales. No obstante, se puede tomar como primera aproximación para la demanda relativa en esa zona la cantidad de unidades espectrales ocupadas.

Para comprender el factor valor del espectro, Γ , hay que considerar la cobertura de una región geográfica con un volumen V . Dividamos V en cubos de igual tamaño. La demanda en cada cubo es diferente y se representa mediante el número de unidades espectrales ocupadas en cada cubo (producto de la anchura de banda, el espacio y el tiempo). Cuanto mayor es la demanda en un cubo, mayor es el factor valor del espectro. Este valor se puede representar matemáticamente mediante Γ y tiene un valor numérico que varía entre 0,0 y 1,0, indicando el número más alto el valor del espectro mayor. Matemáticamente, el factor valor del espectro en el cubo $\Gamma(n)$ es directamente proporcional al número de unidades espectrales $\beta_t(n)$ solicitadas en el cubo. Por consiguiente:

$$\Gamma(n) = \beta_t(n) / \beta_{total}$$

siendo:

β_{total} : demanda total en el volumen V .

Índice de calidad espectral (SQI)

El índice de calidad espectral se aplica como una medida relativa para comparar la eficacia de utilización del espectro de un mismo servicio. Viene dado por la relación:

$$SQI = \frac{\text{Espectro ocupado ponderado total}}{\text{Espectro ponderado total (ocupado + denegado)}} \quad \text{o}$$

$$SQI = \frac{\sum \Gamma(n) \beta_t(n)}{\sum \Gamma(n) \{ \beta_t(n) + D_t(n) \}} \quad (8-13)$$

donde:

$D_t(n)$: número de unidades espectrales denegadas en el cubo n además de las utilizadas para comunicaciones,

$D_t(n)$ se denomina «espectro denegado».

Por consiguiente, la inclusión del factor valor del espectro, Γ , en el cálculo del SQI refleja eficazmente la distribución relativa de la demanda de espectro en la zona de interés. Este modelo puede por lo tanto proporcionar una indicación de cuán eficazmente se está gestionando el espectro para cumplir con la demanda y es útil en la evaluación de la utilización del espectro.

Aplicación del SQI

El SQI se puede utilizar para medidas absolutas y relativas en una determinada zona y para un determinado servicio. Se pueden utilizar medidas absolutas cuando se conocen todos los parámetros del sistema.

En la medida relativa, se pueden comparar para un determinado servicio diferentes esquemas y técnicas, tales como espectro ensanchado frente a AMDF/MF o modulación digital frente a modulación analógica. No es posible utilizar el SQI para comparar una técnica utilizada en diferentes servicios puesto que los modelos para los dos servicios pueden ser diferentes.

Existen algunos factores que pueden afectar a la calidad del espectro tales como:

- características de propagación;
- distribuciones de la demanda;
- tecnología disponible; y
- requisitos de calidad (categoría del servicio).

8.8 Eficacia espectral en bandas compartidas (por ejemplo, dispositivos de corto alcance)

Las siguientes consideraciones son especialmente importantes en el contexto de los dispositivos de corto alcance que comparten frecuencias con aplicaciones de servicios de radiocomunicaciones con atribuciones, dado que las aplicaciones de dispositivos de corto alcance siempre funcionan sin protección. En primer lugar es importante establecer la diferencia entre ocupación del espectro y eficacia espectral. El valor de utilizar una parte determinada del espectro procede de la utilidad que tiene para los usuarios, que no es necesariamente lo mismo que el tráfico de datos. Se ha de distinguir también entre los conceptos de eficacia espectral absoluta de sistema único (SAE), que se basa en los datos brutos transmitidos, y la eficacia espectral de grupo (GSE), que se acerca más a la utilidad o servicio prestados, en sentido amplio. La eficacia espectral puede definirse en términos de la GSE en un entorno donde hay dispositivos similares y distintos.

De acuerdo con la Recomendación UIT-R SM.1046-2, la utilización del espectro se define como el producto del ancho de banda, el espacio geométrico (geográfico) y el tiempo denegado a otros usuarios posibles:

$$U = B \cdot S \cdot T$$

donde:

B: ancho de banda de frecuencia

S: espacio geométrico (área, generalmente)

T: tiempo.

Cabe señalar que *T* no equivale al tiempo de transmisión del dispositivo, sino a las restricciones de tiempo que el dispositivo impone a todos los demás usuarios. Los mismos argumentos valen para el ancho de banda de frecuencia y los factores de espacio geométrico. Dado que todas las técnicas de reducción de la interferencia limitan uno o más de los tres parámetros, *B*, *S* o *T* para que los demás usuarios puedan utilizar el espectro, puede considerarse, por consiguiente, que una técnica de reducción de la interferencia es una técnica que limita la utilización del espectro.

Las técnicas de reducción de la interferencia pueden ser primitivas y consistir simplemente en limitar la utilización del espectro en una cierta medida y de una cierta manera, pero también pueden ser más avanzadas e incluir algún tipo de detección que induzca a algún tipo de «comportamiento social» dinámico, lo que se suele denominar un protocolo de cortesía.

Cuando para un grupo de dispositivos se prescribe un sistema más complejo de detección y comportamiento social, podemos decir que la técnica de reducción de la interferencia es un «mecanismo de acceso al espectro» que no se ha de confundir con el «método de acceso al espectro», que simplemente describe el comportamiento de un único dispositivo. El comportamiento social puede incluir cambios dinámicos en la frecuencia nominal, la potencia o la temporización, o en la cantidad de espacio de frecuencias, espacio geométrico o espacio temporal utilizados.

Por ejemplo, LBT (escuchar antes de transmitir) reposiciona la transmisión en el tiempo, en lugar de detenerla, mientras que AFA (agilidad en frecuencia) reposiciona la transmisión en frecuencia, en lugar de detenerla.

La proyección de lo anterior en la definición de la eficacia de utilización espectral (SUE) se expresa mediante el siguiente criterio complejo:

$$SUE = \{M, U\} = \{M, B \cdot S \cdot T\}$$

donde:

M: efecto útil obtenido con la ayuda del sistema de comunicaciones en cuestión (la definición de este efecto útil depende del usuario, el regulador o el fabricante)

U: factor de utilización del espectro para ese sistema.

Puede concluirse, también de la experiencia, que algunas técnicas de acceso al espectro o de reducción de la interferencia son fundamentalmente «ineficaces» porque limitan la utilización del espectro cuando hay todavía espectro no utilizado disponible y que otras no lo son, pues permiten la utilización de todo el espectro no utilizado disponible. Cabe señalar que puede haber razones legítimas para que esto sea así, pero ello no afecta al cálculo mismo. Tampoco se trata de decir que hay métodos mejores que otros.

Habida cuenta de estas fórmulas básicas podría tenerse la impresión de que, para un sistema concreto, todos los parámetros que se utilizan en la fórmula son intercambiables. No siempre es el caso, la relación entre B , S y T no siempre es lineal y, aunque los parámetros son intercambiables, hay otros límites fijados, por ejemplo, por los parámetros del receptor físico.

No obstante, un método así crea un entorno más flexible para la implantación de SRD que el actual, que consiste en dar a cada aplicación su propio espacio de frecuencias reservado.

En la Recomendación UIT-R SM.1046-2 se indica que los cálculos de U y SUE sólo deben utilizarse para comparar sistemas semejantes, lo que dificulta la aplicación de este concepto directamente a las bandas SRD, donde hay un abanico de aplicaciones diferentes compartiendo el mismo espectro. Adoptar la neutralidad de aplicación en la reglamentación del espectro (por ejemplo, para fomentar la innovación) dificultará aún más la aplicación de los procedimientos de la Recomendación UIT-R SM.1046-2. La CEPT ha estudiado estos problemas en su Informe ECC 181 de 2012.

8.8.1 Observaciones y definiciones basadas en el método general de la Recomendación UIT-R SM.1046-2

La eficacia espectral puede describirse de distintas maneras, pero existe un consenso general en que, para que un sistema sea eficaz, se ha de transmitir cierta cantidad de información útil. La naturaleza de esta información puede ser muy diversa. Un transmisor de frecuencias patrón y señales horarias sólo envía su identificación a intervalos regulares y un transmisor de radiodifusión de sonido envía información durante el 100% del tiempo, pero ambos pueden considerarse espectralmente eficaces. Para los SRD que suelen funcionar en grupo la situación es algo más compleja. Las siguientes definiciones de eficacia espectral se basan en diversas hipótesis comunes identificables.

Eficacia absoluta de sistema único (SAE)

Se trata de la eficacia de un único sistema en el espacio libre en circunstancias ideales:

$$SAE = SUE$$

Es difícil de medir porque su eficacia depende de la percepción/definición de una persona, usuario o fabricante. Los requisitos de la aplicación dictan la utilización del espectro en relación con la cantidad de información útil que se ha de transmitir. Por ejemplo, las aplicaciones esenciales de seguridad necesitan redundancia o una baja latencia, lo que significa que la aplicación debe utilizar el espectro más de lo necesario o que debe imponer restricciones a otros usuarios. Ambas hipótesis pueden considerarse de eficacia espectral para esa aplicación particular y desde el punto de vista del usuario/aplicación particular, pero no necesariamente para otros dispositivos/aplicaciones.

Eficacia relativa de sistema único (SRE)

Esta forma de eficacia es fácil de reconocer y de medir:

$$SRE = SUE_I/SUE_{ref}$$

Cuando, por ejemplo, dos transmisores transmite exactamente la misma información a la misma cantidad de receptores con la misma calidad de servicio utilizando esquemas de modulación, anchos de banda o niveles de potencia distintos, la eficacia relativa puede calcularse utilizando la fórmula de utilización del espectro.

Este tipo de cálculo y medición de la eficacia es fácil, pero no muy útil, pues asume un entorno limpio y libre de interferencias ideal, que no se da cuando se comparte el espectro (bandas SRD).

Eficacia relativa de sistema único en un grupo (SGRE)

Este tipo de eficacia es el resultado lógico de los dos anteriores y puede medirse teniendo en cuenta la variación de determinados parámetros ambientales:

$$SGRE = SUE_I(\text{condición } x)/SUE_{ref}(\text{condición } x) \text{ con diversas condiciones ambientales}$$

Algunos esquemas de modulación son robustos y siguen funcionando, mientras que otros fallan cuando hay mucha interferencia o las condiciones de propagación son malas. Un sistema con una eficacia espectral relativa puede soportar la interferencia manteniendo los mismos parámetros operativos, mientras que un sistema con

una ineficacia espectral relativa falla en esas condiciones de interferencia. Dentro de esta categoría de eficacia entra todo el debate analógico contra digital.

8.8.2 Método modificado de la Recomendación UIT-R SM.1046-2

Eficacia espectral de grupo o de múltiples sistemas en un grupo (GSE)

Este tipo de eficacia se calcula como un híbrido de los métodos anteriores. Debe determinarse la contribución de un único dispositivo a todo el grupo de dispositivos de distinta naturaleza, así como la manera en que reaccionan los demás dispositivos y cómo se utiliza el espectro total cuando se añade un nuevo dispositivo al grupo. No se puede medir o calcular con certeza la eficacia absoluta de un único dispositivo, pero es posible analizar la utilización eficaz de todo el entorno en que opera el dispositivo para llegar a alguna conclusión sobre la eficacia del dispositivo. Lo interesante es que se tienen en cuenta tanto la susceptibilidad de un dispositivo a la interferencia del grupo y la contribución de interferencia al grupo.

La calidad de la información o la calidad de servicio de cada SRD individual son irrelevantes desde un punto de vista reglamentario. Lo que sí importa es la calidad de servicio del SRD típico, teniendo en cuenta todos los SRD en un entorno particular.

$$\text{GSE} = \text{SUE}_{\text{total}} / \text{SUE}_{\text{total tras la adición de un nuevo dispositivo}}$$

La GSE parece ser una manera interesante de definir y medir la eficacia espectral porque la política de los SRD es que no puede garantizarse el funcionamiento de un dispositivo individual, pero sí del dispositivo medio o típico en un grupo¹. Esto lleva a determinar la eficacia media de ese grupo. Se puede calcular la SRE de cada dispositivo, pero tras la adición de un nuevo dispositivo al grupo, también se puede recalcularse la GSE para cada dispositivo existente. El entorno de SRD se vuelve dinámico, por lo que las tecnologías espectralmente eficaces deberán reevaluarse e incluso puede que dejen de ser eficaces, habida cuenta del progreso tecnológico. La agrupación de ciertas tecnologías o esquemas de implantación también puede conducir a mejorar globalmente la GSE.

No obstante, el método GSE necesitará ser alimentado con medidas del nuevo sistema.

En principio, en términos de utilización media, se puede utilizar una división equitativa del espacio de frecuencia. Además, se puede utilizar una división equitativa del caudal de datos posible/disponible en el grupo como medida de la eficacia espectral de ese grupo. En la práctica esto será posible escogiendo los parámetros técnicos de una serie de combinaciones posibles de potencia, ancho de banda distribución geográfica, técnicas de reducción de la interferencia y métodos de acceso al espectro.

Si se quiere lograr la máxima eficacia espectral, se habrá de definir cada parámetro basándose en los requisitos de aplicación mínimos de todos los dispositivos del grupo (agrupación de aplicaciones) definiendo los límites de cada parámetro y, así, sacrificar en cierta medida la neutralidad tecnológica.

Para resumir, el respeto de ese requisito de aplicación mínimo es mucho más importante que el respeto de una cierta probabilidad de interferencia. No es posible lograr una interferencia cero, por lo que la eficacia espectral ideal siempre irá acompañada de una interferencia máxima de referencia.

A continuación se describe el retardo como uno de esos requisitos. Cada uno de los parámetros pertinentes deberá analizarse de la misma manera.

Distribución de probabilidad de retardo

El retardo es el tiempo que se espera en un canal compartido hasta que se puede enviar el mensaje. Aunque este retardo normalmente no puede expresarse sólo como un número, sí puede analizarse en términos de probabilidad. En los gráficos A y B de la Figura 8.3 se muestra la situación en un canal despejado, donde no se prevé que haya retardo. El gráfico A es la función de distribución de probabilidad (pdf) que muestra la probabilidad de que un mensaje se entregue en un momento determinado. En el gráfico B se presenta la misma información como una probabilidad acumulada. Se ve así la probabilidad de que un mensaje se entregue en un

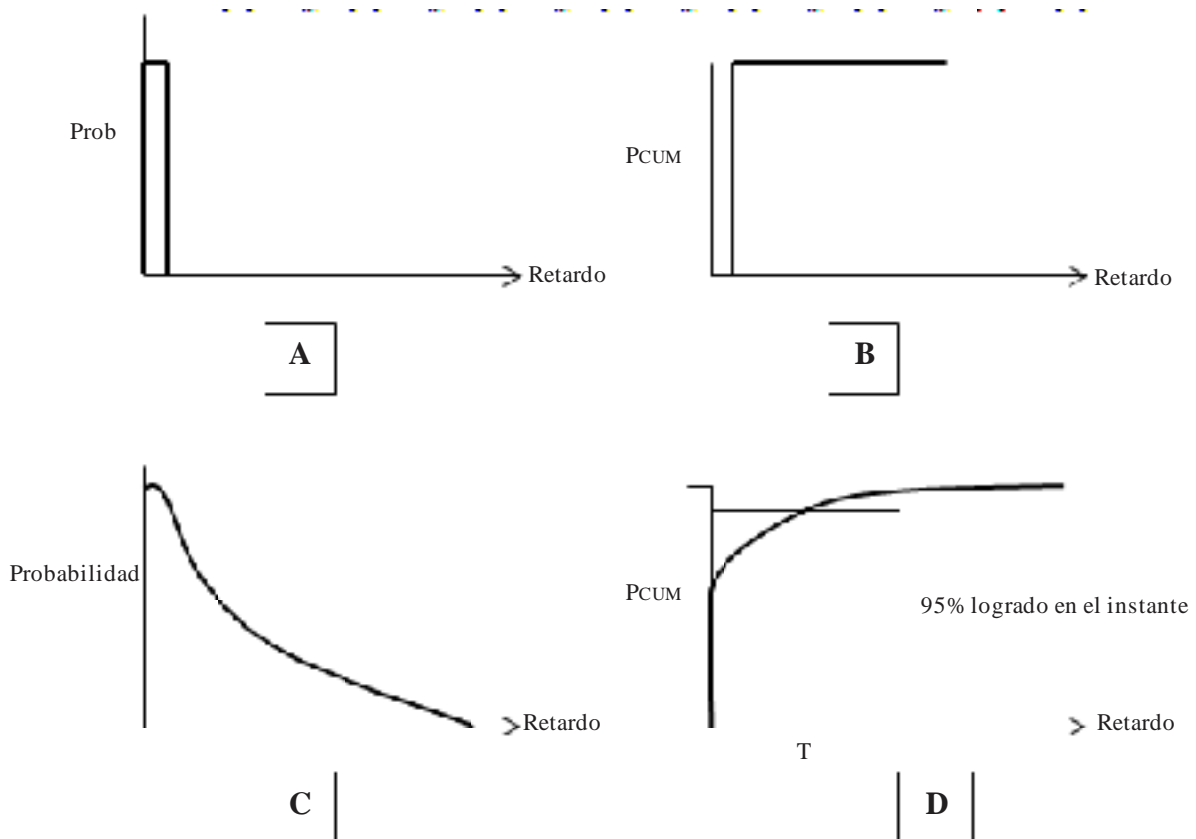
¹ La CEPT/ECC y el ETSI también suelen estudiar la repercusión de un nuevo usuario de espectro en los usuarios existentes. La definición de GSE formaliza esta práctica habitual.

momento determinado o antes de ese momento. La probabilidad acumulada se halla integrando la función de distribución de probabilidad. El límite izquierdo del gráfico A es, en realidad, una función delta, que se muestra ampliada por mor de claridad.

En los gráficos C y D se muestran los efectos previstos en presencia de otros usuarios. Es de particular utilidad el diagrama D, «probabilidad acumulada de retardo».

FIGURA 83

Probabilidades de retardo sin compartición de canal (A y B) y con compartición de canal (C y D)



Nat.Spec.Man-8.03

Cuando se trata de medir la latencia y la fiabilidad, las expectativas del usuario suelen expresarse como «el X% de los mensajes de han de entregar entes del instante d», como se ve fácilmente en el diagrama, donde X es, por ejemplo, 90%, 95% o 99%, en función de los requisitos de la aplicación.

Cálculo de la probabilidad de retardo

En algunos casos, la elaboración de un diagrama como el de la probabilidad acumulada de retardo puede necesitar un análisis complejo. Se puede modelizar en un sistema de telecomunicaciones de gestión centralizada, como TDMA (GSM) o línea Ethernet, etc. Cabe señalar que existe un corpus considerable en el ámbito de las telecomunicaciones y las redes que pueden aprovecharse, aunque se ha de tener cuidado al aplicarlo a los sistemas inalámbricos. Sin embargo, es improbable que esta probabilidad pueda modelizarse como un objetivo general de implantación de sistemas no homogéneos dispersos, como los SRD en bandas compartidas.

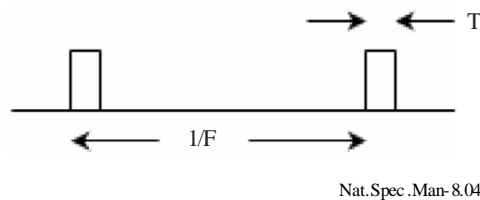
En algunos casos, no obstante, resulta relativamente simple generar un diagrama de probabilidad acumulada de retardo.

Pongamos por caso el de un usuario que quiere enviar un mensaje breve cuando ya hay otro usuario. El usuario existente envía transmisiones de duración T , como se muestra en la Figura 8.4, en momentos aleatorios con una frecuencia media F . Dicho de otro modo, el ciclo de trabajo es:

$$\tau = TF$$

FIGURA 8.4

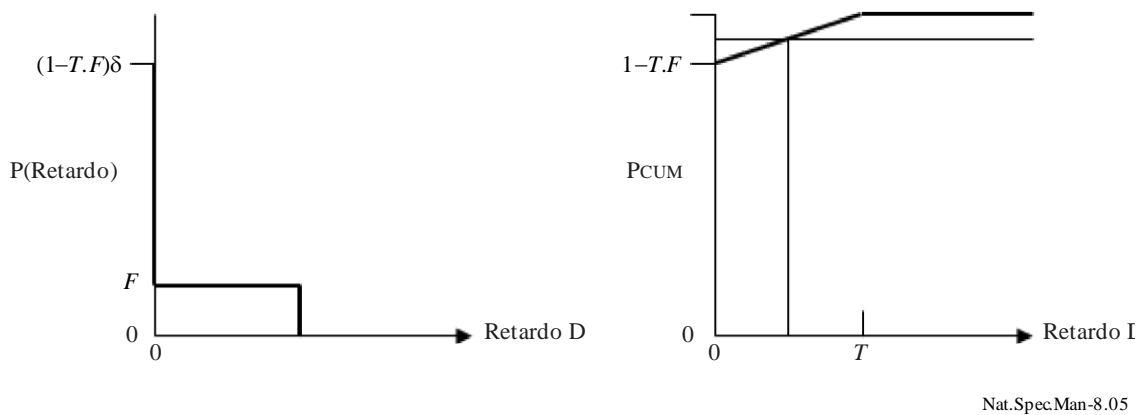
Transmisión aleatoria de señales competidoras



El parámetro importante es el tiempo de espera, o retardo, hasta que el canal quede libre. Tanto la pdf como la probabilidad acumulada pueden hallarse investigando, como se ve en la Figura 8.5.

FIGURA 8.5

Probabilidad de retardo en caso de señales/usuarios competidores



Supongamos, por ejemplo, que las transmisiones son de 1s cada 10 s, de manera que:

$$T = 1 \text{ s}, F = 0,1 \text{ Hz, y el ciclo de trabajo es } \tau = TF = 0,1$$

Se hallan fácilmente los tiempos para las distintas probabilidades:

- 90% logrado antes de $d = 0 \text{ s}$
- 95% logrado antes de $d = 0,5 \text{ s}$
- 99% logrado antes de $d = 0,9 \text{ s}$
- 100% logrado antes de $d = 1 \text{ s}$

Consideremos a continuación el caso en que el usuario competidor sigue teniendo un ciclo de trabajo del 10%, pero las transmisiones duran 10s cada 100 s.

$$T = 10 \text{ s}, F = 0,01 \text{ Hz, y el ciclo de trabajo es } \tau = TF = 0,1$$

Así, los tiempos son:

- 90% logrado antes de $d = 0$ s
- 95% logrado antes de $d = 5$ s
- 99% logrado antes de $d = 9$ s
- 100% logrado antes de $d = 10$ s

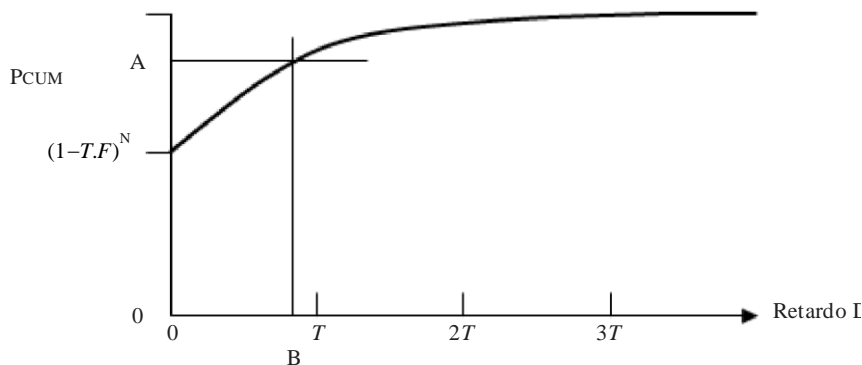
Como se puede ver, los retardos para una determinada probabilidad de éxito se multiplican por 10.

Este resultado es importante. En ambos casos las transmisiones competidoras tienen el mismo ciclo de trabajo y un análisis simple basado en la probabilidad de interferencia arrojará el mismo resultado. Sin embargo, la probabilidad acumulada de retardo muestra que, desde el punto de vista de la víctima, el daño sufrido será 10 superior en un caso que en el otro.

En el caso de N interferentes idénticos, la curva de probabilidad acumulada será la de la Figura 8.6.

FIGURA 8.6

Probabilidad acumulada de retardo en canal con N usuarios competidores



Nat.Spec.Man-8.06

El eje horizontal se expresa en términos de T , la duración de las transmisiones, en lugar de en ciclos de trabajo, TF . Así, puede verse que, en cualquiera de los casos, el retardo B con el que se consigue una tasa de éxito A dada es directamente proporcional a la duración de la transmisión interferente, pues su ciclo de trabajo se mantiene constante.

Retardo previsto

El análisis anterior muestra el patrón general de la probabilidad de retardo, pero no arroja un resultado cuantitativo, excepto cuando la probabilidad de retardo es cero.

No obstante, puede utilizarse la teoría de colas para elaborar un modelo simple. Supongamos que una serie de usuarios está enviando paquetes por un canal, siendo T la duración de los paquetes y F la frecuencia global (tasa de envío sumando todos los usuarios).

Podemos formular una ecuación donde F sea la tasa de llegada de objetos en una cola y $1/T$ la tasa de liberación. El retardo previsto, D , hasta que se libere un intervalo es así igual al tiempo de espera en cola previsto.

$$D = \frac{T.F}{1/T - F}$$

No se trata de un modelo perfecto de puesta en cola con, por ejemplo, Aloha y LBT, pero es un resultado indicativo útil para la espera prevista cuando se utiliza un mecanismo de acceso en canal compartido.

La ecuación anterior puede reformularse para mostrar el efecto de mantener el ciclo de trabajo combinado, TF, constante:

$$D = \frac{T \cdot (T.F)}{1 - T.F}$$

Por consiguiente, en este modelo el retardo previsto es directamente proporcional a la duración de la transmisión.

Medición de la latencia y la fiabilidad

Lo que tradicionalmente se mide en los estudios de compatibilidad es la probabilidad de interferencia. Como ya se ha indicado anteriormente, en muchos casos no es adecuado, pues no se refleja completamente el daño que los diversos tipos de interferencia infligen a los distintos tipos de víctimas. En concreto, no se tiene en cuenta directamente la necesidad de medir la baja latencia o la alta fiabilidad del enlace (probabilidad de éxito de la transmisión, es decir, incluidas las retransmisiones) para muchos usuarios del espectro.

Se ha de considerar que la latencia y la fiabilidad están relacionadas. El requisito del usuario puede expresarse como un X% de probabilidad de éxito dentro de un retardo máximo D. Por ejemplo, un usuario que necesita una baja latencia puede exigir un 90% en 200 ms, mientras que uno que insiste en una alta fiabilidad puede exigir un 99,9% en 3 segundos. En esas circunstancias, la probabilidad acumulada de retardo y el retardo previsto son conceptos útiles, aunque quizá difíciles de cuantificar precisamente en la realidad.

El ejemplo anterior es un análisis simple de un mecanismo complejo. Se supone que la transmisión, que la «víctima» espera realizar, es breve en comparación con las transmisiones del «interferente». También se supone que la víctima tiene un medio de saber cuándo es posible realizar la transmisión. Tal es el caso si la víctima utiliza LBT, pero se obtendrán resultados semejantes, por ejemplo, si la víctima efectúa transmisiones de prueba y espera un acuse de recibo. La diferencia reside en la posibilidad de que se cause entonces interferencia al usuario existente.

Cabe señalar la semejanza entre la teoría de tráfico de telecomunicaciones y la distribución Erlang (expresada con la ecuación Erlang), aunque se ha de tener cuidado, pues no es directamente aplicable. Hay más de una variación de la ecuación Erlang y una serie de diferencias que se han de tener en cuenta. La diferencia más importante entre sistemas alámbricos e inalámbricos es que no todos los nodos deben necesariamente escucharse unos a otros.

Por tanto, puede concluirse que la latencia y la fiabilidad son nuevas medidas útiles que pueden añadir valor al análisis de interferencia tradicional, siempre que los sistemas inalámbricos considerados y las hipótesis de interferencia permitan realizar un análisis determinístico significativo de esos fenómenos.

Hay que reconocer que no sólo los parámetros técnicos de la señal radioeléctrica y el presupuesto de enlace resultante son importantes. Los sistemas con conmutación de paquetes adaptables modernos tienen patrones operativos complejos que implican no sólo a la capa física, sino también a los niveles OSI superiores en el mantenimiento general del flujo de comunicaciones. Por consiguiente, en condiciones ideales, los diseñadores de sistemas y los gestores de espectro deben procurar estudiar esos aspectos más sofisticados para determinar y llegar a un equilibrio entre los niveles de resistencia operativa de los sistemas considerados.

Uno de los parámetros operativos más importantes de esta categoría es el requisito de latencia. Se trata del retardo aceptable máximo en la transferencia de un paquete/mensaje y generalmente no puede deducirse únicamente a partir de la consideración técnica del presupuesto de enlace útil con respecto a la interferencia. Por consiguiente, la latencia, así como otros parámetros/medidas similares tendrá que tenerse en cuenta a la hora de planificar el espectro de bandas compartidas.

También se llega a la conclusión de que, cuando se mezclan aplicaciones distintas, un análisis basado en la probabilidad de interferencia simple no da una imagen completa de la realidad. Por consiguiente, el análisis de compatibilidad en un entorno de aplicación neutro necesitará un análisis más profundo de las dos capas inferiores del modelo OSI, sobre todo en el dominio temporal, del que se suele realizar cuando se definen aplicaciones.

8.9 Relación entre eficacias de utilización del espectro, EUE, o eficacia relativa del espectro, ERE (RSE, *relative spectrum efficiency*)

Como se ha descrito en secciones anteriores, se podrían calcular los valores de la EUE para diversos sistemas diferentes y se podrían comparar para obtener las eficacias relativas (ERE) de los sistemas, una métrica que podría utilizarse para analizar la utilización del espectro. Este tipo de comparaciones sin embargo debe realizarse con precaución. La cantidad de ERE se define como la relación entre dos eficacias de EUE, una de las cuales puede ser la eficacia de un sistema utilizado como referencia para la comparación.

En este caso:

$$ERE = \frac{EUE}{EUE_{std}} \quad (8-6)$$

siendo:

EUE_{std} : eficacia de utilización del espectro de un sistema normalizado

EUE : eficacia de utilización del espectro de un sistema real.

Los posibles candidatos para un sistema normalizado son:

- el sistema más eficaz que se pueda construir en la práctica;
- un sistema que se pueda definir y comprender fácilmente; o
- un sistema ampliamente utilizado que constituya, de hecho, un patrón en la industria.

La ERE es un número positivo con valores que varíen entre cero e infinito. Si el sistema patrón es el sistema ideal o el sistema más eficaz, la ERE variará normalmente entre 0 y 1.

8.9.1 Análisis

El concepto de ERE se puede utilizar eficazmente para comparar dos sistemas que proporcionen el mismo servicio, puesto que se pueden elegir parámetros similares. En este caso, la relación entre las dos EUE calculadas puede resultar más útil que los valores numéricos de las dos eficacias. La relación entre las dos EUE mostrará, por ejemplo, que el Sistema A es dos veces más eficaz (utiliza únicamente la mitad del espectro o transmite el doble de información) que el Sistema B.

La principal ventaja de calcular directamente la ERE es que a menudo será más sencillo que calcular la EUE. Puesto que los sistemas proporcionan el mismo servicio, normalmente tendrán muchos factores (y algunas veces incluso componentes físicos) comunes. Esto significa que muchos factores «se cancelan» durante el cálculo antes de que sea necesario calcularlos. A menudo esto reduce en gran medida la complejidad del cálculo.

Por ejemplo, [Bykhovsky, 1979 y Bykhovsky y Pavliouk, 1986 y 1987] propusieron un criterio basado en una comparación de la anchura de banda (F_c) necesaria para transmitir un determinado volumen de información (es decir, para proporcionar un número dado de canales de comunicación o de radiodifusión) en una red radioeléctrica real con una anchura de banda óptima (F_{opt}) de un sistema radioeléctrico ideal con la misma capacidad de comunicación. Este criterio para la eficacia de utilización del espectro, M_u , se define mediante la expresión: $M_u = F_{opt}/F_c$. Un sistema ideal de este tipo haría un uso óptimo del espectro y tendría características radioeléctricas ideales (desde el punto de vista de las emisiones transmitidas no deseadas, características del receptor, parámetros de la antena, etc.). Las características de este sistema radioeléctrico ideal se pueden expresar basándose en las ecuaciones (8-3a) y (8-3b):

$$P_s = (1 + p_0)^{F_0/F_{m-1}} \quad (8-15)$$

Si el factor ERE se reduce a la relación de un único parámetro, puede que no se entienda totalmente el concepto. Por ejemplo, el uso de modulación digital de alto nivel en enlaces fijos de microondas (MAQ-256) permite una reducción considerable de la anchura de banda si se compara con modulaciones de nivel más bajo (MAQ-16) [Hinkle y Farrar, 1989]. Una sencilla comparación de la anchura de banda necesaria, sugeriría que el sistema MAQ-256 es casi cuatro veces más eficiente que un sistema MAQ-16. Sin embargo un análisis más detallado muestra que el sistema MAQ-256 requiere relaciones S/N mayores y puede tolerar menos

interferencia. El requisito de mayor capacidad de interferencia puede compensar la ventaja de una anchura de banda menor, y un sistema MAQ-256 podría ser realmente menos eficiente que un sistema MAQ-16 [Hinkle y Farrar, 1989].

Lo anterior destaca la necesidad de evaluar todos los factores necesarios para calcular un factor ERE, antes que basar una ERE únicamente en un simple factor. También puede ser importante calcular la RSE para toda una banda de frecuencias, en lugar de realizar los cálculos únicamente para un enlace o un único sistema.

8.9.2 Ejemplo de ERE para el servicio móvil terrestre

En relación con la definición de ERE de la ecuación (8-14) se puede adoptar un sistema de referencia que utilice una estrategia de asignación casi óptima. Los detalles de esta estrategia se describen en [Delfour y De Couvreur, 1989 y Delfour y Towaij, 1991]. En el servicio móvil terrestre de distribución se pudo desarrollar una estrategia de asignación casi óptima (NOAS). En este servicio, los usuarios típicos, los taxis, la policía, empresas de paquetería, etc. Estos sistemas están constituidos por estaciones de base con móviles asociados que funcionan en una zona de servicio especificada. Dependiendo del número de móviles, un servicio de despacho puede tener que compartir su canal con otros usuarios.

Basándose en criterios de interferencia establecidos, la NOAS asigna el número máximo de frecuencias en ubicaciones predeterminadas dentro de una cierta zona geográfica. La estrategia de asignación no sólo tiene en cuenta la distribución de la demanda de tráfico sino que también proporciona una flexibilidad razonable en la ubicación de las asignaciones.

En este modelo, se hacen las siguientes hipótesis:

- Es probable que la demanda futura siga la actual distribución demográfica del tráfico.
- Para los fines del análisis, la zona geográfica de interés se divide en una malla de cuadrados iguales, cuyo tamaño viene determinado por los criterios de interferencia utilizados en la banda considerada.
- La unidad de tiempo utilizada está directamente relacionada con la carga media en las horas de más tráfico.
- La unidad de frecuencia utilizada es el valor de la anchura de banda de un único canal radioeléctrico utilizado en la banda considerada.
- La demanda de unidad espectral, $\beta_i(n)$, en un cuadrado está directamente relacionada con la ocupación total, $O_i(n)$ (E) en dicho cuadrado, o

$$\beta_i(n) = C O_i(n) \quad (8-16)$$

- Las unidades espectrales necesarias en el canal *i-ésimo* en el *n-ésimo* cuadrado son aproximadamente:

$$\beta(n,i) = C O(n,i) \quad (8-17)$$

siendo:

C: constante determinada por el tamaño de la malla en la anchura de banda del canal utilizada en la banda considerada.

- Para servicios de seguridad pública o para otros servicios se pueden utilizar diferentes factores de carga. También se pueden hacer concesiones cuando varios servicios comparten la capacidad.

En este modelo, la ecuación es:

$$\text{ERE} = \frac{\text{Ocupación real ponderada}}{\text{Ocupación NOAS ponderada}}$$

8.9.2.1 Análisis

Este modelo utiliza el concepto de que una zona geográfica específica tiene un valor del espectro que depende de la demanda total de tráfico en la zona. El concepto también indica que debido a la naturaleza tridimensional del espectro, (anchura de banda, espacio y tiempo), existirá espectro denegado. La cantidad de espectro denegado viene determinado por el nivel de interferencia recibido de otros sistemas que funcionan en las

proximidades del sistema radioeléctrico. El modelo utiliza una distribución real de las demandas que es el valor medio de la carga por canal en hora punta.

Basándose en el modelo descrito anteriormente, se pueden hacer las observaciones siguientes:

- 1) La calidad del espectro está determinada por la carga de tráfico de comunicaciones en núcleos urbanos. Se puede medir la eficacia de la gestión del espectro mediante el número máximo de frecuencias sin interferencias disponibles en los núcleos con mayor tráfico de las principales ciudades.
- 2) Cuando se asignen frecuencias fuera de los núcleos urbanos de mayor tráfico de comunicaciones no se deben utilizar las asignaciones principales.
- 3) Para bandas nuevas o replanificadas, se puede utilizar la estrategia de asignación casi óptima y proporcionar así el máximo de asignaciones de frecuencias sin interferencias para responder a la demanda.
- 4) La NOAS casi óptima puede dar lugar a una calidad espectral superior y al mismo tiempo simplificar el proceso de asignación debido a las frecuencias sin interferencia preseleccionadas en toda la zona de interés.

8.10 Conclusiones

Las descripciones anteriores sobre medidas para la utilización del espectro, sobre la EUE y la ERE constituyen un punto de partida para los cálculos que finalmente permiten la comparación de sistemas en el mismo servicio. Cuando se consideran casos específicos las aplicaciones de esta teoría se pueden plantear de muchas formas. A menudo, estas aplicaciones específicas proporcionan resultados intermedios que, por ejemplo, ofrecen una visión adicional sobre qué ubicaciones están ya saturadas, probablemente en forma de mapas o gráficos de contornos de distribuciones acumuladas en zonas geográficas con porcentajes de las frecuencias disponibles para el sistema de referencia.

Se sugiere un conjunto de medidas básicas, que, si se implantan con limitaciones técnicas y financieras, lograrán mejorar la eficacia de utilización del espectro:

- 1) Optimizar (cuando se desarrollan nuevas instalaciones o se modernizan sistemas radioeléctricos) los parámetros electromagnéticos del sistema que determinan el volumen frecuencia-espacio con el fin de reducir dicho volumen, facilitando así la compartición de frecuencias entre diferentes servicios y acomodando más redes en una zona determinada.
- 2) Planificar redes teniendo en cuenta las características nominales de los sistemas radioeléctricos, en particular reduciendo «márgenes» innecesarios en la potencia de transmisión, la altura de las antenas, la intensidad de campo de la señal recibida, etc.
- 3) Utilizar configuraciones de red para servicios de radiocomunicaciones y de radiodifusión, que se aproximen tanto como teóricamente sea posible a las redes óptimas, desde el punto de vista de la eficacia de utilización del espectro.
- 4) Adoptar técnicas de modulación y parámetros de equipos para una utilización eficaz de las bandas de frecuencias, con el fin de acercarse lo más posible a un «sistema radioeléctrico ideal».
- 5) Utilizar el factor tiempo junto con un sistema apropiado para mejorar la eficacia de utilización del tiempo.

Referencias

- BYKHOVSKY, M. [1979] Optimalnoe chastotnoe planirovanie odnoproletnykh RRL na selskoi seti (Optimum frequency planning of single section radio-relay links in a rural network). *Electrosvyaz*, **5**, p. 47-52.
- BYKHOVSKY, M. y PAVLIOUK, A. [1986] Effectivnost ispolzovania radioresursa v sistemah sukhopotnoi svyazi (Spectrum utilization efficiency in land mobile communication systems). Eighth International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility, p. 1103-1111.
- BYKHOVSKY, M. y PAVLIOUK, A. [1987] Kritery effektivnosti ispolzovania radioresursa v setyah radiosvyazi i veshchaniya (Criterion for efficient spectrum use in communication and broadcasting networks). *Radiotekhnika*, **4**, p. 34-38.
- DELFOUR, M. C. y De COUVREUR, G. A. [agosto de 1989] Interference-free grids – Part I and Part II. *IEEE Trans. on Electromagn. Compati.*, Vol. 31, **3**.
- DELFOUR, M. C. y TOWAII, S. J. [mayo de 1991] Spectrum quality indicators for the land mobile systems. *IEEE Vehic. Techn. Conference*, St. Louis, Missouri, Estados Unidos de América.
- GALLAGER, R. G. [1968] *Information Theory and Reliable Communication*. John Wiley and Sons, Nueva York, Londres, Sydney, Toronto.
- HAINES, R. H. [1989] An innovative technique for quantifying and mapping spectrum use. 1989 IC&C Executive Forum, Washington, D.C., Estados Unidos de América.
- HATFIELD, D. N. [agosto de 1977] Measures of spectral efficiency in land mobile radio. *IEEE Trans. on Electromagn. Compati.*, Vol. EMC-19, **3**, p. 266-268.
- HINKLE, R. L. y FARRAR, A. A. [mayo de 1989] Spectrum-Conservation Techniques for Fixed Microwave Systems. NTIA Report TR-89-243.
- KOVTUNOVA, I. G., TSVETKOV, S. A. y YAKIMENKO, V. S. [1999] Metodika otsenki zagruzki radiochastotnogo spektra v territorialnom raione (Method of determining utilization of the radio spectrum in a geographical area). *Radiotekhnika*, **6**.
- PASTUKH, S. Y., KHARITONOV, N. I., TSVETKOV, S. A. y YAKIMENKO, V. S. [2002] Upravleniye radiochastotnym spektrom i otsenka effektivnosti ego ispolzovania (Radio spectrum management and assessment of utilization efficiency). *Elektrosvyaz*, **12**.
- ZOLOTOV, S. I., KOVTUNOVA, I. G., TSVETKOV, S. A. y YAKIMENKO, V. S. [2001] Metod otsenki effektivnosti sposobov naznacheniya chastot RES v territorialnom raione (Method of assessing the effectiveness of distributing radio frequencies in a geographical area). *Elektrosvyaz*, **9**.

Bibliografía

DROZD, A. [2005] *A New Challenge for EMC: Policy Defined Radio*. IEEE EMC, Society Newsletter, invierno 2005.

MAYHER, R. J., HAINES, R. H., LITTS, S. E., BERRY, L. A., HURT, G. F. y WINKLER, C. A. [1988] The SUM data base: A new measure of spectrum use. NTIA Report 88-236, US Dept. of Commerce, Washington, D.C., Estados Unidos de América.

Textos del UIT-R

Manual del UIT-R	Comunicaciones por satélite (SFS) (2002)
Manual del UIT-R	Comprobación técnica del espectro (2011)
Manual del UIT-R	Técnicas informatizadas para la gestión del espectro (2015)
Manual del UIT-R	DTTB – Radiodifusión de televisión terrenal digital en las bandas de ondas métricas/decimétricas
Rec. UIT-R F.699	Diagramas de radiación de referencia de antenas de sistemas inalámbricos fijos para utilizarlos en los estudios de coordinación y en la evaluación de la interferencia en la gama de frecuencias de 100 MHz a unos 70 GHz
Rec. UIT-R S.465	Diagrama de radiación de referencia de estación terrena para utilizar en la coordinación y evaluación de las interferencias, en la gama de frecuencias comprendidas entre 2 y unos 30 GHz
Rec. UIT-R S.580	Diagramas de radiación que han de utilizarse como objetivos de diseño para las antenas de las estaciones terrenas que funcionan con satélites geoestacionarios
Rec. UIT-R S.731	Diagrama de radiación contrapolar de referencia de estación terrena para utilizar en la coordinación de frecuencias y la evaluación de la interferencia en la gama de frecuencias comprendida entre 2 y unos 30 GHz
Rec. UIT-R SM.326	Determinación y medición de la potencia de modulación de amplitud de los transmisores radioeléctricos
Rec. UIT-R SM.328	Espectros y anchuras de banda de las emisiones
Rec. UIT-R SM.329	Emisiones no deseadas en el dominio no esencial
Rec. UIT-R SM.331	Ruido y sensibilidad de los receptores
Rec. UIT-R SM.332	Selectividad de los receptores
Rec. UIT-R SM.337	Separaciones de frecuencia y en distancia
Rec. UIT-R SM.377	Precisión de las mediciones de frecuencia en las estaciones de comprobación técnica internacional
Rec. UIT-R SM 378	Mediciones de la intensidad de campo en las estaciones de comprobación técnica
Rec. UIT-R SM.443	Mediciones de anchura de banda en las estaciones de comprobación técnica de las emisiones
Rec. UIT-R SM.575	Protección de las estaciones fijas de comprobación técnica contra la interferencia de radiofrecuencia
Rec. UIT-R SM.668	Intercambio electrónico de información para la gestión del espectro

Rec. UIT-R SM.851	Compartición entre el servicio de radiodifusión y los servicios fijo y/o móvil en las bandas de ondas métricas y decimétricas
Rec. UIT-R SM.852	Sensibilidad de los receptores radioeléctricos para la clase de emisión F3E
Rec. UIT-R SM.853	Anchura de banda necesaria
Rec. UIT-R SM.854	Radiogoniometría y determinación de posición de señales en las estaciones de comprobación técnica
Rec. UIT-R SM.855	Sistemas de telecomunicación multiservicio
Rec. UIT-R SM.856	Nuevas técnicas y sistemas eficaces desde el punto de vista del espectro
Rec. UIT-R SM.1009	Compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de aproximadamente 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-137 MHz
Rec. UIT-R SM.1045	Tolerancia de frecuencia en los transmisores
Rec. UIT-R SM.1046	Definición de la eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radio-comunicaciones
Rec. UIT-R SM.1047	Gestión nacional del espectro
Rec. UIT-R SM.1049	Método de gestión del espectro destinado a facilitar el proceso de asignación de frecuencias a estaciones de servicios terrenales en zonas fronterizas
Rec. UIT-R SM.1050	Tareas que ha de realizar el servicio de comprobación técnica de las emisiones
Rec. UIT-R SM.1051	Prioridad de identificación y supresión de interferencia perjudicial en la banda 406-406,1 MHz
Rec. UIT-R SM.1053	Métodos para mejorar la exactitud de la radiogoniometría en ondas decamétricas en estaciones fijas
Rec. UIT-R SM.1054	Comprobación técnica de las emisiones de vehículos espaciales en las estaciones de comprobación técnica
Rec. UIT-R SM.1055	Utilización de técnicas de espectro ensanchado
Rec. UIT-R SM.1056	Limitación de las radiaciones procedentes de equipos industriales, científicos y médicos (ICM)
Rec. UIT-R SM.1131	Factores que intervienen en la atribución de espectro a escala mundial
Rec. UIT-R SM.1132	Principios y métodos generales de compartición entre servicios de radiocomunicación o entre estaciones radioeléctricas
Rec. UIT-R SM.1133	Utilización del espectro por servicios definidos en acepción amplia
Rec. UIT-R SM.1134	Cálculos de la interferencia de intermodulación en el servicio móvil terrestre
Rec. UIT-R SM.1135	Códigos SINPO y SINPFEMO
Rec. UIT-R SM.1138	Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas y ejemplos conexos de denominación de emisiones
Rec. UIT-R SM.1139	Sistema de comprobación técnica internacional de las emisiones
Rec. UIT-R SM.1140	Procedimientos de prueba utilizados en las medidas de las características de los receptores aeronáuticos que sirven para determinar la compatibilidad entre el servicio de radiodifusión sonora en la banda de unos 87-108 MHz y los servicios aeronáuticos en la banda 108-118 MHz
Rec. UIT-R SM.1235	Funciones de comportamiento de los sistemas de modulación digital en un entorno con interferencia
Rec. UIT-R SM.1265	Métodos nacionales de atribución alternativos

- Rec. UIT-R SM.1266 Sistemas adaptables en las bandas de ondas hectométricas/decamétricas
- Rec. UIT-R SM.1268 Método de medición de la máxima desviación de frecuencia de las emisiones de radiodifusión a utilizar en las estaciones de comprobación técnica
- Rec. UIT-R SM.1270 Información adicional a efectos de la comprobación técnica relacionada con la clasificación y designación de emisiones
- Rec. UIT-R SM.1271 Utilización eficaz del espectro empleando métodos probabilísticos
- Rec. UIT-R SM.1370 Directrices de diseño para la elaboración de sistemas avanzados de gestión automática del espectro
- Rec. UIT-R SM.1392 Requisitos esenciales para una estación de comprobación técnica del espectro para países en desarrollo
- Rec. UIT-R SM.1393 Formatos comunes para el intercambio de información entre estaciones de comprobación técnica de las emisiones
- Rec. UIT-R SM.1394 Formato común para un Memorándum de Entendimiento entre los países que lo acuerden relativo a la cooperación en asuntos de comprobación técnica del espectro
- Rec. UIT-R SM.1413 Diccionario de datos de Radiocomunicaciones para notificación y coordinación
- Rec. UIT-R SM.1446 Definición y medición de los productos de intermodulación en transmisores que utilizan técnicas de modulación de frecuencia, de fase o compleja
- Rec. UIT-R SM.1447 Comprobación técnica de la cobertura radioeléctrica de las redes móviles terrestres para verificar su conformidad con una concesión de licencia
- Rec. UIT-R SM.1448 Determinación de la zona de coordinación alrededor de una estación terrena en las bandas de frecuencias entre 100 MHz y 105 GHz
- Rec. UIT-R SM.1535 Protección de los servicios de seguridad de emisiones no deseadas
- Rec. UIT-R SM.1537 Automatización e integración de los sistemas de comprobación técnica del espectro con la gestión automática del espectro
- Rec. UIT-R SM.1539 Variación del límite entre los dominios de emisión fuera de banda y no esencial requerida para la aplicación de las Recomendaciones UIT-R SM.1541 y UIT-R SM.329
- Rec. UIT-R SM.1540 Emisiones no deseadas en el dominio de las emisiones fuera de banda que caen dentro de las bandas atribuidas adyacentes
- Rec. UIT-R SM.1541 Emisiones no deseadas en el dominio fuera de banda
- Rec. UIT-R SM.1542 Protección de los servicios pasivos contra las emisiones no deseadas
- Rec. UIT-R SM.1598 Métodos de radiogoniometría y localización de señales de acceso múltiple por división en tiempo y acceso múltiple por división de código
- Rec. UIT-R SM.1599 Determinación de la distribución geográfica y de las frecuencias del factor de utilización del espectro a efectos de planificación de frecuencias
- Rec. UIT-R SM.1600 Identificación técnica de las señales digitales
- Rec. UIT-R SM.1603 Reorganización del espectro como método de gestión nacional del espectro
- Rec. UIT-R SM.1604 Directrices para un sistema perfeccionado de gestión del espectro destinado a los países en desarrollo
- Rec. UIT-R SM.1633 Análisis de compatibilidad entre un servicio pasivo y un servicio activo atribuidos en bandas adyacentes y cercanas

- Rec. UIT-R M.1634 Protección contra la interferencia causada a los sistemas del servicio móvil terrestre que utilizan la simulación de Montecarlo con aplicación a la compartición de frecuencias
- Rec. UIT-R P.1546 Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz

ANEXO 1

Formación en gestión del espectro

1 Introducción

Un sistema automatizado de gestión del espectro es un sistema de información amplio y potencialmente complejo que incluye una gran base de datos de solicitudes y licencias, asignaciones de frecuencias, información geográfica y otros datos. La formación para un sistema de este tipo es un elemento fundamental para todas las actividades de gestión del espectro de las administraciones en la preparación del personal para sus funciones. Debido a la rápida evolución de los sistemas de radiocomunicaciones la formación debe ser un proceso continuo y permanente. El personal de gestión del espectro necesita amplios conocimientos sobre asuntos relativos al espectro radioeléctrico y a los servicios de radiocomunicaciones. A menudo el equipamiento y el soporte lógico informáticos están muy especializados y no se utilizan fuera de la administración. Por lo tanto es necesario preparar programas específicos de formación y utilizar instructores cualificados.

Los cursos de formación deben estar adaptados al personal que se quiere instruir; las diferentes categorías de personal enumeradas en la sección 2 requieren cursos de formación diferentes. Estos cursos de formación pueden estar constituidos por módulos o unidades normalizados, que cubran asuntos específicos de gestión del espectro. Los cursos de formación se pueden dividir en tres categorías:

- formación básica (formación de nuevo personal);
- formación práctica;
- formación de perfeccionamiento.

Estas categorías se consideran detalladamente en la sección 3. Además, pueden ser necesarios cursos introductorios breves y/o una capacitación a largo plazo más detallada. Cursos cortos con una duración de una o dos semanas podrían proporcionar una visión general de la gestión del espectro, cubrir algunos de los asuntos específicos enumerados en la sección 3.3 o introducir a los alumnos en un sistema de gestión del espectro específico. La formación a largo plazo proporciona un conocimiento más detallado de asuntos específicos o del funcionamiento de un sistema.

La formación en un sistema automatizado de gestión del espectro generalmente se basa en información incluida en la documentación suministrada con el sistema. Un fabricante normalmente proporciona la documentación siguiente con el sistema:

- documentación normalizada sobre equipos y soporte lógico aportada por el suministrador para equipos básicos y programas informáticos;
- documentación de sistema, que sirve más como un conjunto de manuales de referencia que como un conjunto de procedimientos de gestión del espectro.

Para cada curso de formación se proporcionará material para el estudiante y unas directrices del instructor. Cada participante recibirá una copia del material de formación, incluidas transparencias, manuales y otros materiales de formación. El organismo de gestión del espectro mantendrá este material como referencia permanente, en particular en aquellos casos en los que se produzcan muchos cambios en el personal.

El presente Anexo proporciona un resumen de la formación sobre gestión del espectro asociada con el suministro de sistemas automatizados de gestión del espectro. En la Recomendación UIT-R SM.1370 – Directrices de diseño para la elaboración de sistemas avanzados de gestión automática del espectro (última versión) se aborda brevemente la formación sobre gestión del espectro y comprobación técnica de las emisiones, que se trata más detalladamente en la sección 2.8 del Manual de la UIT-R – Comprobación técnica del espectro (Ginebra, 2011).

2 Aptitudes de los participantes

El personal de gestión del espectro radioeléctrico precisa tratar una amplia gama de servicios radioeléctricos, sistemas y procedimientos administrativos. Por lo tanto, se requiere personal muy variado con diferentes aptitudes y experiencia para que la administración disponga de una amplia gama de conocimientos y habilidades. El personal generalmente incluye los siguientes tipos de personas:

- *Gestores*: Personas responsables de la gestión de proyectos y de la explotación de sistemas.
- *Usuarios técnicos*: Ingenieros, técnicos y especialistas, responsables de ingeniería radioeléctrica, estudios técnicos y asignación de frecuencias (usuarios de herramientas informáticas de ingeniería radioeléctrica).
- *Usuarios administrativos*: Personas responsables de tareas administrativas (es decir, tratamiento de solicitudes, facturación, informes).
- *Especialistas en tecnologías de la información*: Personas responsables de la instalación, supervisión de sistemas, archivo de datos y gestión de usuarios.

Los conocimientos y aptitudes que deben poseer estos diferentes tipos de personal son los siguientes:

- *Gestores*
 - Organización del organismo regulatorio.
 - Objetivos, estrategia, asuntos vigentes y futuros del organismo regulatorio sobre gestión del espectro:
 - tareas administrativas vinculadas a la gestión del espectro;
 - diseño y planificación de sistemas radioeléctricos;
 - tratamiento de la señal y teoría de la información;
 - propagación radioeléctrica;
 - análisis de interferencias;
 - planificación de frecuencias;
 - conocimientos básicos sobre uso de ordenadores.
- *Usuarios técnicos*
 - propagación radioeléctrica;
 - análisis de interferencias;
 - planificación de frecuencias;
 - conocimientos básicos sobre uso de ordenadores y experiencia en aplicaciones de soporte lógico, por ejemplo, tratamiento de texto, análisis de hojas de cálculo, programas informáticas de gestión de frecuencias.
- *Usuarios administrativos*
 - organización del organismo regulatorio;
 - tareas administrativas vinculadas a la gestión del espectro;
 - conocimientos básicos sobre uso de ordenadores incluido Microsoft Windows.
- *Especialistas en tecnologías de la información*
 - sistemas operativos;
 - conocimientos básicos de programas de aplicación utilizados por el sistema;
 - gestión de bases de datos;
 - redes TCI/IP, LAN y WAN.

Algunas de estas aptitudes se pueden conseguir cuando se necesiten mediante contratos, consultorías o asistencias técnicas con otros organismos gubernamentales. En algunos casos, las organizaciones de gestión del espectro no precisan un alto grado de especialización en cada uno de los temas, pero necesitan un buen

conocimiento de los principios implicados. Para estar bien preparadas para ejercer sus funciones, algunas de estas personas, en particular los gestores, deben tener muchos años de experiencia en el campo de la gestión del espectro.

3 Temario de los cursos

Las administraciones deberían desarrollar un plan de formación adecuado y adaptado a sus necesidades. Se requiere evidentemente capacitación para los nuevos sistemas, impartida normalmente por el suministrador del sistema. Se precisa una formación básica periódica en temas generados para personal recién contratado. Se precisan planes a largo plazo para proporcionar formación de perfeccionamiento para personal experimentado en nuevos temas con vistas a su promoción.

En esta sección se enumeran los temas que se sugieren para un curso de formación. Existen diferencias entre países en lo que respecta al sistema legal, a las estructuras administrativas, a los sistemas educativos y a los sistemas de gestión de frecuencias. Asimismo, las aptitudes necesarias para el personal de comprobación técnica del espectro dependen de sus propias funciones. Por lo tanto, los temas sugeridos para los cursos que se ofrecen aquí deben considerarse orientativos y pueden adaptarse en función de las necesidades de cada administración.

Por ejemplo, un programa de formación puede dedicar aproximadamente las 3/4 de su tiempo a la gestión del espectro y aproximadamente 1/4 de su tiempo a la comprobación técnica del espectro.

El personal descrito en la sección 2 anterior debe tener los conocimientos generales y comprender los principios enumerados en dicha sección; sin embargo, cuando la administración adquiere un nuevo sistema, ese personal necesitará una formación específica sobre dicho sistema.

3.1 Formación sugerida para el sistema descrito en la Recomendación UIT-R SM.1370; interesante ejemplo de formación básica

La Recomendación UIT-R SM.1370 describe los elementos de sistemas de gestión automática del espectro (AASMS) para ayudar a las administraciones en sus responsabilidades de gestión del espectro. A continuación se sugieren temas de formación para el tipo de sistema descrito en la Recomendación::

Aplicaciones de gestión del espectro. Incluye una introducción a la gestión del espectro y los fundamentos del cometido de un sistema de gestión del espectro.

Fundamentos de la estructura del sistema de gestión del espectro. Incluye el estudio de la estructura del sistema y de la integración de subsistemas.

Fundamentos y utilización de los subsistemas de gestión del espectro. Incluye los fundamentos y la utilización de subsistemas para la concesión de licencias radioeléctricas, el análisis técnico, la coordinación y notificación internacional, facturación y pago, la certificación de operadores radioeléctricos, el vendedor (proveedor) de equipos radioeléctricos, las pruebas de homologación, la inspección, la planificación de gestión, la administración de sistemas y la interfaz de comprobación técnica de las emisiones. También incluye los fundamentos de los cuadros de referencia del sistema.

Fundamentos sobre calendarios de realización de proyectos y su implantación. Incluye los fundamentos del ámbito y las entregas del proyecto, cómo se integran los diversos subsistemas, el calendario de implantación y sus repercusiones y las responsabilidades del adjudicatario y de la administración.

Subsistema de adjudicación de licencias radioeléctricas. Incluye la introducción de datos para las solicitudes de licencias, la autorización para la explotación de una estación radioeléctrica, la facturación, la emisión, modificación, cancelación y renovación de licencias, la consulta de bases de datos y la elaboración y comprensión de informes.

Teoría y práctica del proceso de análisis técnicos. Incluye la introducción al análisis técnico e instrucciones detalladas para la práctica del análisis técnico.

Teoría y práctica de la coordinación internacional y regional. Incluye la notificación y registro de frecuencias, la práctica sobre coordinación internacional, consultas e informes.

Fundamentos del proceso de gestión de usuario. Incluye la definición de suministradores, la explicación del proceso de certificación y de registro y la comprensión de las tasas referentes a licencias de suministradores.

Explicación del proceso de homologación de equipos. Incluye los fundamentos de la función y el proceso de homologación.

Administración de sistemas. Incluye la teoría y práctica de la configuración de sistemas y redes, de reserva y recuperación y la administración de bases de datos y la explicación del acceso y seguridad del sistema.

Sistema de inspección. Incluye la explicación y el empleo del subsistema de inspección.

Mantenimiento y uso de cuadros y códigos de referencia del sistema de licencias. Describe los diferentes tipos de códigos y la utilización detallada de cada cuadro de códigos.

Explicación de la función de comprobación técnica de las emisiones y de radiogoniometría. Introduce los sistemas de comprobación técnica y de radiogoniometría y describe la interfaz entre el sistema de comprobación técnica y el sistema de concesión de licencias, el cometido de la comprobación técnica de las emisiones en la gestión del espectro, los sistemas de comprobación técnica de emisiones fijos y móviles, los informes de comprobación técnica de las emisiones, el funcionamiento de los sistemas de comprobación técnica de emisiones fijos y móviles y las técnicas de medición del espectro.

3.2 Formación en el trabajo

Tras una capacitación básica se asigna al nuevo empleado una función o tarea en la organización y un puesto en un departamento para un determinado trabajo. Para realizar adecuadamente la tarea deseada, lo más eficaz es una formación en el trabajo que es la forma más utilizada de capacitación para nuevo personal. Es un método fundamental para mantener los conocimientos del departamento. No basta simplemente con asignar los nuevos empleados a un colega experimentado y esperar que todo vaya bien. Es responsabilidad del gestor planificar una formación durante el trabajo y supervisar el avance. Esta capacitación se centra en el propio puesto de trabajo de la persona.

3.3 Formación detallada; formación de perfeccionamiento

La formación de perfeccionamiento proporciona información técnica detallada a los empleados en su preparación para un ascenso, cambio de puesto o para mejorar sus conocimientos técnicos. Existen diversos temas que deberían considerarse en un curso de formación de perfeccionamiento sobre gestión del espectro. Los asuntos que se ofrecen en cursos particulares se deberían elegir en función de las capacidades y funciones del personal que hay que formar. Los temas que se incluyen en un curso de formación sobre gestión del espectro se deberían normalmente elegir entre los temas siguientes:

1. Principios generales de la gestión del espectro
2. Fundamentos y utilización de sistemas de gestión automática del espectro
3. Concesión de licencias radioeléctricas
4. Explicación y realización de asignaciones del espectro
5. Explicación y realización de análisis técnicos
6. Explicación y realización de la coordinación internacional
7. Explicación del proceso de homologación de equipos
8. Sistemas de contabilidad, incluidos el cálculo de tasas y la facturación
9. Aplicaciones al sistema de la administración:
 - a) utilización y operación del sistema
 - b) explicación y realización de una configuración de red
 - c) consideraciones sobre acceso al sistema
 - d) explicación y realización de reserva y recuperación del sistema
 - e) explicación de consideraciones sobre seguridad del sistema
 - f) explicación y realización de operaciones de bases de datos.

10. Introducción de datos
11. Comprobación técnica del espectro
12. Administración de sistemas de gestión del espectro.

Los gestores deberían recibir formación sobre todos los temas enumerados anteriormente. Los usuarios técnicos debería generalmente recibir formación sobre todos los temas salvo el 8, 9b) y 9d). Los usuarios administrativos deberían normalmente recibir formación sobre los temas 2, 8, 9a), 9f) y 10. Los administradores de sistemas deberían recibir formación sobre los temas 2, 9 y 12, incluidos cursos especializados en administración de sistemas y bases de datos informáticos.

Además de los cursos de capacitación formales, un programa completo de formación de perfeccionamiento debería incluir intercambios con otras administraciones y la participación en actividades de la UIT, tales como:

- participación activa en las Comisiones de Estudio y las conferencias de la UIT;
- participación activa en foros regionales y en organizaciones de normalización;
- intercambio de ideas y de información con otras administraciones. Las reuniones de coordinación y las visitas de otras administraciones mejoran la experiencia; y
- asistencia a seminarios/talleres sobre nuevos asuntos tecnológicos.

4 Instalaciones de capacitación

Existen cursos de formación sobre la gestión del espectro radioeléctrico y comprobación técnica de las emisiones en diversos lugares en el mundo, que incluyen los siguientes:

- La UIT proporciona formación. Tanto la Oficina para el Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) de la UIT como la Oficina de Radiocomunicaciones (BR), ofrecen oportunidades de formación como se describe más adelante y la BDT puede proporcionar directrices a los países en desarrollo en lo que respecta a cursos específicos y financiación para asistir a esos cursos, tanto para el pago de los cursos de formación como para dietas y viajes.
- Las Administraciones de Alemania (República Federal de), Australia, Canadá, China (República Popular de), Corea (República de), Estados Unidos de América, Francia, Israel (Estado de), Italia, Japón, Portugal y el Reino Unido de la Gran Bretaña e Irlanda del Norte, ofrecieron en la Resolución UIT-R 23-2 (RA-12) recibir funcionarios de comprobación técnica de las emisiones de otras administraciones para entrenarlos en técnicas de comprobación técnica y de radiogoniometría. Esta formación es gratuita.
- También se puede recibir formación de organizaciones y universidades en determinados países, como se describe en las subsecciones siguientes. Algunos de estos cursos son gratuitos y otros requieren el pago de una cuota de inscripción.
- Fabricantes tales como TCI, empresa de SPX Company (Estados Unidos de América); Elbit Systems (Israel), LS telcom (Alemania), ATDI (Francia), Rohde & Schwarz (Alemania), Thales (Francia) y Agilent Technologies (Estados Unidos) ofrecen cursos de formación, incluida la formación sobre los sistemas que suministran. Los programas de formación de estos fabricantes se describen en Apéndices a este Anexo. Los firmantes de Acuerdos de Cooperación con la BDT no cobrarán cuota de inscripción por sus cursos y/o aportarán profesores gratuitamente a los talleres y seminarios organizados por los Centros de Excelencia de la BDT; otros pueden cobrar por la formación.

La información sobre instalaciones de capacitación presentada en esta sección se obtuvo en gran medida de las aportaciones a la petición de descripciones de cursos en instalaciones de formación disponibles de la Carta Circular 1/LCCE/54 del UIT-R y de la BDT. La formación descrita en esta sección está disponible sobre diversos temas generales de gestión del espectro y sobre equipos y programas informáticos específicos que pueden ser propios de determinadas administraciones.

4.1 Recursos de capacitación disponibles en la UIT

La UIT se ha comprometido al desarrollo de recursos humanos. Las Conferencias Mundiales para el Desarrollo de las Telecomunicaciones aprueban programas, incluidos la capacitación de personas y otros programas

especiales para los países en desarrollo. Estos programas facilitan la transferencia de conocimientos, la compartición de experiencias y la difusión de la información e incluyen recursos tales como los el Programa de formación en gestión del espectro, los Centros de Excelencia y los Centros de Formación Virtuales que se describen a continuación. Además, los Seminarios de Radiocomunicaciones fomentan la capacitación.

4.1.1 Programa de formación en gestión del espectro (SMTP)

El SMTP es un paquete completo de material docente de alto nivel sobre todos los aspectos de la gestión del espectro que están preparando expertos de dentro y fuera de la UIT. Este Programa abarca una amplia gama de temas relacionados con la gestión del espectro. El SMTP será un medio fiable de formación práctica y teórica del personal en la gestión del espectro moderna y está destinado a convertirse en la herramienta indispensable para la gestión del espectro.

Aspectos generales. El SMTP está diseñado para los Estados Miembros y los Miembros de Sector de la UIT, concretamente para colmar las necesidades de capacitación de operadores, reguladores y legisladores. También servirá a las Instituciones Académicas y los miembros de la red de Centros de Excelencia (CoE) de la UIT. Sin embargo, más allá de esos interesados, el SMTP estará a disposición de todo aquel que desee ampliar y mejorar sus conocimientos profesionales en el ámbito de la gestión del espectro. Así, los alumnos del SMTP podrán proceder de distintos niveles institucionales, desde la técnica a la gestión, y tener formaciones de distinto orden (ingeniería, derecho, economía, etc.).

El SMTP tiene dos niveles: básico y avanzado. El nivel básico es más técnico, mientras que el nivel avanzado asocia además temas y aspectos no técnicos.

El *Nivel básico* del SMTP está formado por los siguientes módulos:

1. Módulo obligatorio 1: Base jurídica y marco reglamentario de la gestión del espectro
2. Módulo obligatorio 2: Fundamentos de la ingeniería del espectro
3. Módulo obligatorio 3: Tecnologías de telecomunicaciones inalámbricas
4. Módulo optativo 1:
 - Opción 1: Comprobación técnica del espectro
 - Opción 2: Certificación y homologación de equipos
 - Opción 3: Gestión del espectro para sistemas de satélites
 - Opción 4: Gestión del espectro para sistemas en ondas decamétricas del servicio científico, marítimo y de aficionados
 - Opción 5: Gestión del espectro para servicios aeronáuticos y de radiodeterminación y para sistemas militares
 - Opción 6: Gestión del espectro por ordenador.

El *Nivel avanzado* del SMTP está formado por los siguientes módulos:

1. Módulo obligatorio 4: Herramientas económicas y de mercado de la gestión del espectro
2. Módulo obligatorio 5: Planificación estratégica y políticas para la innovación inalámbrica
3. Módulo optativo 2:
 - Opción 1 (especialización jurídica): Regímenes avanzados de autorización del espectro
 - Opción 2 (especialización jurídica): Repercusiones socioeconómicas de la reglamentación del espectro: competencia y protección del consumidor
 - Opción 3 (especialización técnica): Planificación de la radiodifusión de televisión terrenal y transición digital
 - Opción 4 (especialización técnica): Acceso oportunista al espectro y radiocomunicaciones cognitivas.

Puede encontrarse información detallada en la dirección <http://academy.itu.int/news/item/1077/>

4.1.2 El Seminario Mundial de Radiocomunicaciones

La Oficina de Radiocomunicaciones organiza en años alternos (generalmente en noviembre), en las Oficinas Centrales de la UIT en Ginebra, un seminario (cinco días) que trata de la utilización del espectro radioeléctrico y de las órbitas de satélites y, en particular, de la aplicación de las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. El seminario considera los aspectos de gestión internacional de frecuencias de los servicios terrenales y espaciales, incluidos los trabajos relacionados de las Comisiones de Estudio del UIT-R. Se explican en particular los procedimientos del Reglamento de Radiocomunicaciones adoptados por la CMR. También se organizan demostraciones y talleres para permitir a los participantes tener una experiencia práctica con los procedimientos de notificación de la UIT, así como con algunos de los programas informáticos y publicaciones electrónicas puestos a disposición por la Oficina de Radiocomunicaciones a las Administraciones de los Estados Miembros y a los Miembros de Sector de Radiocomunicaciones. Las clases y debates durante el seminario se realizan en los seis idiomas de trabajo de la UIT con interpretación simultánea. También se distribuye al principio del seminario un CD-ROM que incluye la documentación en los seis idiomas. La documentación se encuentra en el sitio web del UIT-R (<http://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/Pages/default.aspx>) y se puede disponer de ella después del seminario, si se solicita, para fines de formación en las administraciones. Este tipo de seminarios también se celebran ocasionalmente en diferentes regiones.

4.1.3 Centros de Excelencia

La BDT mantiene varios Centros de Excelencia en telecomunicaciones en diversos lugares en todo el mundo para ayudar a los países en desarrollo, en los que se realizan las funciones de formación siguientes:

- servir de punto focal para la capacitación, la promoción profesional, la investigación e información sobre asuntos relativos a las telecomunicaciones en diversas regiones;
- formar a los poderes públicos y a los reguladores en el desarrollo de políticas y reglamentación nacional del sector;
- formar a gestores corporativos de alto nivel en la gestión de redes y servicios de telecomunicaciones;
- formar a gestores de frecuencias en la gestión del espectro radioeléctrico en sus aspectos político, regulatorio y técnico;
- impartir cursos de formación sobre determinados asuntos relativos a tecnologías avanzadas de telecomunicaciones e información, financiación de las telecomunicaciones y acuerdos comerciales multilaterales;
- impartir cursos de capacitación para el desarrollo y armonización de las normas de telecomunicaciones, incluido el soporte para la participación en foros mundiales de normalización de las telecomunicaciones;
- servir de punto focal para iniciativas regionales y mundiales de la sociedad de la información;
- proporcionar conocimientos para formular e implantar proyectos piloto que demuestren la aplicación de las tecnologías de la información y de la comunicación en campos específicos importantes para diversas regiones;
- asesorar a los gobiernos y al sector privado;
- ofrecer instalaciones para conferencias, seminarios y coloquios para debatir y distribuir información sobre asuntos de telecomunicaciones.

Existen seis Centros de Excelencia:

1. Centro de Excelencia para los países africanos de habla francesa (Nodo principal: Dakar).
2. Centro de Excelencia para países africanos de habla inglesa (Nodo principal: Nairobi).
3. Centro de Excelencia para Asia-Pacífico (Nodo principal: Bangkok).
4. Centro de Excelencia para las Américas (Nodos principales: Costa Rica, Ecuador, Venezuela, Perú, Colombia, Argentina, Chile y Honduras).
5. Centro de Excelencia para la Región Árabe (Principales países: Siria, Egipto, Jordania, Túnez y Sudán).

6. Centro de Excelencia para Europa Oriental y países de la CEI (Principales países: Federación de Rusia, Ucrania, Belarús, Eslovaquia, Polonia y Bulgaria).

Los Centros están regidos por Consejos de Gobierno o Comisiones de Dirección que establecen las estructuras de gestión y los programas académicos para lograr los objetivos de formación de los Centros.

Se dispone de más información sobre las actividades de los centros en el sitio web de la UIT (<http://www.itu.int/ITU-D/hrd/coe/~index.html>).

4.1.4 Centro de formación virtual

La BDT ha creado un centro de formación virtual. El sitio web del centro de formación (<http://www.itu.int/ITU-D>) tiene una biblioteca que contiene material orientado hacia la formación.

Uno de los temas que incluyen los programas de formación es la «gestión del espectro». La UIT también participa en programas con el sector privado, con agencias regionales e internacionales, con gobiernos, con organizaciones académicas y de capacitación para establecer sinergias y movilizar recursos adicionales para iniciativas de capacitación. Este programa tiene tres estrategias principales para contribuir al desarrollo. Establecer un acuerdo de formación (que suprime las tasas de formación), contribuir al Plan de Acción anual de la BDT y/o apoyar proyectos regionales existentes basados en asociaciones entre el sector público y privado dedicadas a la sostenibilidad propia a largo plazo.

4.2 Formación proporcionada por administraciones y organizaciones

4.2.1 Instalaciones de formación en los Estados Unidos de América

En los Estados Unidos de América, el United States Telecommunications Training Institute (USTTI, <http://www.ustti.org>) ofrece oportunidades de formación en gestión del espectro radioeléctrico desde 1983 desde que su creación en la Conferencia Plenaria de la UIT en Nairobi, Kenya. Los cursos del USTTI están patrocinados por empresas y/o agencias gubernamentales de los Estados Unidos de América. Cada año el USTTI ofrece diversos cursos directamente relacionados con la gestión del espectro radioeléctrico:

1. Capacitación en gestión del espectro radioeléctrico y en asuntos de política reglamentaria (cada primavera, impartido conjuntamente entre la Federal Communications Commission (FCC) y el USTTI).
2. Gestión del espectro radioeléctrico (cada primavera, impartido conjuntamente con la National Telecommunications and Information Administration (NTIA) y Comsearch).
3. Gestión del espectro en el sector civil (cada primavera, impartido conjuntamente por la FCC y Comsearch).
4. Comprobación técnica y medición del espectro radioeléctrico (cada primavera, impartido por la FCC y L-3/Amcom, Inc).
5. Aplicaciones prácticas de la gestión del espectro y de la comprobación técnica del espectro (cada primavera, impartido por TCI).
6. Técnicas y procedimientos de comprobación técnica del espectro radioeléctrico (bianual, cada primavera y cada verano, impartido por la FCC).
7. Técnicas de laboratorio en apoyo de programas de homologación de equipos (cada otoño, impartido por la FCC).

Además de estas oportunidades, las empresas americanas patrocinan cursos de radiocomunicaciones inalámbricas del USTTI que pueden incluir elementos sobre gestión del espectro. Los detalles de estos cursos están disponibles en el catálogo de cursos del USTTI, que se publica anualmente.

La formación promocionada por el USTTI no tiene gastos de asistencia. Los solicitantes deberán buscar financiación de sus organizaciones o gobiernos o de otras organizaciones para los viajes internacionales o nacionales y para las dietas durante los cursos de formación.

4.2.2 Programa internacional de formación de la autoridad de comunicaciones de Australia (ACA)

La ACA (<http://www.aca.gov.au/>) ha desarrollado un programa de formación internacional en respuesta a un número creciente de solicitudes de organizaciones internacionales para capacitación individual y programas de trabajo y estudio. Está destinado a proporcionar una visión general de los entornos de telecomunicaciones y radiocomunicaciones totalmente liberalizados en Australia desde el punto de vista regulatorio. El programa de formación tiene tres temas que consideran asuntos de radiocomunicaciones y de telecomunicaciones. Todas las sesiones de formación se llevan a cabo en inglés.

El programa internacional de formación ofrece una posibilidad de aprender a partir de la experiencia de Australia a países que se encuentran en el proceso de apertura a un entorno competitivo, junto con aquellos que pueden estar considerando esta posibilidad. También tiene la ventaja adicional de ofrecer a los participantes la oportunidad única de trabajar con personas de organizaciones y países que se encuentran en una situación similar a la suya así como de países en los que hace tiempo que existe la libre competencia.

La ACA proporciona toda la formación gratuitamente, aunque los participantes deben pagar los gastos de alojamiento, viaje y dietas.

4.2.3 Formación en la Academia de Telecomunicaciones del Reino Unido (UKTA)

La UKTA (<http://www.ukta.co.uk/>) ofrece una gama de cursos de formación sobre comunicaciones sin gastos a personas de países que pretenden desarrollar sus propios conocimientos en comunicaciones.

La Academia es una asociación formada por algunas de las empresas punteras en comunicaciones y universidades seleccionadas en el Reino Unido, que utiliza instalaciones combinadas de capacitación para proporcionar un conjunto de cursos de formación de alta calidad. Se están ofreciendo plazas para estos cursos a gestores y operadores técnicos provenientes de los países con entornos de comunicaciones menos desarrollados. Los participantes podrán contribuir (o aspirar a contribuir) de forma importante al desarrollo de las infraestructuras y las capacidades de comunicaciones en sus propios países.

La Academia está apoyada por el Gobierno del Reino Unido, a través del Ministerio de Comercio e Industria, y se ha creado para proporcionar oportunidades de formación a delegados provenientes de aquellos países que deseen compartir los conocimientos y la experiencia de la industria de comunicaciones del Reino Unido.

La formación incluye una amplia gama de conocimientos relativos a las comunicaciones, experiencia y actividades, incluido el desarrollo de gestión, comercial, técnico y personal. Los cursos individuales duran entre 1 y 2 días. No existen cursos específicos de gestión del espectro aunque sí cursos orientados a la tecnología, que pueden incluir aspectos de la gestión del espectro. Los solicitantes pueden seleccionar una combinación de cursos en el catálogo para construir un programa adaptado a sus necesidades personales. Toda la formación se realiza en inglés.

4.2.4 Curso nacional de gestión del espectro de Israel

Israel (http://www.moc.gov.il/sip_storage/FILES/5/1725.pdf) imparte cursos de gestión nacional del espectro (NSM) para formar a ingenieros, abogados y economistas pertenecientes al Ministerio de Comunicaciones, o para enseñar a otros expertos que estén relacionados con la NSM. El sitio web proporciona el contenido y calendario del curso de cinco días. El curso se ha impartido en Israel y Nepal, y parcialmente en más de 28 países, incluidos los cursos de enseñanza a distancia del UIT-D para Asia-Pacífico y Latinoamérica. El curso se basa en actividades de gestión del espectro a nivel internacional, regional y nacional, incluido el desarrollo de diversos programas nacionales de gestión del espectro.

En el marco de este curso se presentan los fundamentos de las comunicaciones inalámbricas, haciendo hincapié en los receptores, las antenas y la propagación de las ondas. Se presentan y detallan los principales servicios inalámbricos poniendo el acento en la radiodifusión, los servicios fijos y móviles terrestres (sobre todo celulares), los satélites, los dispositivos de corto alcance y los radares. Se abordan los peligros de las ondas radioeléctricas para las personas, la reglamentación de las radiofrecuencias, la compatibilidad electromagnética y la interferencia de ondas radioeléctricas. Los 14 temas son de dominio público (se añadirán las comunicaciones por satélite). Se marcan en negrita y con enlace hipertexto los contenidos detallados del curso.

Reuniones	Temas	Detalles
1	Introducción	Comunicaciones inalámbricas de extremo a extremo y el espectro de radiofrecuencias.
Ingeniería de radiofrecuencias		
2	Propagación 1: ecuaciones	Ecuaciones de Maxwell; ecuación de Friis y pérdida de propagación en el espacio libre, elementos que influyen en la pérdida de propagación; ecuación de radar en el espacio libre; campo lejano, campo cercano; efecto Doppler, zonas de Fresnel.
3	Propagación 2: horizonte radioeléctrico y ondas decamétricas	El horizonte radioeléctrico como función de la altura de la antena; ley de Snell; radio efectivo de la Tierra; atenuación debida a los gases de la atmósfera; fenómeno de conductos; propagación de ondas decamétricas; regiones, capas y saltos ionosféricos.
4	Antenas: parámetros fundamentales	Apertura de la antena y ancho de haz, fórmulas prácticas; diagrama de antena tridimensional; impedancia, pérdida de retorno y ROE; MIMO.
5	Transmisores y receptores	Esquemas de transmisores y receptores; emisiones no deseadas y máscaras de los transmisores; condiciones de recepción; sensibilidad; selectividad; cifra de ruido; ruido térmico.
Servicios de radiofrecuencias		
6	Radiodifusión: vídeo, audio y datos	Red de radiodifusión, parámetros técnicos de los sistemas de televisión; bandas de radiofrecuencias; trayectos múltiples; dividendo digital de radiofrecuencias; coexistencia de la televisión y los servicios celulares.
7	Móvil terrestre: sobre todo celular	Normas móviles, red móvil celular básica de referencia; acceso por división múltiple de frecuencia/código/tiempo; OFDM/OFDMA; interfaces y evolución de las IMT; estructuras GSM/UMTS/LTE; bandas LTE; derivación Wi-Fi; interconexión de redes.
8	Servicio fijo	Situación actual y evolución de la tecnología de servicios fijos; topologías de implantación; enlaces SF LoS y NLoS; aplicaciones y ejemplos; disposición y bloques de canales; presupuesto de enlace punto a punto logarítmico y numérico.
9	Comunicaciones por satélite	Definiciones: Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT; órbitas y servicios de satélite; equipos de satélite; regulación de las comunicaciones por satélite.
10	Dispositivos de corto alcance	Definiciones; nuevas técnicas de multiplexación, ensanchamiento y modulación; aplicaciones típicas; tecnología RFID; radiofrecuencias para la armonización mundial o regional; 3 estudios de caso.
11	Sistemas de radar	Aplicaciones; pérdida de transmisión de radar Friis básica; probabilidades de detección; efecto Doppler; parámetros de radar; indicación de diana móvil.
Radiofrecuencias: reglamentación, interferencia y peligro para las personas		
12	Reglamentación y normalización de radiofrecuencias	Qué regular; función de la reglamentación y la normalización, organizaciones internacionales, regionales y nacionales; comprobación técnica de las radiofrecuencias; comparación y contraste entre Europa y América.
13	Compatibilidad electromagnética e interferencia radioeléctrica	Interferencia radioeléctrica; acoplamiento antena a antena; tipos y modos de interferencia; reducción de la interferencia; interferencia radioeléctrica intrasistema e intersistemas; características de susceptibilidad del receptor; señales no deseadas; relación portadora/interferencia lineal; criterios de protección S/N.
14	Peligros de las radiofrecuencias para las personas	Exposición e hipersensibilidad a las ondas radioeléctricas; cantidades técnicas; densidad de potencia en el campo lejano (desde la estación base) y SAR en el campo cercano (dispositivo); directrices ICNIRP para limitar la exposición; niveles de referencia en el mundo; exposición a emisiones de múltiples antenas; límites de toxicidad de las radiofrecuencias y su repercusión en la planificación de redes celulares.

4.3 Formación impartida por universidades

Algunas universidades también ofrecen cursos cortos sobre gestión de reglamentación y del espectro ya sea como módulos de programas de postgrado o como cursos de formación cortos independientes. No es objeto de este documento considerar todos los posibles cursos de todas las universidades. Por lo tanto, se ofrecen como ejemplo dos cursos impartidos por dos universidades diferentes. Estos cursos tienen gastos de inscripción además de otros costes, fijados por la administración, que incluyen los gastos de viaje, alojamiento y dietas.

4.3.1 Cursos en la Universidad de York

El Departamento de Electrónica (<http://www.elec.york.ac.uk/contedu/welcome.html>) de la Universidad de York imparte módulos de una semana para los cursos de postgrado a tiempo parcial sobre EMC y comunicaciones radioeléctricas, que también se pueden tomar como cursos cortos. Uno de los cursos impartidos es «Gestión del espectro radioeléctrico y el entorno reglamentario de las radiocomunicaciones» (cinco días). Este curso plantea el espectro radioeléctrico como un recurso finito y estudia los instrumentos, técnicas y administración necesarios para asegurar una utilización eficaz del espectro.

4.3.2 Cursos en el Centro de desarrollo para profesionales de la Universidad George Washington

El Centro de desarrollo para profesionales de la Universidad George Washington tiene un «Programa personalizado de educación internacional» (<http://www.gwu.edu/~cpd/ceip>) para fomentar la promoción personal y profesional en los negocios, la industria, el gobierno y en entidades sin ánimo de lucro. El centro también ofrece la posibilidad de un currículum personalizado para cumplir los objetivos de formación específicos de la organización. Uno de los cursos que se ofrece es – Gestión del espectro radioeléctrico CWTC 551 (cinco días). Este curso examina los pormenores técnicos, regulatorios y legales de la gestión del espectro radioeléctrico, cómo influyen en las tecnologías en desarrollo y cómo se relacionan con la planificación estratégica.

Referencias

Textos del UIT-R

- | | |
|-----------------------------|--|
| Manual del UIT-R | Comprobación técnica del espectro (Ginebra, 2011) |
| Recomendación UIT-R SM.1370 | Directrices de diseño para la elaboración de sistemas de gestión automática del espectro |
| Resolución UIT-R 23-2 | Extensión al ámbito mundial del sistema internacional de comprobación técnica de las emisiones |

ADJUNTO 1

AL ANEXO 1

Formación sobre gestión del espectro y comprobación técnica de las emisiones*

1 Programa de formación

TCI es el único suministrador de sistemas automáticos de gestión del espectro y de comprobación técnica de las emisiones para diseñar, fabricar e instalar sistemas completos e integrados internamente, sin subcontratistas principales, y como tal la compañía está muy bien posicionada para suministrar sistemas integrados de gestión del espectro y de comprobación técnica de las emisiones e impartir cursos de formación para dichos sistemas. La capacitación detallada es fundamental para asegurar una implantación adecuada de un sistema de gestión del espectro y de comprobación técnica de las emisiones. La compañía ofrece un programa de formación que se ha adaptado a la naturaleza integrada del sistema. Este programa de formación proporciona al personal de una administración los conocimientos y la capacidad de operar y mantener adecuadamente el sistema automático de gestión del espectro y de comprobación técnica de las emisiones.

La formación se destina al siguiente personal de administración:

- personal de gestión del espectro, técnico y administrativo responsable del funcionamiento del sistema de gestión;
- operadores del sistema de comprobación técnica de las emisiones;
- ingenieros y técnicos responsables del mantenimiento del sistema.

Los cursos se imparten utilizando métodos de formación adecuados, incluidas clases con instructores, laboratorios y otra formación práctica. El profesorado tiene amplios conocimientos y experiencia en los conceptos de comprobación técnica de las emisiones, radiogoniometría y gestión del espectro.

Para cada curso de formación, se aporta profesorado y material audiovisual, incluido un conjunto de materiales de formación reproducibles para su uso por el instructor y los estudiantes durante el curso. Estos materiales de formación incluyen diagramas de bloques, ilustraciones y esquemas de sistema, y permiten a la administración establecer un programa de formación comparable y continuo. Los materiales de formación incluyen ejercicios basados en casos que permiten al usuario comprender en profundidad y realizar adecuadamente tareas propias de usuario.

2 Duración del curso

Aunque se imparten cursos de formación de duraciones más o menos largas, la duración normalizada de los cursos de formación de la empresa es de cuatro semanas, durante las que se imparten tres cursos consecutivos: curso sobre gestión del espectro, curso sobre comprobación técnica de las emisiones y curso sobre mantenimiento. Un periodo de formación de cuatro semanas dispone de mucho tiempo para una completa capacitación sobre un sistema moderno automático de gestión del espectro y de comprobación técnica de las emisiones. Se ofrece un curso de cuatro semanas y no más largo como norma de la empresa porque:

- con un sistema basado en Windows®, el funcionamiento es intuitivo y por lo tanto sencillo de aprender;
- la ayuda contextual permite al usuario obtener información en la ventana activa en ese momento presionando un botón;
- un simulador de formación (descrito en el Anexo 3 del Capítulo 7) suministrado como parte del sistema facilita la formación in situ;

* Adjunto proporcionado por TCI (www.tcibr.com).

- los sistemas de comprobación de las emisiones complejos e integrados están constituidos con mucho menos soporte lógico que sistemas más antiguos y por lo tanto se requiere menos formación de operación y mantenimiento.

3 Cursos

Curso sobre gestión de asignación de frecuencias y concesión de licencias. Para la explotación del sistema de gestión, se imparte un curso de diez días sobre operación del sistema de gestión, normalmente para hasta diez personas de la administración. Los temas que se consideran en este curso incluyen:

- Gestión del espectro:
 - Principios generales de la gestión del espectro.
 - Visión general del soporte lógico del sistema automatizado de gestión del espectro (ASMS).
 - Explotación del sistema, incluido el flujo de trabajo típico.
 - Atribución del espectro radioeléctrico para su uso con diversos requisitos comerciales y de cliente.
- Introducción de los datos:
 - El proceso de introducción de datos utilizado en el sistema ASMS.
 - Combinación de clases teóricas y prácticas sobre el sistema y el procesamiento de aplicaciones.
- Concesión de licencias y Administración:
 - Evaluación de las solicitudes de licencia para su aprobación, tramitación de la modificación, renovación, cese, etc. de licencias y gestión de reclamaciones.
 - Explicación completa del proceso de solicitud y concesión de licencias y de la conformidad con los procedimientos necesarios.
- Asignación de frecuencias, análisis técnico y de ingeniería:
 - El proceso de asignación de frecuencias y la utilización de las herramientas de análisis de ingeniería en la asignación de frecuencias y en la resolución de reclamaciones.
 - Ejercicios prácticos con herramientas de asignación de frecuencias y de análisis de ingeniería proporcionadas con el sistema de gestión, incluida la generación de informes.
- Cálculo de tasas:
 - El proceso del cálculo de tasas.
 - Tratamiento teórico y práctico de las tasas necesarias y utilización del paquete de contabilidad.
- Gestión de sistema y administración:
 - Mantenimiento del soporte lógico normalizado por los gestores de sistemas.
 - Familiarización con las herramientas y soportes lógicos normalizados siguientes: herramientas RDBMS; programa de recuperación de datos.
 - Respaldo de datos; creación y gestión de cuentas de usuario de ordenadores; gestión de seguridad; mantenimiento de bases de datos; administración de red; procedimientos.

Curso de operación para la comprobación técnica. Para la explotación de estaciones de comprobación técnica de las emisiones se imparte un curso de operación de cinco días en los emplazamientos fijo y móvil, normalmente para hasta ocho personas. En el siguiente cuadro se describe este curso:

Formación para la operación

Título	Objetivo	Contenido
Curso de operación para la comprobación técnica	Capacita a los operadores para realizar con eficacia comprobaciones técnicas diarias	Visión general del sistema (Hardware)
		Diagrama de bloques de las estaciones
		Software de comprobación técnica del espectro
		Terminología y conceptos
		Técnicas de comprobación técnica
		El sistema operativo
		El sistema basado en cliente/servidor
		Inicio del programa
		Fundamentos
		Exploración del programa
		Repaso de las mediciones
		Planificación
		Evaluación de los resultados de la comprobación técnica
		Informes y presentación de datos
		Diagnóstico de problemas e informes
Radiogoniometría		
Mapas digitales		
Mediciones		

Curso de mantenimiento. Para el mantenimiento del sistema se imparte un curso de cinco días, normalmente para hasta ocho técnicos. En el siguiente cuadro se describe este curso:

Formación en mantenimiento

Título	Objetivo	Contenido
Formación en mantenimiento	Capacita a los técnicos/ingenieros para encontrar averías y reparar el sistema	Diagrama de bloques
		Diagramas de cableado e interconexión
		Visión general de la calibración, el diagnóstico y los mensajes de error
		Calibración
		Solución de problemas
		Reparación y sustitución de unidades sobre el terreno
		Mantenimiento preventivo

ADJUNTO 2

AL ANEXO 1

Programas de formación de LS telcom***1 Programa de formación**

LS telcom AG, Alemania ofrece una amplia variedad de cursos de formación, talleres profesionales y seminarios que tratan todos los aspectos de la gestión del espectro y de la ingeniería del espectro.

Para mejorar y formalizar los servicios de capacitación a países en desarrollo, la empresa también trabaja en colaboración con la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y los Centros de Excelencia de la UIT en África, Asia, el Caribe y la Región Árabe, cuyo objetivo común es ayudar a las naciones en desarrollo para que dispongan de una gestión más eficaz de los temas asociados con la liberalización y privatización de sus redes de telecomunicaciones.

2 Cursos

Actualmente están disponibles los cursos siguientes que se impartirán Alemania, o en un tercer país elegido por el cliente.

Los cursos ofrecen no sólo una base teórica con ejemplos prácticos, sino también diversos ejercicios prácticos de ordenador.

Nuestro Calendario de Formación ofrece una descripción más detallada para cada curso.

Gestión del espectro

- Principios de la gestión del espectro radioeléctrico.
- Aspectos técnicos de la gestión del espectro radioeléctrico.
- Mediciones de comprobación técnica del espectro.

Difusión

- Conceptos básicos de la planificación de radiodifusión (MF/TV,T-DAB/DVB-T).
- Teoría avanzada de la planificación de radiodifusión (MF/TV,T-DAB/DVB-T).
- Radiodifusión digital mundial (DRM).

Redes fijas

- Conceptos básicos de la planificación y coordinación de enlaces de microondas del servicio fijo.
- Cálculo y coordinación de enlaces radioeléctricos (WLL, P-P).
- Coordinación y notificación de satélites.

Comunicaciones móviles

- Conceptos básicos de planificación del espectro para redes móviles.
- Radiocomunicaciones móviles profesionales (RMP) (TETRA y TETRAPOL).
- Selección y coordinación de frecuencias para el servicio móvil terrestre.
- GSM – Principios técnicos y planificación de la red radioeléctrica.
- UMTS – Principios técnicos y planificación de la red radioeléctrica.

* Este Adjunto está suministrado por LS telcom, Alemania (Lstelcom.com).

Otros

- Datos digitales del terreno: requisitos, producción y uso.
- Fijación de precios del espectro.
- Subastas del espectro.
- Informes Crystal.

ADJUNTO 3

AL ANEXO 1

Formación de gestión del espectro***1 Principios de capacitación**

THALES es una empresa mundial presente en los cinco continentes con numerosos sistemas de gestión del espectro y de comprobación técnica de las emisiones en funcionamiento y que pertenece a los tres Sectores de la UIT.

Esta empresa proporciona un sistema totalmente integrado de gestión del espectro y de comprobación técnica de las emisiones. El sistema de gestión del espectro así como el módulo de interfaz de comprobación técnica del espectro son normalmente suministrados por CTS (Cril Telecom Software), una empresa francesa de informática especializada en proporcionar sistemas automatizados de gestión del espectro y soluciones informáticas para operadores de telecomunicaciones. Los cursos de formación sobre gestión del espectro los imparte normalmente CTS.

Los proyectos que llevan a cabo ambas compañías son normalmente proyectos llave en mano que incluyen el suministro de sistemas y de plataformas así como de los servicios necesarios, tales como instalación, puesta en funcionamiento, distribución e integración de datos y formación. Gracias a su amplia experiencia en la implantación de sistemas en todo el mundo, ambas empresas han adquirido una gran experiencia en la adaptación de programas de formación.

La capacitación es un componente importante durante la implementación de un proyecto. De hecho, sin una formación adecuada, los potenciales operadores de sistemas pueden no tener las aptitudes necesarias para aprovechar al máximo los sistemas suministrados. La formación en gestión del espectro en el sistema ELLIPSE de estas empresas cumple la Recomendación UIT-R SM.1370 además de tener en cuenta las necesidades y requisitos específicos de cada administración en términos de contenido y duración. La formación se puede impartir en las instalaciones de los clientes o en instalaciones de la compañía en Francia. La asistencia técnica se debería realizar en las instalaciones de los clientes puesto que se trata de formación práctica y asistencia mientras los operadores están realizando sus tareas diarias de gestión del espectro.

El sistema de gestión automática del espectro es un sistema de información informatizado que considera las tareas administrativas y técnicas que debe realizar la administración responsable de la gestión del espectro. Normalmente también integra un sistema de información geográfica.

Por lo tanto, la formación considera los asuntos siguientes:

- Tareas de gestión del espectro.
- Programas informáticos de aplicación.
- Plataforma y soporte lógico de sistemas informatizados.
- Administración de bases de datos y de sistemas.

Está constituido por cursos teóricos, aplicación de los cursos teóricos mediante ejercicios prácticos, seguidos por formación práctica y ayuda técnica durante la utilización diaria del sistema.

La documentación de los avisos está constituida por el Manual de usuario del espectro así como por documentación propia de capacitación (por ejemplo, documentación en PowerPoint, ejemplos prácticos).

* Este Adjunto proviene de Thales (<http://www.thalesgroup.com>) y de Cril Telecom Software (CTS) (<http://www.critelecom.com>).

2 Programas de formación

Esta sección indica los programas de formación completos que pueden ofrecer las empresas a la administración cuando instalan una solución de gestión del espectro llave en mano. Están compuestas de módulos normalizados que se seleccionan en función del perfil de los participantes:

- *Gestores*: Personas responsables de la gestión de proyectos y de la contratación de sistemas.
- *Usuarios técnicos*: Ingenieros responsables de la ingeniería del espectro y de estudios de compatibilidad electromagnética (EMC) así como de asignaciones de frecuencias (usuarios de herramientas informáticas para la ingeniería radioeléctrica).
- *Usuarios administrativos*: Personas responsables de tareas administrativas (por ejemplo: tratamiento de solicitudes, facturación, informes).
- *Administradores de sistemas*: Personas responsables de la instalación y de la supervisión de sistemas, del almacenamiento de datos y de la gestión de usuario.

En las subsecciones siguientes se ofrecen más detalles.

2.1 Cursos de formación para gestores de la administración

- Prerrequisito de los participantes: Los participantes deben tener conocimientos en los dominios siguientes:
 - Organización del organismo regulador y de sus objetivos, estrategia, trabajos actuales y futuros del organismo regulador sobre gestión del espectro.
 - Tareas administrativas vinculadas a la gestión del espectro.
 - Propagación radioeléctrica, análisis de interferencias, planificación de frecuencias.
 - Conocimientos básicos de uso de ordenadores, incluido MS Windows O/S.
- Módulos de formación recomendados
 - Conceptos básicos: Bases de datos de trabajo; bases de datos de referencia, modo memoria, emplazamiento, redes de estaciones.
 - Componente básico: Puesta en marcha del sistema; presentación multicapa; selección de bases de datos; actualización de la base de datos de trabajo con la base de datos de referencia; manipulación de entidades técnicas, configuración de los modelos; cobertura; impresión; exportación de resultados; actualización de la base de datos de referencia con la base de datos de trabajo.
 - Gestión de servicios; planes de frecuencias; equipamiento.
 - Concesión de licencias; homologación; facturación; contabilidad.
 - Elaboración de acuerdos; formalización de formularios de coordinación; edición e integración de ficheros electrónicos.
 - Campañas de mediciones; explotación de resultados. Utilización del programa para informes: interfaz con la base de datos relativa al espectro; preparación de informes; reglas sobre protección de datos.

2.2 Cursos de formación para operadores técnicos

- Prerrequisito de los participantes: Los participantes deben tener conocimientos de operación en los dominios siguientes:
 - Organización del organismo regulador, tareas administrativas vinculadas a la gestión del espectro.
 - Propagación radioeléctrica, análisis de interferencias, planificación de frecuencias.
 - Conocimientos básicos de utilización de ordenadores, incluido Windows, RDBMS.

- Módulos de formación:
 - Conceptos básicos: Base de datos de trabajo; base de datos de referencia, modo memoria, emplazamiento, redes de estaciones; puesta en marcha del sistema; presentación multicapa; selección de bases de datos; actualización de la base de datos de trabajo con la base de datos de referencia; manipulación de la configuración de entidades técnicas.
 - Productos de intermodulación *C/I*; modelos de propagación; ajuste de modelos; asignación de frecuencias para el servicio móvil terrestre. Creación de redes; creación de estaciones terrestres; cálculo de enlaces; balance de enlace. Análisis de interferencias MW-MW y MV-GES.
 - Menús; formularios de solicitud; elaboración de acuerdos; formalización de formularios de coordinación; edición e integración de ficheros electrónicos.
 - Gestión de servicios; planes de frecuencias; equipamiento; concesión de licencias; homologación; facturación; contabilidad.
 - Campaña de mediciones; explotación de resultados. Utilización de programas de informes: Interfaz con la base de datos relativa al espectro; preparación de informes; reglas sobre protección de datos.

2.3 Cursos de formación para operadores administrativos

- Prerrequisito de los participantes: Los participantes deben tener capacidad operativa en los dominios siguientes:
 - Organización del organismo regulatorio.
 - Tareas administrativas vinculadas a la gestión del espectro.
 - Conocimientos básicos de uso de ordenadores, incluido Windows, RDBMS.
- Módulos de formación:
 - Menús; formularios de solicitud; elaboración de expedientes; seguimiento.
 - Gestión de servicios; planes de frecuencias; equipamiento.
 - Concesión de licencias; homologación; facturación; contabilidad.
 - Elaboración de acuerdos; formalización de formularios de coordinación; edición e integración de ficheros electrónicos.
 - Campaña de mediciones; explotación de resultados. Utilización de programas de informes: Interfaz con la base de datos relativa al espectro; preparación de informes; reglas sobre protección de datos.

2.4 Cursos de formación para administradores del sistema

- Prerrequisitos de los participantes: Los participantes tienen que tener capacidad operativa en los dominios siguientes:
 - Utilización de sistemas operativos y Windows.
 - Sistema de gestión de bases de datos relacional (RDBMS).
 - TCP/IP, redes LAN y WAN.
- Módulos de formación
 - Menús; formularios de solicitud.
 - Conceptos básicos del sistema operativo, de la base de datos, acceso mediante SQL en el marco del sistema.
 - Administración del sistema: almacenamiento, restitución; gestión de derecho de acceso. Utilización del Informe Crystal: Interfaz con la base de datos FMS de sistema; preparación de informes; reglas sobre protección de datos.

ANEXO 2

Reglamentación de los dispositivos de corto alcance en la CEPT

1 Introducción

Los dispositivos de corto alcance (SRD) cada vez desempeñan un papel más importante en la economía y la vida cotidiana. Los SRD se utilizan prácticamente en todas partes. Por ejemplo, la recogida de datos con sistemas de identificación automática o la gestión de elementos en sistemas de almacenamiento, de venta al por menor y de logística, radioescuchas para bebés, apertura de puertas de garajes, sistemas de telemedida y de datos y/o seguridad del hogar inalámbricos, sistemas de apertura de automóviles sin llave y cientos de otros tipos de equipos electrónicos comunes se basan en estos transmisores para su funcionamiento. En cualquier instante del día, la mayoría de las personas se encuentran a pocos metros de productos de consumo que utilizan SRD. Dada su diversidad, el mercado de los dispositivos de corto alcance no es una entidad única, pues engloba varios mercados para una amplia gama de aplicaciones que aportan un real valor económico a la industria y los particulares de todo el mundo en términos de eficacia y calidad de vida.

Los SRD funcionan en diversas frecuencias y normalmente no están sometidos a requisitos de autorización individual. A diferencia de los servicios de radiocomunicaciones claramente definidos que disponen de bandas de frecuencias atribuidas, no existe una banda de frecuencias para los SRD, por lo que deben compartir las frecuencias operativas con otras aplicaciones de radiocomunicaciones sin causar interferencia perjudicial a ninguna aplicación o servicio, ni reclamar protección contra los mismos, lo que se debe garantizar mediante la definición de un marco reglamentario adecuado, que prevea también una utilización eficaz del espectro.

Habida cuenta del contexto, parece importante considerar todos los aspectos del tratamiento que se da a los SRD para definir una estrategia y preparar una reglamentación adecuada que dé a la industria de los SRD confianza suficiente y que asimismo garantice la necesaria protección de los servicios de radiocomunicaciones.

2 Contexto de los SRD

Las aplicaciones SRD no se consideran como un servicio de radiocomunicaciones, lo que significa que los SRD carecen de atribuciones de espectro específicas, por lo que pueden funcionar en cualquier parte del espectro de frecuencias bajo las siguientes condiciones:

- 1) Los SRD funcionan en bandas compartidas y no pueden causar interferencia perjudicial a los servicios de radiocomunicaciones;
- 2) Los SRD no pueden reclamar protección contra los servicios de radiocomunicaciones.

Esas condiciones, asociadas al hecho de que casi todos los regímenes generales de autorización contemplan los SRD, motivan la necesidad de definir un marco reglamentario adecuado.

Esas condiciones específicas aportan cierta complejidad a la definición de una reglamentación conveniente. A continuación se describen los problemas y repercusiones de cada uno de los aspectos tratados.

Utilización compartida del espectro y problemas conexos

Cuando se habla de espectro compartido es importante distinguir entre ocupación del espectro y eficacia espectral. El valor que supone utilizar una parte concreta del espectro procede de la utilidad que tiene para los usuarios, que no es necesariamente lo mismo que el tráfico de datos. Se ha de establecer una distinción entre los conceptos de eficacia espectral absoluta de sistema único (SAE), que se basa en los datos brutos transmitidos, y de eficacia espectral grupal (GSE), que se acerca más a la utilidad o el servicio prestados en sentido amplio. La eficacia espectral puede definirse en términos de GSE en un entorno donde hay presentes dispositivos del mismo tipo y de tipos distintos (Informe ECC 181 [5]).

En la implantación de SRD no es posible dar a cada aplicación una gama de frecuencias reservada.

Al abordar la compartición del espectro se ha de reconocer que no sólo los parámetros técnicos de la señal radioeléctrica y el presupuesto de enlace resultante son importantes. Los sistemas con conmutación de paquetes adaptables modernos tienen diagramas operativos complejos que implican no sólo a la capa física, sino también a los niveles OSI superiores para el mantenimiento general del flujo de comunicaciones. Por consiguiente, lo mejor sería que los diseñadores de sistemas y los gestores de espectro se esforzasen por considerar esos aspectos más sofisticados a la hora de determinar y lograr un equilibrio entre los niveles de resistencia operativa de los sistemas considerados.

Uno de los parámetros operativos más importantes en este contexto es el requisito de latencia. Se trata del retardo aceptable máximo en la transferencia de un paquete/mensaje y generalmente no puede deducirse únicamente de la consideración técnica del presupuesto de enlace útil con respecto a la interferencia. Por tanto, la latencia, al igual que otros parámetros/medidas similares, habrá de tenerse en cuenta al planificar el espectro en bandas compartidas.

También se llega a la conclusión de que, cuando se mezclan aplicaciones diferentes, un análisis basado en una simple probabilidad de interferencia no ofrece una imagen completa, por lo que el análisis de compatibilidad en un entorno neutro en cuanto a la aplicación necesitará un análisis más detallado de las dos capas inferiores del modelo OSI, sobre todo en el dominio de tiempo, lo que suele hacerse cuando se definen las aplicaciones.

En la Recomendación UIT-R SM.1046-2 [9] se presenta la metodología que debe utilizarse al comparar sistemas semejantes. Resulta difícil aplicar este concepto directamente a las bandas SRD, donde muchas y diversas aplicaciones comparten el mismo espectro. La adopción de un enfoque neutro con respecto a la aplicación en la reglamentación del espectro (por ejemplo, para fomentar la innovación) dificultará aún más la aplicación de los procedimientos de la Recomendación UIT-R SM.1046-2. La CEPT estudió estos problemas en el Informe ECC 181 [5] en 2012.

Régimen general de autorización y problemas conexos

La aplicación de un régimen general de autorización a las aplicaciones SRD implica que normalmente no se exigirá la coordinación, que las administraciones no tendrán que conceder licencias individuales a los SRD y que tampoco se pretende limitar el número de usuarios. Sin embargo, una consecuencia inmediata es que el regulador carece de información exacta sobre el emplazamiento preciso y la densidad real de utilización, lo que implica que podrá resultar difícil introducir nuevas restricciones, ya sean restricciones técnicas adicionales o condiciones de autorización posteriores (por ejemplo, tras la aparición de problemas de interferencia). Para resolver esos problemas de interferencia se podrán introducir en las normas internacionales nuevos requisitos técnicos para los equipos SRD, pero su efecto real en los mercados no se revelará hasta pasados unos años y los equipos existentes, ya utilizados en el mercado, no se verán afectados por las modificaciones introducidas en versiones posteriores de esas normas.

Por último, se ha de tener en cuenta que los dispositivos de corto alcance pueden ser productos portátiles y/o de consumo generalizado que fácilmente pueden transportarse y utilizarse fuera de las fronteras de un país. Por consiguiente, las diferencias en las condiciones de acceso al espectro impiden su libre circulación, aumentan sus costes de producción y suponen un riesgo de que se cause interferencia perjudicial a otros servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones.

3 Plan europeo para definir la reglamentación de los SRD

Marco cooperativo basado en la relación entre la Comisión Europea, el ETSI y la CEPT/ECC

La Comisión Europea, el ETSI y el Comité de Comunicaciones Electrónicas (ECC) de la CEPT cooperan en lo tocante a las decisiones sobre gestión del espectro fijando normas y tomando decisiones reglamentarias.

El MoU entre la CEPT y el ETSI describe esta cooperación relativa a la elaboración de normas europeas armonizadas y a la toma de Decisiones ECC (o demás productos del ECC). Este proceso está destinado a facilitar el acceso al espectro de las nuevas aplicaciones previstas por el ETSI. De conformidad con el MoU entre la CEPT y el ETSI, toda modificación de una norma europea armonizada que exija la modificación de productos del ECC desencadenará un proceso de coordinación entre ambos organismos. Lo mismo ocurrirá cuando el ECC prevea modificar su reglamentación de manera que sea necesario modificar las normas europeas armonizadas.

Las normas europeas armonizadas se acuerdan por consenso entre las administraciones y la industria, y se adoptan mediante votación pública a través de los organismos nacionales de normalización. Una vez adoptadas, la Comisión las cita en el DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea) sin ulterior intervención, salvo en casos excepcionales.

Una vez efectuada la consulta pública, las administraciones miembros de la CEPT puede adoptar voluntariamente los productos del ECC/CEPT. Además, cuando una medida de armonización está cubierta por un mandato de la Comisión, se presenta a la Comisión Europea un Informe de la CEPT en el que se proponen medidas de armonización basadas en el proceso de toma de decisiones sobre el espectro. La aplicación de las medidas de armonización basadas en las Decisiones de la Comisión Europea es de obligado cumplimiento para los Estados Miembros de la UE.

Papel del ETSI en la reglamentación de los SRD

El ETSI es responsable de la elaboración de normas europeas armonizadas para los equipos de telecomunicaciones y radiocomunicaciones. Estas normas, que se utilizan para fines de reglamentación, se conocen como Normas Europeas (EN).

Las normas armonizadas para los equipos radioeléctricos contienen requisitos relativos a la utilización eficaz del espectro y la supresión de la interferencia perjudicial. Pueden utilizarlas los fabricantes como parte del proceso de evaluación de conformidad. La aplicación de las normas europeas armonizadas elaboradas por el ETSI no es obligatoria. Sin embargo, cuando no se aplican debe consultarse a un organismo de notificación. Los organismos nacionales de normalización de los Estados Miembros de la UE están obligados por leyes de la UE a convertir las Normas Europeas sobre Telecomunicaciones (ETS o EN) en normas nacionales y a suprimir cualquier norma nacional contradictoria.

Con respecto a los SRD, el ETSI elaboró cuatro normas genéricas (EN 300 220, EN 300 330, EN 300 440 y EN 305 550) y algunas normas específicas que consideran aplicaciones concretas.

Reglamentación de los SRD de la CEPT en Europa

En la Recomendación ERC 70-03 de la CEPT y en la Decisión CE 2006/771/CE (y sus posteriores enmiendas), relativas a los SRD, se presenta una lista de las bandas disponibles para las aplicaciones SRD y sus condiciones de uso asociadas. Además de una lista de bandas y condiciones, estos documentos contienen también las definiciones de las aplicaciones pertinentes.

De acuerdo con el Mandato permanente que la ha otorgado la Comisión Europea, la CEPT es responsable de la actualización periódica del Anexo técnico a la Decisión EC 2006/771/EC.

Los trabajos de la CEPT garantizan que se ha facilitado al ETSI y demás interesados información suficiente para realizar los estudios de compatibilidad. Los documentos de referencia de sistemas del ETSI (SRdoc) suelen desencadenar el proceso o contribuir al mismo facilitando información valiosa para la identificación de los parámetros necesarios para dichos estudios. Además, los Grupos de Tareas Especiales (STF) del ETSI podrán también aportar nueva información. Por norma general, se inicia así un proceso de corregulación en el que las administraciones, la industria y los operadores/usuarios participan para definir el mejor enfoque reglamentario para las aplicaciones SRD.

- *Recomendación CEPT/ERC/REC 70-03 – Relating to the use of short range devices (SRD)*

Esta Recomendación (<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/REC7003E.PDF>) establece la postura general sobre atribuciones comunes del espectro para los SRD en los países miembros de la CEPT. También puede ser utilizada como un documento de referencia por los países miembros de la CEPT cuando preparen su reglamentación nacional. La Recomendación describe los requisitos de gestión del espectro y las especificaciones técnicas de los SRD. Se incluyen también enlaces a toda la documentación de referencia aplicable, como Informes ECC/CEPT, Decisiones ECC/CEPT y EC, y normas europeas armonizadas.

La Recomendación CEPT/ERC/REC 70-3 es buena muestra de la «armonización flexible» aplicada por la CEPT, donde los servicios existentes siguen estando protegidos en la medida en que las administraciones nacionales lo consideren necesario, dejando al mismo tiempo margen para el desarrollo armonizado de nuevos servicios en la mayoría de países europeos. El éxito de la Recomendación ERC 70-03 se debe en gran medida a esa «armonización flexible», que resulta más rápida de aplicar que un proceso de armonización centralizado

y rígido en lo que respecta a las aplicaciones SRD, donde las medidas para tener en cuenta los importantes, aunque limitados, intereses de los operadores tradicionales, pueden bloquear o retrasar el proceso de introducción de los SRD y las oportunidades de utilización del espectro.

- *Información sobre SRD europea en el EFIS*

La Recomendación ERC 70-03 (incluida la información sobre aplicación nacional) está disponible en formato de datos en el sistema de información de frecuencias ECO (www.efis.dk).

La información relativa a SRD puede encontrarse en el enlace [EFIS SRD Regulations](#). La información puede exportarse en formato csv (Excel).

El cuadro de Atribuciones Comunes Europeas también está integrado en el EFIS y puede descargarse (seleccionando simplemente ECA en la base de datos EFIS). Contiene todas las medidas de armonización de la ECC relativas a SRD y las Normas Europeas Armonizadas del ETS aplicables.

Procedimiento general

Se ha establecido un procedimiento claro para definir la nueva reglamentación de los SRD a partir de peticiones formales de consideración presentadas a la CEPT desde la industria, a menudo a través del ETSI en un Documento de referencia de sistema, o de las Administraciones que han identificado una necesidad específica para una nueva aplicación.

Se suele elaborar un «Documento de referencia de sistema» para cada nueva aplicación SRD o para la modificación de un reglamento sobre SRD existente. Se ha de incluir información técnica sobre el mercado y la compartición del espectro que los países de la CEPT puedan utilizar en sus deliberaciones sobre compatibilidad del espectro y problemas reglamentarios. Tales solicitudes se consideran en el seno de la CEPT por si fuera necesario realizar una evaluación reglamentaria y de la compatibilidad y para formular una recomendación sobre cualesquiera medidas fuese necesario tomar. Toda recomendación de modificación de ERC/REC 70-03 provisionalmente acordada pasa al proceso de consulta pública tras el cual se resuelven las observaciones presentadas antes de su aprobación final para publicación.

En paralelo al proceso de la CEPT descrito, el ETSI suele elaborar una norma europea armonizada (HEN) para la aplicación SRD de que se trate. Durante este proceso el ETSI se coordinará con la CEPT para obtener información sobre las condiciones operativas a fin de garantizar la compatibilidad con los servicios existentes.

A continuación se enumeran los beneficios de este proceso reglamentario:

- 1) La industria sabe en qué puntos se inicia el proceso;
- 2) Se siguen estudios neutros sobre:
 - compatibilidad con los usuarios existentes;
 - utilización máxima/eficaz del espectro;
 - funcionamiento fiable de las nuevas aplicaciones mediante la definición de las condiciones operativas pertinentes;
- 3) La consulta pública está destinada a facilitar el proceso de aplicación nacional.

El Objetivo Político del ECC pretende aumentar la eficacia del proceso reglamentario, en particular los estudios de compatibilidad, y establecer un proceso de designación de frecuencias rápido, además de ofrecer a la industria un alto grado de certidumbre. Para ello es clave animar a la industria a facilitar los estudios de espectro iniciales que sustenten sus propuestas.

En la práctica, para perfeccionar el proceso reglamentario se ha de considerar lo siguiente:

- 1) Se trata de un proceso largo, por lo que se han de definir plazos para la realización de cada uno de los trabajos. En caso contrario, el método podría no ajustarse al corto ciclo de vida de algunos productos SRD. Se ha de evitar la microgestión de solicitudes SRD individuales y/o de banda de frecuencias muy pequeñas. Basarse en solicitudes/peticiones de SRD similares también ayudará a evitar la fragmentación de las bandas de frecuencias.

- 2) Se ha de evitar insistir demasiado e innecesariamente en la protección de las aplicaciones SRD existentes. Se ha de llegar a un equilibrio entre las aplicaciones SRD nuevas y existentes en una banda de frecuencias, y la regla básica debe ser «acceso equitativo al espectro».
- 3) Se ha evitar que los interesados lleguen a compromisos del «mínimo denominador común», que tienden a descontentar a todos. La solución reglamentaria se ha de ajustar a las necesidades de la aplicación SRD. De ser necesario, se considerarán bandas de frecuencias distintas, si los resultados de compatibilidad se revelan negativos.

4 Principios y estrategia de elaboración de la reglamentación de SRD en la CEPT

El concepto SRD se estudia siguiendo un proceso común definido

Los principios y la estrategia que sigue la CEPT se recogen en los Informes CEPT 14 y 44 [2, 3] y en el Informe ECC 11 [4].

Todas las solicitudes de aplicaciones SRD deben contener una descripción detallada.

Para definir las condiciones de compartición para la utilización eficaz del espectro para una aplicación y banda de frecuencias determinadas, suele ser necesario haber realizado estudios de compatibilidad detallados para garantizar que esa nueva utilización colectiva (véase [7]) no es perjudicial para los usuarios sujetos a licencia. Por consiguiente, todas las nuevas solicitudes de aplicación SRD se someten a estudios de compatibilidad para definir un plan de compartición y un régimen de licencias. El entorno reglamentario de las aplicaciones SRD debe dar orientaciones claras sobre las obligaciones y el comportamiento (cortesía) de los dispositivos.

Se pueden estudiar dos tipos de aplicaciones SRD:

- a) aplicaciones genéricas;
- b) aplicaciones específicas.

La ventaja del enfoque genérico es que la reglamentación estará lo más abierta posible a la evolución de las aplicaciones SRD, lo que fomenta la innovación.

Por otra parte, el estudio de una aplicación SRD específica a una banda tiene la ventaja de que es mucho más fácil estimar el número de dispositivos y se pueden predecir con más fiabilidad las posibilidades de interferencia, sobre todo cuando se necesitan niveles de potencia más elevados que los que suelen utilizar las aplicaciones SRD genéricas.

Uno de los problemas de este enfoque reside en definir con precisión la categoría de la aplicación SRD a fin de garantizar el control de la densidad de utilización de SRD en la banda de frecuencias.

Enfoque técnico

El esquema técnico de los sistemas de radiocomunicaciones completos puede escogerse con total libertad. Corresponde al fabricante escoger el sistema de modulación, los protocolos de corrección de errores y las posibilidades de establecimiento de enlaces para la robustez y la latencia, así como la aplicación. Sin embargo, al definir la banda de frecuencias operativa, las administraciones deberán considerar la posibilidad de agrupar distintas aplicaciones SRD a fin de fomentar la utilización colectiva y eficaz del espectro.

Principios de neutralidad

Probablemente, por las mismas razones que motivan la neutralidad tecnológica, se tenderá a agrupar a los usuarios no por aplicación, sino por tipo de señal transmitida. Esto se ajusta al principio de los segmentos «comunes» del espectro no específicamente diseñados para una aplicación, sino disponibles para los usuarios que obedezcan a reglas de acceso comunes, por ejemplo, el acceso a una subbanda de frecuencias dependerá de una serie de parámetros, como la potencia, el ciclo de trabajo, la longitud de la transmisión, el método de acceso al espectro, etc.

Las aplicaciones se clasifican por categorías SRD o tipos de dispositivos SRD que realizan una tarea concreta con una base instalada particular en uno o más documentos de referencia de sistemas (incluidas las hipótesis de utilización de esos tipos de dispositivos) y/o en normas armonizadas sobre aplicaciones específicas.

Así, se define como un campo o ámbito de aplicación en términos de utilización de las aplicaciones, como las aplicaciones SRD no específicas (es decir, que se utilizan en todos los campos) o aplicaciones específicas, a saber, aquéllas para cuyos estudios de compatibilidad se asumieron campos de utilización concretos para hipótesis y densidades de utilización específicas. El término aplicación no ha de confundirse con un campo tecnológico concreto.

El principio de neutralidad con respecto a la aplicación implica que dejan de segregarse las aplicaciones cuando se han designado subbandas exclusivamente para una aplicación SRD particular (como se describe en el Informe CEPT 44 [3]). A fin de preservar la eficacia técnica, una solución podría ser la división de las bandas en función de objetivos técnicos, por ejemplo, subbandas para alta fiabilidad, para baja latencia, para gran caudal. Sin embargo, esto puede suscitar la necesidad de una definición más detallada de los requisitos técnicos de acceso al espectro y a la reducción de la neutralidad tecnológica, si no se realiza adecuadamente.

No obstante, la relación entre el acceso al espectro y la funcionalidad percibida es distinta para cada aplicación, aunque los parámetros de la señal sean idénticos. Por consiguiente, este enfoque sólo puede adoptarse si se describe la tecnología adecuada, en términos de latencia, fiabilidad o ancho de banda de datos, para todos los tipos de aplicaciones en el mismo entorno. Es posible que la plena neutralidad de aplicación no sea un objetivo alcanzable y deberá utilizarse con precaución.

Neutralidad tecnológica

La neutralidad tecnológica se define de manera distinta en diferentes áreas de la tecnología, pero en la comunicación electrónica suele describirse como que «las normas no deben exigir ni suponer una tecnología en particular». Como puede verse, en lo que respecta a la tecnología SRD, esto implica «exigir» en la reglamentación y «suponer» en las normas.

El principio de la neutralidad tecnológica es el más difícil de lograr y, por tanto, es posible que no siempre se consiga aplicar en la reglamentación sin sacrificar la eficacia en la utilización del espectro. Aun así debe ser posible definir la reglamentación de manera que, por ejemplo, se permita la modulación analógica o digital, o se puedan utilizar distintos anchos de banda. Sin embargo, en la mayoría de los casos es necesario fijar condiciones técnicas específicas para lograr la compartición, por lo que la neutralidad tecnológica va en contra de la eficacia espectral. Para fomentar la aparición de nuevas tecnologías deberá aplicarse en la mayor medida posible el principio de neutralidad tecnológica.

La neutralidad tecnológica es un fin deseable, pero, al mismo tiempo, sólo puede lograrse plenamente cuando las aplicaciones disponen del mismo acceso y están sometidas a los mismos requisitos. Además, hay un conflicto directo entre la eficacia espectral y la neutralidad tecnológica cuando no se definen otras condiciones técnicas obligatorias para todos los dispositivos en un entorno determinado.

Entorno de compartición predecible

Se trata de un segundo nivel de compatibilidad (es decir, compartición intraSRD) que se ha de lograr para garantizar que los SRD tienen igualdad de acceso a las bandas y, por tanto, se protegen unos a otros (en lugar de estar protegidos por los reguladores). Las reglas de compartición previstas en la reglamentación del espectro se convierten entonces en las condiciones en que han de funcionar los SRD. Así, puede darse el caso de que distintas categorías de SRD estén sujetas a distintas condiciones. Unas normas de acceso al espectro adecuadas facilitan la conclusión de acuerdos de compartición predecibles.

Se supone que el entorno de compartición predecible se define como un comportamiento común de los equipos y sistemas de comunicaciones, de reglas comunes con parámetros técnicos y técnicas de reducción de la interferencia bien definidos para lograr mejores condiciones de compartición definidas para una banda de frecuencias concreta.

A partir de las necesidades de espectro presentadas por la industria queda claro que algunos servicios y funciones nuevos, como las aplicaciones relacionadas con la seguridad, pueden necesitar un entorno de compartición más predecible que el que ofrecen las técnicas de reducción de la interferencia tradicionales. Para lograr una solución aceptable, en los estudios de compatibilidad se han de considerar distintas hipótesis de combinación de servicios que requieran entornos de compartición predecibles.

Si no, especificando detalladamente los parámetros técnicos y las técnicas de reducción de la interferencia se puede crear un entorno de compartición predecible para toda la banda que podrá aplicarse a todos los SRD.

Consideraciones sobre las técnicas de reducción de la interferencia

Para garantizar la utilización eficaz del espectro considerando distintas aplicaciones SRD en una misma banda de frecuencias, se han de tener en cuenta sistemáticamente las técnicas de reducción de la interferencia, lo que comprende, por ejemplo, restricciones específicas del ciclo de trabajo, requisitos de escuchar antes de transmitir y mecanismos de adaptación de frecuencias y de detectar y evitar. También se pueden observar otras tecnologías más sofisticadas, como las especificaciones de coexistencia comunes, que se los SRD de distintos sectores/categorías aplican para disponer de igualdad de acceso al espectro. La mayoría de técnicas de reducción de la interferencia exigen especificaciones claras en las normas internacionales de manera que las administraciones las puedan utilizar en su reglamentación.

Adaptación del régimen de autorización individual en casos específicos

Los SRD suelen asociarse con autorizaciones generales. Sin embargo, también pueden utilizarse autorizaciones individuales, lo que puede ser particularmente adecuado en regímenes de licencias laxos, donde, por ejemplo, puede ser necesario establecer la coordinación con el usuario existente; o en comunidades privadas, donde un usuario individual (y con licencia) determina las condiciones de acceso.

Un inconveniente del régimen de licencias de los SRD es que, si bien los usuarios con licencia individual pueden, a través del regulador, luchar contra la interferencia perjudicial, no es probable que el usuario SRD disponga de recurso alguno, ni a través del fabricante, ni del regulador (a menos que la interferencia esté causada por transmisiones ilícitas).

Un régimen de este tipo sólo podría aplicarse a aplicaciones SRD específicas y bien definidas.

Responsabilidad de los fabricantes

Hay que subrayar que, en último término, es responsabilidad de los fabricantes crear dispositivos de corto alcance de manera que estén, en la medida de lo posible, protegidos contra la interferencia perjudicial y se minimicen los riesgos de sufrir interferencia causada por los servicios de radiocomunicaciones y por la compartición con otros dispositivos de corto alcance. Esto es algo especialmente importante para los dispositivos SRD con requisitos elevados en términos de, por ejemplo, latencia, caudal, previsibilidad o fiabilidad del enlace de comunicaciones inalámbrico. En tales casos, puede ser una solución utilizar técnicas adaptables para «escapar» de la interferencia o definir condiciones especiales para la banda de frecuencias.

Referencias

- [1] Recomendación ERC/REC/70-03, Relating to the Use of Short Range Devices (SRD), Tromsø, 1997, y enmiendas posteriores.
- [2] Informe CEPT 014, «Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to Develop a strategy to improve the effectiveness and flexibility of spectrum availability for Short Range Devices (SRDs)», julio de 2006.
- [3] Informe CEPT 44, «In response to the EC Permanent Mandate on the Annual update of the technical annex of the Commission Decision on the technical harmonisation of radio spectrum for use by short range devices», Informe aprobado el 8 de marzo de 2013 por la ECC.
- [4] Informe ECC 011, «Strategic plans for the future use of the frequency bands 862-870 MHz and 2400-2483.5 MHz for short range devices», Helsinki, mayo de 2002.
- [5] Informe ECC 181, «Improving spectrum efficiency in the SRD bands», septiembre de 2012.
- [6] Opinión del Radio Spectrum Policy Group sobre «streamlining the regulatory environment for the use of spectrum», 19 de noviembre de 2008.
- [7] Radio Spectrum Policy Group, «Report on Collective Use of Spectrum (CUS) and other spectrum sharing approaches», noviembre de 2011.
- [8] Decisión de la Comisión 2006/771/CE de 9 de noviembre de 2006, sobre la armonización del espectro radioeléctrico para su uso por dispositivos de corto alcance y enmiendas posteriores (2009/812/EC, 2010/368/EU, 2013/752/EU).
- [9] Recomendación UIT-R SM.1046-2 – Definición de la eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones.

ANEXO 3

Prácticas más idóneas para la gestión nacional del espectro

Introducción

Habida cuenta de la Constitución y del Convenio de la UIT, el presente Anexo considera las prácticas más idóneas para las actividades de gestión nacional del espectro. No se incluyen las prácticas internacionales. No obstante, algunas de las prácticas más idóneas indicadas a continuación tienen puntos en común o se relacionan con prácticas internacionales, por ejemplo, aquellas relativas a la colaboración con personas de otros países, o con la coordinación, como en una consulta bilateral o multilateral anterior a una Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, o en una reunión internacional de coordinación de satélites. Estas prácticas pretenden además alinear las políticas de gestión del espectro mundiales, en lo posible, armonizando prácticas entre administraciones nacionales.

Prácticas

1. Establecer y mantener una organización nacional de gestión del espectro ya sea independiente o formando parte de la autoridad regulatoria de telecomunicaciones responsable de la gestión nacional del espectro radioeléctrico.
2. Promocionar políticas de gestión del espectro transparentes, equitativas, eficientes desde el punto de vista económico y eficaces, es decir, regular el uso eficaz y adecuado del espectro, teniendo en cuenta la necesidad de evitar interferencias perjudiciales y la posibilidad de imponer restricciones técnicas con el fin de salvaguardar el interés público.
3. Establecer, siempre que sea posible, planes de atribución de frecuencias nacionales públicas y datos de asignación de frecuencias para alentar la transparencia y facilitar el desarrollo de nuevos sistemas radioeléctricos, es decir, realizar consultas públicas sobre propuestas de modificaciones a los planes nacionales de atribución de frecuencias y sobre decisiones de gestión del espectro que puedan afectar a los proveedores de servicio, para permitir a las partes interesadas que participen en el proceso de toma de decisiones.
4. Mantener un proceso estable de toma de decisiones que permita la consideración del interés público en la gestión del espectro radioeléctrico, es decir, proporcionar seguridad jurídica mediante procedimientos equitativos y transparentes en la adjudicación de licencias para el uso del espectro, utilizando mecanismos competitivos, cuando sea necesario.
5. Incluir en los procedimientos nacionales, en casos especiales cuando esté plenamente justificado, excepciones o modificaciones en las decisiones sobre gestión del espectro.
6. Disponer de un procedimiento para la reconsideración de las decisiones sobre gestión del espectro.
7. Reducir al mínimo la reglamentación innecesaria.
8. Animar políticas de radiocomunicaciones que conduzcan a una utilización flexible del espectro, siempre que sea posible, de forma que se permita la evolución de los servicios⁴⁶ y de las tecnologías mediante métodos claramente definidos, es decir:
 - a) suprimir barreras reglamentarias y atribuir frecuencias de forma que se facilite la entrada en el mercado de nuevos competidores;
 - b) alentar el uso eficaz del espectro mediante la supresión o la reducción de restricciones innecesarias en la utilización del espectro, animando asimismo a la competencia y ofreciendo ventajas a los consumidores; y

⁴⁶ Siempre que se utiliza el término «servicios» en este Manual, significa aplicaciones y servicios de radio-comunicaciones reconocidos.

- c) promocionar la innovación y la introducción de nuevas aplicaciones y tecnologías radioeléctricas.
9. Garantizar una competencia abierta e imparcial en los mercados para equipos y servicios y suprimir cualquier barrera que limite la libre competencia.
 10. Armonizar, en lo posible, políticas eficaces nacionales e internacionales para el uso del espectro, incluido el uso de las frecuencias radioeléctricas y, para los servicios espaciales, cualquier posición orbital asociada en la órbita de los satélites geoestacionarios o cualesquiera características asociadas de los satélites en sus órbitas.
 11. Trabajar en colaboración con personas de otras regiones y países para desarrollar prácticas regulatorias coordinadas, es decir, trabajar en colaboración con autoridades regulatorias de otras regiones y países para evitar interferencias perjudiciales.
 12. Suprimir cualquier barrera regulatoria para la libre circulación y la itinerancia mundial de terminales móviles y equipos de radiocomunicaciones similares.
 13. Utilizar formatos de datos recomendados internacionalmente y elementos de datos para el intercambio de datos y la coordinación, por ejemplo, como los del Apéndice 4 del RR y del Diccionario de Datos de Radiocomunicaciones del UIT-R (Recomendación UIT-R SM.1413).
 14. Utilizar pasos y fases de gestión «por hitos» para verificar y controlar la implantación de sistemas de radiocomunicaciones.
 15. Adoptar decisiones que sean neutrales desde el punto de vista tecnológico y que permitan la evolución de nuevas aplicaciones radioeléctricas.
 16. Facilitar la introducción oportuna de nuevas aplicaciones y tecnologías adecuadas, protegiendo al mismo tiempo los servicios existentes de interferencias perjudiciales e incluyendo, cuando proceda, un mecanismo que permita compensar a los sistemas que tengan que desplegarse de nuevo con nuevas necesidades de espectro.
 17. Considerar políticas efectivas para reducir el perjuicio a usuarios de servicios existentes cuando se reatribuye el espectro.
 18. Donde el espectro sea escaso, promocionar la compartición del espectro mediante el uso de las técnicas disponibles (de frecuencia, temporales, espaciales, codificación de modulación, procesamiento, etc.), incluido el uso de técnicas de reducción de interferencias e incentivos económicos, siempre que sea posible.
 19. Utilizar mecanismos de cumplimiento obligatorio, según proceda, es decir, aplicar sanciones a los que no cumplan con sus obligaciones y por la utilización ineficaz del espectro radioeléctrico mediante buenos procedimientos de apelación.
 20. Utilizar normas regionales e internacionales siempre que sea posible y adecuado, e incluirlas en las normas nacionales.
 21. Adoptar en lo posible normas de la industria que incluyan las que se encuentran en las Recomendaciones de la UIT, en lugar de la legislación nacional.

Unión
Internacional
de Telecomunicaciones
Place des Nations
CH-1211 Ginebra 20
Suiza

ISBN 978-92-61-18793-4

SAP id

3 9 9 2 5



9 7 8 9 2 6 1 1 8 7 9 3 4

Impreso en Suiza

Ginebra, 2016

Derechos de las fotografías: Shutterstock