

**RADARES DE PERFIL DEL VIENTO**

(1997)

**1 Consideraciones generales****1.1 Introducción**

Los radares de perfil del viento son sistemas radioeléctricos que pueden ser muy útiles en aplicaciones de previsión meteorológica. Para poder aprovechar las ventajas de los radares de perfil del viento, hay que determinar bandas de radiofrecuencias adecuadas para acomodar este tipo de sistemas.

Se debe señalar la existencia de los radares de perfil del viento acústicos (SODAR Doppler), que se pueden utilizar para complementar determinadas mediciones de radares de perfil del viento a altitudes muy bajas. Sin embargo, cabe destacar que los SODAR Doppler no se pueden utilizar como sustitutos de los radares de perfil del viento.

Por una parte, los sistemas de radares para previsiones meteorológicas se han de acomodar en las atribuciones de frecuencias del servicio de radiolocalización y/o del servicio de ayudas a la meteorología. Hay que proteger los usos existentes en estas bandas y hay que asegurar la compatibilidad con los servicios en las bandas adyacentes. Por otra parte, se podrá considerar la acomodación en las bandas de frecuencias de otros servicios de radiocomunicaciones, si esto es aceptable desde el punto de vista de la compartición de frecuencias.

Para determinar las diversas opciones de compatibilidad y/o compartición, es necesario comprender claramente el concepto de los sistemas de los radares de perfil del viento y su comportamiento en el entorno electromagnético.

En los puntos que siguen se expone la necesidad de los radares de perfil del viento y se hará una descripción general del sistema que incluye el comportamiento electromagnético típico.

**1.2 Necesidades de los usuarios de los datos de radares de perfil del viento**

Actualmente la evolución de la previsión meteorológica requiere datos del viento frecuentes, poco espaciados y de alta calidad con una precisión mejorada desde cerca de la superficie de la Tierra hasta la parte alta de la atmósfera. Los datos sobre el viento, basados principalmente en instrumentos aeroportados en globos, mediciones por satélite y sistemas automatizados de informes desde aeronaves son insuficientes para satisfacer las necesidades de los modelos informatizados atmosféricos de resolución cada vez más alta, así como los de los sistemas de previsión interactivos hombre-máquina. Sin un aumento importante de datos de alta resolución sobre el viento, se verá muy limitada la capacidad de estos nuevos modelos y de los sistemas interactivos que se están instalando al final de este decenio para mejorar las previsiones meteorológicas y los boletines sobre condiciones meteorológicas graves.

Los modelos numéricos planetarios de la atmósfera que producen previsiones de 3 a 10 días requieren datos de la atmósfera superior procedentes de grandes zonas del globo. Especialmente en las zonas distantes, los radares de perfil del viento que funcionan sin estar atendidos pueden ofrecer un medio de obtener datos esenciales a alta altitud para estos modelos, procedentes de zonas con escasos datos.

Los modelos numéricos para las previsiones de 3 a 48 h que abarcan un continente o una zona más pequeña requieren datos de una gran extensión vertical de la atmósfera, por lo general de 200 m a 18 km, con una resolución vertical de aproximadamente 250 m, según la aplicación. Actualmente la resolución temporal necesaria es para los datos horarios.

Para las previsiones meteorológicas a muy corto plazo, la supervisión de la contaminación del aire, los análisis de campo de viento y las previsiones de las trayectorias de productos tóxicos resultantes de incidentes químicos o nucleares, los boletines meteorológicos para la aviación, las observaciones meteorológicas, las operaciones en los aeropuertos y la protección pública, los meteorólogos necesitan información sobre el viento con una resolución temporal y espacial muy alta, principalmente en la parte más baja de la atmósfera. Es necesario adquirir datos continuamente entre el suelo y 5 km, con una resolución deseable de sólo 30 m. Las mediciones se harán normalmente en zonas pobladas.

Los radares de perfil del viento pueden desempeñar también una función importante en la investigación atmosférica experimental. Su capacidad de medir el viento con una alta resolución temporal y espacial los hace muy adecuados para la verificación experimental de modelos, para la investigación de la capa límite y de procesos que son importantes para comprender la atmósfera, incluida la evolución climática.

Actualmente las organizaciones meteorológicas utilizan sistemas aeroportados en globos para medir los perfiles del viento, la temperatura y la humedad desde el suelo hasta la parte alta de la atmósfera. Aunque los actuales radares de perfil del viento no miden operacionalmente todos estos parámetros, sí tienen varias ventajas en comparación con los sistemas basados en globos para satisfacer las necesidades mencionadas:

- muestrean los vientos casi continuamente;
- los vientos son medidos casi directamente por encima de la ubicación;
- se puede medir la velocidad vertical del aire;
- proporcionan los sondeos de densidad temporal y espacial necesarios para calcular los campos derivados de una manera mucho más puntual;
- el costo por observación es más bajo;
- funcionan sin estar atendidos en casi todas las condiciones meteorológicas.

Además, se ha demostrado que los radares de perfil del viento se pueden adaptar para medir perfiles de temperatura cuando se utilizan junto con un sistema de sondeo radioacústico (RASS – radio-acoustic sounding system). Esto ofrece la posibilidad de obtener perfiles de temperatura más densos y de más alta calidad en comparación con las actuales técnicas de medición, como el seguimiento aerostático. Ninguna otra técnica de medición presentará ventajas comparables en el futuro próximo, incluidos los sensores a bordo de satélites.

La Organización Meteorológica Mundial ha indicado la necesidad urgente de poner estos radares en funcionamiento, debido a la exigencia de una mejor supervisión y predicción de la atmósfera de la Tierra. La normalización de las bandas de frecuencia de trabajo es de máxima importancia para los servicios meteorológicos con el fin de construir una red operacional de una manera práctica y rentable.

### 1.3 Concepto del sistema de los radares de perfil del viento

Los radares de perfil del viento son radares Doppler de impulsos dirigidos verticalmente capaces de analizar las señales retrodispersas para determinar la velocidad del aire a lo largo de los haces. Orientando los haces generalmente 15° con respecto al cenit, se pueden obtener los componentes horizontal y vertical del movimiento del aire.

Los radares de perfil del viento dependen de señales dispersas procedentes de gradientes en el radioíndice de refracción asociado con remolinos turbulentos con escalas de media longitud de onda de radar (resonancia de Bragg). La dispersión debida a los hidrometeoros puede contribuir también o incluso dominar las señales devueltas, dependiendo de la frecuencia de trabajo del radar. El objetivo de detectar las señales de aire limpio muy débiles impone la utilización de largos tiempos de parada coherentes, diseño del sistema de bajo ruido, lóbulos laterales bajos de antena y una atención cuidadosa a la ubicación y la interferencia potencial.

Un adelanto conexo, el RASS proporciona perfiles de la temperatura, por lo general sin ninguna alteración de las características de la emisión radioeléctrica del radar de perfil del viento. La velocidad de propagación de una señal acústica adaptada de Bragg, que se relaciona con la temperatura del aire, es medida por el radar de perfil del viento utilizando un procesamiento Doppler ligeramente diferente.

La naturaleza del mecanismo de dispersión requiere que los radares de perfil del viento funcionen entre 40 y 1 400 MHz. A medida que la frecuencia aumenta por encima de 1 300 MHz, la calidad de funcionamiento del radar de perfil del viento disminuye significativamente. La elección de la frecuencia de trabajo es determinada por la cobertura de altitud y la resolución requeridas.

### 1.4 Aspectos de radiación de los sistemas de los radares de perfil del viento

En la práctica, los sistemas se fabrican para tres bandas de frecuencias, es decir, alrededor de 50 MHz, de 400 MHz y de 1 000 MHz, y estos sistemas funcionan generalmente en dos modos (véase la Nota 1) que establecen un compromiso entre la cobertura de altura y la resolución. En el Cuadro 1 se enumera la gama de características de los radares de perfil del viento en estas tres bandas.

NOTA 1 – Modo bajo significa impulso más corto y menor altitud; modo alto significa impulso más largo y mayor altitud.

CUADRO 1

## Gama de características operacionales de los radares de perfil del viento

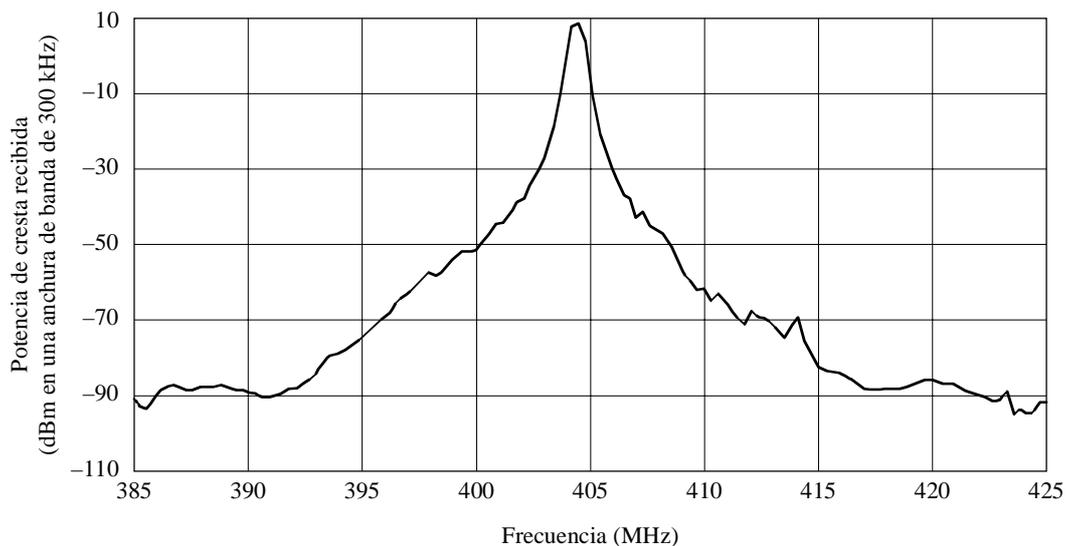
	50 MHz	400 MHz	1 000 MHz
Distancia de altura (km)	1-24	0,5-16	0,5-3
Resolución de altura (m)	150-1 500	150-1 200	30-150
Tipo de antena	Yagi, coaxial, colinear	Yagi, coaxial, colinear, colinear	Parabólica, colinear con corrección
Tamaño de la antena (m <sup>2</sup> )	2 500-10 000	30-150	3-15
Potencia de cresta (kW)	5-60	5-50	0,5-5
Potencia media (kW)	0,5-5	0,2-2,0	0,05-0,5
Anchura de banda necesaria (MHz)	0,2-2,2	0,3-2,2	0,7-7,3

## 1.4.1 Armonización de las frecuencias de trabajo

Es de máxima importancia que una Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones efectúe la armonización mundial de las frecuencias de trabajo de los radares de perfil del viento y determine el espectro. Esto permitirá el desarrollo y la explotación rentables de los radares de perfil del viento. Los radares de perfil del viento funcionan como radares Doppler con modulación de impulsos o en el modo de onda continua con modulación de frecuencia. En este informe no se consideran los radares que funcionan en el modo de onda continua con modulación de frecuencia porque se carece de normas técnicas. En la Fig. 1 se muestran ejemplos del espectro producido por radares Doppler con modulación de impulsos.

FIGURA 1

## Características de espectro de un radar Doppler con modulación de impulsos



Anchura del impulso: 1,67  $\mu$ s  
Frecuencia de repetición del impulso: 10 kHz

De acuerdo con conversaciones sostenidas con los fabricantes, es posible diseñar radares (véase la Nota 1) de perfil del viento que funcionen en las frecuencias asignadas en una gama de hasta  $\pm 1\%$ .

NOTA 1 – Por ejemplo, el Manual de Reglamentaciones y procedimientos para la gestión federal de radiofrecuencias (Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management) del National Telecommunications and Information Administration (NTIA) de Estados Unidos de América.

Para lograr esto habría que hacer pequeñas concesiones en el diseño del transmisor de potencia de radiofrecuencia, de la antena, del circulador y del factor de ruido del receptor, que no deberían degradar la calidad de funcionamiento en más de 1 dB, magnitud que podría ser compensada fácilmente por un pequeño aumento de la potencia radiada.

#### **1.4.2 Diagrama de radiación de la antena**

La señal deseada es una reflexión en el aire limpio, por lo que es muy débil. Esto requiere una extrema sensibilidad en el receptor del radar de perfil del viento y una antena dirigida verticalmente con lóbulos laterales de baja amplitud. El diagrama de radiación de la antena, especialmente en grandes ángulos fuera del eje con respecto al haz principal, es importante para analizar la interferencia potencial.

Según han demostrado mediciones efectuadas en Suiza con un radar de perfil del viento en 400 MHz, la ubicación de la antena del radar en una depresión topográfica suficientemente profunda puede reducir los lóbulos laterales de baja elevación hasta 20 dB. El apantallamiento del terreno es también efectivo para radares de perfil del viento en 50 MHz según las experiencias realizadas en Japón y en Alemania. Asimismo, las investigaciones realizadas en Alemania demuestran que una valla especialmente diseñada alrededor de una antena de perfil puede mejorar la supresión de los lóbulos laterales de ángulo bajo en 10 a 15 dB.

#### **1.4.3 Polarización**

La polarización de las señales recibidas cerca del suelo procedentes de un radar de perfil del viento cambia aleatoriamente como resultado del proceso de dispersión. De manera similar, es probable que la polarización de señales recibidas directamente de un lóbulo lateral sea también aleatoria. Por consiguiente, la contribución media del desacoplamiento por polarización a una mejora de las condiciones de compartición es sólo mínima (por ejemplo, 3 dB).

#### **1.4.4 Anchura de banda ocupada**

Para utilizar eficazmente el espectro radioeléctrico, que es un recurso limitado, se deben hacer todos los esfuerzos necesarios para reducir a un mínimo la anchura de banda ocupada y las emisiones no deseadas.

El espectro producido por emisiones con modulación de impulsos es determinado principalmente por la conformación de los impulsos, la elección de la cadena de transmisores y el filtrado de salida empleado. Es posible lograr el control del espectro mediante la conformación apropiada del impulso, la modulación de fase y la linealidad del amplificador.

Las mediciones realizadas en Alemania con un radar de perfil del viento en 50 MHz han demostrado a este respecto que la conformación del impulso reduce la anchura de banda ocupada en un factor de 5 en comparación con la anchura de banda de impulsos rectangulares.

Se debe señalar que la conformación del impulso produce, como un efecto lateral, una reducción de la potencia media del transmisor y una reducción de la gama efectiva.

Con referencia a la anchura de banda del 99% (véase el número S1.153 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR)) de los radares en la Fig. 1, el espectro representa un logro técnico adecuado en estos momentos.

Debido a que la anchura de banda de una emisión con modulación de frecuencia depende en gran medida de la desviación de frecuencia, ésta se debe reducir al máximo en relación con los aspectos técnicos y operacionales/funcionales del espectro.

En este estudio se supone que la anchura de banda ocupada de un radar de perfil del viento está totalmente dentro de la banda propuesta.

### **1.5 Consideraciones relativas a la compartición entre radares de perfil del viento y otros sistemas en diversos servicios**

Puede ser posible utilizar bandas distintas a las indicadas en este Informe, pero esta utilización debe estar precedida de estudios que demuestren la compatibilidad.

### 1.5.1 Servicio móvil terrestre

La compartición entre radares de perfil del viento y el servicio móvil terrestre es posible con una separación adecuada de la frecuencia/distancia. Las operaciones móviles terrestres están concentradas principalmente en zonas urbanas. En algunos países los radares de perfil del viento pueden estar situados en zonas distantes. Esto mejorará las posibilidades de compartición, salvo en los países muy poblados. Se deben considerar dos casos en relación con la compartición con radares de perfil del viento, que son: la compartición con estaciones de base y la compartición con estaciones en vehículos y portátiles. La compartición con estaciones de base es más fácil porque funcionan en ubicaciones específicas conocidas, por lo que se puede mantener la distancia de separación apropiada. Sin embargo, las estaciones en vehículos y portátiles funcionan intermitentemente en toda la zona cubierta por la estación de base.

### 1.5.2 Servicios aeronáuticos

En general, la compartición con los sistemas aeroportados requiere una gran separación de la frecuencia/distancia por lo que la compartición puede ser difícil. Además, se debe evitar la interferencia perjudicial a las aeronaves en bandas que proporcionan comunicaciones críticas, como son las comunicaciones para la radionavegación aeronáutica.

Una aeronave que vuela cerca del radar de perfil del viento puede recibir interferencia perjudicial y puede también causar fuertes reflejos al radar de perfil del viento lo que corromperá los datos del viento durante ese intervalo de tiempo. Por consiguiente, al situar los radares de perfil del viento destinados estrictamente a uso meteorológico, hay que evitar los trayectos de vuelo de las aeronaves. Por otra parte, se pudieran utilizar radares de perfil del viento en 1 000 MHz en las zonas de los aeropuertos para medir los vientos. En este caso, los beneficios de la observación pueden compensar la perturbación temporal producida por las aeronaves.

### 1.5.3 Servicios por satélite y espaciales

La compartición con los servicios por satélite y espaciales requiere una gran separación angular y de frecuencia y en consecuencia la compartición puede ser difícil. Generalmente los receptores de los servicios por satélite y espaciales son muy sensibles y pueden experimentar interferencia y sobrecarga producidas por los radares de perfil del viento, según la posición y el diagrama de radiación de la antena. Los radares de perfil del viento son también muy sensibles y pueden experimentar interferencia procedente de los servicios por satélite y espaciales. Se debe evitar la interferencia perjudicial en el funcionamiento de los satélites para la seguridad de la vida humana.

### 1.5.4 Servicio fijo

La compartición entre los radares de perfil del viento y el servicio fijo es posible con una separación de la frecuencia/distancia adecuada.

Los sistemas fijos suelen transmitir punto a punto o punto a multipunto por trayectos de propagación troposférica (incluida la visibilidad directa). Algunos sistemas fijos emplean antenas muy direccionales. Los trayectos de transmisión están bien definidos. Algunos sistemas fijos son transportables.

### 1.5.5 Servicio de radioastronomía

Las estaciones de radioastronomía son estaciones receptoras que escuchan ondas radioeléctricas de origen cósmico. Las bandas de radioastronomía son utilizadas internacionalmente para diversas actividades, tales como la interferometría de línea muy larga y las observaciones de las rayas espectrales. Los receptores utilizados para la radioastronomía son extremadamente sensibles y este servicio requiere grandes separaciones de frecuencia y/o distancia con respecto a otros servicios para evitar la interferencia.

Además, los usuarios de radares de perfil del viento que funcionan en bandas adyacentes a las bandas de radioastronomía deben asegurar que no se causa interferencia perjudicial a la radioastronomía. Se debe evitar estas bandas.

### 1.5.6 Servicio de ayudas a la meteorología

Este servicio se utiliza mundialmente para recoger datos meteorológicos para la predicción meteorológica, los avisos de tormentas y la investigación. Los sistemas de recogida de datos incluyen la imaginería y radiosondas por satélite.

Se puede realizar el seguimiento aerostático y la telemida de radiosondas de varias maneras, por lo que los criterios de compartición deben concordar con el método utilizado para recibir los datos sobre el viento.

### 1.5.7 Servicio de radiodeterminación

Los sistemas de radares de radiodeterminación se pueden instalar en tierra, en barcos o en aeronaves. Los radares instalados en tierra se diseñan para que funcionen en ubicaciones permanentes o temporales y utilizan equipos transportables. Estos radares generalmente exploran en direcciones específicas utilizando antenas direccionales. Los radares a bordo de barcos funcionan en el mar, en vías de agua costeras o entre costas. Estos radares exploran 360° en el plano horizontal. Los radares a bordo de aeronaves pueden funcionar en cualquier parte y necesitan la máxima distancia de separación con respecto a las tres instalaciones, dependiendo de la altitud. Estos radares tienen una variedad de características de exploración. Los sistemas de radionavegación suelen tener una función de seguridad de la vida humana, lo que puede hacer que la compartición de frecuencias no sea viable.

### 1.5.8 Servicio de radiodifusión (televisión)

La compatibilidad entre los radares de perfil del viento y los servicios de radiotelevisión de televisión debe tener en cuenta los siguientes factores:

- las relaciones de protección cocanal, de superposición de canal y fuera de canal para las diferentes normas de televisión concernidas;
- los efectos no lineales;
- las condiciones de la ubicación del radar, que incluyen el apantallamiento de la ubicación y la atenuación de los lóbulos laterales;
- la propagación, que incluye factores ambientales y topográficos;
- la protección de las señales de los radares de perfil del viento en un espectro muy saturado con emisiones de alta potencia;
- la protección de los nuevos sistemas de radiodifusión digital que se están desarrollando en algunos países.

### 1.5.9 Servicios de aficionados

Al igual que otros servicios terrenales, el servicio de aficionados puede compartir bandas con los radares de perfil del viento en determinadas condiciones. La consideración principal es el mantenimiento de las separaciones suficientes de frecuencia y/o distancia para evitar la interferencia mutua. Sin embargo, los segmentos de señales débiles de estas bandas se utilizan para experimentación con modos de propagación que no son de visibilidad directa y anómalos. Estos segmentos deben tener ruido limitado, no interferencia limitada. Se debe evitar el funcionamiento de los radares de perfil del viento en los segmentos de señales débiles del servicio de aficionados.

## 2 Bandas alrededor de 50 MHz

### 2.1 Introducción

#### 2.1.1 Utilización de las bandas alrededor de 50 MHz

Por una cuestión de física, para las mediciones por encima de 20 km sólo se puede utilizar la banda de 50 MHz.

Las bandas alrededor de 50 MHz son idealmente adecuadas para mediciones a gran altitud, por dos razones: primera, las mediciones a gran altitud generalmente requieren una baja resolución y segunda, la tecnología es relativamente barata, a saber, se dispone fácilmente de transistores y la mano de obra no requiere un alto grado de precisión. Sin embargo, la formación de antenas requiere una construcción importante y en consecuencia se obstruye la cobertura de baja altitud.

#### 2.1.2 Características de los radares de perfil del viento en 50 MHz

La porción de la banda de ondas métricas utilizada por los radares de perfil del viento en el mundo abarca de 40 MHz a 80 MHz. Las características típicas de los radares de perfil del viento se enumeran en los § 1.4 y 1.4.2.

### 2.2 Compatibilidad

A continuación se describe la compatibilidad entre radares de perfil del viento y otros sistemas de radiocomunicación.

### 2.2.1 Introducción

En la mayoría de los países los servicios de radiolocalización y de ayudas a la meteorología no tienen atribuciones en la gama de frecuencias 40-60 MHz. La banda 47-68 MHz está atribuida al servicio de radiodifusión en la Región 1. La banda 50-54 MHz está atribuida al servicio de aficionados en las Regiones 2 y 3 y una parte de esta banda en la Región 1.

En Japón, la atribución al servicio de radiodifusión no está en uso alrededor de 50 MHz. Los servicios móvil y/o fijo tienen atribuciones en la banda 54-60 MHz y se utilizan para comunicaciones de catástrofes.

En Francia, se han realizado estudios para determinar los criterios de compartición en la banda de radiodifusión entre radares de perfil del viento y el servicio de televisión alrededor de 50 MHz. Francia utiliza también sistemas auxiliares a la radiodifusión en esta banda, tales como micrófonos sin cordón, enlaces para radiodifusión en exteriores o para periodismo electrónico.

Las distintas bandas dentro de la gama de frecuencias 40-80 MHz están atribuidas a diferentes servicios, algunas veces por región o país. Porciones de algunas bandas están atribuidas a los servicios mediante notas. Estos servicios tienen categorías diferentes (por ejemplo, primaria o secundaria) de acuerdo con la banda, la región o el país. Estos servicios son:

- radionavegación aeronáutica;
- aficionados;
- radiodifusión (incluidas aplicaciones auxiliares a la radiodifusión);
- fijo (enlaces de datos y de comunicaciones punto a punto y por ráfagas);
- aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM);
- móvil (incluidas las aplicaciones auxiliares al servicio móvil);
- radioastronomía;
- radiolocalización;
- investigación espacial.

### 2.2.2 Condiciones de compatibilidad

Se deben adaptar las condiciones de compatibilidad al servicio en cuestión. El funcionamiento de radares de perfil del viento en las bandas alrededor de 50 MHz debe tener en cuenta los modos de propagación ionosférica y troposférica que podrían originar que los radares de perfil del viento interfieran con las radiocomunicaciones.

#### 2.2.2.1 Protección del servicio de radiodifusión

Para asegurar la protección del servicio de radiodifusión, es necesario determinar los siguientes factores.

##### 2.2.2.1.1 Relaciones de protección en situaciones cocanal, de superposición de canales y fuera de canal

En una situación con superposición de canales, las separaciones entre las subportadoras de imagen y de sonido puede reducir la relación de protección. La porción de las separaciones depende del sistema. Estas relaciones de protección son determinadas por mediciones hechas en laboratorio utilizando la salida del radar. Los valores se han obtenido en experimentos realizados con una señal de televisión L/SECAM de calidad de radiodifusión. La imagen fue un patrón de barras de color de referencia. El sonido se moduló con un tono de 1 kHz. El radar que se simuló era un radar de perfil del viento en 50 MHz para observaciones meteorológicas de rutina que está desarrollando la Oficina Meteorológica francesa. La anchura del impulso fue 6  $\mu$ s. El radar se simuló mediante un generador de señales seguido por un filtro pasobanda con una respuesta de frecuencia de  $\pm 1$  MHz en 10 dB y  $\pm 3$  MHz en 50 dB.

En Francia se utilizaron varios aparatos de televisión representativos de los que están en uso actualmente.

En situaciones de superposición, las relaciones de protección obtenidas variaron de 27,9 dB a 55 dB. Estas relaciones de protección parecen concordar adecuadamente con la Recomendación UIT-R BT.655. Estos resultados tienen que ser confirmados por mediciones con un radar real y esta gama puede no ser la misma para un sistema de televisión diferente.

Pruebas recientes efectuadas con aparatos de televisión en América del Norte (M/NTSC) indican que la utilización de un filtrado extensivo de líneas de frecuencia entre la portadora de vídeo y la subportadora de color de los aparatos de televisión más recientes no dan la tradicional curva «W» en las relaciones de protección dentro de banda. Esta curva (Recomendación UIT-R BT.655) ha sido utilizada durante muchos años para determinar la relación de protección requerida para el funcionamiento de portadoras dentro del canal de televisión. De hecho, las pruebas en laboratorio han demostrado que las relaciones de protección son tan restrictivas como en el caso de portadoras con superposición (por ejemplo, una relación señal deseada/no deseada de unos 50 dB).

### 2.2.2.1.2 Efectos no lineales

Los efectos no lineales son determinados por medio de las relaciones de protección con un radar que tiene una amplia separación de frecuencia con respecto al canal de televisión deseado y utilizando varios receptores representativos del diseño moderno, pero puede ser necesario realizar ulteriores estudios sobre los efectos no lineales que pueden aparecer.

### 2.2.2.1.3 Radiación de armónicos

La radiación de armónicos del radar puede caer dentro de la gama de servicios vulnerables. De acuerdo con la situación local, se debe medir el nivel de esta radiación y, si es necesario, reducirla al máximo utilizando un dispositivo, por ejemplo, un filtro de armónicos.

### 2.2.2.1.4 Condiciones de la ubicación del radar

El diagrama de radiación vertical de la antena del radar presenta un grado de atenuación de los lóbulos laterales con respecto al haz principal. El apantallamiento de la ubicación puede mejorar la atenuación a nivel del suelo.

En las zonas rurales, se utilizan antenas de alta ganancia y preamplificadores de señal para recibir el servicio de radiodifusión, por lo que esto se debe tener en cuenta al determinar la sensibilidad de los sistemas receptores de televisión. La atenuación de los lóbulos laterales puede no ser suficiente para asegurar una recepción de la televisión sin interferencia en ubicaciones rurales que tengan una separación insuficiente de frecuencia/distancia con respecto a los radares de perfil del viento.

En zonas escarpadas, puede existir una ubicación de recepción de televisión con un determinado ángulo de elevación para el cual la correspondiente atenuación de lóbulos laterales del radar de perfil del viento no sea suficiente, porque causa interferencia a la recepción de radiodifusión. Los experimentos realizados con un radar de perfil del viento para observaciones meteorológicas de rutina mencionados anteriormente demostraron que la potencia recibida puede aumentar en 20 dB para un ángulo de elevación de 2°, y en 52 dB para 15° a 20°. Al estudiar la compartición se debe considerar el perfil del terreno.

En zonas montañosas, el efecto de apantallamiento disminuye la señal de interferencia del radar de perfil del viento pero este efecto se aplica también a las señales de radiodifusión recibidas. En este caso, se debe tener cuidado de proteger al servicio de televisión.

### 2.2.2.1.5 Propagación

En la Recomendación UIT-R P.370 figuran datos de propagación detallados para calcular la intensidad de campo del radar de perfil del viento y de la estación de radiodifusión. Se deben aplicar correcciones para pequeñas alturas de antena de radar, generalmente de 1 m a 3 m por encima del nivel del suelo. Se recomienda efectuar mediciones en servicio real para completar el estudio.

### 2.2.2.1.6 Distancia de separación requerida

Puede ser necesaria una distancia de separación geográfica del orden de 100 km a 200 km para lograr la compatibilidad entre radares de perfil del viento y el receptor de radiodifusión más cercano cuando funcionan en el mismo canal.

En el caso de funcionamiento fuera del canal, se puede reducir considerablemente la distancia de separación geográfica.

### 2.2.2.2 Protección de los radares de perfil del viento con respecto al servicio de radiodifusión

En Francia, se ha instalado un transmisor de televisión sintonizado a la frecuencia del radar de perfil del viento (45 MHz) en cuatro ubicaciones sucesivas (a una altura de 30 m sobre el suelo) a una distancia de 10 km de la ubicación del radar.

La señal de radar fue perturbada por el transmisor de televisión en 45 MHz cuando la potencia radiada aparente fue superior a 0,1 W en 10 km.

### 2.2.2.3 Técnicas de optimización

Para un sistema diseñado específicamente, que permita una mejor atenuación, la intensidad de campo admisible máxima puede ser de 10 dB a 20 dB más alta. Esto se puede lograr mediante técnicas de optimización de formación de antena (ponderación) que minimizan el nivel de los lóbulos laterales en ángulos de elevación bajos.

La elección de la frecuencia de trabajo del radar de perfil del viento se puede ajustar para adaptarla a la separación entre las portadoras de televisión.

Además, al instalar un radar de perfil del viento en una ubicación dada, es posible utilizar varias técnicas que minimizan las interferencias procedentes de los transmisores de televisión, a saber:

- los haces del radar de perfil del viento no se deben inclinar en la dirección de los transmisores de televisión;
- los apantallamientos naturales (valle) o artificiales (cercados) pueden ser más bajos que la intensidad de campo eléctrica recibida del transmisor de televisión a través de los lóbulos laterales del diagrama de radiación de la antena.

#### 2.2.2.4 Otros servicios

Por ejemplo, para el servicio móvil la compatibilidad es difícil porque en general no se conoce la posición del móvil. En este caso, las bandas que se han de considerar cuidadosamente para la compatibilidad son las bandas de radioaficionados, las de observaciones de radioastronomía y de radionavegación aeronáutica. Para una estación de base móvil, se necesita una distancia de separación geográfica de hasta 200 km con el efecto de apantallamiento de montañas para la compatibilidad. Las operaciones de los radares de perfil del viento en las frecuencias alrededor de 49 MHz pueden causar interferencia a las señales débiles de las operaciones de aficionados en la banda 50-51,1 MHz si las bandas laterales del radar de perfil del viento no están atenuadas suficientemente.

### 2.3 Conclusiones para las bandas alrededor de 50 MHz

La gama de frecuencias 40-80 MHz es adecuada en general desde el punto de vista de la compartición de frecuencias para el funcionamiento de los radares de perfil del viento, siempre que se satisfagan las siguientes condiciones:

- La densidad de radares de perfil del viento es relativamente baja.
- La densidad de estaciones de radiodifusión es relativamente baja.
- Se establecen acuerdos de compartición con todos los servicios que funcionan en estas gamas. Estos acuerdos de compartición deben tener en cuenta la protección de cualquier nuevo sistema de radiodifusión digital previsto.

## 3 Bandas alrededor de 400 MHz

### 3.1 Introducción

Los radares de perfil del viento utilizados para mediciones en la denominada mesoescala (espacio alrededor de 100 km) tienen que funcionar alrededor de 400 MHz para satisfacer las necesidades con respecto a la distancia vertical y de resolución; se denominan corrientemente radares de perfil del viento en 400 MHz. Sin embargo, cualquier frecuencia entre 300 MHz y 500 MHz es dispersada adecuadamente por el movimiento atmosférico, por lo que puede proporcionar perfiles del viento en la mesoescala. En este punto, se debe recordar que los radares de perfil del viento en 400 MHz se consideran como instrumentos económicos y convenientes para los análisis y previsiones meteorológicos.

Según se prevé actualmente, los radares de perfil del viento se situarán en zonas remotas o urbanas. Es posible diseñar métodos para mejorar la compartición. Aunque sólo se han realizado pocos estudios, es evidente que la compatibilidad se puede mejorar mediante la ubicación apropiada, cercados, bermas, anulación de la antena, técnicas de modulación y codificación. Se deben considerar también otros factores, tales como las características técnicas y operacionales del radar de perfil del viento y de otros sistemas, los criterios de compartición y sus ubicaciones relativas.

Con el fin de minimizar el costo, se debe mantener en un mínimo el número de frecuencias seleccionadas para el funcionamiento del radar de perfil del viento en esta gama.

En consecuencia, parece apropiado examinar toda la gama de frecuencias de 300-500 MHz para las bandas propuestas y no propuestas para el funcionamiento de radares de perfil del viento.

### 3.2 Comentarios sobre las diferentes bandas entre 300 MHz y 500 MHz

#### 3.2.1 Consideraciones generales relacionadas con los servicios móviles

Se puede necesitar una separación física típica de hasta 75 km para el funcionamiento cocanal con estaciones de base móviles terrestres para la potencia máxima del transmisor del radar de perfil del viento (40 kW) y con efectos de apantallamiento de montañas. Estas distancias se pueden reducir más mediante atenuadores sintéticos, tales como bermas, cercados, etc.

### 3.2.2 Banda 300-399 MHz

Esta banda está atribuida a los servicios fijo, de radioastronomía, de radionavegación aeronáutica y móvil. Toda la gama es muy utilizada en la mayoría de los países para muchas operaciones de relevadores radioeléctricos, comunicaciones aire-tierra-aire, con satélites, control de tráfico aéreo, etc. La congestión y la necesidad constantemente creciente de más canales dentro de estas bandas han resultado en una reducción de las anchuras de banda de canal de 100 kHz a 50 kHz y más recientemente a 25 kHz. La congestión de esta banda y la naturaleza de las numerosas estaciones que funcionan en la misma (en particular el gran número de estaciones móviles aeronáuticas en toda la gama) hace difícil la compartición con radares de perfil del viento.

### 3.2.3 Banda 400-410 MHz

Como resultado de la Recomendación N.º 621 (CAMR-92) de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (Málaga-Torremolinos, 1992), se ha determinado que la banda de ayudas a la meteorología no es adecuada para el funcionamiento de radares de perfil del viento. Además de los problemas de compatibilidad con el sistema internacional de búsqueda y salvamento por satélite (COSPAS-SARSAT) (véase más adelante), se podría producir interferencia con sistemas de recogida de datos espaciales.

La gama de frecuencias 406-410 MHz está atribuida al servicio de radioastronomía y a los servicios fijo y móvil. También en este caso, se excluye el funcionamiento de radares de perfil del viento en esta gama por la necesidad de evitar interferencia a COSPAS-SARSAT.

En la banda 406,0-406,1 MHz, funciona el sistema COSPAS-SARSAT, un sistema de satélites en órbita baja que proporciona capacidades de avisos de socorro y localización a escala mundial con receptores de alta sensibilidad en vehículos espaciales. El componente espacial de SARSAT utiliza tres satélites meteorológicos en órbita cerca del polo del tipo Tiros-N y un satélite geoestacionario de la serie GOES; el componente espacial de COSPAS utiliza tres satélites de radionavegación del tipo Nadezhda. Este sistema de seguridad de la vida humana recibe mensajes de socorro de radiobalizas de emergencia de baja potencia. Si los radares de perfil del viento transmiten impulsos de alta potencia verticalmente en la misma gama de frecuencias, estas señales interferirán a las señales de socorro y/o saturarán los receptores de alta sensibilidad.

El valor de la separación de frecuencias para evitar la interferencia de los radares de perfil del viento al sistema COSPAS-SARSAT se determinó de acuerdo con las características de los receptores y los espectros conocidos de la emisión de los radares. De acuerdo con las hipótesis, la separación de frecuencia calculada varía de un mínimo de 5 MHz a 24 MHz para el caso más desfavorable supuesto.

Se puede lograr la compatibilidad interrumpiendo el funcionamiento del radar de perfil del viento cuando un satélite del sistema COSPAS-SARSAT pasa por encima del radar (este método se utiliza actualmente en la red de demostración formada por unos 30 radares de perfil del viento que funcionan en 404 MHz en la parte central de Estados Unidos de América). Sin embargo, aparte del hecho de que no se solucionarían otros problemas de compartición en esta gama de frecuencias, este método no se considera viable operacionalmente con centenares o incluso miles de radares instalados en el mundo entero. En todo caso, el sistema internacional COSPAS-SARSAT ha funcionado desde 1985 y ha contribuido ya a salvar miles de personas, por lo que en modo alguno se debe poner en peligro su funcionamiento.

En consecuencia, las administraciones no deben autorizar ninguna asignación adicional para radares de perfil del viento en la banda 400-410 MHz. Como una medida temporal, las administraciones que tienen actualmente operaciones de radares de perfil del viento en esta banda deben proteger al sistema COSPAS-SARSAT utilizando técnicas tales como la inhibición de la transmisión del radar cuando el satélite pasa sobre él. Se señala que se han informado varios casos de interferencia producida por operaciones de radares de perfil del viento que no están en red como resultado de errores humanos (por ejemplo, programación impropia de los pasos del satélite en el computador).

El hecho de que no se puede disponer de esta banda para los radares de perfil del viento meteorológicos justifica la urgencia de determinar otra banda de frecuencias en la gama de frecuencias 400 MHz para esta aplicación.

### 3.2.4 Banda 410-420 MHz

Esta banda está atribuida al servicio de investigación espacial (espacio-espacio, actividades extravehiculares), así como a los servicios fijo y móvil. Debido a que se debe proteger la investigación espacial y a la estrecha proximidad de frecuencias con el sistema COSPAS-SARSAT, se considera que se debe excluir esta banda.

### 3.2.5 Banda 420-430 MHz

Esta banda está atribuida internacionalmente a los servicios fijo y móvil (salvo móvil aeronáutico) a título primario y al servicio de radiolocalización a título secundario. Es utilizada por radares de alta potencia fija transportables a bordo de barcos y a bordo de aeronaves. Habida cuenta de estas operaciones de radiolocalización, de las operaciones móviles terrestres y fijas y de aficionados (que existen en algunos países), parece posible la compartición con radares de perfil del viento en estas bandas. Sin embargo, como la banda está muy cerca en frecuencia con el sistema COSPAS-SARSAT, se excluye su posible utilización.

### 3.2.6 Banda 430-440 MHz

Esta banda está atribuida a los servicios de radiolocalización, aficionados, operaciones espaciales, aficionados por satélite y radiolocalización aeronáutica. La compartición con radares de perfil del viento de la banda 430-440 MHz no es posible debido a las operaciones mundiales del servicio de aficionados que tienen señales débiles en la banda 431-433 MHz y a las operaciones del servicio de aficionados por satélite en la banda 435-438 MHz. Además, la banda 430-440 MHz es compartida también con sistemas de radiolocalización muy móviles. En consecuencia, no se considera posible la compartición de la banda 430-440 MHz.

### 3.2.7 Banda 440-450 MHz

Esta banda está atribuida internacionalmente a los servicios fijo y móvil (salvo móvil aeronáutico) a título primario y al servicio de radiolocalización a título secundario. Es utilizada por radares transportables, a bordo de barcos y aeronaves de alta potencia fija. Habida cuenta de estas operaciones de radiolocalización, de las operaciones móviles terrestres y fijas y de aficionados (que existen en algunos países), puede ser posible la compartición con radares de perfil del viento en estas bandas. Sin embargo, se debe observar que los radares de perfil del viento situados muy cerca geográficamente de ubicaciones en las que se realizan operaciones conformes al número S5.286 del RR, pueden necesitar una separación de frecuencia mínima del orden de 1 MHz para evitar interacciones. Se necesita un ulterior análisis para determinar la separación específica geográfica y de frecuencia requerida para evitar interacciones.

En vista de estas consideraciones, en esta banda puede ser posible la compartición con radares de perfil del viento.

### 3.2.8 Banda 450-470 MHz

Esta gama está atribuida mundialmente a los servicios fijo y móvil. Toda la banda es muy utilizada por un gran número de estaciones móviles, tales como los sistemas de radiobúsqueda sin acuse de recibo automático y, en algunas administraciones, es probable que se introduzcan servicios de la nueva tecnología móvil de banda estrecha y de banda ancha en los próximos 10 a 20 años. Además, la banda 460-470 MHz está atribuida a título secundario a los servicios por satélite (espacio-Tierra).

Estas consideraciones indican que puede ser difícil acomodar los radares de perfil del viento en esta banda.

### 3.2.9 Banda 470-500 MHz

La banda 470-500 MHz está atribuida mundialmente a los servicios de radiodifusión de televisión. Es muy utilizada por la mayoría de los países en el mundo entero y se están realizando estudios sobre cómo instalar más estaciones de televisión que utilicen las tecnologías existentes o las futuras tecnologías digitales. El acceso a la recepción de radiodifusión está ampliamente abierto y la cobertura de radiodifusión es amplia. En muchos países, hay miles de transmisores para ofrecer servicios nacionales y locales de televisión.

La compatibilidad entre radares de perfil del viento y los servicios de radiodifusión de televisión en la banda de ondas decimétricas debe tener en cuenta los factores técnicos mencionados en el § 1.5.8.

El principal problema con cualquier radar (y los radares de perfil del viento no son una excepción), es la gran anchura de banda requerida. A condición de que las zonas de separación entre las estaciones de televisión que funcionan en el mismo canal sean suficientemente grandes para permitir el funcionamiento de un radar de perfil del viento en este canal y en esta región de separación, el asunto de la anchura de banda ya no es una preocupación mayor porque el radar podría ocupar prácticamente toda la anchura del canal de televisión.

Los adelantos futuros en algunos países pueden conducir a la introducción de radiodifusión sonora digital terrenal y de radiodifusión de televisión digital terrenal en las bandas de radiodifusión. Sin embargo, como se desconocen las características específicas de la televisión digital, no es aún posible predecir las distancias de separación para las futuras operaciones digitales.

Además, habrá un periodo de transición en el que funcionarán la televisión analógica y la digital, aumentando así la utilización de los canales. Como resultado, habrá menos posibilidades de compartición durante este periodo de transición.

Se han realizado pruebas sobre la protección cocanal de sistemas de televisión analógica G/PAL con respecto a un radar de perfil del viento en 482 MHz. Los resultados muestran que una desviación de frecuencia de media línea (aproximadamente 7800 Hz) entre la frecuencia central del radar de perfil del viento y la del vídeo proporciona los mejores valores de relación de protección. Un valor de relación de protección de 39 dB representa interferencia continua producida por el radar que utiliza la desviación de frecuencia de media línea. Se pueden proporcionar mejoras adicionales por un total de 5 dB mediante la sincronización de la desviación de frecuencia de precisión de la frecuencia de trabajo del radar de perfil del viento con la del vídeo y la sincronización de la frecuencia de repetición de impulsos del radar y la frecuencia de la línea vídeo. Si no se optimiza la desviación de frecuencia de media línea, resultará una degradación de la relación de protección de 10 dB.

La coordinación de los parámetros de funcionamiento en cada caso pueden facilitar la compartición entre los radares de perfil del viento y la radiodifusión de televisión.

Al considerar la compartición de frecuencias, la intensidad de campo requerida mínima para las señales de televisión es 53 dB( $\mu$ V/m) según se define en el Informe UIT-R BT.409.

### **3.3 Radiación de armónicos**

La radiación de segundos armónicos del radar puede caer dentro de la gama de los servicios móviles en muchos países.

El nivel de esta radiación o interferencia se debe medir, y si es necesario, se debe reducir lo más posible, mediante medidas apropiadas (utilizando un filtro de armónicos, seleccionando cuidadosamente las frecuencias o la ubicación de ambos sistemas, etc.).

### **3.4 Conclusiones para las bandas alrededor de 400 MHz**

En toda la gama de frecuencias 300-500 MHz, las bandas 440-450 MHz y 470-500 MHz se consideran como posibles candidatas. En el caso de la banda 470-500 MHz, se deben efectuar acuerdos de compartición con los servicios de radiodifusión existentes y proyectados, incluido el servicio de radiodifusión digital proyectado.

## **4 Bandas alrededor de 1 000 MHz**

### **4.1 Necesidades de los usuarios y características del sistema**

Los radares de perfil del viento en 1 000 MHz son idealmente adecuados para la supervisión de las capas atmosféricas más bajas. Los datos de alta resolución del viento entre el nivel del suelo y una altitud de 5 km son esenciales para las aplicaciones de previsión locales a muy corto plazo. Los avisos al público general y a la aviación, la supervisión de la contaminación del aire y la investigación atmosférica.

Se utilizan modelos de transporte de la contaminación del aire para prever la dispersión atmosférica local de los agentes de contaminación en el caso de incidentes químicos o nucleares. Estos modelos necesitan perfiles del viento por lo menos cada 10 min en la capa límite, hasta 3 km, con una resolución vertical de sólo 30 m.

Para las previsiones meteorológicas a muy corto plazo, y en particular los avisos meteorológicos para la aviación, los meteorólogos necesitan perfiles de la altura del viento e información sobre el gradiente transversal de la velocidad del viento con una alta resolución temporal y espacial. Además, el nivel de medición más bajo debe ser lo más cerca posible del suelo.

En la meteorología operacional, los radares de perfil del viento de baja altitud que funcionan alrededor de 1 000 MHz son idealmente adecuados para la previsión sinóptica o de mesoescala en complemento a los perfiladores de alta altitud en ondas métricas.

En la investigación atmosférica, se necesitan datos del viento de muy alta resolución para estudiar las capas atmosféricas más bajas. Los radares de perfil del viento en 1 000 MHz se pueden utilizar para estimar los flujos de calor de impulsos, que son importantes para la comprensión de los procesos atmosféricos.

Los radares de perfil del viento en 1 000 MHz pueden estar equipados con sistemas acústicos para medir perfiles de temperatura en algunas gamas. Esto ofrece la posibilidad de un sistema único de supervisión atmosférica.

Las aplicaciones mencionadas requieren dos tipos de radares de perfil del viento. El primero es un radar de perfil del viento que proporciona típicamente datos de 300 m hasta 5 km con una resolución de 150 m para complementar los datos de viento en ondas métricas hasta la capa límite.

El otro tipo de radar de perfil del viento para la otra aplicación mencionada anteriormente es normalmente un sistema autónomo.

Las características principales de los dos tipos de radares de perfil del viento serían las mencionadas en el Cuadro 2.

CUADRO 2

	Sistema complementario en ondas métricas <sup>(1)</sup>	Sistema autónomo
Potencia de cresta (W)	4 000	1 000
Potencia media (W)	80	50
Anchura del impulso (µs)	1	0,3-10
Resolución de altura (m)	150	50-500
Anchura de banda necesaria máxima (MHz)	2	0,7-7,3
Anchura del haz entre los puntos de 3 dB (grados)	6	4-10
Nivel máximo de los lóbulos laterales con una elevación de 0° a 5° (dBi)	0	0

<sup>(1)</sup> En algunos casos un sistema complementario se puede utilizar como un sistema autónomo.

Se pueden producir radares de perfil del viento en 1 000 MHz relativamente baratos en comparación con los radares de perfil del viento en 50 MHz y 400 MHz. Son más pequeños y pudieran ser transportables. Estos radares en 1 000 MHz se pueden utilizar para determinar las condiciones del viento en los aeropuertos.

## 4.2 Compartición/compatibilidad

A continuación se describe la compartición de los radares de perfil del viento con los servicios existentes en la banda 864-1 427 MHz.

### 4.2.1 Servicios en la banda 862-960 MHz

Esta banda de frecuencias es muy utilizada por diversos servicios.

#### 4.2.1.1 Banda 862-960 MHz en la Región 1

En Europa, gran parte de la banda 864-960 MHz ya es muy utilizada por los servicios móviles terrestres para sistemas nacionales e internacionales. Se proyecta introducir sistemas similares en el resto de la banda en el futuro próximo.

#### 4.2.1.2 Banda 890-960 MHz en las Regiones 1 y 3

Esta banda está atribuida al servicio de radiodifusión a título primario en la Región 3 y en parte de la Región 1 (véase el número S5.322 del RR).

#### 4.2.1.3 Banda 900-960 MHz en las Regiones 1 y 3

Esta banda está atribuida a los servicios fijo y móvil a título primario. Considerando el apantallamiento del terreno, se necesita por lo general una distancia de separación de 60 km para el funcionamiento cocanal.

#### 4.2.1.4 Banda 900-960 MHz en la Región 2

Varios países utilizan la banda 902-928 MHz para radares de investigación de alta potencia fija y largo alcance transportados a bordo de barcos y de aeronaves. Se debe evitar el funcionamiento de radares de perfil del viento en los segmentos de señales débiles de la banda 902-904 MHz atribuida al servicio de aficionados. La banda 928-960 MHz es utilizada por varios servicios terrenales de alta densidad, que incluyen sistemas móviles y fijos.

#### 4.2.1.5 Conclusiones

Observando que:

- a) en una gran parte del mundo, la banda 862-960 MHz es utilizada por los servicios móviles y considerando las características de este servicio, es decir, uso intensivo y las limitadas posibilidades para garantizar una distancia de separación suficiente entre los radares de perfil del viento y los usuarios de los servicios;
- b) las distancias de separación requeridas para los servicios fijos;
- c) las características de los otros servicios que utilizan la banda;

se llega a la conclusión de que no es posible compartir esta banda con radares de perfil del viento, salvo en la porción de la banda entre 904 y 928 MHz en partes de la Región 2.

#### 4.2.2 Banda 960-1 215 MHz: Compatibilidad con DME y TACAN

El sistema DME consiste en un interrogador a bordo de una aeronave y un transpondedor instalado en el punto de referencia en el suelo. El interrogador transmite pares de impulsos de interrogación al transpondedor y recibe pares de impulsos de respuesta transmitidos por el transpondedor. El interrogador calcula la distancia oblicua desde la aeronave equipada con el interrogador a la ubicación del transpondedor. El sistema TACAN tiene la misma función de medición de distancia que el sistema DME.

##### 4.2.2.1 Compatibilidad con los transpondedores DME en el suelo

Habida cuenta de los parámetros técnicos de los radares de perfil del viento y de los transpondedores DME en el suelo, así como del diseño de los transpondedores DME que dan cierta atenuación adicional (75 dB) debido a la codificación específica de sus pares de impulsos, la interferencia se debe al hecho de que la potencia recibida de los radares de perfil del viento aumenta el nivel de ruido del receptor de la baliza DME en el suelo y tiene que ser suprimido hasta una atenuación de 168 dB. Esta atenuación se puede lograr mediante una distancia en el espacio libre de 5000 km en 1 200 MHz. Aunque los radares de perfil del viento están instalados en zonas montañosas donde se puede lograr una atenuación de 20 dB, se necesita una distancia de 500 km para lograr la atenuación de 148 dB.

##### 4.2.2.2 Compatibilidad con el interrogador a bordo de la aeronave

El decodificador del receptor del interrogador a bordo de la aeronave recibirá una señal interferente 50 dB por encima del nivel de rechazo del decodificador de  $-78$  dBW. Esto producirá interferencia importante al receptor del interrogador. Se ha supuesto que el interrogador de la aeronave está 1 000 m por encima y dentro del haz principal del radar de perfil del viento. Se supone que la potencia radiada del haz principal del perfilador ha de ser 67 dBm y +30 dB de ganancia de la antena.

Como el espectro de los radares de perfil del viento tiene una amplitud de más de 1 MHz y como hay un canal DME cada MHz, no es posible lograr la atenuación de 50 dB si los radares de perfil del viento comparten la banda de los sistemas DME/TACAN.

##### 4.2.2.3 Resultado

Varios estudios indican que los radares de perfil del viento producirán una severa interferencia si comparten la banda 960-1 215 MHz.

#### 4.2.3 Banda 1 215-1 260 MHz: Servicio de radionavegación por satélite

De acuerdo con el número 953 del RR, se proporcionará protección a los sistemas del servicio de radionavegación por satélite. Este servicio es proporcionado por la señal GPS L2 (GPS – sistema mundial de determinación de posición) (1 227,6 MHz con anchura de banda necesaria de 20,46 MHz) y el sistema GLONASS-M de radionavegación por satélite (antes de 2005: 1 246,0-1 256,5  $\pm$  5,11 MHz; después de 2005: 1 242,9-1 248,6  $\pm$  5,11 MHz).

Las pruebas prácticas han demostrado que el funcionamiento de un radar de perfil del viento complementario en ondas métricas (ciclo de trabajo bajo) es compatible con algunos receptores GPS (resultado independiente de la frecuencia). Sin embargo, se necesita una distancia de protección de 20 m para evitar que se quemé la unidad frontal. Además, un estudio preliminar muestra que la presencia de 6 o más radares de perfil del viento complementarios en ondas métricas dentro de la línea de visibilidad del receptor GPS (sin suficiente separación de frecuencia) puede impedir el servicio GPS L2.

Los estudios sobre la interferencia producida a un receptor GLONASS (sistema mundial de navegación por satélite) por los radares de perfil del viento complementarios en ondas métricas que funcionan en 1238 MHz muestran que, aproximadamente para un 20% de pérdida de bits, se requiere una separación de distancia de 105 km para que el radar de perfil del viento pueda funcionar a la vez que se ofrece protección apropiada a los usuarios del sistema GLONASS.

Se invita a las administraciones interesadas a que realicen más pruebas en servicio real en entornos operacionales representativos para determinar las condiciones de compartición. La compatibilidad con los radares de perfil del viento de ciclo de trabajo más alto requiere ulterior estudio.

#### **4.2.4 Banda 1 240-1 300 MHz: Compatibilidad con los servicios de aficionados**

Hay varios tipos de operaciones en los servicios de aficionados que incluyen repetidores y el servicio de aficionados por satélite. Se ha estudiado la compatibilidad entre los radares de perfil del viento y estas operaciones.

Se debe evitar el funcionamiento de radares de perfil del viento en la banda 1 295,8-1 297 MHz atribuida al servicio de aficionados correspondiente al segmento de señales débiles.

##### **4.2.4.1 Banda 1 260-1 270 MHz: Compatibilidad con el servicio de aficionados por satélite**

El servicio de aficionados por satélite dentro del eje del haz principal de un radar de perfil del viento recibirá una potencia de interferencia de hasta 60 dB superior al umbral de interferencia estimado de  $-182$  dBW.

Aun cuando el satélite esté en la dirección de  $60^{\circ}$ - $90^{\circ}$  fuera del eje del haz principal, recibirá la potencia de interferencia de unos 35 dB superior a  $-182$  dBW producida por el radar de perfil del viento.

De acuerdo con los niveles de interferencia mencionados, el servicio de aficionados por satélite será interferido por el radar de perfil del viento cuando esté en la línea de visibilidad de dicho radar.

##### **4.2.4.2 Bandas 1 240-1 260 y 1 270-1 300 MHz: Compatibilidad con la estación de repetidores de comunicación terrenal para el servicio de aficionados**

Si la longitud del trayecto de la señal del radar de perfil del viento es de 30 km, el nivel de potencia de interferencia calculada es 82 dBm en la propagación en el espacio libre a la entrada del receptor del servicio de aficionados.

Habida cuenta de la relación de la anchura de banda de frecuencia de la señal, el nivel de interferencia real a la entrada del receptor es de  $-100$  dBm aproximadamente.

Este nivel es 40 dB superior al nivel de umbral de interferencia estimado de  $-170$  dBW.

Cuando se instalan radares de perfil del viento en una zona montañosa, la señal interferente puede ser atenuada en más de 20 dB.

##### **4.2.4.3 Resultado**

Se señala que los servicios de aficionados utilizan diversos tipos de comunicaciones, por lo que pueden estar sujetos a la interferencia producida por los radares de perfil del viento, en particular cuando la frecuencia del radar es igual a la utilizada con onda continua en el satélite.

#### **4.2.5 Banda 1 215-1 400 MHz: Compatibilidad con radares de alta potencia**

Esta banda está atribuida también al servicio de radiolocalización y es utilizada por radares a bordo de aeronaves, de barcos y transportables de alta potencia fija. La compartición es posible con una separación de frecuencia/distancia adecuada.

- 1 235-1 300 MHz en algunos países;
- 1 300-1 350 MHz;
- 1 350-1 375 MHz en algunos países.

#### **4.2.6 Banda 1 215-1 300 MHz: Compatibilidad con el servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo)**

Los radares de apertura sintética utilizados en los satélites de exploración de la Tierra funcionan actualmente y continuarán funcionando en toda la banda 1 215-1 300 MHz. Los análisis teóricos han demostrado que es posible la compartición entre un radar de perfil del viento y un radar de apertura sintética, y han demostrado además que el funcionamiento en la misma frecuencia de un número suficiente de radares de perfil del viento y un radar de apertura sintética degradará de manera inaceptable el funcionamiento del radar de apertura sintética. Se requerirá separación suficiente de la frecuencia central para asegurar el funcionamiento compatible de los radares de perfil del viento y de sensores activos a bordo de vehículos espaciales en esta región del espectro.

Los radares de vigilancia de rutas aéreas con potencias isotrópicas radiadas más altas que las potencias del haz principal de los radares de perfil del viento han estado funcionando en esta banda durante muchos años. No se ha observado interferencia perjudicial a las operaciones de los sensores a bordo de vehículos espaciales. Sin embargo, se ha observado un funcionamiento degradado del radar de apertura sintética, que se puede atribuir a las transmisiones de los radares de vigilancia de rutas aéreas.

#### 4.2.7 Banda 1 400-1 427 MHz: Servicio de radioastronomía

De acuerdo con el número S5.340 del RR, se debe asegurar la protección del servicio de radioastronomía.

### 4.3 Conclusiones relativas a la compartición

Para la previsión meteorológica a muy corto plazo, la supervisión de la contaminación del aire, la respuesta de emergencia a incidentes químicos o nucleares y los boletines de condiciones meteorológicas graves para la aviación y la protección del público, los radares de perfil del viento en 1 000 MHz pueden proporcionar una información muy importante sobre el viento con resoluciones temporal y espacial muy altas.

El análisis de la banda 960-1 215 MHz atribuida al servicio de radionavegación aeronáutica indica que no es posible la compartición con los radares de perfil del viento.

Se deben proteger las bandas de radionavegación aeronáutica.

Se debe evitar la banda 1 260-1 270 MHz del servicio de aficionados por satélite y el servicio de aficionados alrededor de la frecuencia 1 296 MHz.

El servicio de radionavegación por satélite se debe proteger mundialmente contra la interferencia y restricciones operacionales.

Se puede necesitar por lo general hasta 60 km de separación de distancia entre un radar de perfil del viento y una estación de base móvil terrestre para el funcionamiento cocanal con efectos de apantallamiento de las montañas.

La compartición con radares de alta potencia fija puede ser posible con separaciones adecuadas de frecuencia y distancia.

Es posible la compartición entre un radar de perfil del viento y sensores activos a bordo de vehículos espaciales, pero puede no ser posible el funcionamiento de múltiples radares de perfil del viento en la misma frecuencia con sensores a bordo de vehículos espaciales.

Es necesario proteger al servicio de radioastronomía.

### 4.4 Conclusiones para las bandas alrededor de 1 000 MHz

Aunque desde el punto de vista del costo es preferible una sola banda de frecuencias para los radares de perfil del viento, esto puede ser un objetivo difícil de alcanzar.

Las bandas de frecuencias propuestas son:

- 904-928 MHz;
- 1 235-1 241 MHz (con precaución en relación con la radionavegación (véase la Nota 1));
- 1 270-1 295 MHz;
- 1 300-1 375 MHz.

Estas bandas de frecuencias pueden no ser adecuadas para todas las regiones.

A medida que aumenta la frecuencia por encima de 1 300 MHz, disminuye notablemente la calidad de funcionamiento de los radares de perfil del viento.

NOTA 1 – El funcionamiento de radares de perfil del viento en esta banda puede causar interferencia a los receptores del servicio de radionavegación por satélite (véase el § 4.2.3). Las condiciones de compartición se deben determinar sobre la base de simulaciones que deben ser confirmadas por pruebas en servicio real.