

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1063*

Criterios para la compartición de frecuencias entre los enlaces de conexión del SRS y otros enlaces Tierra-espacio o espacio-Tierra del SFS

(Cuestión UIT-R 210/4)

(1994)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que conforme al Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) los enlaces Tierra-espacio utilizados como enlaces de conexión con los satélites del servicio de radiodifusión por satélite forman parte del servicio fijo por satélite;
- b) que la frecuencia y las características técnicas de tales enlaces de conexión pueden depender de las características técnicas de los sistemas que utilizan el satélite de radiodifusión, pero que deben tenerse en cuenta también los riesgos de interferencia con satélites del servicio fijo por satélite que proporcionan enlaces entre puntos determinados de la Tierra;
- c) que las limitaciones del sistema del servicio de radiodifusión por satélite pueden afectar la eficacia con la que se utilizan las bandas de frecuencia del servicio fijo por satélite para los enlaces entre estaciones terrenas;
- d) que las siguientes bandas de frecuencia del SFS en el sentido Tierra-espacio han sido identificadas para uso por los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite: 10,7-11,7 GHz (Región 1), 14,5-14,8 GHz (todas las Regiones excepto Europa), 17,3-17,8 GHz (Región 2 atribuida también al SRS), 17,3-18,1 GHz (Regiones 1 y 3), 18,1-18,4 GHz (todas las Regiones conforme a los números S5.520 y S5.521 del RR), 24,75-25,25 GHz (Regiones 2 y 3), 27,5-30,0 GHz (todas las Regiones);
- e) que en el Apéndice S30A al RR se prevén algunos enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite apareados con el Plan del Apéndice S30 relativo al SRS,

recomienda

- 1 que cuando se considere la compartición entre el SFS y los enlaces de conexión del SRS:
 - 1.1 se tengan en cuenta los requisitos y las limitaciones de ambos sistemas;
 - 1.2 se considere la reducción de la anchura de banda necesaria para los enlaces de conexión;
 - 1.3 se realicen cálculos de interferencia adecuados y se comparen los resultados con las relaciones de protección necesarias;
- 2 que se tengan en cuenta los factores y ejemplos dados en el Anexo 1 con el fin de facilitar el § 1.

* La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44 (AR-2000).

ANEXO 1

Criterios para la compartición de frecuencias entre los enlaces de conexión del SRS y otros enlaces Tierra-espacio o espacio-Tierra del SFS**1 Introducción**

Las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodifusión por satélite corresponden, por definición, al sentido espacio-Tierra. Para los enlaces de conexión con los satélites de radiodifusión explotados en cualquier banda de frecuencias, deben utilizarse, de conformidad con las actuales disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones, las atribuciones del servicio fijo por satélite para el sentido Tierra-espacio. A los fines de este Anexo, el término «servicio fijo por satélite» corresponde a la definición del mismo en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), pero se excluyen los enlaces de conexión con los satélites de radiodifusión.

La Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) (CAMR-79) y ulteriormente la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para examinar la atribución de frecuencias en ciertas partes del espectro (CAMR-92) (Málaga-Torremolinos, 1992) atribuyeron un cierto número de bandas en el sentido Tierra-espacio para uso de los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite. Estas bandas son: 10,7-11,7 GHz (Región 1), 14,5-14,8 GHz (todas las Regiones excepto Europa), 17,3-17,8 GHz (Región 2, esta banda está atribuida también al SRS), 17,3-18,1 GHz (Regiones 1 y 3), 18,1-18,4 GHz (todas las Regiones conforme a los números S5.520 y S5.521 del RR), 24,75-25,25 GHz (Regiones 2 y 3), 27,5-30,0 GHz (todas las Regiones).

Sin embargo, como se prevé que las necesidades en materia de enlaces de conexión para el servicio de radiodifusión por satélite (particularmente en torno a 12 GHz) serán bastante considerables y dado que los enlaces de conexión con los satélites de radiodifusión pueden establecerse en cualquiera de las bandas atribuidas al servicio fijo por satélite en el sentido Tierra-espacio (si bien con coordinación previa en las bandas no destinadas exclusivamente para enlaces de conexión) y que la utilización de las bandas de frecuencias más altas con ese fin puede carecer de atractivo para algunas administraciones, los problemas que plantea un uso de esas atribuciones Tierra-espacio por ambos servicios fijo por satélite y de radiodifusión por satélite, siguen constituyendo un motivo de preocupación.

El uso simultáneo de la banda de 14 a 14,5 GHz por los sistemas del servicio de radiodifusión por satélite que funcionan en torno a 12 GHz y por los del servicio fijo por satélite a los que se han atribuido bandas diferentes en el sentido espacio-Tierra, creará un problema en las partes congestionadas de la órbita. Además de los servicios de radiodifusión por satélite de recepción individual y comunal en la banda de 12 GHz, se considera que podrán proporcionarse servicios «bidireccionales» (telefonía, datos, vídeo) mediante estaciones terrenas con antenas de pequeña abertura. Esto puede imponer requisitos y restricciones adicionales a los dos servicios.

En el presente Anexo se evalúan las repercusiones que tendría en esta compartición el empleo de atribuciones del servicio fijo por satélite para los enlaces de conexión con satélites de radiodifusión, teniendo presentes los Planes establecidos por la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite (Regiones 1 y 3) (Ginebra, 1977) (CAMR RS-77), la conexas Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2 (Ginebra, 1983) (CARR SAT-R2) y el Plan de enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite para las Regiones 1 y 3 elaborado en la segunda reunión de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan (Ginebra, 1988) (CAMR ORB-88).

2 Características técnicas y operacionales necesarias para los enlaces de conexión con satélites de radiodifusión

2.1 Sistemas de radiodifusión por satélite en torno a 12 GHz

La CAMR RS-77 estableció ciertas normas técnicas que afectan a la explotación de los enlaces de conexión en las Regiones 1 y 3. Un requisito importante es que la reducción de la calidad del enlace descendente causada por el ruido térmico del enlace de conexión se considere equivalente a una degradación de la relación portadora/ruido (C/N) en el enlace descendente no superior a 0,5 dB durante el 99% del mes más desfavorable. Para limitar la degradación a este valor, la relación C/N del enlace de conexión para las Regiones 1 y 3 debe ser unos 10 dB superior a la requerida para el enlace descendente, de modo que en este caso la relación C/N para el enlace ascendente tendría que ser de 24 dB si los índices de modulación fuesen iguales.

La Conferencia estableció también que la relación de protección total para cada transmisión de radiodifusión por satélite debe ser de 30 dB. De modo semejante, con la división de los requisitos en materia de calidad de funcionamiento global, la relación de protección total del enlace de conexión de un satélite de radiodifusión puede tener que ser del orden de 40 dB, con una relación de protección para una sola fuente de interferencia tan alta como 45 dB. No se han establecido todavía normas para ninguno de estos dos últimos valores. En lo que respecta a la interferencia debida a los canales adyacentes, hay recientes experimentos simulados que muestran que dicha interferencia es unos 4 dB menor cuando los tubos amplificadores de potencia de los satélites de radiodifusión funcionan en condiciones de saturación y no de excitación reducida. Tal mejora podría aprovecharse igualmente en la planificación de la interferencia de canal adyacente para los enlaces de conexión en las Regiones 1 y 3.

Con respecto a la Región 2, la conclusión de la CARR SAT-R2 fue que se requiere una relación de protección cocanal de 28 dB, lo que se refleja en la concepción del Plan para la Región 2. Se decidió igualmente que, en el caso de los enlaces de conexión un incremento del 10% de la temperatura de ruido a la entrada del receptor del satélite habría de constituir el umbral que requeriría coordinación, de ser rebasado por verdaderas emisiones interferentes.

Puede encontrarse más información en las Recomendaciones UIT-R BO.793, UIT-R BO.794 y UIT-R BO.795, en el Apéndice 30 al RR y en las Actas Finales de la CARR SAT-R2 (Ginebra, 1983).

3 Anchura de banda necesaria del enlace de conexión

3.1 Atribuciones destinadas a enlaces descendentes

La anchura de banda necesaria del enlace de conexión debe considerarse en el contexto de la anchura de banda total atribuida al servicio de radiodifusión por satélite. La situación se resume en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Anchura de banda atribuida al SRS por debajo de 40 GHz

Parte del espectro	Anchura de banda (MHz)
700 MHz	170
2,5 GHz	190
12 GHz	800 (Región 1)
	500 (Región 2)
	500 + 250 (Región 3)
17 GHz	500 (Región 2)
21 GHz	600 (Regiones 1 y 3)

3.2 Reducción de la anchura de banda requerida para los enlaces de conexión con satélites de radiodifusión en 12 GHz

Se han atribuido al servicio de radiodifusión por satélite anchuras de banda considerables para sus enlaces espacio-Tierra, y se prevé que, en último término, estas bandas han de utilizarse extensamente para televisión, mediante la reutilización de frecuencias, que puede conseguirse con antenas transmisoras de alta ganancia en el satélite y el empleo de técnicas de polarización cruzada. Sin duda, ha de obtenerse un grado similar de reutilización de frecuencias en el sentido Tierra-espacio por medio de antenas receptoras de alta ganancia en el satélite, pero es dudoso que esta técnica permita obtener en los enlaces de conexión un grado de reutilización netamente superior al de los enlaces descendentes en las partes del mundo donde la zonas de servicio de radiodifusión son relativamente pequeñas. Podría reducirse el grado de utilización por los enlaces de conexión de los satélites de radiodifusión de las bandas atribuidas a los enlaces Tierra-espacio del servicio fijo por satélite, si se lograra intensificar la reutilización de frecuencias para estos enlaces. Se han identificado cuatro métodos posibles para lograrlo:

- Reutilización de frecuencias en el enlace de conexión merced a una superior directividad de las antenas transmisoras de las estaciones terrenas con relación a las antenas receptoras de radiodifusión.
- Doble polarización.
- Otros métodos de modulación para el enlace de conexión.
- Sistemas integrados sonido-vídeo.

4 Factibilidad de la compartición de atribuciones del SFS (Tierra-espacio) con los enlaces de conexión del SRS

4.1 Utilización de la banda 14,0 a 14,5 GHz

Se ha utilizado un ejemplo para calcular la interferencia producida por la transmisión en el enlace de conexión del servicio de radiodifusión por satélite sobre un satélite de características similares a los satélites Intelsat-V, así como la situación inversa de interferencia producida por la transmisión en el enlace ascendente de un satélite del servicio fijo por satélite sobre el enlace de conexión de un satélite de radiodifusión. Se supone que las señales interferentes son de la misma frecuencia y polarización.

En el ejemplo se han adoptado las siguientes hipótesis relativas a los sistemas para las dos señales interferentes:

Transmisiones en los enlaces ascendentes del servicio de radiodifusión por satélite:

- Anchura angular del haz de la antena receptora de satélite: 1°, 2°, 4°
- Temperatura de ruido del sistema receptor del satélite: 3 000 K
- Diámetro de la antena transmisora de la estación terrena: 2, 4, 8 m
- Relación portadora/ruido en el enlace ascendente: 25 dB
- Anchura de banda de radiofrecuencia: 27 MHz
- Dispersión de energía: 600 kHz (cresta a cresta)

Estos supuestos dan como resultado los parámetros siguientes del sistema (a 14 GHz):

CUADRO 2

Sistema receptor del satélite		Estación terrena transmisora			
Abertura angular del haz de la antena (grados)	G/T en el borde del haz de la antena (dB(K ⁻¹))	p.i.r.e. (dBW)	Potencia suministrada a la antena (W)		
			2 m	4 m	8 m
1	6	72,7	380	97	24
2	0	78,7	1 500	380	97
4	-6	84,7	6 000	1 500	380

Por lo que se refiere al sistema INTELSAT, se supondrán tres clases de transmisiones típicas con las características siguientes:

CUADRO 3

Tipo	Modulación	Capacidad	p.i.r.e. (dBW)	Relación de protección (dB)
A	MDF-MF	24 canales	69	29 ⁽¹⁾
B	MDF-MF	972 canales	81	33 ⁽¹⁾
C	AMDT-MDPC-4 φ	120 Mbit/s	82	30 ⁽²⁾

(1) Para obtener una potencia de ruido de 600 pW_{0p} en el canal más desfavorable debida a la interferencia por una transmisión analógica de televisión MF.

(2) Mínimo admisible para una sola contribución de interferencia procedente de cualquier transmisión de elevada potencia comprendida en la banda ocupada de 72 MHz.

Suponiendo que tanto el satélite de radiodifusión como el satélite de la serie Intelsat-V tengan coberturas de antena receptora de estación espacial a 14 GHz coincidentes o solapadas, suponiendo además que las antenas de las estaciones terrenas que transmiten hacia el satélite de radiodifusión satisfacen el diagrama de radiación de referencia del UIT-R, las relaciones de protección requeridas mencionadas más arriba podrían lograrse con las separaciones angulares geocéntricas, como indicado en el Cuadro 4, entre el satélite de radiodifusión y un satélite Intelsat-V.

Se han mostrado claramente las ventajas que presenta la reducción de la anchura angular del haz de la antena receptora de un satélite de radiodifusión en la disminución de las condiciones de interferencia; sin embargo, la cobertura reducida podría impedir la transmisión hacia el satélite de radiodifusión desde ciertas zonas dentro de los límites de la zona de servicio, o desde fuera de ella.

CUADRO 4

Características del sistema de radiodifusión por satélite		Separación entre satélites para diferentes tipos de portadora INTELSAT interferida (grados)		
		A	B	C
Anchura angular del haz de la antena del satélite en recepción (grados)	Diámetro de la antena de la estación terrena transmisora (m)	24 canales MDF-MF	972 canales MDF-MF	MDPC-4 120 Mbit/s
1	2	5,0	2,4	1,7
	4	2,9	1,4	< 1,0
	8	1,7	< 1,0	< 1,0
2	2	8,7	4,2	2,9
	4	5,0	2,4	1,7
	8	2,8	1,4	< 1,0
4	2	15,1	7,2	5,0
	4	8,7	4,2	2,9
	8	5,0	2,4	1,7

La planificación actual del sistema INTELSAT prevé un número apreciable de portadoras MDF-MF con una capacidad de sólo 24 canales, así como numerosas portadoras MDF-MF de capacidad comprendida entre 24 y 972 canales. En el caso de estas portadoras, las separaciones angulares geocéntricas requeridas entre un satélite de radiodifusión y un satélite Intelsat-V son apreciables. Sería posible lograrlas si los satélites de radiodifusión estuviesen separados entre sí por ángulos iguales al doble de los indicados más arriba, pero en tal caso sólo habría una posición de satélite del servicio fijo por satélite entre dos posiciones de satélite de radiodifusión. De desearse una relación de n satélites del servicio fijo por satélite por cada satélite de radiodifusión, sería necesario aumentar la separación entre satélites de radiodifusión $n - 1$ veces la separación requerida entre los satélites del servicio fijo por satélite.

En el caso del sistema INTELSAT, es posible aprovechar el hecho de que actualmente sólo proporciona una cobertura limitada para el enlace ascendente a 14 GHz y utilizar, en los enlaces de conexión con satélites de radiodifusión anchuras angulares del haz de la antena receptora del satélite inferiores a 1° y antenas transmisoras de estación terrena de más de 8 m de diámetro a fin de reducir el problema, aunque esto puede constituir una importante limitación para el servicio de radiodifusión por satélite y resultar inadmisibles. Otra posibilidad sería coordinar las frecuencias portadoras de los enlaces de conexión con el satélite de radiodifusión con los de las portadoras del satélite Intelsat-V, o bien tratar de obtener una cierta discriminación por polarización en el enlace ascendente.

En la dirección opuesta, la interferencia causada por las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite a los satélites de radiodifusión dista mucho de ser despreciable. Con los parámetros correspondientes a la portadora INTELSAT de 972 canales, y suponiendo que se requiera una relación de protección de 45 dB para una sola fuente interferente en el enlace de conexión del servicio de radiodifusión por satélite, se necesitarían las siguientes separaciones geocéntricas entre satélites que funcionen a 14 GHz.

CUADRO 5

Anchura angular del haz del satélite de radiodifusión en recepción (grados)	Separación entre satélites para diferentes diámetros de la antena transmisora de la estación terrena INTELSAT (grados)		
	8 m	12 m	16 m
1	11,6	8,8	6,8
2	6,7	5,0	4,0
4	3,8	3,0	2,3

Los parámetros del sistema que se indican en este punto para el servicio fijo por satélite son los correspondientes a satélites INTELSAT-V. Otros sistemas del servicio fijo por satélite, especialmente los destinados a prestar un servicio nacional o regional, pueden requerir separaciones mayores que las indicadas en los Cuadros.

En este caso, el aumento en la sensibilidad del receptor del satélite de radiodifusión implicará un incremento paralelo en su susceptibilidad a la interferencia procedente de las transmisiones de las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite, lo que puede entrañar la necesidad de una mayor separación entre satélites.

Puede concluirse que es posible que surjan problemas de interferencia entre los enlaces ascendentes de los sistemas del servicio fijo por satélite y los enlaces de conexión con los satélites de radiodifusión cuando utilicen una banda de frecuencias común. No obstante, se trata de problemas que podrán resolverse en casos concretos mediante una coordinación de frecuencias y el empleo de una tecnología apropiada. Se llega a la conclusión de que será necesario estudiar en detalle los casos concretos de compartición entre redes del servicio fijo por satélite y enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite, teniendo en cuenta el diseño previsto y los parámetros de explotación. Se dan dos ejemplos adicionales sobre estudios realizados para las Regiones 3 y 1.

4.1.1 Ejemplo 1

En un análisis realizado por Japón se calculó la interferencia para casos particulares en la banda de 14,0 a 14,5 GHz entre enlaces ascendentes de los satélites del servicio fijo que prestan servicio a la Región 3 y tienen las características que se indican en este Anexo para INTELSAT-V y enlaces de conexión con satélites de radiodifusión de la Región 3 que funcionan de conformidad con el Plan para la banda de 12 GHz, presentándose los resultados siguientes:

- Para los parámetros técnicos utilizados en el estudio, el valor peor de la relación portadora/interferencia (C/I) en los enlaces de conexión con los satélites de radiodifusión interferidos por enlaces ascendentes de INTELSAT-V en la región del Océano Índico sería superior a la relación de protección supuesta de 45 dB. El peor valor de C/I de los enlaces ascendentes de INTELSAT-V interferidos por los enlaces de conexión con satélites de radiodifusión sería superior a los 31 dB necesarios para una potencia de ruido de interferencia de 400 pW0p (de 600 pW0p según la Recomendación UIT-R S.466) en un sistema MDF-MF de 24 canales.
- En el caso de la interferencia entre un supuesto satélite del servicio fijo por satélite emplazado a 65° E, y los satélites de radiodifusión, las antenas de 15 m de las estaciones terrenas del servicio fijo por satélite causarían interferencia a los satélites de radiodifusión situados en el segmento orbital de 62° E a 74° E. Por consiguiente, la separación orbital necesaria para proteger los enlaces de conexión de la radiodifusión por satélite puede ser de unos 10°. En cuanto a la interferencia de estaciones terrenas del servicio de radiodifusión por satélite a las estaciones espaciales del servicio fijo por satélite, sería producida únicamente por las estaciones terrenas que establezcan la conexión con los satélites de radiodifusión que tengan una separación de 3° con respecto al satélite del servicio fijo por satélite.

- En cuanto a la interferencia entre los satélites de radiodifusión y los supuestos satélites del servicio fijo por satélite, nacionales o subregionales, situados entre los satélites de radiodifusión, la interferencia causada a los satélites de radiodifusión sería la dominante. En consecuencia, el uso de antenas transmisoras terrenas de 4,5 m en el sistema del servicio fijo por satélite causaría interferencia a los satélites de radiodifusión separados de los satélites del servicio fijo por satélite no más de 30° aproximadamente y con relaciones de protección inferiores a 45 dB.

Si se suponen características de transmisión y posiciones orbitales distintas para INTELSAT-V, algunas de las cuales pueden emplearse pronto (SCPC, portadoras de 12 canales, posición de 66° E de longitud, etc.), puede llegarse a conclusiones distintas en lo que respecta a la separación orbital necesaria entre los satélites del servicio fijo por satélite y los satélites de radiodifusión que utilizan las bandas de 14,0 a 14,5 GHz en la dirección Tierra-espacio. Se necesitan nuevos estudios para tener en cuenta la gama de parámetros de sistemas que pueden utilizarse.

4.1.2 Ejemplo 2

El estudio realizado por la Administración francesa en este ejemplo supone la posición orbital del satélite del servicio fijo por satélite (SFS) situada entre dos satélites de radiodifusión separados 6°, y una zona de servicio del SFS que se superpone parcialmente a una de las zonas de servicio del servicio de radiodifusión por satélite (SRS). Para este estudio y este conjunto particular de hipótesis, se concluyó que, incluso en el caso de redes del SFS que utilizan portadoras MDF-MF de gran capacidad, no puede asegurarse una adecuada protección contra la interferencia causada al SFS por los enlaces de conexión del SRS a menos que el satélite del SFS esté ubicado cerca de alguna de las posiciones en que la interferencia es mínima. La elección de esas posiciones puede entrañar serias limitaciones que resultan incompatibles con las necesidades del SFS (tales como el arco de servicio). Además, la utilización de una banda compartida entre los enlaces de conexión de la radiodifusión por satélite y los enlaces ascendentes del servicio fijo por satélite en el conjunto de una Región supondría que tal compartición es posible por lo menos en ciertas posiciones orbitales y cualesquiera que sean las posibles características de los sistemas; ahora bien, se ha visto que, en el caso de las portadoras de tipo monocanal o con canales de pequeña capacidad del SFS, no resulta posible encontrar una posición conveniente. La atribución de la banda 17,3-17,8 GHz en la Región 2 para los enlaces del SRS (espacio-Tierra) por la CAMR-92 hace necesario realizar ulteriores estudios.

4.2 Utilización de la banda de frecuencias 14,5-14,8 GHz

La CAMR ORB-88 adoptó un Plan para los enlaces de conexión del SRS en la banda 14,5-14,8 GHz. Este Plan, que figura en el Apéndice S30A al RR, contiene asignaciones a 19 países de África y Asia, utiliza 17 ubicaciones orbitales entre 37° W y 128° E y divide la banda en 14 canales con separaciones de 19,18 MHz.

En este punto se resumen los resultados de dos estudios sobre la compartición de frecuencias entre el SFS y los enlaces de conexión del SRS. Estos estudios se llevaron a cabo como parte de la preparación del antiguo CCIR para la CAMR-92. Como dicha Conferencia decidió que la utilización de la banda por el SFS debía permanecer limitada a los enlaces de conexión del SRS, este punto se incluye únicamente con el fin de ilustrar la factibilidad de la compartición de la banda 14/11 GHz.

Se tomaron los mismos parámetros de transmisión de los enlaces de conexión del SRS publicados en el Apéndice S30A al RR. Se supuso que había dos tipos de portadoras del SFS, a saber TV-MF y digital (IDR – 64 kbit/s y 8 448 kbit/s).

Los análisis de interferencia se basaron en el supuesto de interferencia en el mismo canal, con cobertura común, y no se tuvo en cuenta la discriminación por polarización.

Los resultados básicos indicaron que:

- una separación orbital de más de $2,5^\circ$ es suficiente para proteger las asignaciones de los enlaces de conexión del SRS con relación al SFS en las peores condiciones en cuanto a cobertura común y utilización de la misma frecuencia;
- para separaciones orbitales más pequeñas entre los satélites del SFS y del SRS, la televisión del servicio fijo por satélite podría utilizar las bandas con limitaciones en el enlace ascendente de los emplazamientos de estaciones terrenas dentro de la zona de cobertura del servicio de radiodifusión por satélite;
- las separaciones orbitales necesarias podrían reducirse si se mantiene la separación de frecuencia entre las frecuencias de los canales asignados a la televisión del servicio fijo por satélite y al servicio de radiodifusión por satélite, lo cual es aparentemente posible;
- las portadoras del SFS con velocidades binarias mayores pueden utilizar la banda 14,5-14,8 GHz de un modo similar a la TV del SFS;
- las portadoras sensibles del SFS pueden utilizar la banda planificando las frecuencias de las portadoras alrededor de las portadoras de televisión del SRS y/o evitando algunos contornos de la antena de satélite del SRS, dependiendo de la separación orbital entre los satélites.

En resumen, los estudios muestran la factibilidad de la coexistencia entre las asignaciones del SFS y las asignaciones del SRS hechas por la CAMR ORB-88 en la banda 14,5-14,8 GHz. Las limitaciones para las redes del SFS que utilizan esta banda no son onerosas. Además, en la mayor parte de la órbita de los satélites geoestacionarios, pueden evitarse las limitaciones eligiendo de manera adecuada las ubicaciones orbitales de las nuevas redes. Para las redes cuya flexibilidad orbital sea limitada, las medidas necesarias no serán, por lo general, más severas que las que se requieren en la coordinación normal entre redes del SFS en las bandas corrientes.

4.3 Utilización de la banda de frecuencias 17,3-18,1 GHz

En algunas zonas de la Región 3, de alto índice de pluviosidad, puede resultar inconveniente utilizar la banda superior, debido a efectos de propagación adversos.

El Plan del Apéndice S30A se basa en una antena de 5 m a 18 GHz con una ganancia en el eje de 57 dBi, que permite valores de la p.i.r.e. de hasta 87,4 dBW. Esto requiere aproximadamente 1 kW de potencia del transmisor en el terminal de entrada de antena. La conversión MA-MP en los amplificadores de potencia de la estación terrena introducirá ruido, lo cual se ha tenido en cuenta en el Plan al asignar 2,0 dB en los cálculos de C/N para el enlace de conexión.

5 Utilización de las atribuciones del servicio fijo por satélite (espacio-Tierra) para los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite

Si se decidiese aplicar este procedimiento, es decir, asignar bandas para el enlace de conexión del servicio de radiodifusión en una banda espacio-Tierra atribuida al servicio fijo por satélite, como se prevé, tratándose de la banda de 10,7 a 11,7 GHz, en la Región 1, se producirían los siguientes tipos de interferencia:

- a) Interferencia causada por estaciones espaciales del servicio fijo por satélite a estaciones espaciales del servicio de radiodifusión por satélite.
- b) Interferencia causada por estaciones terrenas que transmiten hacia satélites de radiodifusión a estaciones terrenas que reciben transmisiones de satélites del servicio fijo por satélite.

En el caso de la interferencia a) anterior, es posible suponer los parámetros mencionados precedentemente para un enlace de conexión de radiodifusión por satélite, que conducen a una potencia de la portadora deseada en el receptor del satélite de radiodifusión de unos -95 dBW. Suponiendo que se necesite una relación de protección en el enlace de conexión para una sola fuente interferente a 45 dB, la potencia de interferencia a la entrada del receptor del satélite de radiodifusión no debe exceder de -140 dBW. La atenuación neta entre la salida del transmisor de una estación espacial interferente del servicio fijo por satélite y el receptor de un satélite de radiodifusión es igual a la pérdida en el espacio libre, A , entre las dos estaciones espaciales, menos la suma de las ganancias de las antenas ΣG (ganancia de la antena transmisora del satélite del servicio fijo por satélite y ganancia de la antena receptora del satélite de radiodifusión) de ambas estaciones espaciales en la dirección de una a la otra, es decir, sus ganancias de antena respectivas con un ángulo no inferior a unos 70° respecto de las direcciones de sus respectivos haces principales. Se aplica la desigualdad siguiente:

$$P_{FS} + \Sigma G(70^\circ) - A(\varphi) < -140 \quad \text{dBW} \quad (1)$$

que, con

$$A = 90 + 20 \log f_{MHz} + 20 \log \varphi \quad \text{dB} \quad (2)$$

y en el supuesto de $f = 11\,000$ MHz, da la siguiente ecuación para el valor mínimo de la separación angular de los satélites, φ , en función de las dos variables P_{FS} (potencia disponible de la portadora en el terminal de la antena transmisora del satélite del servicio fijo) y ΣG :

$$\log \varphi = \frac{P_{FS} + \Sigma G - 31}{20} \quad (3)$$

Se observará que prácticamente todos estos valores de la atenuación requerida (0,01% del tiempo) traerían consigo distancias de separación entre los emplazamientos inferiores a 100 km, y mucho menores en algunos casos. Habría necesidad de distancias de separación aún menores si el efecto de pantalla del terreno asegurase un aislamiento adicional entre los emplazamientos.

Se requieren estudios ulteriores relativos a los efectos potenciales sobre los sistemas de relevadores radioeléctricos de las propuestas para enlaces ascendentes y descendentes de sistemas espaciales que funcionan en bandas compartidas con los servicios terrenales. Además, es preciso estudiar si este modo de utilización impone condicionamientos operacionales a los enlaces de conexión hacia satélites de radiodifusión.

6 Conclusiones

Este Anexo ha mostrado que la satisfacción de una parte de las necesidades en materia de enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite en una de las atribuciones para los enlaces Tierra-espacio del servicio fijo por satélite, utilizada de modo intensivo por otras portadoras del SFS, puede producir algunas limitaciones recíprocas entre ambos servicios, puesto que:

- las exigencias de los Planes para el enlace de conexión deben concordar con las correspondientes al enlace descendente y, por tanto, el número de radiocanales necesarios para el enlace de conexión debe ser del mismo orden de magnitud que el correspondiente al enlace descendente; no obstante, puede ser incluso mayor, y las posiciones orbitales no son objeto de elección;
- las exigencias de relaciones de protección en los enlaces de conexión con los satélites de radiodifusión pueden ser notables, y puede ser apreciable la separación necesaria entre satélites;
- resultará imposible para cualquiera de estos dos servicios hacer uso de ciertas ubicaciones orbitales y/o ciertos radiocanales;

- los procedimientos de coordinación entre redes, aplicados en el caso de las bandas atribuidas en el sentido Tierra-espacio al servicio fijo por satélite, y no reservadas específicamente para los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite, quizá no resulten acordes con los dispositivos del Plan ni con las opciones de puesta en servicio.

Es evidente que, cuando las portadoras de los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite forman parte de un Plan, las limitaciones son mayores que en el caso contrario y, en tales casos, sería preferible que los enlaces de conexión utilizaran las partes del espectro puestas a su disposición pero no a la de otras portadoras del servicio fijo por satélite. No obstante, estas limitaciones no son insuperables, y existen medios técnicos para solucionar el problema.

Entre las técnicas y estrategias para reducir la influencia de las atribuciones a los enlaces Tierra-espacio del servicio fijo por satélite, la que merece seguirse considerando es la compartición con el servicio fijo por satélite en bandas de frecuencias atribuidas a este último en el sentido espacio-Tierra. Sin embargo, cuando tales bandas estén también atribuidas a los servicios terrenales, existiría un número relativamente grande de «interfaces» de interferencia. Son necesarios estudios adicionales para poder establecer criterios de compartición apropiados.

Exceptuando el caso en que los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite están sujetos a un Plan, se considera que las medidas necesarias para que pueda haber compartición no serán más severas que las que se utilizan en la coordinación normal entre redes del servicio fijo por satélite.
