

RECOMENDACIÓN UIT-R BS.560-4*

Relaciones de protección en radiofrecuencia para la radiodifusión en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas

(1978-1982-1986-1990-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

recomienda

que se apliquen las relaciones de protección en radiofrecuencia (RF), para la radiodifusión sonora, en las bandas 5 (ondas kilométricas), 6 (ondas hectométricas) y 7 (ondas decamétricas), conforme se indica en los § 1 y 2.

1 Relación de protección en radiofrecuencia en las bandas 5 (ondas kilométricas) y 6 (ondas hectométricas)

Para emisiones cocanal (± 50 Hz), la relación de protección en radiofrecuencia (tal y como se define en la Recomendación UIT-R BS.638) es de 40 dB en el caso de señales deseada e interferente estables (onda de superficie).

En el caso de una señal deseada estable y de una señal interferente fluctuante (incluidas las fluctuaciones de corta duración), la relación de protección en radiofrecuencia debe ser 40 dB a la hora de referencia (véase el Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.1147) para el 50%, por lo menos, de las noches de un año. Esta relación de protección corresponde a la relación entre la intensidad de campo deseada y el valor mediano anual de las medianas horarias de las intensidades de campo interferentes en la hora de referencia.

La protección así definida se proporciona para:

- el 50% de las noches en la hora de referencia;
- más del 50% de las noches a horas distintas de la de referencia;
- el 100% de los días durante las horas diurnas.

Los valores de relación de protección en radiofrecuencia especificados permitirán ofrecer un servicio de excelente calidad en la recepción. Sin embargo, para la planificación, pueden ser necesarios valores más bajos. A este respecto, algunos países y organizaciones han formulado proposiciones (véase el Anexo 3).

NOTA 1 – Con esta relación de protección de 40 dB la intensidad de campo mínima utilizable varía en función de la región y también de la frecuencia. En la Zona Europea, esta intensidad de campo mínima es del orden de 1 mV/m.

NOTA 2 – La Conferencia Administrativa Regional de Radiodifusión por ondas hectométricas (Región 2) (Río de Janeiro, 1981) utilizó una relación de protección cocanal de 26 dB para los servicios establecidos tanto por onda de superficie como por onda ionosférica. La Región 2 tiene dos zonas de ruido, denominadas zonas 1 y 2, la primera de las cuales abarca la mayor parte de la Región y la segunda una zona tropical definida. En la zona de ruido 1, la intensidad de campo nominal utilizable es de 100 μ V/m de día y 500 μ V/m de noche para las estaciones de la clase A, que son las que tienen zonas de servicio secundarias. Para las clases B y C es 500 μ V/m de día y, respectivamente, 2 500 y 4 000 μ V/m de noche.

* La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2002 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

En la zona de ruido 2, los valores son, por lo general, 2,5 veces más grandes que los indicados más arriba.

La protección nocturna, calculada dos horas después del ocaso, se extiende al 50% de las noches del año, con la excepción de los países de América del Norte para los que se ha acordado una protección durante el 90% de las noches.

NOTA 3 – Para la protección de los servicios establecidos por onda de superficie y por onda ionosférica se adoptaron, en la Conferencia Administrativa Regional de Radiodifusión por ondas kilométricas y hectométricas (Regiones 1 y 3, Ginebra, 1975) relaciones de protección cocanal de 30 dB y 27 dB, respectivamente.

2 Curvas del valor relativo de la relación de protección en radiofrecuencia en las bandas 5 (ondas kilométricas), 6 (ondas hectométricas) y 7 (ondas decamétricas)

La relación de protección relativa en radiofrecuencia (dB), es la diferencia, entre la relación de protección cuando las portadoras de los transmisores deseado e interferente tienen una diferencia de frecuencia de Δf (Hz o kHz), y la relación de protección cuando las portadoras de esos transmisores tienen la misma frecuencia.

Una vez que se haya determinado un valor de relación de protección en radiofrecuencia para un mismo canal, esta relación, que es la misma que la relación de protección en audiofrecuencia, expresada en función de la separación de las frecuencias portadoras, se determina por las curvas de la Fig. 1 (véase también el Anexo 1):

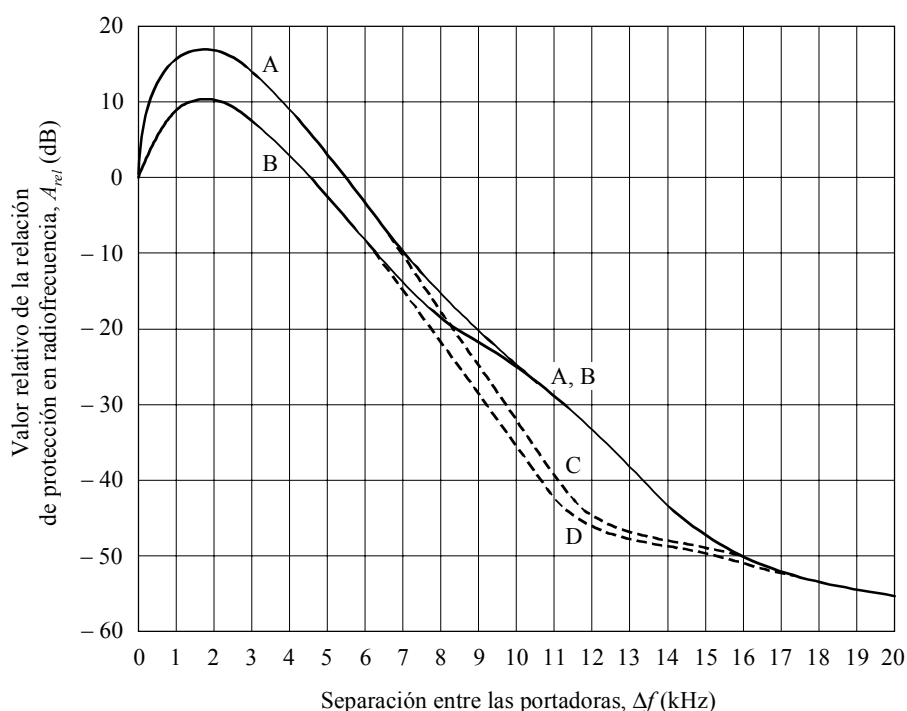
- la curva A, cuando se aplique una ligera compresión de la modulación a la entrada del transmisor como, por ejemplo, la utilizada corrientemente en las transmisiones de buena calidad, y cuando la anchura de banda de la señal de audiofrecuencia sea del orden de 10 kHz;
- la curva B, cuando se aplique una gran compresión de la modulación por medio de un dispositivo automático (por lo menos 10 dB superior a la del caso precedente), y cuando la anchura de banda de señal audiofrecuencia sea del orden de 10 kHz;
- la curva C, cuando se aplique una ligera compresión de la modulación (como en el caso de la curva A) y cuando la anchura de banda de la señal de audiofrecuencia sea del orden de 4,5 kHz;
- la curva D, cuando se aplique una gran compresión de la modulación (como en el caso de la curva B) por medio de un aparato automático y cuando la anchura de banda de la señal de audiofrecuencia (véase la Nota 1) sea del orden de 4,5 kHz.

NOTA 1 – La Segunda reunión de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la planificación de las bandas de ondas decamétricas atribuidas al servicio de radiodifusión (Ginebra, 1987) (CAMR HFBC-87) decidió que el límite superior de la banda de audiofrecuencia (a -3 dB) del transmisor no deberá superar 4,5 kHz y el límite inferior será de 150 Hz con una atenuación media, a las frecuencias inferiores, de 6 dB/octava.

En caso de utilizarse un tratamiento de señales de audiofrecuencia, la gama dinámica de la señal moduladora no será inferior a 20 dB.

Las curvas A, B, C y D (véase también el Anexo 1) sólo son aplicables cuando las transmisiones deseada e interferente tengan el mismo grado de compresión. Dichas curvas están esencialmente deducidas de medidas y de cálculos con un receptor de referencia representativo de receptores de buena calidad utilizados en las bandas 5 (ondas kilométricas) y 6 (ondas hectométricas). La curva de respuesta global del receptor de referencia de la Unión Europea de Radiodifusión (UER) pasa por los puntos -3 dB a 2 kHz, -24 dB a 5 kHz y -59 dB a 10 kHz.

FIGURA 1
Valores relativos de la relación de protección en radiofrecuencia
en función de la separación entre las portadoras



0560-01

ANEXO 1

La forma de las curvas de valor relativo de la relación de protección en radiofrecuencia es función de la selectividad de los receptores, de la anchura de banda de la señal moduladora de audiofrecuencia, así como también de la relación entre la energía de la portadora y la de las bandas laterales. Este último fenómeno se aprecia particularmente entre 250 Hz y 5 kHz (aproximadamente) donde la perturbación se debe esencialmente al silbido originado por el batido de las portadoras. Se desprende, pues, que la forma de las curvas de la Fig. 1 depende del índice de modulación medio y de la compresión de la dinámica de las señales moduladoras.

La curva A representa una media obtenida con cálculos y pruebas efectuados con diversos receptores, esencialmente diseñados para las bandas 5 (ondas kilométricas) y 6 (ondas hectométricas), y con compresión de la modulación, como la que se aplica corrientemente en los estudios, es decir, que permiten una dinámica máxima de al menos 30 dB.

La curva B corresponde a una compresión, como mínimo 10 dB más elevada que en el caso precedente aplicada por un dispositivo automático.

Las curvas A y B, a diferencia de las curvas C y D, corresponden a una anchura de banda de la señal de audiofrecuencia que tengan una anchura de banda transmitida de unos 10 kHz.

Las curvas C y D son aplicables cuando la compresión es del mismo orden de magnitud que en el caso de las curvas A y B respectivamente, estando, no obstante, limitada la anchura de banda de la señal de audiofrecuencia a unos 4,5 kHz. Esta limitación de banda reduce la interferencia del canal adyacente sin producir, en la práctica, una disminución sensible de la calidad de recepción.

Debe precisarse que, en determinadas circunstancias, los radioyentes tienen la posibilidad de reducir la interferencia de una transmisión, separada más de 3 kHz aproximadamente, ajustando el receptor (ligera desintonización, ajuste de la selectividad o de la tonalidad, etc.). En este caso, las curvas de la Fig. 1 no son aplicables. Sin embargo, la práctica de desajustar la sintonía da lugar a cierta distorsión y no puede aplicarse cuando hay dos interferencias aproximadamente equivalentes a uno y otro lado de la portadora deseada. Además, muchos receptores no tienen ajuste de selectividad variable ni regulador de tonalidad.

NOTA 1 – Independientemente de los valores relativos de la relación de protección en radiofrecuencia, dados en la presente Recomendación, conviene señalar que existen otros factores que han de tenerse en cuenta para determinar la separación óptima de las frecuencias.

NOTA 2 – Se aconseja gran prudencia en cuanto a los valores relativos de la relación de protección en radiofrecuencia por debajo de -50 dB deducidos de las curvas, pues, en la práctica, las distorsiones no lineales del transmisor pueden llevar a una protección real menor que la indicada.

ANEXO 2

Presentación de los resultados de mediciones

Siempre que sea posible, los resultados de las mediciones de la relación de protección en radiofrecuencia entre dos señales de radiodifusión deberían presentarse en función de las características y parámetros siguientes:

- tipo de modulación;
- separación, entre las frecuencias portadoras (kHz) (esta separación debiera estar comprendida entre 0 y 10 kHz como mínimo);
- índice de modulación de las dos señales;
- anchura de banda ocupada;
- tratamiento de la modulación (compresión y preacentuación);
- tipo de programas que emitan en la señal deseada y en la señal interferente;
- características del desvanecimiento eventual de las señales;
- tensión de la señal de radiofrecuencia deseada en la entrada (esa tensión se elegirá de tal forma que en las relaciones de protección no influyan de modo apreciable los efectos no lineales de los pasos de radiofrecuencia y de frecuencia intermedia del receptor);
- banda de paso del receptor antes de la demodulación;
- curva de respuesta global del receptor en audiofrecuencia, comprendido el altavoz;
- grado de satisfacción de los radioyentes y distribución estadística de dicho grado;
- método de medición (subjetivo y objetivo).

ANEXO 3

**Relaciones de protección para la radiodifusión
en ondas kilométricas, hectométricas y decamétricas****1 Introducción**

El presente Anexo resume los conocimientos actuales sobre las relaciones de protección en los servicios de radiodifusión sonora con modulación de amplitud, aunque se limita a los resultados obtenidos desde 1948.

El acuerdo sobre valores de las relaciones de protección es esencial para los problemas de asignación de frecuencia en radiodifusión sonora con modulación de amplitud. Estos valores pueden servir además de referencia para evaluar las calidades y la eficacia de los diversos sistemas de transmisión con modulación de amplitud.

Las relaciones de protección se refieren, en todos los casos, a las señales a la entrada del receptor; no se ha tenido en cuenta el efecto de antenas directivas en la recepción.

Las relaciones de protección dependen de gran número de parámetros, entre los cuales desempeñan un importante papel las normas de transmisión y las características de los receptores. Aparte de los factores técnicos, también hay que tener en cuenta elementos fisiológicos y psicológicos. Por tanto, es sumamente difícil determinar valores de la relación de protección que puedan admitirse universalmente, incluso si se fijan las normas de transmisión y las características de los receptores (véase la Recomendación UIT-R BS.559).

Es bien sabido que las relaciones de protección en radiofrecuencia para los transmisores que trabajen en el mismo canal y transmitan la misma señal pueden mejorarse considerablemente mediante técnicas de sincronización, aumentándose con ello las zonas de cobertura de los mismos (véase también el Informe 616 del ex CCIR, (Dubrovnik, 1986). Los valores de estas relaciones de protección dependen de diferentes factores, incluido el método de sincronización (véase el § 10). En la Conferencia Administrativa Regional de radiodifusión por ondas kilométricas y hectométricas (Regiones 1 y 3) (Ginebra, 1975) se adoptó el valor de 8 dB.

2 Relación de protección en audiofrecuencia

La relación de protección en audiofrecuencia es el valor mínimo convencional de la relación señal/interferencia en audiofrecuencia, que corresponde a una calidad de recepción definida subjetivamente como aceptable (véase la Recomendación UIT-R BS.638).

Esta relación puede tomar distintos valores, según el tipo de servicio considerado. Depende, en gran medida, de la clase del programa deseado y del programa interferente. Por ello, es indispensable efectuar un gran número de pruebas subjetivas de audición para poder llegar a un acuerdo sobre un valor mínimo de la relación señal/ruido en audiofrecuencia.

Debe señalarse claramente que, debido a efectos fisiológicos y psicológicos, es imposible fijar valores para la relación de protección en audiofrecuencia por un método distinto del de las pruebas subjetivas específicamente sensibles.

3 Relación de protección en radiofrecuencia

La relación de protección en radiofrecuencia es el valor de la relación señal/interferencia en radiofrecuencia que, en condiciones debidamente determinadas, permite obtener a la salida del receptor la relación de protección en audiofrecuencia.

La relación de protección en radiofrecuencia puede determinarse, pues, mediante pruebas subjetivas, como en el caso de la relación de protección en audiofrecuencia. Procediendo así, el número de factores que han de tenerse en cuenta y, por ende, la importancia del trabajo, serán mucho mayores que en el caso anterior. Sólo pueden obtenerse resultados comparables si las condiciones de prueba se asemejan bastante.

Sin embargo, la evaluación de las relaciones de protección en radiofrecuencia puede facilitarse considerablemente una vez determinada la relación de protección en audiofrecuencia. Como los efectos fisiológicos y psicológicos influyen solamente en la relación de protección en audiofrecuencia, en condiciones técnicas dadas, de la relación de protección en audiofrecuencia puede deducirse la de radiofrecuencia, bien por métodos objetivos de medida o bien con técnicas gráficas o numéricas (véase la Recomendación UIT-R BS.559).

Hay que insistir en que estos tres métodos de determinación de la relación de protección en radiofrecuencia se basan en los mismos principios. Por consiguiente, deben dar los mismos resultados, lo cual se comprueba efectivamente si se aplican con precisión suficiente.

La ausencia de valores fiables adecuados de la relación de protección en radiofrecuencia en el pasado, se debía esencialmente a la complejísima vinculación entre la relación de protección en radiofrecuencia y la respuesta amplitud/frecuencia global de los receptores. Esta última depende de la selectividad de los pasos de radiofrecuencia y frecuencia intermedia, de la selectividad del demodulador y de la respuesta amplitud/frecuencia de los pasos de audiofrecuencia. Esta dificultad se ha superado parcialmente merced al método de medición objetiva con dos señales.

Pueden utilizarse los métodos numéricos citados anteriormente para establecer el nexo entre los valores de selectividad de los receptores dados por los fabricantes y las relaciones de protección en radiofrecuencia. Si bien los cálculos son complicados y requieren una calculadora electrónica, contrariamente al método de mediciones objetivas, permiten determinar la respuesta de frecuencia global del receptor para una determinada curva de la relación de protección en radiofrecuencia.

4 Principio general de los métodos no subjetivos

Todos los métodos no subjetivos suponen características normalizadas en la transmisión y en la recepción, como se indica en la Recomendación UIT-R BS.559.

En los problemas de interferencia existen dos clases de perturbación:

- los debidos a la diafonía del canal interferente en el canal deseado, causada por la señal de modulación, y
- los debidos al batido producido entre ambas portadoras.

Para la mayoría de los receptores actuales, la perturbación causada por el batido predomina cuando la separación entre las portadoras está comprendida entre 0,25 y 5 kHz.

5 Relaciones de protección en radiofrecuencia para la recepción por onda de superficie

5.1 Señal deseada y señal interferente estables (señal deseada por onda de superficie interferida por otra señal por onda de superficie)

En el § 1 de esta Recomendación se indica un valor de 40 dB en ondas kilométricas y hectométricas para las transmisiones cocanal.

Este valor de la relación de protección en radiofrecuencia asegurará una elevada calidad de recepción. Sin embargo, en la planificación será quizás necesario adoptar valores más bajos. Este problema ha sido estudiado por la UER y por el Japón. Los valores propuestos son 30 dB y 26 dB, respectivamente, y de hecho ha sido acordado un valor de 30 dB por la Conferencia Administrativa Regional de radiodifusión por ondas kilométricas y hectométricas (Regiones 1 y 3) (Ginebra, 1975), mientras que la Conferencia Administrativa Regional de radiodifusión por ondas hectométricas (Región 2) (Río de Janerio, 1981) utilizó un valor de 26 dB.

Los valores relativos de las relaciones de protección en radiofrecuencia en función de la separación entre las portadoras deseada e interferente figuran en el § 2 de esta Recomendación. Estas curvas se basan, en parte, en mediciones realizadas con arreglo al método objetivo con dos señales y en parte en cálculos (véase la Recomendación UIT-R BS.559).

También puede observarse en las curvas la influencia de la compresión de la dinámica y de la limitación de la anchura de banda de audiofrecuencia. Sin embargo debe señalarse que sólo puede lograrse el máximo mejoramiento de la protección resultante de la limitación de la banda de paso si la no linealidad del transmisor es lo suficientemente reducida.

5.2 Señal deseada estable y señal interferente fluctuante

5.2.1 Desvanecimientos de corta duración

Los desvanecimientos de la señal interferente modifican el carácter de la molestia experimentada por el oyente; si, con un valor determinado de la relación señal deseada/señal interferente en audiofrecuencia, la señal interferente está sometida a fluctuaciones, la molestia se considera subjetivamente mayor. En varios textos se indica que, para obtener el mismo grado de satisfacción del oyente, la protección debe aumentarse en unos 5 dB.

En el § 1 de esta Recomendación este valor está incluido en la relación de protección en radiofrecuencia.

5.3 Variaciones de larga duración de la intensidad de campo

Las Recomendaciones UIT-R P.842 y UIT-R P.1147 contienen información detallada al respecto.

6 Relaciones de protección para la recepción por onda ionosférica

Una de las características de la recepción por onda ionosférica, sobre todo cuando se utilizan demoduladores de envolvente, es que los efectos de propagación reducen generalmente la calidad de la señal recibida provocando, por ejemplo, una distorsión en el caso de desvanecimientos selectivos. Consiguientemente, se estima que, para una recepción por onda ionosférica, es posible aplicar relaciones de protección menores que para una recepción por onda de superficie, variando los valores precisos según se trate de un servicio primario, como la radiodifusión en la banda de

ondas decamétricas o de un servicio secundario, como la radiodifusión en la banda de ondas kilométricas y en la banda de ondas hectométricas, en los que el servicio primario se asegura normalmente con la onda de superficie.

No se indica ningún valor para utilizar cuando el servicio se suministra por onda ionosférica.

6.1 Bandas 5 (ondas kilométricas) y 6 (ondas hectométricas)

Como resultado del estudio realizado por la UER en las bandas 5 (ondas kilométricas) y 6 (ondas hectométricas) se propuso y se adoptó por la Conferencia Administrativa Regional de radiodifusión por ondas kilométricas y hectométricas (Regiones 1 y 3) (Ginebra, 1975) un valor de 27 dB para la relación de protección cocanal en radiofrecuencia.

6.2 Banda 7 (ondas decamétricas)

En la banda 7 (ondas decamétricas), como resultado de los estudios realizados en India, Estados Unidos de América, URSS y en la UER, la relación de protección en RF para la transmisión cocanal (± 10 Hz; véase la Nota 1) debe estar comprendida entre 27 y 40 dB para condiciones de régimen permanente. Según evaluaciones subjetivas de la calidad de recepción hechas en Japón y en la República Popular de China, la relación de protección cocanal de 27 dB en condiciones estables, corresponde a la Nota 4 de la escala de degradación de cinco notas (véase la Recomendación UIT-R BS.562), con una separación de frecuencias entre portadora de 100 Hz o menos.

NOTA 1 – La diferencia admisible entre las frecuencias portadoras en la banda 7 (ondas decamétricas) puede llegar a ser de 600 Hz y es aplicable a los transmisores que funcionan a 20 MHz hasta enero de 1990, de conformidad con el Apéndice 7 del Reglamento de Radiocomunicaciones. Después de esa fecha, este valor sólo será aplicable a los transmisores de potencia no superior a 10 kW. Para todos los demás transmisores, la tolerancia de frecuencia admisible será de 10 Hz.

Para la planificación se propone un valor mínimo de 27 dB para condiciones estables y una diferencia de frecuencia no superior a 100 Hz entre las portadoras.

En las Recomendaciones UIT-R P.842 y UIT-R P.533 puede encontrarse material de interés para la determinación de los márgenes de desvanecimiento apropiados. No obstante, conviene advertir que intervienen otros factores como la correlación entre el desvanecimiento de la señal deseada y la señal interferente.

Pueden distinguirse dos tipos de desvanecimiento horario: desvanecimientos de corta duración debidos a la interferencia entre las diferentes componentes de la señal, con un periodo de correlación de hasta unos segundos, y fenómenos de larga duración, en los que las señales promediadas durante unos minutos se desvanecen por periodos de un orden de unidades y decenas de minutos.

Los desvanecimientos horarios debidos a la interferencia de la señal deseada afectan sólo a la calidad subjetiva de la señal, que mejora considerablemente con el control automático de ganancia (CAG) del receptor. Un límite de tiempo adecuado a efectos de evaluación de la calidad es el intervalo de 1 min.

Para evaluar los márgenes de desvanecimiento o fiabilidad del canal, se pueden aplicar convenientemente los datos estadísticos de los desvanecimientos horarios, caracterizados por periodos de un orden de unidades de minutos o superiores. La desviación típica de esta clase de desvanecimiento puede variar dentro de amplios límites según las condiciones ionosféricas, así como de la ubicación del trayecto, la longitud del trayecto y su dirección. Ello se aplica por igual a la señal deseada y a la señal interferente.

7 Datos sobre las relaciones de protección

El Anexo 1 a la Recomendación UIT-R BS.639 trata de los efectos que tiene la limitación de la anchura de banda en la transmisión sobre las relaciones de protección en radiofrecuencia. Otros datos relativos a la radiodifusión en la banda de ondas decamétricas se encuentran en la Recomendación UIT-R BS.411. Las curvas del Informe UIT-R BS.302 representan los datos actualmente disponibles sobre la Cuestión UIT-R 67/10, y se refieren esencialmente a la relación de protección de radiofrecuencia en la Zona Tropical para un servicio de radiodifusión en bandas compartidas.

8 Resultados de las mediciones

En la URSS se realizaron mediciones de la relación de protección para señales estables. Se utilizaron los siguientes criterios de calidad, como base de una experiencia:

- perceptibilidad de la interferencia como elemento de fondo del programa deseado,
- tolerancia frente a la interferencia cuando se escucha el programa vocal deseado.

Las evaluaciones cuantitativas basadas en esos criterios fueron hechas por un número de expertos que determinaron subjetivamente si un fragmento dado del programa cumplía el criterio predeterminado.

Los resultados de estas mediciones aparecen en las Figs 2, 3 y 4.

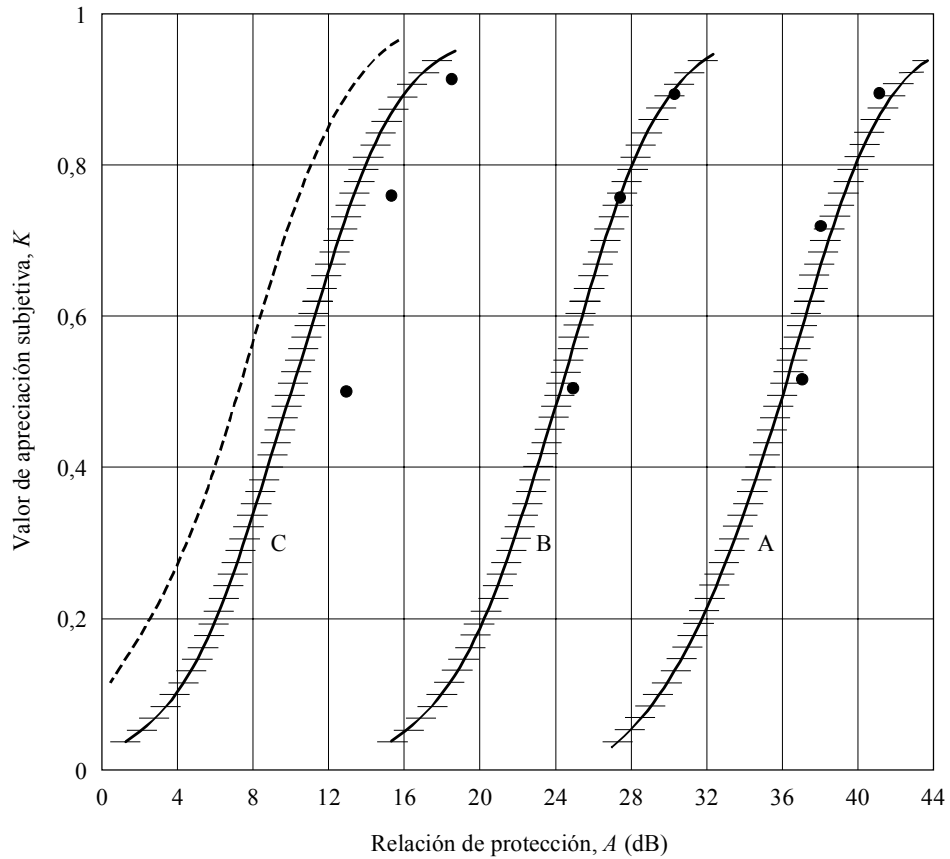
La Fig. 2 representa los resultados de las mediciones de la relación de protección cocanal. El valor de K indica la proporción de expertos que hallaron que la interferencia era admisible. El programa interferente era música moderna bailable. Las partes sombreadas corresponden a un cambio de una banda de paso ancha a otra estrecha.

La Fig. 3 presenta los valores de las relaciones de protección, A , en función de la separación de frecuencias de las portadoras deseada e interferente para $K = 0,9$. Las partes sombreadas de las curvas corresponden a la dispersión que viene determinada por la banda de paso del receptor.

La Fig. 4 muestra las curvas de selectividad del receptor y las partes sombreadas indican la dispersión de estas curvas en receptores de diferentes tipos. La Fig. 4 contiene también la curva de selectividad del receptor MBF de la UER.

Además se estudió el efecto de la anchura de banda de la señal moduladora en la relación de protección para el receptor de mayor calidad. Las anchuras de banda de la señal moduladora para las señales deseada e interferente se limitaron utilizando dos filtros conmutados idénticos con frecuencias de corte $f = 10, 6,8$ y $3,4$ kHz y con pendientes de respuesta en frecuencia de 90 dB/década. Los resultados de la medición revelaron que una modificación de las anchuras de banda de la señal moduladora no tiene un efecto importante en las relaciones de protección.

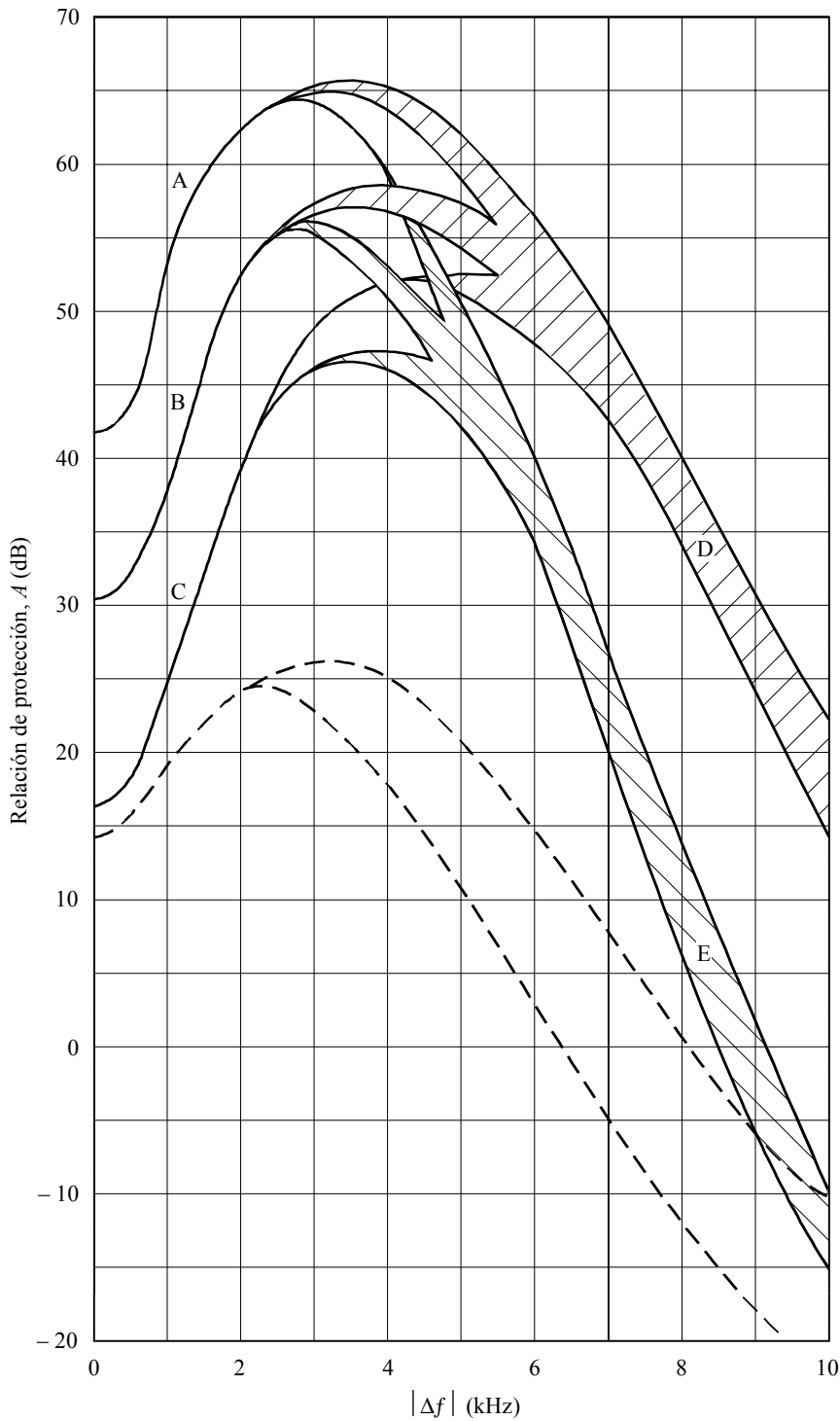
FIGURA 2
Medición de la relación de protección cocanal



- Valores medidos
 - Caso más desfavorable en el cual los programas deseado e interferente se emiten en un solo idioma, con una gran gama dinámica, sin ninguna limitación de banda y con voces de timbre similar
- Curvas A: programa oral deseado con gran margen dinámico
 B: programa oral deseado con pequeño margen dinámico
 C: programa musical deseado con pequeño margen dinámico

FIGURA 3

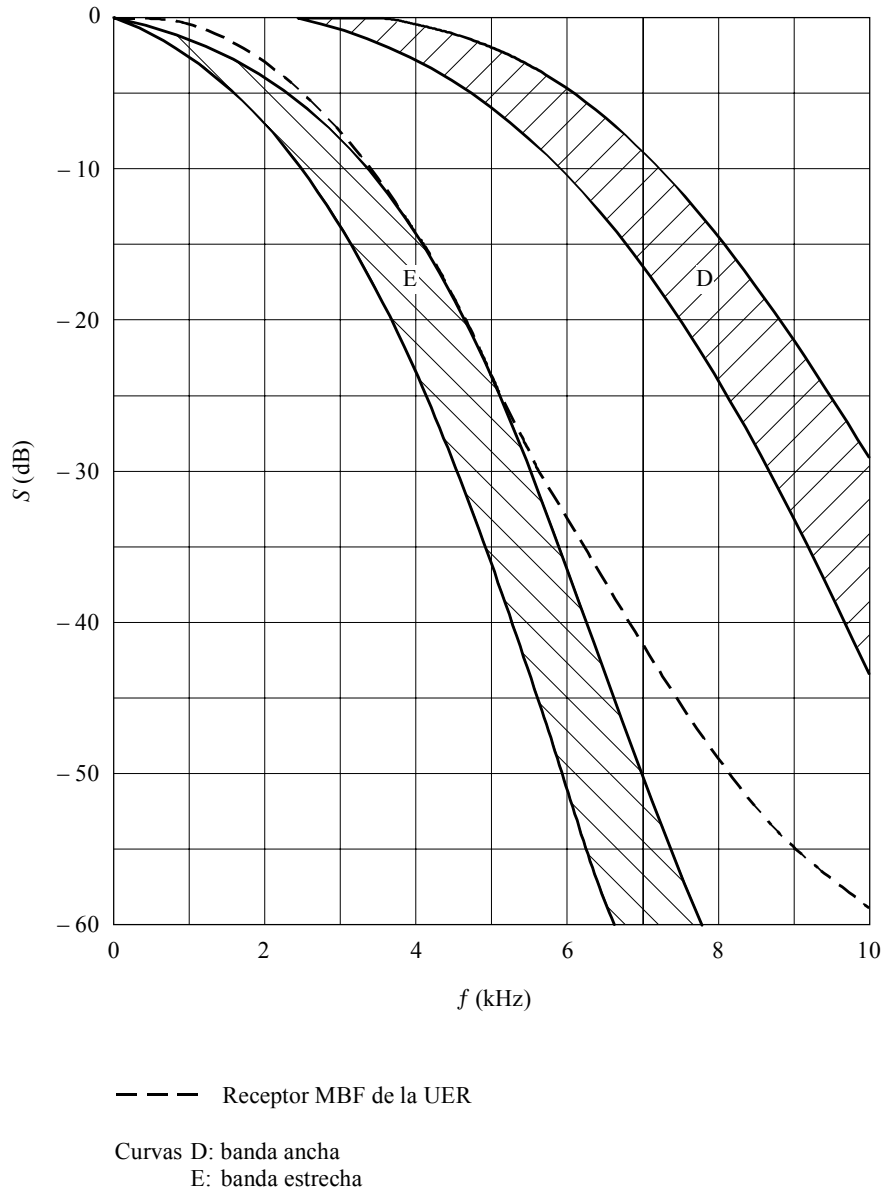
Relación de protección en función de la separación entre portadoras



----- Caso más desfavorable en el cual los programas deseado e interferente se emiten en un solo idioma, con una gran gama dinámica, sin ninguna limitación de banda y con voces de timbre similar

- Curvas A: programa oral deseado con gran margen dinámico
- B: programa oral deseado con pequeño margen dinámico
- C: programa musical deseado con pequeño margen dinámico
- D: banda ancha
- E: banda estrecha

FIGURA 4
Curvas de selectividad del receptor



0560-04

9 Evaluación subjetiva de la calidad de recepción

9.1 Investigaciones realizadas en la URSS

Se han realizado pruebas estadísticas y subjetivas en la URSS sobre los efectos de la distorsión y de las interferencias en un canal de radiodifusión.

Los ensayos se efectuaron empleando un método subjetivo, basado en estadísticas, con ayuda de un equipo especial que permitía comparar una reproducción sonora exenta de distorsión con otra en la que se había introducido previamente una determinada distorsión.

Estas experiencias tenían por objetivo determinar la perceptibilidad de la distorsión; participaron en ellas los siguientes grupos de oyentes:

- expertos calificados (ingenieros de sonido de la radiodifusión);

- observadores sin formación musical especial ni adiestramiento en materia de apreciación de las distorsiones.

Los resultados de las experiencias se han publicado en forma de gráficos, que indican el porcentaje de perceptibilidad en función del nivel de distorsión o de interferencia introducido.

Los ensayos están basados en numerosos datos estadísticos. La coherencia de los datos obtenidos se ha comprobado por métodos estadísticos matemáticos. Los resultados se han expuesto en función:

- de diferentes tipos de distorsión lineal (a diversos niveles y para diferentes gamas de frecuencias);
- de distorsiones no lineales (cúbica, cuadrática y del tipo de «corte central»);
- del ruido de fondo (sinusoidal), y
- del ruido blanco.

La comparación de la calidad de recepción determinada por el método objetivo o por pruebas subjetivas muestra diferencias en la relación de protección que pueden llegar hasta 10 dB para una separación de frecuencias de 9 kHz.

9.2 Investigaciones realizadas en Japón

Los resultados de evaluaciones subjetivas efectuadas en Japón, sobre la relación entre la calidad de recepción y la relación señal/interferencia en radiofrecuencia se representan en la Fig. 5a) para la interferencia cocanal y en la Fig. 5b) para la interferencia del canal adyacente. Las pruebas de escucha se hicieron utilizando tres receptores (A, F, H) y con la participación de diez expertos.

10 Relaciones de protección en radiofrecuencia para los transmisores de radiodifusión sincronizados

10.1 Estudios efectuados en la URSS

Estos estudios se realizaron para determinar los valores de la relación señal/interferencia aplicable a la recepción de las emisiones de redes sincronizadas que comprenden dos o tres transmisores. Se han considerado métodos de sincronización, tanto de frecuencia como de fase.

10.1.1 Expresión de la «relación de protección en radiofrecuencia»

En este caso, para expresar la «relación de protección en radiofrecuencia», se considera señal deseada la señal del transmisor que crea el campo más intenso y señal interferente las señales de los otros transmisores de la red sincronizada.

10.1.2 Determinación del valor de la relación de protección

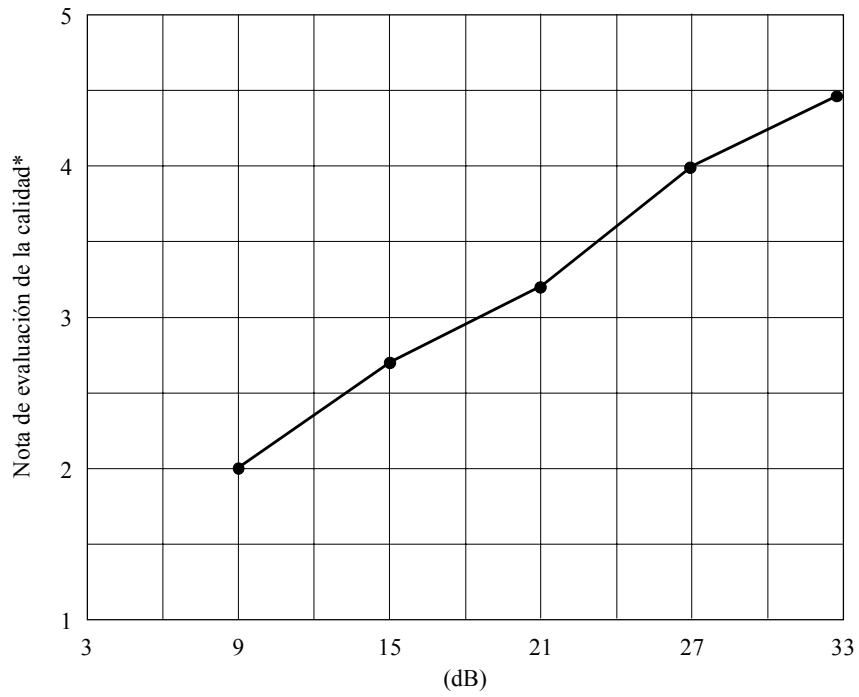
Para determinar la relación de protección se ha utilizado un método estadístico basado en las impresiones subjetivas de la calidad de recepción de un transmisor de una red sincronizada, por comparación con la recepción de un transmisor que no formaba parte de una red sincronizada. En las pruebas intervinieron 26 expertos del personal técnico y/o científico de radiodifusión.

La relación de protección se determinó, en ausencia de desvanecimientos, en laboratorio y, a continuación, se comprobó en explotación real.

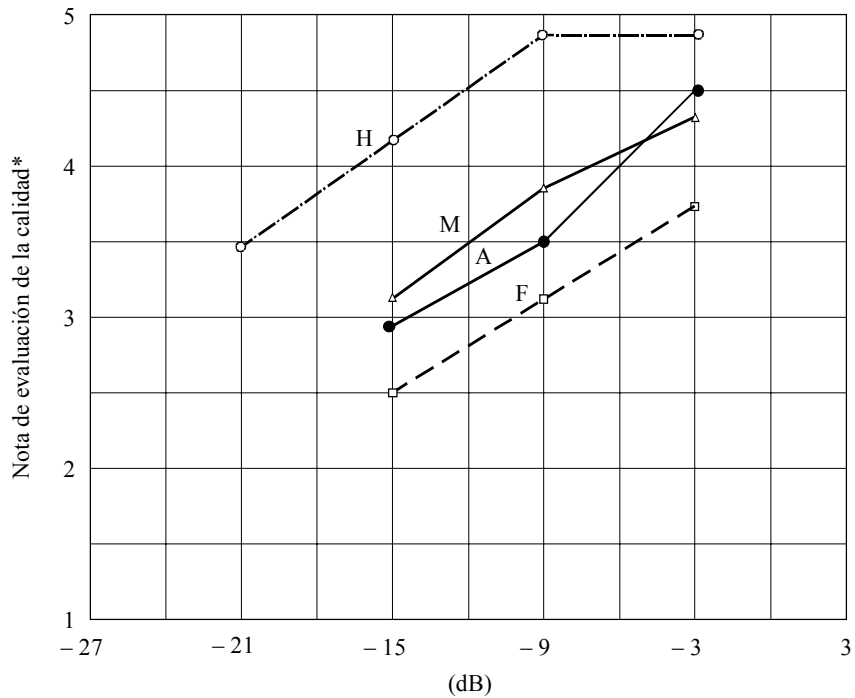
Las pruebas en presencia de desvanecimiento se realizaron únicamente en redes sincronizadas en explotación real.

En todas las pruebas se empleó una profundidad máxima de modulación del 90%.

FIGURA 5
 Relación entre la calidad de recepción y la relación
 señal/interferencia en radiofrecuencia



a) Caso de interferencia cocanal



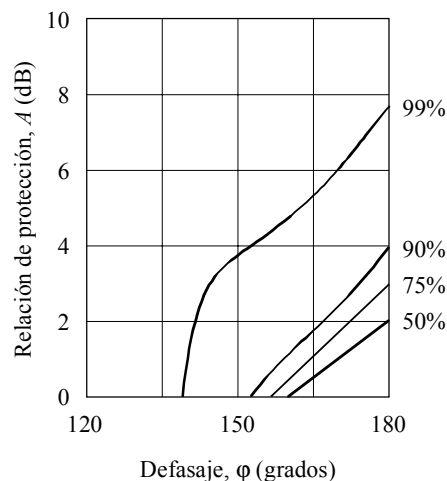
b) Caso de interferencia del canal adyacente (separación de 10 kHz)

M: resultados para la media de tres receptores

* Véase la Recomendación UIT-R BS.562.

La Fig. 6 muestra las variaciones de la relación de protección en función del defasaje entre las portadoras de dos estaciones durante el día y en ausencia de desvanecimientos. El parámetro utilizado en estas curvas es el porcentaje de expertos que dictaminaron que la calidad de la señal resultante era, por lo menos, satisfactoria. Puede observarse en esta Figura que, para satisfacer al 90% de los oyentes, el valor de la relación de protección en una red de dos estaciones sincronizadas tiene que ser de 4 dB, en ausencia de desvanecimientos.

FIGURA 6
Calidad de recepción de las emisiones habladas y musicales en función de la diferencia de fase entre las portadoras de dos transmisores (sin desvanecimientos)



0560-06

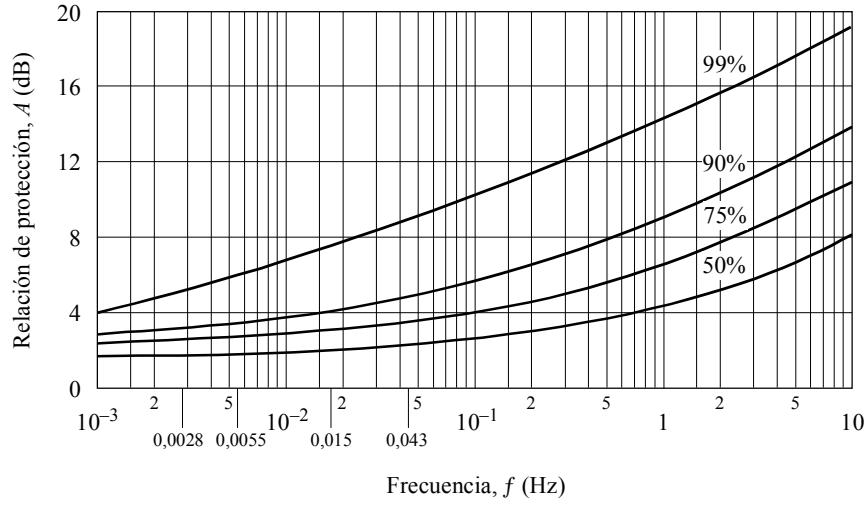
La Fig. 7 muestra la variación de la relación de protección en función de la separación de frecuencia de dos transmisores sincronizados para diversos porcentajes de expertos que consideraron satisfactoria la calidad de recepción. Esta Figura indica que, si las señales de los dos transmisores sincronizados no sufren desvanecimiento, es necesaria una relación de protección de 4 dB, lo que implica una precisión de sincronización entre 0,015 y 0,02 Hz, para satisfacer al 90% de los oyentes. Con una separación de frecuencia de 0,1 Hz, la relación de protección debe alcanzar 6 dB.

La Fig. 8 contiene resultados análogos para tres transmisores sincronizados en fase. Para satisfacer al 90% de los oyentes, la relación de protección no debe ser inferior a 3,1 dB. (La norma es de 4 dB.)

Se ha llegado a la conclusión de que para una calidad de recepción aceptable en presencia de desvanecimientos había que aumentar hasta 7 u 8 dB la relación de protección en el caso de dos transmisores, y hasta 6 dB en el caso de tres transmisores sincronizados.

FIGURA 7

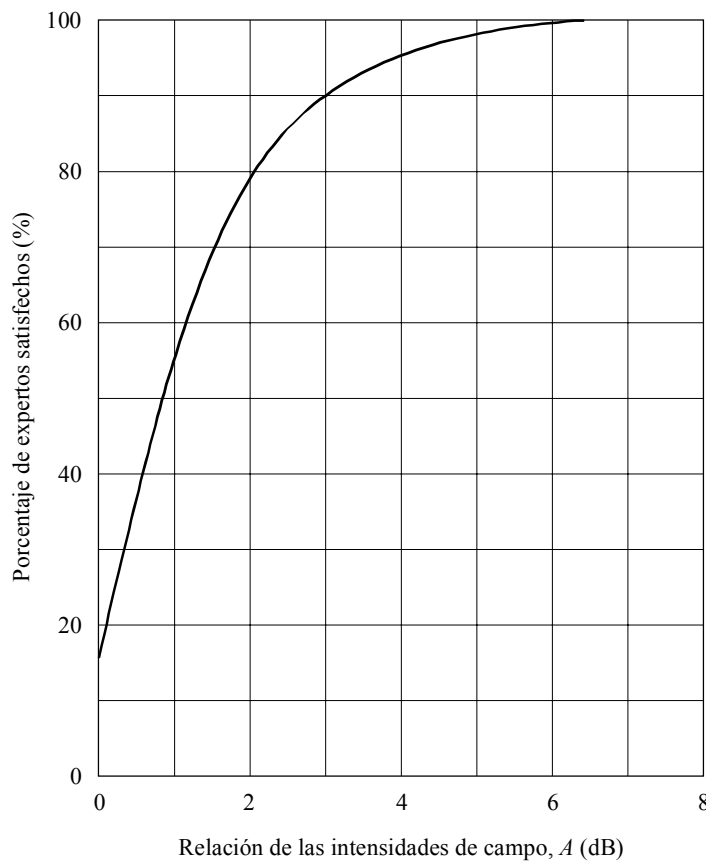
Calidad de recepción de las emisiones habladas y musicales en función de la diferencia de frecuencia entre las portadoras de dos transmisores (sin desvanecimientos)



0560-07

FIGURA 8

Calidad de recepción de las emisiones habladas y musicales en función de la relación entre las intensidades de campo de tres transmisores sincronizados en fase



0560-08

10.2 Estudios efectuados por la UER

Las técnicas de sincronización ideadas hasta 1964 en diferentes países, principalmente Austria, Francia, República Federal de Alemania, Italia, Países Bajos, Noruega, Suecia, Reino Unido, Australia y Estados Unidos de América, están todavía en uso en la mayoría de los casos.

10.3 Estudios efectuados por la OIRT

La OIRT ha comprobado que, en la práctica, es posible simular, con un modelo, los principales efectos de los transmisores que comparten un mismo canal (igual programa), sincronizados o no. La Rundfunk- und Fernsehtechnisches Zentralamt de la Deutsche Post de Berlín, ha desarrollado un modelo de ese tipo, interesante desde el punto de vista económico y de explotación para el estudio de los problemas de recepción en la zona en que las ondas de superficie de los transmisores sincronizados se interfieren, es decir, sin tener en cuenta los efectos del desvanecimiento ionosférico.

Utilizando el mencionado modelo, es posible estudiar en laboratorio sistemas que comparten un mismo canal, sincronizados o no. Si se mantiene una diferencia de sólo 0,1 Hz aproximadamente entre las frecuencias portadoras y se compensan los tiempos de propagación de las señales de sonido entre el estudio y los transmisores, pueden conseguirse las siguientes ventajas:

- eliminación casi total de la zona de interferencia;
- disminución de los efectos de desvanecimiento selectivo, quedando sólo los efectos de desvanecimiento en amplitud, totalmente compensados por el control automático de ganancia del receptor, sin distorsión inaceptable.

En conclusión, puede afirmarse que es posible obtener una relación de protección de 0 dB para la recepción diurna.

Estos resultados teóricos han sido confirmados por pruebas con dos transmisores de 20 kW en la banda 6 (ondas hectométricas) entre los que mediaban unos 80 km de distancia.

10.4 Estudios efectuados en el Reino Unido

10.4.1 Igualación del retardo de modulación

Ciertas pruebas de laboratorio realizadas por la British Broadcasting Corporation (BBC) con objeto de estudiar la influencia del retardo de la modulación en un sistema por canal común que transmite el mismo programa, arrojaron los resultados que se indican en el Cuadro 1 en el caso de dos portadoras con una diferencia de frecuencia del orden de 0,1 Hz moduladas por un programa musical. La degradación resultaba ligeramente inferior en el caso de modulación por la palabra.

Conocidos los contornos de la intensidad de campo en el caso de dos transmisores, los resultados del Cuadro 1 permiten evaluar la mejora que podría resultar de la igualación del retardo de la modulación en la recepción diurna en cualquier región afectada. En la mayoría de los casos, la mejora se obtiene en la zona más extensa si los retardos de la modulación se igualan en el punto en que la recta que une ambos transmisores corta al lugar geométrico de los puntos de igual intensidad de campo; sin embargo, tal vez resulte preferible igualar los retardos de la modulación en otro punto próximo a una zona densamente poblada de la región afectada, a fin de mejorar la recepción diurna para el máximo número de oyentes.

CUADRO 1

Relación entre las amplitudes de las dos portadoras (dB)	Calidad subjetiva de degradación excedida durante el 10% del tiempo en función de la diferencia de retardo de la modulación ⁽¹⁾					
	0	30 μ s	50 μ s	84 μ s	250 μ s	1 ms
0	4	3	2	1	1	1
3	5	5	4,5	2,5	1	1
6	5	5	5	5	3,5	2
9	5	5	5	5	5	5

⁽¹⁾ Escala de degradación subjetiva de cinco notas (véase la Recomendación UIT-R BS.562).

Las pruebas efectuadas en condiciones reales durante un periodo de nueve meses entre los transmisores de la BBC en ondas hectométricas (1 214 kHz) de Brookmans Park (50 kW, antena directiva) y Droitwich (30 kW, antena omnidireccional) entre los que media una distancia de 145 km, han confirmado ampliamente los resultados del Cuadro 1 y han demostrado que la disposición es viable, estable y plantea muy pocas exigencias desde el punto de vista de la explotación. Las pruebas pusieron de manifiesto los aspectos prácticos siguientes:

- Se observó que era posible conseguir y mantener en el punto de recepción elegido una ecualización de fase en unos límites de $\pm 30^\circ$ para la banda de modulación comprendida entre 50 Hz y 4 kHz.
- Después de introducir la ecualización de fase, la distorsión residual seguía siendo apreciable en la práctica en las zonas en que la diferencia entre las intensidades de campo era inferior a 1,5 dB; en otras palabras, para una buena recepción seguía siendo necesaria una relación de protección de 1,5 dB.

10.4.2 Enganche de fase de la portadora

En el Reino Unido se utiliza actualmente un sistema de enganche de fase de la portadora para tres transmisores sincronizados en la frecuencia de 200 kHz. Esos transmisores están situados en Droitwich (región central de Inglaterra), en Westerglen (cerca de Edimburgo) y en Burghead (noreste de Escocia). El enganche de fase se utiliza conjuntamente con la igualación del retardo de modulación (véase el § 10.4.1) para que las señales recibidas en las zonas entre estaciones adyacentes, (es decir, entre Droitwich y Westerglen y entre Westerglen y Burghead), con intensidades de campo aproximadamente iguales, se mantengan con las portadoras en fase y con los retardos de las envolventes de modulación igualados. Además, son excitados los tres transmisores con osciladores de rubidio de alta estabilidad. Por lo tanto, en las zonas críticas, las ondas estacionarias permanecen fijas y la distorsión se reduce al mínimo, con lo que se ofrecen a los radioyentes condiciones de escucha estables. Cuando se utilizan receptores con antenas de ferrita, la recepción sólo puede ser deficiente en las líneas que unen a los transmisores o en las proximidades de dichas líneas. En los demás lugares, los campos magnéticos tienen direcciones distintas y no se anulan.

Las experiencias adquiridas hasta la fecha indican que este método permite una buena calidad del servicio en todo el territorio nacional.

Se estudia actualmente la aplicación de la técnica a la radiodifusión por ondas hectométricas.

10.5 Estudios efectuados en la India

En la India se han realizado pruebas subjetivas con el fin de determinar las relaciones de protección aplicable a grupos de transmisores sincronizados en la banda 7 (ondas decamétricas). Tales pruebas han indicado que la mayoría de los oyentes no observan ninguna degradación de la calidad de los programas ni siquiera en la zona donde la intensidad de campo de los transmisores sincronizados difería solamente en 2 ó 3 dB, a una distancia de unos 2000 km de los transmisores. Por tanto, se ha llegado a la conclusión de que, en el caso de transmisores sincronizados en la banda 7 (ondas decamétricas), la relación de protección cocanal apropiada sería tan sólo de 3 dB si los transmisores son excitados por un oscilador común y utilizan antenas de características de radiación vertical similares.

10.6 Estudios efectuados en Japón

Desde enero de 1984 funciona en Okayama, Japón, una red sincronizada compuesta por siete transmisores en ondas hectométricas que utilizan una frecuencia de portadora idéntica en la banda de radiodifusión en ondas hectométricas. Para mejorar la calidad de las señales recibidas en las zonas de interferencia deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Los transmisores que constituyen una red tienen una frecuencia de portadora idéntica y están enganchados en fase entre sí, utilizando una señal de sincronización transmitida por los enlaces de relevadores radioeléctricos existentes entre los emisores de radiodifusión. Además, las dos portadoras se mantienen en fase en la zona donde ambas portadoras se propagan en la misma dirección.
- La intensidad de campo de cada uno de los emisores no debe ser inferior a 1 mV/m en las zonas de interferencia donde el número de oyentes es elevado.
- La diferencia de fase de las señales moduladoras se mantiene dentro de un margen de 5° en la banda de frecuencia de 80 Hz a 4 kHz en la zona de interferencia.

Siete transmisores con una frecuencia de portadora idéntica (1494 kHz) y una potencia total de 9,2 kW ofrecen una zona de cobertura de unos 80 km × 90 km, que corresponden aproximadamente a la zona (para la zona del distrito de Okayama) que proporcionaría un transmisor único de gran potencia (150 kW) situado en la estación directora. Cuando se cumplen las tres condiciones anteriores, se alcanza en la práctica una calidad bastante buena de las señales recibidas en las zonas de interferencia, siempre que la relación señal/interferencia, S/I , no sea inferior a 1 dB (véase la Fig. 9).

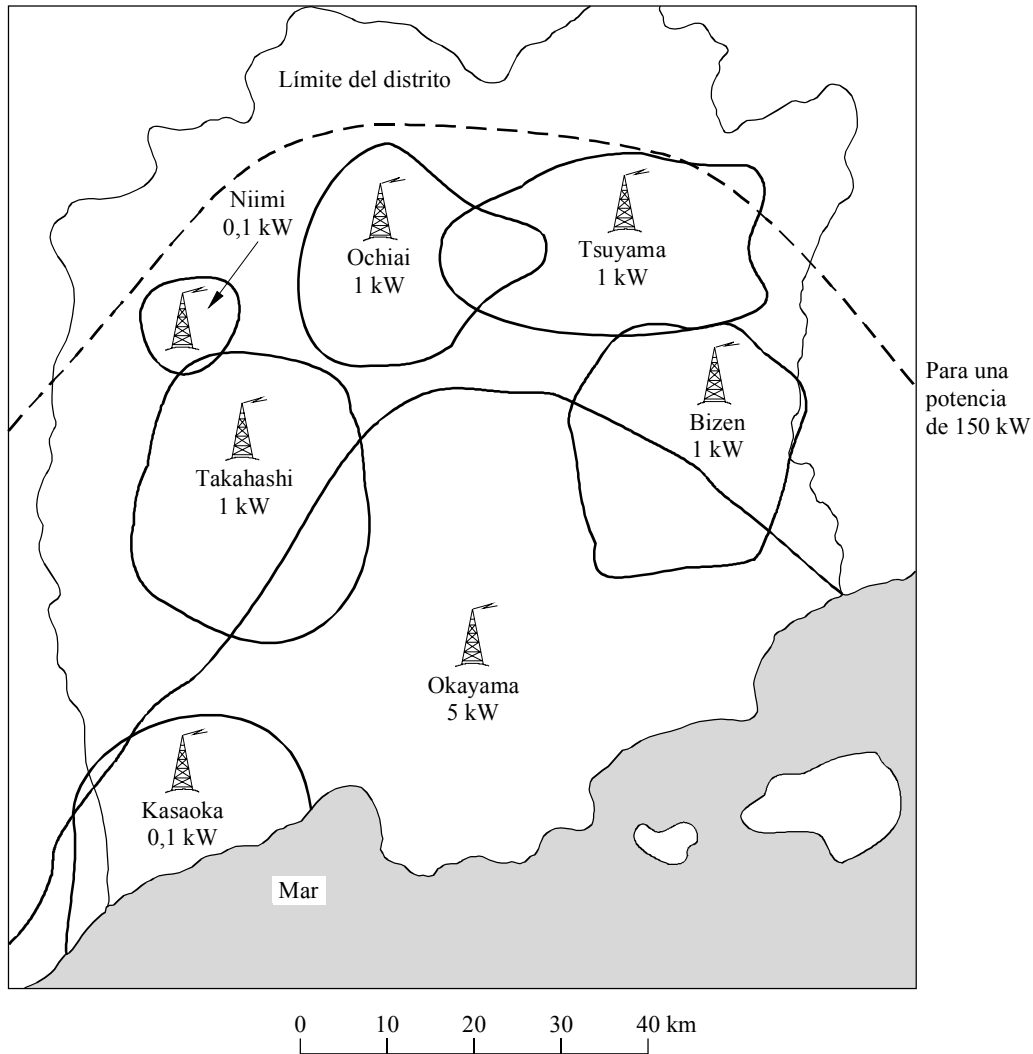
En la zona de cobertura, debido a su extensión, no se ha observado interferencia debida a desvanecimientos cortos o a propagación por trayectos múltiples. No obstante, en zonas de cobertura extensas ese tipo de interferencia puede dificultar el logro de los mismos resultados.

10.7 Investigaciones llevadas a cabo en la República Popular de China

Desde finales de los años 60 se han llevado a cabo en la República Popular de China experimentos e investigaciones sobre radiodifusión sincronizada en ondas hectométricas. Un método, el de sincronización de fase, está sujeto a la interferencia aleatoria y la fluctuación de fase de la señal de frecuencia patrón transmitida, lo que disminuye las ventajas que cabe esperar de la sincronización. Para solventar este problema, se ha desarrollado un sistema de sincronización de fase adaptativa que realiza un seguimiento adaptativo basado en la calidad y en la presencia o ausencia de la señal de frecuencia patrón. El seguimiento se refiere únicamente a la precisión de las estadísticas a largo plazo de la señal de frecuencia patrón y no a sus rápidos cambios de fase y fluctuaciones de fase aleatorias. En consecuencia, aun cuando se interrumpa la señal de frecuencia patrón se mantiene la precisión de frecuencia.

FIGURA 9

**Sincronización de la cadena de transmisores radioeléctricos
en ondas hectométricas que funcionan a 1 494 kHz**



Para todas las estaciones subordinadas: la fase de audiofrecuencia enganchada con la estación principal
 Contorno: 1 mV/m
 Población del distrito: 1 871 000 habitantes

0560-09

Durante el periodo de 1986 a 1990 se introdujeron en la radiodifusión sincronizada en ondas hectométricas excitadores digitales inteligentes. En 1992 entró en vigor un plan técnico para la radiodifusión sincronizada en ondas hectométricas utilizando sincronización de fase adaptativa. Diversas pruebas corroboraron la mejora lograda en el efecto de cobertura de la red de una sola frecuencia empleando el método de sincronización de fase adaptativa. Esta técnica se ha utilizado ampliamente en la República Popular de China con los siguientes resultados:

- Se ha implantado una red de radiodifusión sincronizada en ondas hectométricas de una sola frecuencia utilizando la frecuencia patrón de 1 MHz transmitida por el organismo central de la televisión de la República Popular de China (CCTV). La relación de protección en radiofrecuencia entre los transmisores sincronizados es próxima a 0 dB.

- La fluctuación de la intensidad de campo resultante medida dentro de los contornos de intensidad de campo es inferior a ± 1 dB durante un largo periodo de tiempo y puede obtenerse una recepción satisfactoria sin desvanecimiento y distorsión con equipos receptores comunes. Aunque cerca de los puntos de intensidad mínima del campo de onda estacionaria puede percibirse un ligero desvanecimiento y distorsión de la señal deseada, esos fenómenos desaparecen en cuanto se ajusta la dirección de las antenas de recepción.
- Cuando se interrumpe la señal de frecuencia patrón, durante 5 min o menos, la unidad de excitación del sistema de sincronización inteligente se adaptará por conmutación al modo de sincronización de frecuencia sin que se produzca ninguna degradación en la señal recibida.

Por consiguiente, se estima que la radiodifusión sincronizada en ondas hectométricas utilizando el método de sincronización de fase adaptativa ha llegado a su madurez.

ANEXO 4

Parámetros de planificación en la banda 7 (ondas decamétricas) considerados por la CAMR HFBC-87

La CAMR HFBC-87 estimó que las relaciones de protección en radiofrecuencia, las intensidades de campo mínimas utilizables y los márgenes de desvanecimiento de la señal son parámetros de planificación básicos que es posible mejorar mediante estudios complementarios y recomendó que la ex IFRB utilizase los parámetros que figuran a continuación en sus normas técnicas.

1 Relaciones de protección en radiofrecuencia

1.1 Relación de protección para transmisiones no sincronizadas

El sistema de planificación de la CAMR HFBC-87 tratará de satisfacer las necesidades con una mínima protección cocanal en radiofrecuencia de 17 dB sin tener en cuenta los márgenes de desvanecimiento y la interferencia de origen múltiple. En casos de congestión, esa relación puede reducirse hasta resolverla.

1.2 Relación de protección para transmisiones sincronizadas

La relación de protección cocanal entre transmisiones, sincronizadas de la misma red debe ser de:

Distancia, L , entre transmisores sincronizados (km)	Relaciones de protección (dB)
$L \leq 700$	0
$700 < L \leq 2500$	4
$2500 < L$	8

1.3 Relaciones de protección relativas en radiofrecuencia

Las relaciones de protección relativas en radiofrecuencia, α , para las separaciones de frecuencias portadoras (Δf) (véase la Nota 1), respecto a las relaciones de protección cocanal deben ser:

Δf (kHz)	α (dB)
0	0
± 5	-3
± 10	-35
± 15	-49
± 20	-54

NOTA 1 – No es necesario tener en cuenta las separaciones de frecuencia Δf inferiores a -20 kHz ni superiores a +20 kHz.

2 Intensidad de campo mínima utilizable

La intensidad de campo mínima utilizable debe determinarse añadiendo 34 dB al mayor de los dos valores siguientes:

- la intensidad de campo debida al ruido radioeléctrico atmosférico, contenida en la Recomendación UIT-R P.372,
- 3,5 dB(μ V/m), que es el nivel de ruido intrínseco del receptor.

3 Margen de protección contra desvanecimientos de la señal

3.1 Desvanecimientos de corta duración (durante una hora)

La desviación de amplitud del decilo superior, respecto a la mediana de una sola señal, ha de ser de 5 dB y la desviación del decilo inferior de -8 dB.

3.2 Desvanecimientos de larga duración (de un día a otro)

Los valores de los desvanecimientos de larga duración, determinados por la relación entre la frecuencia de trabajo y la MUF básica aparecen en el Cuadro 2 de la Recomendación UIT-R P.842.

Para las transmisiones sincronizadas, debe usarse el margen de protección contra el desvanecimiento correspondiente a la señal predominante. Para los casos en que las intensidades de campo deseadas contribuyentes sean iguales, y se aplica la Nota 1 del Cuadro 2 de la Recomendación UIT-R P.842 al menos a uno de los trayectos, deben utilizarse los valores de latitudes geomagnéticas $\geq 60^\circ$.

3.3 Distribución conjunta del desvanecimiento cuando intervienen las señales deseada y no deseada

Se considerará que los márgenes de desvanecimiento para el 10% y el 90% del tiempo son de 10 dB, excepto cuando se aplican las disposiciones de las notas. En este último caso ha de usarse un valor de 14 dB.

NOTA 1 – Si un punto del arco del círculo máximo que pasa por el transmisor y por el receptor, y que se encuentra entre puntos de control situados a 1000 km de cada extremo del trayecto llega hasta una latitud geomagnética corregida de 60° o mayor, habrá que utilizar los valores correspondientes a latitudes $\geq 60^\circ$.

NOTA 2 – Estos valores se refieren sólo al trayecto de la señal deseada.

NOTA 3 – Para las transmisiones sincronizadas ha de usarse el margen de desvanecimiento asociado a la señal deseada predominante. Para los casos en que las intensidades de campo deseadas contribuyentes son iguales y se aplica la Nota 1 al menos a uno de los trayectos, ha de utilizarse el valor de 14 dB para los decilos.
