

INFORME 1023-1 *

**COMPARTICIÓN DE FRECUENCIAS ENTRE EL SERVICIO MÓVIL TERRESTRE Y
EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN (TELEVISIÓN) EN BANDAS DE
FRECUENCIAS INFERIORES A 1 GHz**

(Cuestión 69/8)

(1986-1990)

1. Introducción

La CAMR-79 aumentó el número de bandas de frecuencias que pueden compartirse entre el servicio de radiodifusión y el servicio móvil por debajo de 1 GHz.

Si se atribuye a dos o más servicios una misma parte del espectro de frecuencias, su compartición puede efectuarse de una de las siguientes maneras:

- a) empleo de la misma banda de frecuencias por los diferentes servicios a horas diferentes;
- b) empleo simultáneo de partes diferentes de las bandas compartidas por los distintos servicios;
- c) empleo simultáneo de las mismas partes de las bandas compartidas por servicios distintos, pero en zonas geográficas separadas.

En el presente Informe se examina el caso de la compartición en zonas geográficas separadas del apartado c) anterior.

2. Características de los dos servicios

Los servicios de televisión suelen emplear una potencia radiada considerablemente mayor que los servicios móviles (típicamente superior en 40 dB), y los servicios móviles una intensidad de campo utilizable considerablemente menor que la televisión (típicamente inferior en 30 dB). Esta diferencia total de 70 dB en el criterio de planificación de los dos servicios sugiere inicialmente que la compartición tendrá muy limitada aplicación. Sin embargo, en la práctica los siguientes criterios redundan en beneficio de los servicios móviles:

- éstos suelen requerir una relación de protección inferior a la del servicio de televisión (típicamente 10 dB, en lugar de 50 dB);
- sus zonas de servicio son más pequeñas, por lo que sus antenas son menos altas que las de radiodifusión y la ganancia debida a la altura es correspondientemente menor;
- el servicio de televisión emplea una anchura de banda muchísimo mayor que el servicio móvil (típicamente 8 MHz, en lugar de 12,5 kHz), de manera que en ningún canal móvil estará presente la totalidad de la potencia de la señal de televisión. De hecho, la densidad de potencia de la señal de televisión en el canal de televisión, no es constante, conforme se expone a continuación.

3. Densidad espectral de potencia de la señal de televisión

La fig. 1 muestra los límites de la densidad espectral de potencia de una señal de televisión medida en una anchura de banda de 7 kHz (apropiada para un receptor móvil con canales de 12,5 kHz). Esta plantilla combina los sistemas PAL y SECAM utilizados en Europa. La separación de frecuencia entre las diversas portadoras es diferente en los distintos sistemas pero los niveles relativos de potencia no varían mucho. Puede verse que, entre portadoras, la potencia es por lo menos 30 dB inferior a la potencia total y que en gran parte del canal de televisión es inferior en por lo menos 40 dB.

La fig. 1 se aplica a imágenes normales. La densidad espectral de potencia de las imágenes generadas por medios electrónicos requiere ulterior estudio.

* Este Informe deberá señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 1 y 11.

4. Ejemplo de compartición

A modo de ejemplo de las posibilidades de compartición, considérese el caso de un servicio móvil en torno a 200 MHz en la banda III de televisión (174-230 MHz). Según el Informe 358, los requisitos del servicio móvil para una calidad de la señal de grado 4 son:

- Intensidad de campo mediana que debe protegerse: 22 dB(μ V/m)
- Relación de protección: 10 dB
- Intensidad de campo interferente máxima: 12 dB(μ V/m)

Supóngase que el servicio móvil tiene las siguientes características típicas:

- Altura efectiva de la antena de la estación de base: 75 m
(ganancia por altura con relación a 10 m: +9 dB)*
- Altura efectiva de la antena de la estación móvil: 3 m
(ganancia por altura con relación a 10 m: -4,5 dB)*

Supónganse los siguientes valores típicos del servicio de televisión:

- Altura efectiva de la antena: 300 m
- Potencia radiada aparente: 250 kW

En estas condiciones, las distancias de separación necesarias según la Recomendación 370 (para 10% del tiempo y el 50% de las ubicaciones) son las indicadas en el cuadro I siguiente.

CUADRO I — Distancias de separación necesarias para proteger el servicio móvil
(se supone que la potencia radiada en televisión entre las frecuencias portadoras es inferior en 30 dB a la potencia radiada total)

	Explotación en las frecuencias portadoras (km)	Explotación entre frecuencias portadoras (km)
Estación de base	560	260
Estación móvil	430	180

Como se ve, las distancias son grandes para la explotación en las frecuencias portadoras, pero se reducen considerablemente cuando la explotación tiene lugar en frecuencias situadas entre las portadoras. Así pues, tal vez no sea posible explotar un servicio móvil en las frecuencias portadoras de televisión, pero queda un gran espectro en el cual puede ser posible la explotación.

5. Discriminación de la antena receptora

Los servicios móviles están obligados a utilizar polarización vertical debido a las dificultades que plantearía en caso contrario el montaje de las antenas de las estaciones móviles, sobre todo en las frecuencias más bajas. Pero los servicios de televisión pueden emplear polarización horizontal o vertical. El uso de polarización horizontal en el servicio de televisión facilita muchísimo la compartición de frecuencias entre los servicios móvil y de televisión ya que puede sacarse partido del factor de discriminación de la antena, que es de aproximadamente 15 dB. Esta discriminación se aplica únicamente a las estaciones de base. En el caso de las estaciones móviles, la discriminación será mucho menor — tal vez de 3 dB — pero la interferencia de la estación de base es el caso predominante, como se ve en el cuadro I. La distancia de separación de 260 km disminuye a 160 km en el ejemplo del cuadro I si se supone que la polarización es ortogonal.

* Estos valores requieren estudios posteriores.

6. Protección de los servicios de televisión

Según la Recomendación 417, las intensidades de campo mínimas (medianas) que debieran protegerse al planificar servicios de televisión son 48, 55, 65 ó 70 dB(μ V/m) para las bandas I (47-68 MHz), III (174-230 MHz), IV (470-582 MHz) y V (582-960 MHz), respectivamente. El empleo de valores más bajos dificulta la compartición. En la fig. 1 puede verse que, salvo en la cercanía inmediata de las portadoras, un aumento moderado de la potencia de transmisión de televisión, al objeto de mejorar la intensidad de campo en el borde de la zona de servicio, puede tener poco efecto en el servicio móvil. Además, como es poco probable que las frecuencias portadoras puedan ser utilizadas por el servicio móvil, la interferencia no aumentará si se emplean reemisores de baja potencia, a condición de que sus frecuencias portadoras se amolden a la misma retícula de frecuencias. La compartición resulta aún más fácil si pueden aceptarse intensidades de campo protegidas más altas en las zonas de servicio de estos reemisores.

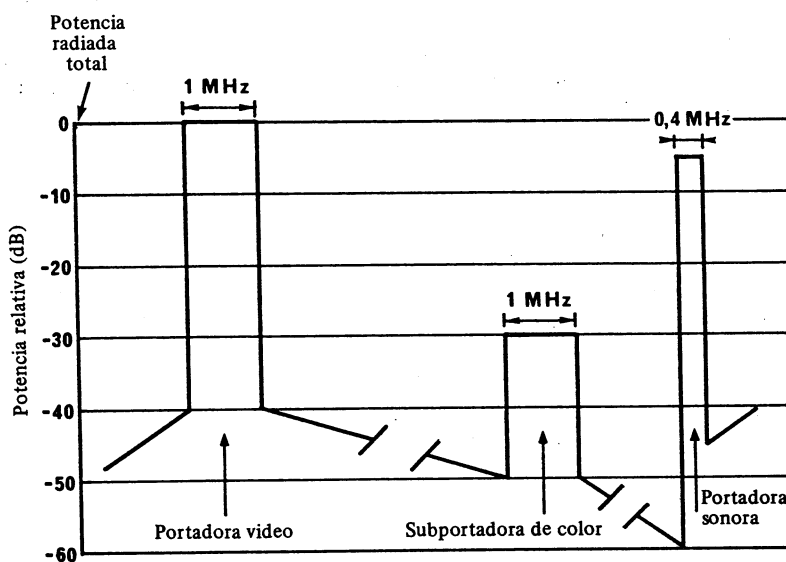


FIGURA 1 - Valores relativos de la potencia radiada de cresta (medida en una banda de 7 kHz)

7. Relaciones de protección

Las relaciones de protección aplicables a las señales de televisión se indican en la Recomendación 418 y en el Informe 306. En dichos textos se demuestra que la relación de protección no es constante para interferencia de banda estrecha en el canal de televisión, siendo máxima (aproximadamente 50 dB) cerca de la portadora video y mínima (aproximadamente 30 dB) cerca de la portadora sonora. Es posible aprovechar esta circunstancia al planificar los servicios móviles asignando frecuencias cercanas a la portadora sonora a las estaciones de base que más puedan crear interferencia, y frecuencias cercanas a la portadora video a las que puedan crear menos interferencia o a las estaciones móviles.

8. Interferencia múltiple

Un nuevo factor que planteará la compartición entre servicios móviles y de televisión es el efecto que tendrán las fuentes de interferencia múltiples sobre la señal de televisión. Esto se debe a la gran diferencia en la anchura de banda utilizada por los dos servicios, que implica que en un canal de televisión podrían funcionar 300 ó 400 transmisores de servicios móviles.

Puede que el método de multiplicación simplificado expuesto en el Informe 945 resulte apropiado en este caso, pero requiere ulterior estudio. Asimismo, es poco probable que todos los transmisores de servicios móviles funcionen simultáneamente, y deben estudiarse con más detenimiento las estadísticas de explotación en este caso, teniendo en cuenta que la compartición será más fácil si el funcionamiento de las estaciones móviles se puede limitar a zonas concretas.

9. Interferencia causada por las estaciones de base y móviles

Las estaciones de base podrían causar más interferencia a la televisión que las estaciones móviles. La menor altura de la antena de las estaciones móviles, junto con su limitada potencia radiada y — los efectos generales de sombra causados por los edificios, hacen que su intensidad de campo interferente sea unos 20 dB inferior a la de la correspondiente estación de base. Ello no ocurrirá si la estación móvil funciona en un sitio elevado y despejado, (esta interferencia puede ser transitoria) o si las estaciones móviles que funcionan en el mismo canal penetran en la zona de servicio de televisión. Si bien la interferencia de las estaciones móviles en estos casos sólo podrá producirse durante un escaso porcentaje de tiempo, la interferencia provocada será admisible si se traduce en una grave perturbación (y no sólo en una degradación perceptible) de la recepción de televisión.

Un valor típico de la potencia radiada por una estación de base del servicio móvil es de 25 W. Utilizando antenas directivas este valor puede reducirse drásticamente, típicamente a 2,5 W, en dirección de la zona de servicio del emisor de televisión.

En el anexo I, figura un método en el que se muestra cómo el efecto de la interferencia múltiple procedente de estaciones móviles terrestres de banda estrecha puede aparecer en el interior de la anchura de banda mucho mayor de un canal de televisión y se demuestran las ventajas que comporta el empleo de antenas directivas.

10. Conclusiones

La compartición entre los servicios móvil y de radiodifusión (televisión) es posible en zonas geográficas separadas, sobre todo si se evitan las frecuencias portadoras de televisión.

La compartición se ve facilitada si se aumenta la intensidad de campo protegida de ambos servicios. También se ve facilitada si se emplea polarización horizontal en el servicio de televisión. Sin embargo, cuando se pueda emplear la discriminación por polarización para facilitar la compartición con el servicio de radiodifusión, habrá que estudiar detenidamente las ventajas generales que supone respecto al espectro.

Los efectos de la presencia de múltiples fuentes de interferencia sobre el servicio de televisión no se conocen por completo todavía y requieren ulterior estudio.

ANEXO I

En ubicaciones próximas a la costa para las que existe un trayecto predominantemente marítimo, deben adoptarse precauciones especiales, para disminuir las intensidades de campo que interfieren al servicio de televisión. En el caso de una instalación con una sola estación de base, es posible producir una intensidad de campo interferente igual al valor de la intensidad de campo del servicio de televisión que ha de protegerse, lo que impedirá la utilización del canal de televisión por el servicio móvil terrestre.

El campo interferente o perturbador se calcula mediante la expresión (véase el Informe 945):

$$E_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i + b_i + e_i)^2}$$

donde:

a_i : relación de protección en radiofrecuencia (dB) asociada al i -ésimo transmisor no deseado,

b_i : discriminación de la antena receptora (dB),

e_i : intensidad de campo del transmisor no deseado (dB(μ V/m)).

Utilizando una antena direccional de estación de base, puede reducirse la intensidad de campo de la interferencia en 10 dB por lo menos.

Queda ahora por demostrar qué significa ésto en términos de utilización del canal.

El método de multiplicación simplificada para la evaluación de la interferencia múltiple (véase el Informe 945) proporciona la siguiente fórmula para el cálculo de la intensidad de campo utilizable (intensidad de campo a proteger):

$$p_c = 0,5 = \prod_{i=1}^n L(E_u - F_i)$$

Estos términos se definen en el Informe 945, pero debe señalarse que:

$$\begin{aligned} F_i &\equiv E_{si} \text{ en el Informe 945} \\ F_i &= P_i + E_{ni}(50, T) + A_i + B_i + K_i \end{aligned} \quad (1)$$

donde:

K_i : factor de corrección de antena directiva asociado al i -ésimo transmisor no deseado.

Ahora, si se introducen k campos interferentes tales que:

$$F_{(n+1)} = F_{(n+2)} = F_{(n+3)} = \dots F_{(n+k)} = F'$$

y el nuevo valor de la intensidad de campo protegido (E_u) = E_p , se tiene:

$$\begin{aligned} p_c &= \prod_{i=1}^{n+k} L(E_p - F_i) \\ &= \left[\prod_{i=1}^n L(E_p - F_i) \right] \times \left[L(E_p - F_{(n+1)}) \times L(E_p - F_{(n+2)}) \times \right. \\ &\quad \left. \times L(E_p - F_{(n+3)}) \times \dots \times L(E_p - F_{(n+k)}) \right] \\ &= \left[\prod_{i=1}^n L(E_p - F_i) \right] \times \left[L(E_p - F') \right]^k \end{aligned}$$

donde:

$$k \log_e [L(E_p - F')] = \log_e \left[\frac{p_c}{\prod_{i=1}^n L(E_p - F_i)} \right] \quad (2)$$

Nota. - $L(E_p - F_i) = 0,5 + 0,5 \varphi \left(\frac{E_p - F_i}{8,3 \sqrt{2}} \right)$ (véase el Informe 945)

$$y \quad \varphi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x [\exp(-t^2/2)] dt$$

En este ejemplo E_p se ha tomado igual a 70 dB $\mu\text{V}/\text{m}$ y F_i igual a 60 dB $\mu\text{V}/\text{m}$.

$$\begin{aligned} k \log_e [L(70_p - F')] &= \log_e \left[\frac{0,5}{L(70 - 60)} \right] \\ &= -0,4736002 \end{aligned}$$

En consecuencia, se pueden igualar diversos valores de la intensidad de campo interferente F' con k transmisores interferentes de estación de base adicionales, cada uno de los cuales da lugar a una intensidad de campo interferente F' (F' se calcula mediante la ecuación (1)) y hacerse funcionar simultáneamente con la estación de base recondicionada que da lugar a la intensidad de campo interferente F_i .

CUADRO II – Número de transmisores de estación de base que dan lugar a una intensidad de campo interferente F'

Intensidad de campo interferente F' (dB(μ V/m))	Número de estaciones de base adicionales k $\left[k = \frac{-0,4736002}{\log_e L(70 - F')} \right]$
30	1446
40	89
50	10
60	2

Puede aumentarse aún más el valor de k eligiendo cuidadosamente las frecuencias de transmisión de la estación de base manteniendo las alturas de antena lo más bajas posible.