

INFORME 634-4*

**SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN POR
SATÉLITE (SONORA Y DE TELEVISIÓN)****Medición de las relaciones de protección contra las
interferencias para la planificación de sistemas de
radiodifusión sonora y de televisión**

(Cuestión 1/10 y 11 y Programas de Estudios 1C/10 y 11, 1D/10 y 11 y 2C/10 y 11)

(1974-1978-1982-1986- 1990)

1. Introducción

Para la planificación de los sistemas de televisión es básico conocer las relaciones de protección contra la interferencia (relación potencia de la señal deseada/potencia de la señal interferente a la entrada del receptor) en función de la calidad de imagen evaluada subjetivamente. Así, en la planificación de los sistemas terrenales de radiodifusión, hace mucho tiempo que se necesitaron conocer las relaciones de protección contra la interferencia entre dos señales de modulación de amplitud y banda lateral residual (MA-BLR). Actualmente, con las numerosas atribuciones de bandas de frecuencias al servicio de radiodifusión por satélite, en compartición con distintos servicios terrenales y espaciales, han cobrado mucha importancia las relaciones de protección que se requieren en un gran número de métodos de modulación diferentes. Es evidente que ante la inminente aparición de las transmisiones digitales, con sus correspondientes señales interferentes y deseadas, será asimismo necesario disponer de relaciones de protección entre esas señales y entre ellas y las señales analógicas.

En este Informe, se dan los resultados de las pruebas relativas a las relaciones de protección, efectuadas por diferentes administraciones, para casos en que las señales deseada e interferente se hallen moduladas por señales de televisión en color o por otras transmisiones tales como canales múltiples de sonido (véase la nota). Al examinar estos resultados, conviene observar que, en general, las combinaciones de señales no están limitadas a una sola banda de frecuencias. Así la relación de protección que se obtiene como medida de la interferencia de una señal con modulación de frecuencia a otra señal con modulación de amplitud y banda lateral residual, es importante no sólo para la compartición en la banda de 620 a 790 MHz sino también para la compartición en las bandas de 2500 a 2690 MHz y de 11,7 a 12,5 GHz.

Nota. — En el Informe 449 figuran datos sobre la relación de protección contra las interferencias entre una señal de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual o modulación de frecuencia y los tipos de señales que emplean los servicios fijos y móviles.

2. Mediciones de las relaciones de protección**2.1 Mediciones subjetivas en televisión**

Las mediciones subjetivas de las relaciones de protección en televisión debieran efectuarse de acuerdo con la Recomendación 600.

2.2 Mediciones objetivas en transmisiones de sonido

Siempre que se trate de radiodifusión sonora, convendrá efectuar las mediciones de la relación de protección, aplicando un método objetivo. Ese método consistirá en efectuar las mediciones de ruido después de la demodulación, para que se cumpla la condición de que la relación señal/ruido en el canal de sonido no exceda de un valor determinado. En el cuadro I se da una lista de parámetros que afectan a la relación de protección para señales de sonido, junto con un caso de referencia propuesto, para establecer una serie común de condiciones de prueba para las mediciones efectuadas por diferentes administraciones.

* Este Informe debe señalarse a la atención de la CEI (GT 8, SC 12A).



CUADRO I – Factores que afectan a las mediciones objetivas de relaciones de protección para señales de sonido y serie de condiciones para esos factores, relativas a un caso de referencia

Factor	Condición relativa al caso de referencia	
Receptores Características de la señal deseada Características de la señal interferente Separación de frecuencia de las portadoras	nota 1 nota 2 nota 3 nota 4	
Relación señal/ruido ponderado (nota 6) Podría alcanzarse el valor del caso de referencia propuesto con los siguientes valores de las dos componentes: Relación señal/ruido térmico ponderado Relación señal/ruido ponderado debido a la interferencia (nota 7)	Sonido de alta calidad	Sonido de acompañamiento de la señal de televisión
	≥ 47 dB	≥ 42 dB
	≥ 50 dB	≥ 45 dB
	≥ 50 dB	≥ 45 dB
Otras interferencias y orígenes de degradación del sonido	nota 5	

Nota 1. – Los receptores que se utilicen para las pruebas deben corresponder a un equipo bastante sensible al tipo particular de degradación considerado. Deberán tenerse en cuenta los receptores de uso doméstico y los que puedan utilizarse en estaciones reemisoras. Han de efectuarse mediciones de las características de los filtros RF y FI para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos cuando existen desplazamientos de frecuencia entre la señal deseada y la señal interferente. En la medida de lo posible, se ajustarán las características de los filtros a las normas aplicables a la señal deseada. Las frecuencias en la banda de base deben limitarse al valor mínimo necesario para la norma de televisión de la señal deseada. El empleo de anchuras de banda excesivas en los filtros permite observar ruidos e interferencias que no se producirían con receptores adecuadamente ajustados.

Nota 2. – En el caso de que la señal deseada sea un sistema de canales múltiples de sonido, cabe pensar en varios sistemas que requieran una anchura de banda igual o inferior a la de un canal de televisión. Se da un ejemplo de tal sistema en el § 4 del anexo I.

Nota 3. – En la mayoría de los casos, las características de la señal deseada y de la señal interferente son idénticas. Sin embargo, se necesita también un medio para determinar las relaciones de protección entre sistemas diferentes. En tal caso, la señal interferente puede presentar características diferentes de la señal deseada, o puede consistir en otro tipo de transmisión como la de canales múltiples de sonido.

Nota 4. – Para las mediciones de relación de protección cocanal, no existe separación de frecuencia de las portadoras. Se entiende por separación de frecuencia de las portadoras la diferencia entre las frecuencias portadoras no moduladas de las señales interferente y deseada ($f_{interferente} - f_{deseada}$), a condición de que se utilice el mismo tipo de modulador en ambos canales. Sin embargo, si la interferencia es sensible a determinados valores de desplazamiento, el programa de pruebas deberá identificarlas. Para las relaciones de protección del canal adyacente, se hará una serie de mediciones para diferentes frecuencias de la señal interferente; la gama de variación con relación a la señal deseada será de ± 30 MHz aproximadamente.

Nota 5. – No se tendrán en cuenta otras fuentes de interferencias (exceptuando el ruido térmico anteriormente mencionado), al evaluar la relación de protección.

Nota 6. – Los valores indicados representan la diferencia entre el nivel máximo de la señal y el ruido medio conforme a la Recomendación 468. (Valor cuasi cresta y nueva red de ponderación).

Nota 7. – En el Informe 796 se describe el método objetivo de medición de las relaciones de protección en canales de sonido.

3. Relaciones de protección para una señal de televisión deseada

Se examinan en este párrafo las relaciones de protección necesarias para las señales de televisión. La relación de protección es función de las características de modulación de las señales deseada e interferente. La CAMR-RS-77, ya ha utilizado ciertos valores de relaciones de protección para señales de televisión con fines de planificación. Estos valores, basados en mediciones efectuadas en aquella fecha, se indican en el § 3.1.1. La CARR SAT-83 ha utilizado ciertos valores de relación de protección basados en medidas recientes, con fines de planificación. Estos valores se indican también en el § 3.1.1.

En el resto del § 3.1 se mencionan mediciones de relaciones de protección para señales de televisión que sufren interferencia procedente de otras señales de televisión con modulación analógica o digital. En el § 3.2 se mencionan mediciones de relaciones de protección para señales de televisión sometidas a interferencias producidas por señales distintas de las de televisión.

En el § 3.3 se examinan los efectos de varias desviaciones de las condiciones de prueba con respecto a las condiciones de prueba del caso de referencia que se especifican en la Recomendación 600.

Las mediciones de las relaciones de protección requeridas que figuran en este Informe se han efectuado con una amplia variedad de condiciones de prueba en las que se han empleado diferentes criterios subjetivos. Conviene efectuar nuevos estudios de acuerdo con lo dispuesto en la Recomendación 600, y para todas las combinaciones de métodos de modulación de las señales deseada e interferente que pueden darse en la práctica, a fin de poder adoptar los valores adecuados para futuras planificaciones. En el anexo II se formulan sugerencias relativas a ciertas pruebas adicionales.

3.1 *Interferencia producida por una señal de televisión*

3.1.1 *Plantilla de relación de protección utilizada en la planificación*

En la fig. 1a y en el cuadro II figura la plantilla de relación de protección utilizada con fines de planificación en la CAMR-RS-77, que está basada en las mediciones realizadas hasta esa fecha.

Mediante ciertas mediciones realizadas en Canadá y Estados Unidos se han estudiado varios aspectos de la interferencia entre señales de televisión con modulación de frecuencia del sistema M/NTSC. En particular:

- se encontró una relación entre el nivel de degradación de la imagen y la interferencia cocanal procedente de una sola fuente;
- se analizó el efecto subjetivo de la interferencia de canal adyacente;
- se evaluó el efecto combinado de la interferencia cocanal y de canal adyacente.

La plantilla de relación de protección para la Región 2, reproducida en la fig. 1b, se ha obtenido de los resultados de estas mediciones, para una relación de protección cocanal de 28 dB.

En el anexo I, § 3.1, y en [CCIR, 1982-86a, b], se da información detallada sobre las condiciones de prueba y los resultados de las mediciones.

3.1.2 *Interferencia entre dos señales de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual*

En el Informe 306 se indican los valores de la relación de protección para este caso importante.

3.1.3 *Interferencia producida por una señal de televisión con modulación de frecuencia a otra señal de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual*

Para este caso, se resumen los datos del anexo I en el cuadro III que indica las relaciones de protección cocanal (PR_0) para una interferencia apenas perceptible.

En el anexo I, § 1.1, figura información más detallada para diferentes sistemas.

3.1.4 *Interferencia producida por una señal de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual a una señal de televisión con modulación de frecuencia*

Para este caso, se han efectuado mediciones con los sistemas M/NTSC de 525 líneas y K/SECAM de 625 líneas como señal deseada. Para la relación de protección cocanal en sistema M, se indican valores comprendidos entre 28 y 32 dB aproximadamente, para el caso de referencia. En el anexo I (§ 2), se indican relaciones de protección del canal adyacente para una excursión de 18 MHz/V. Estos resultados pueden servir de guía hasta que se efectúen mediciones más completas.

En el § 5 del anexo I figura información sobre el sistema K/SECAM.

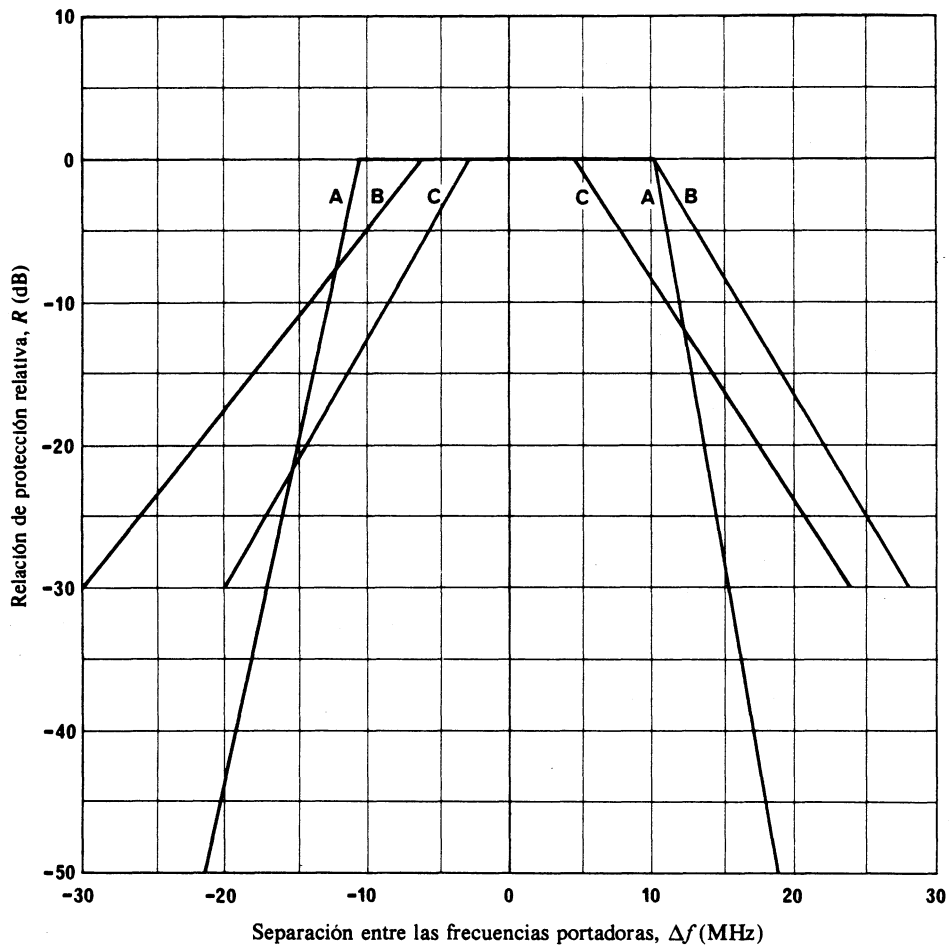


FIGURA 1a — Relaciones de protección del caso de referencia con respecto a la separación de frecuencia

$$\Delta f = (f_{\text{interferente}} - f_{\text{deseada}})$$

Curvas A : Señal deseada TV-MA/BLR, señal interferente TV-MF, valor para la relación de protección cocanal = 50 dB

B : Señal deseada TV-MF, señal interferente TV-MF, valor para la relación de protección cocanal = 30 dB (Regiones 1 y 3)

C : Señal deseada TV-MF, señal interferente TV-MA/BLR, valor para la relación de protección cocanal = 30 dB

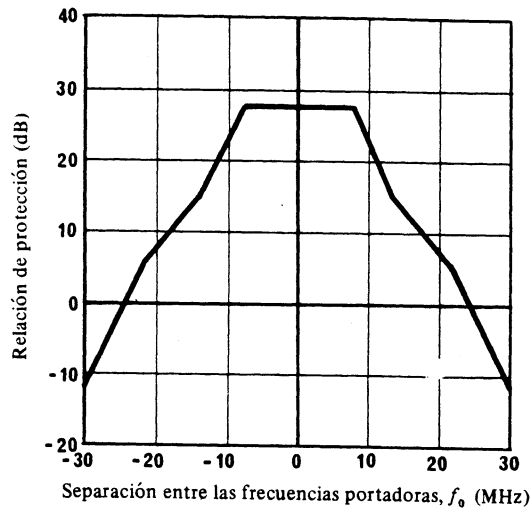


FIGURA 1b – Plantilla de la relación de protección (TV-MF) Región 2

Relación de protección (excursión de frecuencia cresta a cresta, $D_v = 12$ MHz)

28,0 dB para $|f_0| < 8,36$ MHz
 $-2,762 |f_0| + 51,09$ dB para $8,36 < |f_0| < 12,87$ MHz
 $-1,154 |f_0| + 30,4$ dB para $12,87 < |f_0| < 21,25$ MHz
 $-2,00 |f_0| + 48,38$ dB para $|f_0| > 21,25$ MHz

CUADRO II

Señal deseada	Señal interferente	Relación de protección		Región
		Cocanal (dB)	Canal adyacente	
Con modulación de amplitud y banda lateral residual	Con modulación de frecuencia	50	Fig. 1a, curva A	1, 2, 3
Con modulación de frecuencia	Con modulación de amplitud y banda lateral residual	30	Fig. 1a, curva C	1, 2, 3
Con modulación de frecuencia	Con modulación de frecuencia	30	Fig. 1a, curva B	1, 3
Con modulación de frecuencia	Con modulación de frecuencia	28	Fig. 1b	2

CUADRO III

Señal deseada	Excursión de la señal interferente, D_v (¹) (MHz)	PR_0 (dB)
625 líneas, sistemas I/PAL, G/PAL	12	54
625 líneas, sistema K/SECAM	22	46
525 líneas, sistema M/NTSC y 625 líneas, sistema L/SECAM	12	50

(1) D_v : Excursión de frecuencia cresta a cresta nominal.

3.1.5 Interferencia entre dos señales de televisión con modulación de frecuencia

Cuando son idénticos los parámetros de modulación de las señales deseada e interferente, sin que exista una separación de las frecuencias portadoras, el valor PR_0 de la relación de protección medida con arreglo a las condiciones de referencia descritas en la Recomendación 600 puede representarse por las siguientes fórmulas:

- para todos los sistemas, salvo el M/NTSC de 525 líneas:

$$PR_0 = C - 20 \log (D_v/12) - Q + 1,1 Q^2 \quad (1a)$$

siendo:

D_v : excursión de frecuencia nominal cresta a cresta (MHz);

Q : nota de degradación que se refiere únicamente al efecto de interferencia, medido en la escala de degradación de cinco notas de la Recomendación 500 [CCIR, 1970-74a];

C : constante que depende del sistema de televisión y cuyo valor es de:

12,5 para los sistemas I/PAL, G/PAL, L/SECAM de 625 líneas;

18,5 para el sistema K/SECAM de 625 líneas.

Para valores altos de Q (4 a 4,5) se ha comprobado que las relaciones de protección cocanal medidas, e indicadas en el § 3 del anexo I, cumplen con la ecuación (1a), con aproximación de 1 dB, después de efectuar ajustes para tener en cuenta las diferencias relativas al caso de referencia. Los valores de la relación de protección extraídos del Informe 449 también se aproximan en 1 dB a la ecuación (1a). La información limitada disponible para valores bajos de Q (§ 3.1 del anexo I) difiere de la ecuación (1a) en unos 4 dB. La ecuación (1a) es útil para el diseño de un sistema que requiera, de modo general, valores altos de Q . El perfeccionamiento de la ecuación (1a), para que sea aplicable a valores bajos de Q requiere mayor estudio.

- para el sistema M/NTSC de 525 líneas:

$$PR_0 = 16,9 - 8,7 \log I_u - 20 \log (D_v/12) \quad (1b)$$

donde:

$$I_u = \frac{5 - Q}{Q - 1} \quad \text{con } 1 < Q < 5 \quad (\text{véase el Informe 405})$$

La ecuación (1b) se basa en datos obtenidos en mediciones llevadas a cabo en Canadá y Estados Unidos de América utilizando el sistema M/NTSC de 525 líneas [Bouchard y otros, 1984; CCIR, 1982-86c]. Se observó que esta ecuación proporciona un ajuste razonablemente bueno de estos datos en toda la gama de Q .

En el § 3 del anexo I, así como en [CCIR, 1974-78a] se da información más detallada sobre la interferencia entre dos señales de televisión con modulación de frecuencia.

3.1.6 Interferencia producida por múltiples señales de televisión con modulación de frecuencia sobre una señal de televisión con modulación de frecuencia

Recientemente se han realizado mediciones en Canadá y Estados Unidos de América, utilizando el sistema M/NTSC de 525 líneas, para examinar el método mediante el cual se combinan múltiples fuentes de interferencia cocanal. El resultado de las pruebas subjetivas demuestra que la combinación equivale prácticamente a una suma de potencias.

Mediciones adicionales realizadas en Estados Unidos de América han demostrado que múltiples señales interferentes de canal adyacente se combinan para producir un efecto que es 2 a 6 dB más pronunciado que la adición de potencias.

El efecto combinado de interferencias cocanal y de canal adyacente es una suma de potencias de los efectos individuales de interferencia en todo el margen de C/I . Para valores elevados de la C/I , la interferencia cocanal predomina en los efectos subjetivos, mientras que para valores bajos de la C/I , predomina la interferencia de canal adyacente.

En el anexo I, § 3.1.6.4, 3.1.7.2, 3.1.7.4, 3.1.7.5 y en [CCIR, 1982-86a, b], se da información detallada sobre la interferencia producida en una señal de televisión MF por múltiples señales de televisión MF.

3.1.7 Interferencia entre señales de televisión MF que utilizan modulación digital y multiplexaje por distribución en el tiempo para sonido y datos (sistemas de 625 líneas)

La UER [CCIR, 1982-86d] ha realizado pruebas subjetivas (para la imagen) y mediciones objetivas (para el sonido) con miras a demostrar la compatibilidad del sistema C-MAC/paquetes con las disposiciones de la CAMR-RS-77 (véanse los Informes 1073 y 632).

Los resultados se exponen a continuación en el cuadro IV para la imagen, en forma de degradación relativa debida a la adición de la señal interferente evaluada en la escala de degradación de 5 notas, y en el cuadro V para el sonido, en forma de proporción de bits erróneos.

CUADRO IV – *Notas subjetivas de la imagen en la escala de degradación de 5 notas en presencia de interferencia*

(Media y desviación típica (DT))

(Interferencia cocanal a -31 dB e interferencia de canal adyacente a -15 dB)

Degradación relativa de la calidad de imagen		Cocanal	Canal adyacente superior	Canal adyacente inferior	Sin interferencia
Señal C-MAC/paquetes que interfiere a una señal C-MAC/paquetes					
Relación C/N alta (25 dB)	Media DT	4,8 0,40	4,9 0,35	4,6 0,60	4,9 0,31
Relación C/N baja (10 dB)	Media DT	4,8 0,49	4,7 0,46	4,7 0,52	4,8 0,39
Señal C-MAC/paquetes que interfiere a la señal del sistema de referencia CAMR-RS-77					
Relación C/N alta (25 dB)	Media DT	4,9 0,35	4,9 0,23	4,9 0,31	4,9 0,31
Relación C/N baja (10 dB)	Media DT	4,2 0,71	4,5 0,66	3,9 0,78	4,7 0,52

CUADRO V – *Proporción de bits erróneos medida en un canal de sonido digital con una relación C/N baja (7 dB)*

Señal deseada	Señal interferente	Interferencia cocanal -31 dB	Interferencia de canal adyacente		Sin interferencia ⁽¹⁾
			Superior -15 dB	Inferior -15 dB	
C-MAC	C-MAC	$2,7 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-3}$

(¹) Sin utilizar simulación de satélite en el canal deseado.

Si se hace referencia al hecho de que los niveles más desfavorables de interferencia admitidos por la CAMR-RS-77 del cocanal (-31 dB) y de los canales adyacentes (-15 dB) corresponden a una nota de degradación de 4,5 (con una elevada relación portadora/ruido), puede concluirse de esos resultados que el sistema C-MAC/paquetes es compatible con el Plan de enlaces descendentes para las Regiones 1 y 3.

En Francia se han realizado mediciones [CCIR, 1982-86e] para estudiar la compatibilidad del sistema D2-MAC/paquetes (véanse los Informes 1073 y 632) con las Actas Finales de la CAMR-RS-77. Tales medidas han versado sobre el sistema D2-MAC/paquetes y un sistema correspondiente a la referencia utilizada para el Plan de la CAMR-RS-77 (sistema PAL/SECAM con una subportadora de sonido MF).

En el cuadro VI se muestran los resultados para la imagen en función de la relación C/I correspondiente al umbral de visibilidad de la interferencia.

CUADRO VI – Relaciones de protección entre D2-MAC/paquetes y PAL/SECAM (CAMR-RS-77)

Señal deseada	Señal interferente	C/I correspondiente al umbral de visibilidad		
		Cocanal (dB)	Canal adyacente inferior (dB)	Canal adyacente superior (dB)
D2-MAC/paquetes	D2-MAC/paquetes	20	11	12
PAL/SECAM (CAMR-RS-77)	D2-MAC/paquetes	27	12	13

Los resultados corresponden a los casos más críticos, tanto en lo relativo a la señal deseada como a la interferente.

En cuanto a la componente digital de la señal D2-MAC/paquetes, la degradación equivalente expresada en función de la relación C/N sigue siendo inferior a 0,5 dB para una proporción de bits erróneos de 10^{-3} , cuando las relaciones C/I son iguales a 15 y 31 dB para el canal adyacente y el cocanal, respectivamente.

Esas mediciones demuestran que el sistema D2-MAC/paquetes cumple las relaciones de protección adoptadas en la CAMR-RS-77.

En el Reino Unido se han efectuado mediciones [Priestman y O'Neill, 1987] para determinar si el sistema D-MAC/paquetes con modulación de frecuencia (véase el Informe 1073) es compatible con las Actas Finales de la CAMR-RS-77.

La señal deseada era a la vez el sistema PAL (es decir, el sistema de referencia definido por la CAMR-RS-77) y el sistema D-MAC/paquetes con modulación de frecuencia.

En esas pruebas, la señal interferente era transmitida por equipo de simulación de un canal de satélite consistente en un transmisor klistrón de alta potencia y de un transpondedor simulado de satélite con amplificador del tipo de tubo de ondas progresivas de baja potencia.

El cuadro VII contiene los resultados de esas mediciones, a saber, las relaciones de protección evaluadas subjetivamente para la señal del canal de imagen deseado, que se aplican a las combinaciones de imagen más críticas.

Como se puede observar, en todos los casos hay un margen positivo en comparación con las relaciones de protección adoptadas por la CAMR-RS-77 (es decir, 31 dB para la interferencia cocanal y 15 dB para la interferencia de los canales adyacentes).

En cuanto a la componente digital de la señal D-MAC/paquetes, la degradación equivalente expresada en función de la relación C/N sigue siendo inferior a 0,5 dB para una proporción de bit erróneos de 10^{-3} cuando las relaciones C/I son de 15 dB y 31 dB respecto a los canales adyacentes y al cocanal, respectivamente.

Estas mediciones demuestran que el sistema D-MAC/paquetes se ajusta a las relaciones de protección adoptadas por la CAMR-RS-77.

CUADRO VIIRelaciones de protección del sistema D-MAC/paquetes
con modulación de frecuencia

Relación de protección requerida para
una interferencia apenas perceptible en
la imagen del canal deseado (dB)

Señal Deseada (1)	Señal Interferente(1)	Cocanal	Canal adyacente inferior	Canal adyacente superior
D-MAC/paquetes	D-MAC/paquetes, datos continuos	17	3	1
D-MAC/paquetes	C-MAC/paquetes	27	10	6
Sistema PAL (CAMR-RS-77) (2)	D-MAC/paquetes, datos continuos	22	7	6
Sistema PAL	C-MAC/paquetes	29	11	8

(1) Las imágenes del canal deseado y del canal interferente se sincronizaron con un desplazamiento de 1/2 línea entre una y otra.

(2) Sensibilidad de la desviación: 13,5 MHz/V.

La UER ha llevado a cabo otras pruebas subjetivas para determinar la perceptibilidad de las interferencias cuando se aplican operaciones de embrollación* y desembrollación a las señales de radiodifusión por satélites con el sistema C-MAC/paquetes descrito en el Informe 1073.

Esas pruebas, realizadas de acuerdo con las Recomendaciones 500 y 600 indican que las relaciones de protección de señales C-MAC/paquetes embrolladas pueden ser algo menos rigurosas que para las mismas señales no embrolladas.**

En el cuadro VIII se indica la reducción media de la relación de protección (PR) por efecto de la embrollación.

* En este Informe se utiliza el término «embrollación» como equivalente del término inglés «scrambling», que generalmente se traduce por «aleatorización».

** Cabe pensar que se obtendrían resultados similares en el caso del sistema D-MAC/paquetes y del sistema D2-MAC/paquetes.

CUADRO VIII

	Reducción media de la relación de protección (dB)
Canal adyacente inferior (-19,18 MHz)	2,6
Canal adyacente superior (+19,18 MHz)	1,8
Cocanal	2,0

Del cuadro VII puede deducirse que la embrollación reduce las interferencias tanto del cocanal como de los canales adyacentes, lo que es aplicable a cualquier sistema de embrollación, así como en presencia de degradación en la relación portadora/ruido.

Esas pruebas subjetivas indican que las relaciones de protección para señales C-MAC/paquetes embrollados se ajustan perfectamente a las especificaciones de la CAMR-RS-77.

Pruebas llevadas a cabo con las señales C-MAC utilizando un equipo completo de simulación de un canal de radiodifusión por satélite, incluyendo tanto los enlaces de conexión como los enlaces descendentes, indicaron que había poca diferencia entre el efecto producido por la interferencia en el enlace de conexión y el que se experimentó con la misma cantidad de interferencia en el enlace descendente, con un transpondedor de un bajo valor de conversión MA/MP ($< 2^\circ/\text{dB}$) [Shelswell, 1984]. Valores más elevados de la conversión MA/MP han de repercutir en el efecto aparente de la interferencia sobre el enlace de conexión, en la misma forma en que la relación C/N efectiva del enlace de conexión se reduzca (véase el Informe 952, § 3.3 y 4.5). Este resultado debiera tener validez para cualquier sistema, no obstante se necesita efectuar mayores estudios.

3.1.8 Interferencia entre señales de televisión MF con empleo de modulación digital y multiplexaje por distribución en el tiempo para sonido y datos (sistemas de 525 líneas)

En Canadá, se han efectuado mediciones subjetivas [Chouinard y Barry, 1984] para determinar la calidad de funcionamiento en relación con el ruido y la interferencia de la parte video del sistema B-MAC. Las pruebas de interferencia implicaron una comparación de la sensibilidad de las señales video codificadas de los sistemas MAC y NTSC con respecto a una u otra de las señales interferentes codificadas MAC o NTSC.

La señal video NTSC, con excursión cresta a cresta de 12 MHz de la portadora con MF, iba acompañada de tres subportadoras de audiofrecuencia cada una de las cuales producía una excursión cresta a cresta de 2 MHz en la portadora principal. Se utilizó preacentuación de conformidad con la Recomendación 405. La señal MAC (véase su descripción detallada en el Informe 1073) producía también una excursión de 12 MHz de la portadora MF. La ráfaga de datos durante el intervalo de supresión de línea fue sustituida por una ráfaga de sincronización de amplitud total a 7 MHz. La preacentuación utilizada fue una versión ligeramente modificada de la especificada en el Informe 1073, con la frecuencia de cruce cero en 2,335 MHz. Tanto la señal deseada como la interferente tenían las mismas características de modulación.

Se efectuaron las pruebas con un radiocanal lineal y se obtuvo la demodulación de frecuencia con un receptor con discriminador y limitador convencional. Se utilizó un filtro de canal de predetección de tipo Chebychev de cuatro polos, con una anchura de banda de ruido equivalente de 22,7 MHz sin igualación de retardo de grupo. Se efectuaron las pruebas de conformidad con la Recomendación 500, por observadores experimentados sentados a una distancia igual a 5 veces la altura de la imagen, y se basaron en el umbral de perceptibilidad de las degradaciones de la imagen.

3.1.8.1 Interferencia cocanal

En el cuadro IX se indica la media de los resultados de las pruebas de interferencia cocanal obtenidos con cuatro diapositivas de prueba y 17 observadores. Estos resultados indican la relación C/I (dB) para el nivel apenas perceptible de degradación para dos señales interferentes: la señal de prueba de ráfagas múltiples (MB - «MultiBurst») y la señal de prueba de barra de color (CB - «Colour Bar») en la proporción de un 75%. Se indica también la media de estas dos señales de prueba. Se observó que la señal MAC era ligeramente más inmune a la interferencia cocanal que la señal NTSC. Para el caso de la mayor excursión especificada en el Informe 1073 para la señal B-MAC, cabe esperar que la protección necesaria para la señal B-MAC sea de 3 a 4 dB inferior a la señal NTSC de referencia. Para el caso de una interferencia mixta, se observó que la interferencia no era peor que la producida por la señal NTSC de referencia en la señal NTSC. Con la excursión más amplia especificada para la señal B-MAC, cabe esperar que esos casos mixtos sean de 1 a 3 dB más leves comparados con el caso de referencia. Cabe, pues, concluir que la utilización del sistema B-MAC es compatible con las características de interferencia cocanal del Plan de la CARR SAT-83.

CUADRO IX – Resultados de la interferencia cocanal (C/I en dB)

		Señal interferente	
		NTSC	B-MAC
Señal deseada	NTSC	MB = 24,3 CB = 26,1 Media = 25,2	MB = 24,4 CB = 26,2 Media = 25,3
	B-MAC	MB = 24,3 CB = 25,1 Media = 24,4	MB = 23,6 CB = 25,1 Media = 24,4

MB: Señal de prueba video de ráfagas múltiples

CB: Señal de prueba de barra de color de 75%

3.1.8.2 Interferencia del canal adyacente

En los cuadros X y XI, se indican, respectivamente, las medias de los resultados de las pruebas subjetivas relativas a la interferencia del canal adyacente superior o inferior, realizadas con cuatro diapositivas de prueba y 17 observadores. Se indica la relación C/I (dB) para el nivel apenas perceptible de degradación para dos señales interferentes diferentes: la señal de prueba de ráfagas múltiples (MB) y la señal de prueba de barra de color (CB) para una proporción del 75%. Se indica también la media de los resultados obtenidos para las dos señales interferentes. Los resultados indican que la señal B-MAC produce más interferencia en ambos canales adyacentes, el superior y el inferior, que la señal NTSC. Se ha comprobado que la protección de una señal B-MAC contra otra señal B-MAC es de 2 a 5 dB superior que la protección necesaria para la señal NTSC de referencia en una señal NTSC, si bien es inferior al valor utilizado para planificar el sistema de radiodifusión por satélite en la CARR SAT-83 (13,6 dB). Se hace observar, sin embargo, que la interferencia del canal adyacente constituye un problema estrictamente nacional para el caso de la radiodifusión por satélite de América del Norte, dado que, en el Plan, todos los canales de la misma posición orbital han sido asignados a la misma administración.

Se observó también que la ráfaga de sincronización imponía limitaciones sólo en un número limitado de casos. Como en el sistema B-MAC se especifica la ráfaga de datos para la amplitud más reducida, es improbable que esa ráfaga de datos imponga limitaciones en casos de interferencia.

CUADRO X – Resultados de la interferencia del canal adyacente superior (C/I en dB)

		Señal interferente	
		NTSC	B-MAC
Señal deseada	NTSC	MB = 4,3 CB = 4,4 Media = 4,3	MB = 7,4 CB = 7,2 Media = 7,3
	B-MAC	MB = 4,2 CB = 2,4 Media = 3,3	MB = 6,1 CB = 6,8 Media = 6,5

MB: Señal de prueba video de ráfagas múltiples

CB: Señal de prueba de barra de color de 75%



CUADRO XI – Resultados de la interferencia del canal adyacente inferior (C/I en dB)

		Señal interferente	
		NTSC	B-MAC
Señal deseada	NTSC	MB = 5,5 CB = 2,9 Media = 4,2	MB = 7,2 CB = 5,1 Media = 6,2
	B-MAC	MB = 5,7 CB = 3,9 Media = 4,8	MB = 9,1 CB = 9,2 Media = 9,2

MB: Señal de prueba video de ráfagas múltiples

CB: Señal de prueba de barra de color de 75%

3.1.9 Interferencia entre señales de televisión MF que utilizan una subportadora digital para la transmisión de sonido y datos (sistemas de 525 líneas)

En el Japón [CCIR, 1982-86f] se han efectuado pruebas de evaluación subjetiva utilizando el sistema M/NTSC de 525 líneas con una desviación de frecuencia de cresta a cresta de 17 MHz, debida a las señales de imagen que están acompañadas por una subportadora de sonido con modulación digital. La distancia de visión era cuatro veces la altura de la imagen. Se utilizaron barras de color para la señal deseada y la señal interferente.

En lo que respecta a los parámetros de modulación, la velocidad binaria, la desviación de la portadora principal de cresta a cresta debida a la subportadora con modulación digital y la frecuencia de la subportadora eran respectivamente de 2,048 Mbit/s, 6,5 MHz y 5,727272 MHz. Los resultados fueron los siguientes:

- los valores medios para niveles de interfeerencia apenas perceptibles para la degradación de la imagen eran de 29,8 dB y 9,4 dB en el caso de las interferencias cocanal y canal adyacente, respectivamente (separación de canales de 19,18 MHz);
- en lo que respecta al sonido, no hubo degradación en su calidad, incluso en el caso de que la degradación de la calidad de la imagen fuera apenas perceptible.

En consecuencia, se demostró mediante esas pruebas que el sistema de modulación antes citado satisface los requisitos de las relaciones de protección adoptadas en la CAMR-RS-77.

3.1.10 Interferencia entre dos señales de televisión con modulación de frecuencia de características diferentes

La BBC y la TDF han efectuado pruebas para los casos de interferencia entre sistemas PAL y SECAM de 625 líneas; en Japón se han efectuado también pruebas para la interferencia entre el sistema M/NTSC de 525 líneas y diferentes sistemas de 625 líneas. Como resultado general, puede comprobarse que la relación de protección medida para dos sistemas diferentes de televisión no difiere mucho de la relación de protección medida para la interferencia del sistema más exigente con otro del mismo tipo.

3.1.11 Interferencia causada a una señal de televisión con modulación de frecuencia por señales digitales (televisión y datos)

Se han efectuado mediciones de relaciones de protección para el sistema de M/NTSC con una señal de televisión digital, modulación MDP-4, a 43 Mbit/s. Los resultados indican que un sistema de televisión con modulación de frecuencia cuya relación señal/ruido aparente (relación señal/interferencia) se sitúe entre 45 y 35 dB requiere relaciones de protección cocanal de 24 a 14 dB, respectivamente.

En el § 4.1.3 del anexo I figura información detallada sobre las mediciones.

La plantilla de relación de protección utilizada para evaluar la interferencia entre sistemas de televisión con modulación de frecuencia (fig. 1b) no es directamente aplicable a la interferencia producida a estos sistemas por los sistemas de televisión digital. Sin embargo, siempre que la relación entre la velocidad binaria de la señal digital y la anchura de banda (R_{bi}/B) sea del orden de 1,7 o menos (utilizando la modulación MDF-4 escalonada), la interferencia para un determinado desplazamiento de frecuencia será comparable a los valores correspondientes para la interferencia entre sistemas de televisión con modulación de frecuencia. Limitando el valor de la relación (R_{bi}/B) a menos de aproximadamente 1,7, se minimizará el efecto de la dispersión espectral sobre el segundo canal adyacente.

Por tanto, una señal digital con modulación MDP-4 a 40 Mbits/s (con 4 dB de reducción de potencia respecto a saturación a la entrada del amplificador TOP (ATOP) podría transmitirse por un canal de 24 MHz con una degradación tan sólo nominal en el modo canal adyacente, incluso si éste es copolar. En [RPC SAT-R2, 1982] figuran más detalles al respecto. La interferencia producida por sistemas de televisión con modulación de frecuencia en sistemas de televisión digital no es un factor decisivo en la planificación del sistema.

Se efectuaron mediciones de las relaciones de protección para el sistema D/PAL con interferencia de una señal de una sola frecuencia (onda continua), de una señal MDP y de una señal MDA con una velocidad de 2,048 Mbit/s y de 8,448 Mbit/s, respectivamente. En el § 4.1.3 del anexo I se dan detalles de las mediciones.

Se han efectuado algunos experimentos sobre las necesidades de relación C/I para la interferencia de una señal MDP-4 a una señal de TV-MF y viceversa [CCIR, 1982-86g]. Se utilizaron señales MDP-4 con velocidad binaria de 24,6 Mbit/s y señales de TV-MF del sistema NTSC de 525 líneas con subportadoras digitales de sonido (véase el Informe 1073). En los cuadros XIIIa y XIIIb se indican las relaciones correspondientes a un nivel de interferencia apenas perceptible.

3.1.12 Interferencia producida a señales de televisión con codificación digital

Para el sistema de televisión M/NTSC con codificación digital, se han efectuado mediciones de relaciones de protección frente a interferencias producidas por sistemas de televisión analógicos con modulación de frecuencia. Los resultados figuran en el cuadro XIII en el que E_b/N_0 es la relación entre la energía por bit y la densidad espectral de potencia de ruido.

CUADRO XIIIa – Relación portadora/interferencia (C/I) para una interferencia apenas perceptible de una señal de TV-MF a una señal MDP-4

	Relación C/I que es apenas perceptible para imagen ⁽¹⁾		Relación C/I para la cual las variaciones de BER no tienen ya efecto, en el caso de sonido ⁽²⁾
	Barra de color	Mujer	
Cocanal (dB)	29,1	25,0	24,0-28,0
Canal adyacente superior (dB)	11,1	7,2	10,0-14,0

⁽¹⁾ En las condiciones de portadora/ruido = 26 dB, distancia de visión = 4 H, monitor de color 20 pulgadas (50,8 cm) y 10 observadores expertos.

⁽²⁾ Con la condición de portadora/ruido = 8 a 12 dB.

CUADRO XIIIb – Relación C/I para una interferencia apenas perceptible de una señal MDP-4 a una señal de TV-MF

	Portadora/interferencia para la cual no tienen ya efectos las variaciones de la BER ⁽¹⁾
Cocanal (dB)	28,0
Canal adyacente superior o inferior (dB)	8,0

⁽¹⁾ Con la condición de portadora/ruido = 7 a 11 dB.

CUADRO XIII— Valores máximos de las relaciones de protección para la interferencia producida a señales de televisión digitales por sistemas de televisión con modulación de frecuencia

E_R/N_0 (dB)	Relación de protección con una BER de 10^{-8} (dB)	E_R/N_0 (dB)	Relación de protección con una BER de 10^{-6} (dB)
15,1	24,2	13,6	22
18,1	14,5	16,6	13

Se realizaron mediciones de las relaciones de protección correspondientes al mismo sistema de codificación digital M/NTSC contra la interferencia de otro sistema codificado en forma digital (incluyendo tanto televisión digital como datos pseudoaleatorios) [CCIR, 1982-86h]. Con una relación de contraste de energía (E_b/N_0) de 14,7 dB la relación de protección cocanal para una proporción de bits erróneos de 2×10^{-8} fue de aproximadamente 22 dB en el caso de interferencia a la misma velocidad binaria proveniente de la televisión digital y de los datos pseudoaleatorios. Dichas mediciones mostraron asimismo que la anchura de banda relativa (es decir, las velocidades binarias) entre las señales deseada e interferente tiene un efecto significativo en la relación portadora/interferencia cocanal y de canal adyacente. Las señales interferentes con una anchura de banda inferior a la de la señal deseada necesitan una mayor protección cocanal que las señales interferentes que poseen una anchura de banda mayor que la de la señal deseada. Además, la reducción de la relación de protección en función del desplazamiento de frecuencia resulta más rápida cuando la velocidad de los datos interferentes es inferior a la de los datos deseados (es decir, menor en anchura de banda relativa).

En el § 4.2 del anexo I se proporcionan detalles de las mediciones.

3.1.13 Interferencias entre sistemas de televisión digital

Quando se haga uso de la modulación digital para transportar señales de sonido o de imagen en forma de codificación digital, la calidad obtenida depende de la proporción de bits erróneos (BER). Los errores en los bits están originados por el efecto combinado del ruido y la interferencia. A diferencia de lo que sucede en la transmisión analógica, en este caso hay un cierto margen de compromiso entre ambos; el ruido y la interferencia se distribuyen de tal forma que se obtengan unos valores razonables del balance del enlace y de la relación de protección con objeto de lograr una utilización eficaz del espectro.

En [Newland, 1988] se estudia el compromiso entre C/N y C/I para la modulación digital del tipo MDP. Se ha comprobado que el efecto de una fuente de interferencia cocanal simple o dominante es similar al de una señal sinusoidal y, por consiguiente, es menos pernicioso que el de la cantidad equivalente de ruido gaussiano aditivo. A medida que aumenta el número de fuentes de interferencia, el efecto de la misma se aproxima en gran medida al de la cantidad equivalente de ruido aditivo, como se ha confirmado en [Priestman y O'Neill, 1987]. Los resultados pueden ampliarse para tener en cuenta la interferencia de canal adyacente siempre que se considere de la manera adecuada el filtrado del canal.

Como ejemplo de posible compromiso entre C/N y C/I (relación de protección cocanal), el cuadro XIV contiene valores típicos con las condiciones siguientes:

- La modulación digital es un sistema de 2 bits/Hz.
- Anchura de banda de ruido equivalente: velocidad binaria/2.
- BER requerida = 10^{-5} .
- Margen (incluido el efecto de degradación del canal) = 1,5 dB.
- Contribución de la interferencia de los canales adyacentes = 1 dB.

En tales condiciones, la relación general $C/(N + I)$ es de 15 dB.

CUADRO XIV

C/N (dB)	C/I (dB)
16	22
17	19,5
18	18
20	16,5
22	16

Nuevos estudios realizados sobre la utilización de la codificación convolucional [CCIR, 1986-1990a] han demostrado experimentalmente que haciendo uso de la decodificación de Viterbi puede obtenerse un valor de tolerancia frente a la interferencia mutua, aún mayor. Por ejemplo, con una codificación de relación 1/2 y una longitud limitada a 6, la degradación causada por una sola fuente de interferencia de relación $C/I = 10$ dB equivale a una atenuación en dicha relación de sólo 1 dB, incluso para una BER de 10^{-2} . Permanece la distinción entre fuentes de interferencia simples o dominantes y fuentes de interferencia múltiples; estas últimas deben considerarse como ruido aditivo.

Añádase el nuevo punto siguiente:

3.1.14 Relación de protección para sistemas de TV convencional y TVAD que utilizan modulación de frecuencia en la banda planificada de 12 GHz

Se realizaron pruebas en el marco del proyecto EUREKA 95.

Los resultados de esta prueba se han obtenido con la primera cadena experimental de TVAD en 1989 utilizando el satélite francés TDF1, así como un simulador de satélite [CCIR, 1986-90b].

Se han efectuado mediciones de niveles de interferencia cocanal y de primer canal adyacente ($\pm 19,18$ MHz) que proporcionan marginalmente una degradación perceptible, para las dos configuraciones siguientes:

- HDMAC interfiriendo con HD-MAC;
- HDMAC interfiriendo con un sistema de referencia CAMR-77 (SECAM con una subportadora de sonido).

En estos estudios de interferencia de canal se utilizó el denominado método de los límites. El fundamento del método consiste en reducir progresivamente el nivel de interferencia desde aquel que corresponde a una degradación claramente perceptible pasando el punto en que aquella resulta invisible e incrementar a continuación el nivel hasta pasar el punto en que nuevamente reaparece. Se pedía a los observadores en las diversas etapas que anotasen si las degradaciones eran perceptibles o no. Se eligieron siete niveles alrededor del umbral estimado. El umbral de visibilidad es entonces la media entre el último nivel visible (umbral decreciente) y el primero (umbral creciente).

De las pruebas pueden extraerse las siguientes conclusiones preliminares:

- Cuando la señal deseada es la señal de referencia CAMR se cumplen las relaciones de protección mínimas requeridas por las CAMR-77 con un margen superior a 9 dB. La señal HDMAC no es más crítica que una señal MAC convencional.
- En el plan de radiodifusión CAMR-77 pueden coexistir dos señales HDMAC.

Un receptor HDMAC que utilizase un filtro de referencia CAMR (filtro de Butterworth de cuarto orden con una anchura de banda de 3 dB a 27 MHz) no funcionaría adecuadamente con respecto al rechazo de la interferencia entrante procedente de otras señales CAMR "convencionales". Sin embargo, se incorporó un filtro SAW en el receptor para obtener las relaciones de protección de canal adyacente indicadas en el Cuadro XV sin comprometer otros aspectos de la calidad de funcionamiento del receptor.

En 1989 se realizaron pruebas en Japón [CCIR, 1986-90c].

Las mediciones de relación de protección se hicieron entre dos señales MUSE y entre una señal MUSE y una señal M/NTSC de 525 líneas.

Los resultados de estas pruebas indican que las relaciones de protección de cocanal y de canal adyacente para la interferencia entre señales MUSE y M/NTSC, y entre dos señales MUSE cumplen los criterios técnicos para la planificación del SRS en la banda de 12 GHz, con márgenes suficientes.

Los resultados de las mediciones MUSE y HDMAC figuran en el Cuadro XV.

Obsérvese que algunos de los parámetros utilizados en las pruebas MUSE y HDMAC son valores provisionales establecidos en las notas al cuadro I de la Recomendación 710, que pueden utilizarse hasta que los valores recomendados en el propio Cuadro resulten técnicamente factibles.

Por otra parte, ninguna de las dos pruebas incluye comparaciones prácticas con la televisión convencional, como se indica más adelante en los puntos 3.1.5 y 3.1.6 del presente Informe. Por consiguiente, los resultados de las nuevas pruebas deben considerarse de carácter preliminar.

CUADRO XV

Resultados de las mediciones de las relaciones de protección para la interferencia apenas perceptible correspondientes a ciertos sistemas de TVAD y de televisión convencional

Señal deseada (diapositivas de prueba)	Señal no deseada	Relaciones de protección (dB)			Nota
		Adyacente inferior*	Cocanal	Adyacente superior*	
NTSC SMPTE N° 1 SMPTE N° 14	MUSE	12	18 19	11 12	(1)
MUSE Frutas Sala de congresos	NTSC	8 7	18 20	8 11	(1)
MUSE Frutas Sala de congresos	MUSE	9 8	24 24	8 9	(1)
HDMAC	HDMAC	6	22	7	(2) (3)
SECAM	HDMAC	11	25	11	(2) (4)

* Separación de frecuencia de canal adyacente: \pm 19,18 MHz.

Nota 1. - Las condiciones de visionado más importantes fueron las siguientes:

	MUSE	Sistema de subportadora digital M/NTSC
Imágenes de prueba Señal deseada	Diapositivas de prueba*1 Frutas Sala de congresos	Diapositivas de prueba SMPTE N° 1 SMPTE N° 14
Señal no deseada	Barra de color	Barra de color
Relación entre la distancia de observación y la altura de imagen	3	6
Monitor de imagen	Monitor RGB 30"	Monitor NTSC 20"
Luminancia de cresta en la pantalla (cd/m ²)	70	70
Relación entre la luminancia de la pantalla cuando muestra únicamente nivel de negro en una sala completamente oscura y la luminancia máxima del blanco	Aproximadamente 0,01	Aproximadamente 0,01
Iluminación de la sala	baja	baja
Escalas de notas	Escala de degradación de cinco notas	Escala de degradación de cinco notas
Observadores	12, no expertos	12, no expertos

* La composición de estas diapositivas es similar a la de las diapositivas de prueba N° 1 y N° 14 de la SMPTE.

Nota 2. - Las condiciones de visionado más importantes fueron las siguientes:

- Distancia de visionado: 3 H
- Cresta de luminancia: 80 Cd/m²
- Relación de contraste: 30:1
- Monitor: 1250/50/2
- Tubo de imagen: Tubo de máscara con diagonal de 77 cm.

Participaron en todas las pruebas seis observadores expertos.

La imagen electrónica transmitida por el canal no deseado se ha elaborado especialmente para que sea teóricamente lo más crítica posible (patrón electrónico para que HDMAC interfiera con HDMAC).

Nota 3. - Para la medición cocanal se utilizó la diapositiva "BOATS" como señal deseada, mientras que para las mediciones de canal adyacente se utilizó la diapositiva "CIRCUS" como señal deseada.

Nota 4. - Para estas mediciones se utilizó la diapositiva "BOATS" como señal deseada.

3.2 Interferencia producida a una señal de televisión por otros tipos de señales

3.2.1 Interferencia producida a señales de televisión con modulación de frecuencia

La TDF ha llevado a cabo mediciones de la interferencia producida a una señal de televisión con modulación de frecuencia por una señal multiplex de sonido modulada en frecuencia y una señal de telefonía MDP. Los resultados, relativos únicamente a la relación de protección cocanal PR_0 , son los siguientes:

Señal deseada	TV-MF		
Señal interferente	Señal multiplex de sonido MF	Telefonía MDP-4	
		32 Mbit/s	52 Mbit/s
Relación de protección cocanal (PR_0) (dB)	27	19	19

En el § 4.1.1 del anexo I y en [CCIR, 1974-78b] se da más información sobre las características de las señales.

3.2.2 Interferencia producida a señales con modulación de amplitud y banda lateral residual

En los Estados Unidos de América se han efectuado mediciones de la interferencia producida al sistema de televisión M/NTSC con modulación de amplitud y banda lateral residual por canales de audiofrecuencia múltiples. Basándose en estas pruebas, en aquellos casos en que las señales interferentes se habían limitado a la banda de frecuencias de 1 a 3 MHz por encima de la portadora de video, se ha llegado a la conclusión de que conviene aplicar una relación de protección próxima a 50 dB.

En el § 1.2 del anexo I figura información más detallada.

3.3 Divergencias con respecto al caso de referencia

Basándose en la información del anexo I, pueden caracterizarse, cuantitativamente y cualitativamente, como se indica a continuación, los efectos de varios casos que difieren del de referencia (véase la Recomendación 600).

3.3.1 Experiencia del observador

Se han examinado las relaciones existentes entre las apreciaciones efectuadas por observadores expertos y observadores no expertos relativas a la relación de protección para una señal de televisión de 525 líneas, sistemas M/NTSC, con modulación de amplitud y banda lateral residual, ante una interferencia en modulación de frecuencia apenas perceptible. Se ha comprobado que los observadores expertos consideraban necesaria una relación de protección de 2 a 4 dB superior (véase el § 1.1 del anexo I). Para otras señales deseada e interferente, esta relación puede ser diferente y debería determinarse experimentalmente.

3.3.2 Excursión de la portadora principal producida por la subportadora de sonido

Las pruebas efectuadas por la BBC de la interferencia entre dos señales de televisión del sistema I/PAL, con modulación de frecuencia, indican que puede lograrse una pequeña reducción de la relación de protección del canal adyacente disminuyendo la excursión producida por la subportadora de sonido en la portadora principal (de un valor original de $\pm 2,8$ MHz). Las pruebas realizadas en Japón para la interferencia entre dos señales de televisión del sistema M/NTSC, con modulación de frecuencia, han demostrado que la presencia de una o dos subportadoras de sonido tiene un efecto despreciable en la relación de protección.

3.3.3 Sincronismo de línea

Si las frecuencias de línea de las señales deseada e interferente no están enganchadas en frecuencia, es probable que la relación de protección deba ser ligeramente superior a la de la condición de referencia.

3.3.4 Tipo de imagen

Mediciones recientes realizadas en Estados Unidos de América [CCIR, 1982-86b] indican que se podría producir una disminución de 5 a 6 dB en la relación de protección cocanal medida cuando se utiliza material de programación en lugar de escenas fijas razonablemente críticas.

3.3.5 Índice de modulación

Al aumentar el índice de modulación, disminuye la relación de protección cocanal para dos señales MF, como expresan las fórmulas (1a) y (1b). Para poder comparar con el caso de referencia, las mediciones de la relación de protección cocanal efectuadas con una excursión cresta a cresta diferente de la de 12 MHz/V utilizada en el modelo de referencia, ha de introducirse en dichas mediciones una corrección constante de $20 \log D_v/12$, siendo D_v la excursión de frecuencia de cresta a cresta en MHz.

Esta corrección se aplica, como aproximación, en el caso de señales MA-BLR que perturban señales MF; sin embargo, en el caso de señales MF que afectan a señales MA-BLR procede efectuar una corrección menor (véanse ejemplos en el cuadro XVII del anexo I). No es aplicable cuando haya importantes separaciones de frecuencia.

3.3.6 *Preacentuación*

En caso de interferencia de un sistema con modulación de frecuencia a otro sistema de modulación de amplitud con banda lateral residual, la relación de protección cocanal disminuye en 1,0 dB si no se utiliza la preacentuación en la señal interferente. Para compararlas con las mediciones efectuadas en las condiciones de referencia, las relaciones de protección medidas han de modificarse, en tal caso, por una constante aditiva de 1,0 dB. En el caso de interferencia entre dos sistemas con modulación de frecuencia, la preacentuación tiene un efecto despreciable en la relación de protección cocanal, mientras que para el canal adyacente es necesaria una separación de portadoras algo superior para alcanzar la misma relación de protección cuando no se utiliza la preacentuación.

3.3.7 *Dispersión de energía*

En caso de interferencia de un sistema con modulación de frecuencia a otro sistema de modulación de amplitud con banda lateral residual la dispersión de energía reduce la relación de protección cocanal en 1,5 dB por MHz de excursión cresta a cresta producida por la dispersión de energía. Para comparar las mediciones hechas aplicando la dispersión de energía con las efectuadas en las condiciones de referencia, la medida de la relación de protección cocanal ha de modificarse, en este caso, mediante una constante aditiva de 1,5 dB/MHz.

3.3.8 *Ligera separación de frecuencias de las portadoras*

Generalmente, la relación de protección es constante para una separación casi nula de frecuencias. En algunos casos, la sensibilidad a la interferencia de algunas componentes de la señal, como la subportadora de color, introducen variaciones.

3.3.9 *Efectos del ruido*

Algunas administraciones opinan que al planificar sistemas habría que tener en cuenta el enmascaramiento de la interferencia producido por el ruido aleatorio. En este caso, podría adoptarse un valor inferior, PR_1 , para la relación de protección. Sea S/N la relación entre la señal de luminancia cresta a cresta y el ruido (valor eficaz ponderado); los resultados obtenidos para el sistema M de 525 líneas sugieren que:

$$\left. \begin{aligned} PR_1 &= PR_0 - (49 - S/N) && \text{para } S/N < 49 \text{ dB} \\ PR_1 &= PR_0 && \text{para } S/N \geq 49 \text{ dB} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

donde PR_0 es la relación de protección en las condiciones de referencia (véase la Recomendación 600); otras administraciones han obtenido resultados en que la presencia del ruido tiende a aumentar la relación de protección necesaria. La información de base sobre los efectos del ruido figura en los § 1.1.1.3, 1.1.1.4, 1.3, 3.1 y 3.3 del anexo I.

Mediciones recientes realizadas en Estados Unidos de América [CCIR, 1982-86b] muestran el efecto combinado de la interferencia y el ruido sobre la relación de protección cocanal. El efecto combinado de la interferencia y la relación señal/ruido del sistema determinan la relación de protección para un grado de servicio determinado. En el § 3.1.7 del anexo I se dan detalles de las mediciones.

En Canadá se han realizado pruebas sobre la degradación debida al ruido y a la interferencia para determinar la validez de las leyes de adición de unidades de degradación. Los resultados demuestran que la ley de adición proporciona valores calculados de las notas de opinión ligeramente inferiores a los valores observados, con una diferencia máxima de 0,3. En el Informe 405 figuran detalles.

3.3.10 *Condiciones de observación*

La mayoría de las mediciones de la relación de protección se han efectuado utilizando una relación distancia de observación/altura de la imagen de 4 a 6 de acuerdo con la Recomendación 500. Mediciones recientes efectuadas en Japón [CCIR, 1978-82a] en las que se empleó una relación distancia de observación/altura de la imagen de 1-1,5, han dado como resultado relaciones de protección de 38 dB, para una interferencia apenas perceptible, entre dos señales de televisión con modulación de frecuencia (sistema M/NTSC).

Los § 3.1, 4.1.2 y 4.1.3 del anexo I contienen información más detallada sobre estas pruebas.

4. Interferencia a una señal múltiplex de sonido producida por otras señales

La TDF ha medido relaciones de protección cocanal relativas a la interferencia producida a una señal múltiplex de sonido modulada en frecuencia por una señal de televisión modulada en frecuencia, una señal de telefonía MDP y una señal múltiplex de sonido modulada en frecuencia. Se obtuvieron los resultados siguientes:

Señal deseada	Señal múltiplex de sonido MF			
	TV-MF	Telefonía MDP-4		Señal múltiplex de sonido MF
		32 Mbit/s	52 Mbit/s	
Relación de protección cocanal (PR_0) (dB)	19	18	18	25

Quedan por completar las pruebas relativas a la relación de protección de canal adyacente. En el § 4 del anexo I, se da más información sobre estas mediciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOUCHARD, M. CHOUINARD, G. y TRENHOLM, R. [diciembre de 1984] Subjective evaluation of the effect of noise and interference on frequency modulated NTSC television signals, Report N.º 1357, Communications Research Centre, Department of Communication, Ministère des Communications, Ottawa (Canadá).

CHOUINARD, G. y BARRY, J.N. [octubre de 1984] NTSC and MAC Television signals in noise and interference environments. *SMPTE J.*, Vol. 93, 10, 930-942.

NEWLAND, J.D., [1988]. Investigation of mutual interference between digitally modulated signals. BBC Research Department Report No. BBC RD 1988/13.

PRIESTMAN, S.R., y O'NEILL, H.J. (1987). The results of tests on D-MAC Signals Utilising a Breadboard Satellite Transponder. IBA Experimental and Development Department Report 137/87.

RPC SAT-R2 [1982] Documento A/39: Consideraciones relativas a la interferencia y a la compartición entre señales analógicas y digitales en el servicio de radiodifusión por satélite (Estados Unidos de América).

SHELLOWELL, P. [1984] Satellite broadcasting: The performance of C-MAC in a hardware simulation of a DBS transmission chain. BBC Research Department Report, BBC RD 1984/9.

Documentos del CCIR

[1970-74]: a. 11/318 (UER).

[1974-78]: a. 11/25 (UER); b. 11/101 y 11/114 (Francia).

[1978-82]: a. 10-11S/19 (Japón).

[1982-86]: a. 10-11S/190 (Canadá); b. 10-11S/49 + Corr.1 (Estados Unidos de América); c. 10-11S/55 + Add.1 (Canadá); d. 10-11S/40 (UER); e. 10-11S/173 (Francia); f. 10-11S/5 (Japón); g. 10-11S/136 (Japón); h. 10-11S/161 + Corr.1 (Estados Unidos de América).

[1986-1990]: a. Documento 10-11S/12 (Reino Unido); b. 10-11S/115 + 138 (Alemania (República Federal de)), Finlandia, Francia, Países Bajos, Reino Unido, Suecia); c. 10-11S/106 (Japón);

ANEXO I

RESULTADOS DE PRUEBAS SOBRE LA RELACIÓN DE PROTECCIÓN

En este anexo se resumen los datos sobre la relación de protección obtenidos por varias administraciones para la televisión modulada en frecuencia o en amplitud por señales de video, de los sistemas M/NTSC, B/PAL, G/PAL, D/PAL, I/PAL, K/SECAM y L/SECAM. También figuran en él datos sobre un sistema múltiple de sonido y sistemas telefónicos digitales utilizados en mediciones de la relación de protección. El cuadro XVI puede utilizarse como una ayuda sobre el contenido del anexo I.

1. Interferencia a una señal de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual

1.1 *Interferencia de una señal de televisión con modulación de frecuencia a una señal de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual*

1.1.1 *Sistema de 525 líneas M/NTSC*

Los siguientes datos se basan en los resultados de pruebas efectuadas en los Estados Unidos de América y en Japón [Kaneda, 1972]. Se ha empleado el sistema M para las señales de televisión en color con modulación de frecuencia, y con modulación de amplitud y banda lateral residual.

1.1.1.1 *Relación de protección*

En la evaluación subjetiva de la relación de protección cocanal para la interferencia de una señal de televisión con modulación de frecuencia a una señal de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual, las principales condiciones que se utilizaron para las mediciones realizadas en Japón, fueron las siguientes:

- Relación señal/ruido no ponderado de la señal video empleada, no inferior a 42 dB.
- Diapositivas de SMPTE N.ºs 1, 9, 14 y señales de barra de color.
- Número de observadores: 24, incluidos 12 expertos.
- Distancia de observación: seis veces la altura de la imagen.

1.1.1.2 *Relación de protección en función de la separación de la frecuencia portadora*

En las pruebas realizadas por los Estados Unidos de América, de las que se da cuenta en los § 1.1.1.2, 1.1.1.3 y 1.1.1.4 se utilizaron las siguientes condiciones de prueba. Las relaciones de protección medidas corresponden a interferencias visuales apenas perceptibles. No se ha evaluado la interferencia en audiofrecuencia. La diagonal del tubo de imagen era de 38 cm (15 pulgadas). Las distancias de observación oscilaban entre 135 y 165 cm. El centro de la imagen observada se encontraba a la altura de los ojos del observador y el ángulo máximo con la pantalla era de 30°. La densidad de iluminación durante la luminancia máxima del blanco era de 200 lux aproximadamente. La luminosidad de la zona en torno al tubo de imagen era de, aproximadamente, 1 lux. La señal deseada con modulación de amplitud y banda lateral residual era un programa destinado al público. La señal interferente con modulación de frecuencia consistía en varias señales de prueba fijas y empleaba una excursión de frecuencia cresta a cresta de 18 MHz. La polaridad de la señal moduladora era tal que la excursión producida por los impulsos de sincronismo iba en el sentido de las frecuencias decrecientes. No se utilizó preacentuación para la señal con modulación de frecuencia.

La fig. 2 muestra la relación de protección de la emisión con modulación de amplitud y banda lateral residual frente a las señales interferentes con modulación de frecuencia, en función de la separación de la frecuencia portadora [Miller y Myhre, 1970]. En modulación de amplitud, banda lateral residual, la relación señal/ruido aleatorio para estas pruebas fue de 49 dB (valor ponderado). Un solo observador calificado evaluó la interferencia como apenas perceptible.

Las curvas de la fig. 2 demuestran que es más fácil percibir la interferencia con imágenes fijas que con escenas en movimiento. La zona sombreada de la fig. 3 abarca los datos resultantes de las diferentes curvas de prueba individuales e indica los límites superior e inferior de la relación de protección de la señal con modulación de amplitud y banda lateral residual. Para garantizar que no se producirán interferencias perceptibles con imágenes fijas o en movimiento, debe aplicarse una relación de protección que exceda el límite superior de la zona sombreada de la fig. 3.

CUADRO XVI – Índice de las mediciones de las relaciones de protección que se indican en el presente anexo

Punto	Sistema	Señal deseada	Señal interferente	Prueba/condición de la interferencia	Administración
1.1.1.1	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Cocanal/Apenas perceptible	Japón
1.1.1.2	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Desviación de frecuencia/Apenas perceptible	Estados Unidos de América
1.1.1.3	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Función de la relación S/N para MA-BLR	Estados Unidos de América
1.1.1.4	M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Apenas perceptible (experto/no experto)	Estados Unidos de América
1.2	M/NTSC, K/SECAM, G/PAL	MA-BLR	Sonido múltiple	Cocanal/Apenas perceptible	Estados Unidos de América, URSS
1.3	I/PAL	MA-BLR	TV-MF	Degradación en función de la C/I cocanal	BBC
1.4	G/PAL	MA-BLR	TV-MF	Cocanal/Apenas perceptible	IRT
1.5	L/SECAM	MA-BLR	TV-MF	Cocanal/Apenas perceptible	TDF
1.6	K/SECAM, B/PAL, M/NTSC	MA-BLR	TV-MF	Cálculo de PR_0 para MA-BLR	URSS
1.7	G/PAL, L/SECAM	MA-BLR	TV-MF	Desviación de frecuencia/Apenas perceptible	(Europea)
2.1	M/NTSC	TV-MF	MA-BLR	Desviación de frecuencia, Cocanal/Apenas perceptible	Estados Unidos de América
2.2	K/SECAM	TV-MF	MA-BLR	(Detalles en el § 5)	URSS
3.1.1	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Desviación de frecuencia/Apenas perceptible	Estados Unidos de América
3.1.2	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Desviación de frecuencia/Apenas perceptible	Canadá
3.1.3	M/NTSC mixto, PAL, SECAM	TV-MF	TV-MF	Cocanal/Apenas perceptible	Japón
3.1.4	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Cocanal/Apenas perceptible (1,5 altura de la imagen)	Japón
3.1.5	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Degradación en función de C/I cocanal	Estados Unidos de América
3.1.6	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Interferencia cocanal, interferencia de canal adyacente, ruido, interferencia múltiple, ruido e interferencia	Canadá
3.1.7	M/NTSC	TV-MF	TV-MF	Interferencia cocanal, interferencia de canal adyacente, ruido, interferencia múltiple, ruido e interferencia	Estados Unidos de América

CUADRO XVI (continuación)

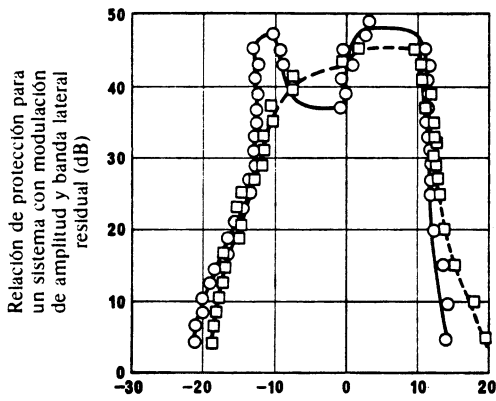
Punto	Sistema	Señal deseada	Señal interferente	Prueba/condición de la interferencia	Administración
3.2	B/PAL, G/PAL, I/PAL, L/SECAM	TV-MF	TV-MF	Desviación de frecuencia (máscara de la CAMR-RS-77)	(Europea)
3.3		Excursión grande Sonido en MF	Igual		Cocanal/Apenas perceptible
4.1.1	PAL	TV-MF	Sonido MF multicanal	Desviación de frecuencia/ Apenas perceptible	TDF
4.1.2	M/NTSC	TV-MF	Múltiplex, MDF-MF		Japón
4.1.3	M/NTSC, D/PAL	TV-MF	Televisión digital, datos		Estados Unidos de América, China (República Popular de)
4.2.1	M/NTSC	Televisión digital	TV-MF		Estados Unidos de América
4.2.2	M/NTSC	Televisión digital	Televisión digital, datos	Desplazamiento de frecuencia/ Apenas perceptible	Estados Unidos de América
4.2.3	M/NTSC	Datos digitales	Televisión digital	Desviación de frecuencia/ Apenas perceptible	Estados Unidos de América
5.	K/SECAM	TV-MF	Onda continua	Desviación de frecuencia/ Apenas perceptible	URSS
	K/SECAM	TV-MF	MA-BLR	Desviación de frecuencia/ Apenas perceptible	URSS
	K/SECAM	TV-MF	TV-MF	Desviación de frecuencia/ Apenas perceptible	URSS
	K/SECAM	TV-MF	TV-MF	S/N en función de la relación de protección Cocanal/Apenas perceptible	URSS
6.	Consideraciones sobre las interferencias del TTS (protección de las señales de televisión)				
7.	Análisis de los resultados				

El cuadro XVII resume las relaciones de protección cocanal para una interferencia apenas perceptible, las cuales concuerdan bastante con los datos descritos en el § 1.1.1.2.

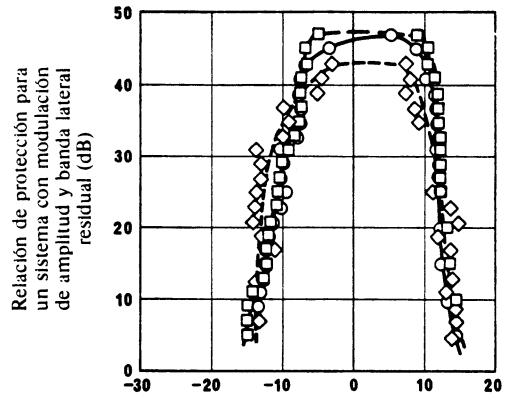
CUADRO XVII- Resumen de relaciones de protección cocanal

Señal deseada: televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual Señal interferente: televisión con modulación de frecuencia			Señal deseada: televisión con modulación de frecuencia Señal interferente: televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual		
D_v (¹) (MHz)	Para un nivel de interferencia apenas perceptible (dB)	Para una nota de degradación de 3,5 (dB)	D_v (¹) (MHz)	Para un nivel de interferencia apenas perceptible (dB)	Para una nota de degradación de 3,5 (dB)
8	52	46	8	36	28
16	49	42	16	30	24
24	48	43	20	28	22

(1) D_v es la excursión de frecuencia cresta a cresta de la señal de televisión con modulación de frecuencia.



Diferencia entre una portadora no modulada de un sistema con modulación de frecuencia y una portadora modulada en amplitud con banda lateral residual (MHz)



Diferencia entre una portadora no modulada de un sistema con modulación de frecuencia y una portadora modulada en amplitud con banda lateral residual (MHz)

—○— Ventana blanca, sistema con modulación de frecuencia

—□— Barras, sistema con modulación de frecuencia

a) Ventana blanca y barras de color, sistema con modulación de frecuencia

—○— Escena en la cocina, sistema con modulación de frecuencia

—□— Fotografía de una muchacha, sistema con modulación de frecuencia

—◇— Programa destinado al público, sistema con modulación de frecuencia

b) Escena en la cocina, fotografía de muchacha, y programa no destinado al público, sistema con modulación de frecuencia

FIGURA 2— Relación de protección para un sistema de modulación de amplitud y banda lateral residual en función de la separación de la frecuencia portadora

$$\frac{(P_{MED CR SINC})_{MA/BLR}}{(P_{MED})_{MF}}$$

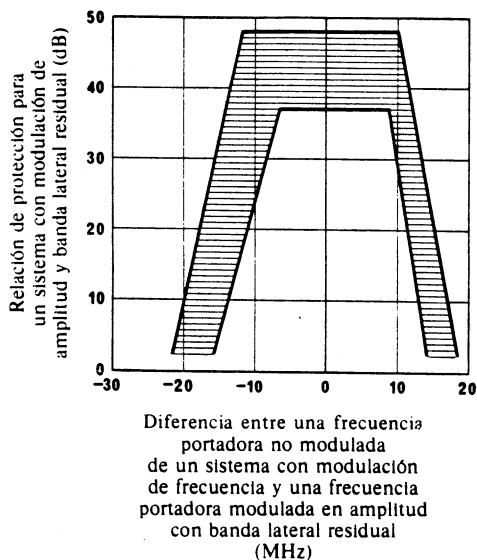


FIGURA 3 — Relación de protección necesaria para una interferencia apenas perceptible en un sistema de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual interferido por un sistema de televisión con modulación de frecuencia

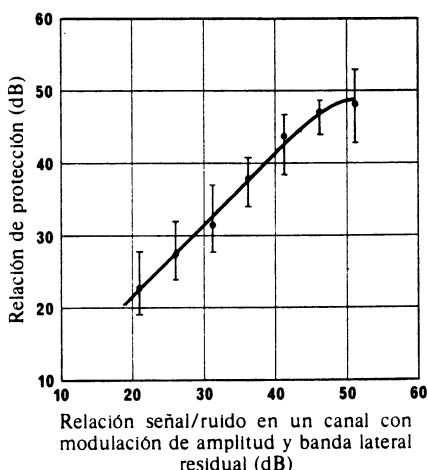
$$\frac{(P_{MED} CR SIN C) MA/BLR}{(P_{MED}) MF}$$

Más recientemente, se han efectuado pruebas en los Estados Unidos de América [Barnes y Miller, 1978]. En esta serie de pruebas se examinó una amplia gama de parámetros para las señales deseadas e interferentes del sistema M/NTSC. Los parámetros incluían: separaciones de frecuencia, desviaciones cresta a cresta de frecuencia de 12 y 18 MHz para señales con modulación de frecuencia, filtros de recepción de tres y cuatro secciones, varias diapositivas de prueba y barras de color para la señal deseada, y preacentuación para las señales con modulación de frecuencia. Teniendo en cuenta el amplio número de pruebas, se empleó un solo experto para evaluar la interferencia apenas perceptible. Por el contrario las demás condiciones de prueba fueron las estipuladas en la Recomendación 600. En el caso de la televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual, con interferencia MF, la relación de protección cocanal medida fue de 55 dB, frente a 50 dB para los resultados de mediciones anteriores que se mencionan en este punto. Esta diferencia se atribuye al cambio en el contenido de la imagen deseada y a la utilización de preacentuación en estas pruebas. Se concluye que las condiciones de prueba del caso de referencia conformes a la Recomendación 600 producen relaciones de protección medidas más elevadas que las anteriores condiciones de prueba descritas en este punto.

1.1.1.3 Relación de protección en función de la relación señal/ruido

La relación de protección de las señales con modulación de amplitud y banda lateral residual contra interferencias apenas perceptibles por señales con modulación de frecuencia, se expone en la fig. 4 en función de la relación señal de imagen de salida/ruido ponderado del sistema de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual [Miller y Myhre, 1970]. Los datos de la fig. 4 proceden de pruebas con programas destinados al público por sistemas con modulación de amplitud y modulación de frecuencia. Para las relaciones señal/ruido de menos de 45 dB, la relación de protección media expuesta en la fig. 4 puede expresarse como sigue:

$$R_{MA:MF} = S/R_{pond} + 2 \quad \text{dB} \quad (3)$$



Separación de la frecuencia portadora: 0,5 MHz
 Excursión de frecuencia, cresta a cresta: 18 MHz
 Relación de protección para una interferencia apenas perceptible
 Promedio de 34 observaciones hechas por un experto para cada valor de relación señal/ruido (S/N)
 $S/N = \frac{\text{Tensión de blanco a supresión}}{\text{Tensión de ruido (valor r.m.s.) en 4,2 MHz (ponderada)}}$
 Sin preacentuación en el sistema con modulación de frecuencia

FIGURA 4 — Relación de protección para un sistema con modulación de amplitud y banda lateral residual en función de la relación señal/ruido en el canal de ese sistema



Los márgenes de los datos de prueba correspondientes a las diversas relaciones señal/ruido están indicados por las líneas verticales que cortan la curva de la fig. 4. Las modificaciones de los programas durante las pruebas explican la mayor parte de las variaciones en los resultados. La interferencia se percibe más fácilmente en las zonas coloreadas oscuras que en las zonas coloreadas claras. Es más visible la interferencia en las imágenes con grandes zonas de color uniforme que en las escenas con detalles policromos. Para evitar interferencias perceptibles con diversos programas en ambos sistemas, debe emplearse una relación de protección para la modulación de amplitud y banda lateral residual que exceda del límite superior de los valores mostrados. En este caso la relación de protección para relaciones señal/ruido inferiores a 45 dB se expresará como sigue:

$$R_{MA-MF} = S/N_{pond} + 7 \quad \text{dB} \quad (4)$$

1.1.1.4 Pruebas de relaciones de protección con numerosos observadores

La relación de protección para la modulación de amplitud y banda lateral residual contra la interferencia apenas perceptible producida por señales de modulación de frecuencia se expone en la fig. 5 para pruebas con un total de 30 observadores. Cada observador contempló una serie aleatoria de imágenes de prueba con diferentes relaciones señal deseada/señal interferente. Se pidió a los observadores que manifestaran únicamente si podían apreciar o no alguna interferencia en la imagen. Las imágenes que se transmitían en modulación de amplitud y banda lateral residual eran programas destinados al público. La señal de modulación de frecuencia era, bien una escena de cocina, las barras de color, la ventana blanca o un programa destinado al público. La curva de la fig. 5 representa la media de los resultados porcentuales para las cuatro señales moduladoras transmitidas por el sistema con modulación de frecuencia. Las líneas verticales indican los valores de los porcentajes para las cuatro pruebas. Con una relación de potencia dada, el porcentaje de observadores que no aprecian interferencia alguna es función de la naturaleza del programa MA-BLR. Al igual que en las pruebas con un solo observador experimentado, las imágenes fijas con zonas oscuras o con grandes zonas de color uniforme exigen una mayor relación de potencia para que la interferencia sea imperceptible. Las condiciones de prueba fueron las siguientes:

Relación señal (MA-BLR)/ruido: 46 dB (valor ponderado).

Separación de la frecuencia portadora: 0,5 MHz.

De los 30 observadores (3 mujeres y 27 hombres), tres eran expertos.

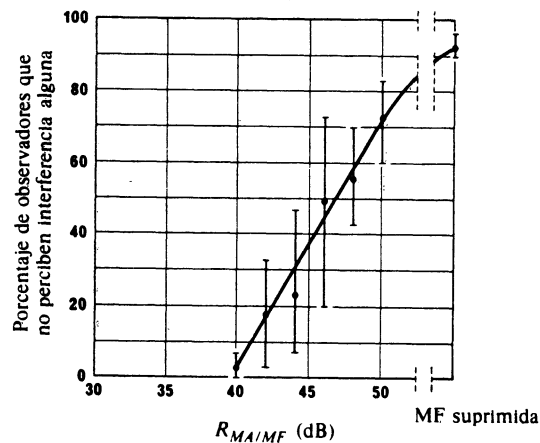


FIGURA 5 — Porcentaje de observadores que no perciben interferencia alguna, en función de la relación de protección, $R_{MA/MF}$

Sobre la base de estas pruebas limitadas, la relación de protección de las señales con modulación de amplitud y banda lateral residual necesaria para que el 50% de los observadores no perciban interferencia alguna, la da la siguiente fórmula:

$$R_{MA-MF} = S/N_{pond} \quad \text{dB} \quad (5)$$

Los observadores expertos con los que se obtuvieron los resultados de pruebas de interferencia apenas perceptible expuestos en las figuras, se sometieron a las mismas pruebas. La relación de protección de las señales con modulación de amplitud y banda lateral residual necesaria para que estos observadores expertos no aprecien interferencias la da la siguiente fórmula:

$$R_{MA-MF} = S/N_{pond} + 4 \quad \text{dB} \quad (6)$$

Estos resultados indican que los observadores con experiencia empleados en las demás pruebas son 4 dB más exigentes que el grupo de 30 observadores.

Las ecuaciones (3) y (6) están basadas en dos criterios diferentes de degradación y no son, por tanto, directamente comparables. La ecuación (3) expresa la relación de protección necesaria para que un observador experimentado observe interferencias apenas perceptibles, en tanto que la ecuación (6) expresa la relación de protección necesaria para que observadores experimentados no aprecien interferencia alguna.

1.2 Interferencia causada por canales de sonido múltiples a señales de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual

En los Estados Unidos de América [CCIR, 1978-82a], se han realizado pruebas utilizando el sistema de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual para la señal deseada y canales de sonido múltiples para la interferencia. Las condiciones de prueba se han establecido de conformidad con las directrices dadas en la Recomendación 600. Como señal deseada se empleó la del sistema de televisión M/NTSC con modulación de amplitud y banda lateral residual, con una relación señal/ruido (no ponderado) de 40 dB. Para las señales interferentes se han utilizado canales de sonido con modulación de frecuencia de banda estrecha con una excursión de cresta de 20 kHz y canales de banda ancha con una excursión de cresta de 75 kHz. Para los canales de sonido se utilizó la banda de frecuencias situada entre 1 y 3 MHz por encima de la portadora de video. Cuatro expertos y cinco no expertos efectuaron evaluaciones subjetivas de las degradaciones de la imagen de televisión. Los observadores determinaron las relaciones de protección $R_{MA/MF}$ (relación entre la potencia de la portadora deseada MA-BLR en la cresta de los impulsos de sincronismo, $(P_{MED CR SINC})_{MA-BLR}$, y la potencia media en todos los canales de sonido interferente) para una interferencia apenas perceptible. Los resultados de las pruebas figuran en los cuadros XVIII y XIX.

CUADRO XVIII – Relaciones de protección ($R_{MA/MF}$)^{*} para interferencia apenas perceptible en televisión MA-BLR con canales de sonido interferentes de MF de banda estrecha

Número de canales de sonido <i>N</i>	Separación entre canales (kHz)	$R_{MA/MF}$ (dB)				
		Programa de televisión			Diapositiva Philips N.º 14	Diapositiva SMPTE N.º 1
		A	B	C	B	B
2	50	45-52(1)	44-50(1)	39-46(1)	47-53(1)	48-57(1)
4	50	47-56(1)	46-54(1)	42-49(1)	50-55(1)	51-56(1)
10	50	50-53(1)	50-53(1)	43-46(1)	50-54(1)	52-53(1)
20	100	50	50	46	50	49
40	50	53	52	49	50	48

$$* R_{MA/MF} = \frac{(P_{MED CR SINC})_{MA-BLR}}{\sum_{i=1}^N (P_i)_{MF}}$$

(1) Valores medidos obtenidos en la gama indicada. $R_{MA/MF}$ variaba con el emplazamiento exacto de los canales dentro de la anchura de banda de 2 MHz.

A: Promedio según 4 expertos, portadoras de sonido no moduladas

B: Promedio según 4 expertos, portadoras de sonido moduladas con una onda sinusoidal de 400 Hz

C: Promedio según 5 no expertos, portadoras de sonido moduladas con una onda sinusoidal de 400 Hz.

CUADRO XIX – Relaciones de protección ($R_{MA/MF}$) * para interferencia apenas perceptible en televisión MA-BLR con canales de sonido interferentes de MF de banda estrecha (Diapositiva Philips N.º 14 en canal MA-BLR)

Número de canales de sonido N	$R_{MA/MF}$ (dB)	
	A	B
2	44-46(1)	43-53(1)
4	46-53(1)	44-51(1)
10	49	46

$$* R_{MAIMF} = \frac{(P_{MED CR SINC})_{MA-BLR}}{\sum_{i=1}^N (P_i)_{MF}}$$

(1) Valores obtenidos en la gama indicada. $R_{MA/MF}$ variaba con el emplazamiento exacto de los canales dentro de la anchura de banda de 2 MHz.

A: Promedio según 4 expertos, portadoras de sonido sin modular

B: Promedio según 4 no expertos, portadoras de sonido moduladas con una onda sinusoidal de 15 kHz.

Basándose en esta serie de pruebas, se puede concluir que:

- las relaciones de protección próximas a 50 dB convienen a los sistemas de televisión M/NTSC, MA-BLR con canales múltiples de sonido interferentes de modulación de frecuencia, en los que las interferencias son producidas por canales de sonido de banda estrecha o banda ancha. Existe una pequeña reducción en la relación de protección medida para los canales de sonido interferentes de banda ancha en relación con los canales interferentes de banda estrecha;
- los datos obtenidos en las pruebas apoyan la hipótesis de que la potencia total procedente de gran número de fuentes interferentes ejerce esencialmente el mismo efecto que la misma potencia procedente de una fuente interferente única;
- se obtiene una ligera reducción en la relación de protección (1 a 3 dB) cuando la portadora interferente está modulada.

En la URSS [CCIR, 1978-82b] se han realizado estudios sobre las relaciones de protección para un caso similar de interacción entre una señal deseada e interferencia para sistemas de televisión en color M/NTSC, G/PAL y K/SECAM. Las condiciones de medición siguieron las disposiciones de la Recomendación 600. Los observadores que participaron en las pruebas eran 46 entre los cuales había expertos y no expertos. Las imágenes de prueba utilizadas fueron un programa real de televisión y la diapositiva SMPTE N.º 14. La relación señal/ruido no ponderado en el canal de televisión, fue de 40 dB. La interferencia aplicada varió entre 1 y 40 portadoras moduladas en frecuencias o no moduladas. La modulación de frecuencia de la portadora se efectuó mediante una señal sinusoidal de 1000 Hz; la excursión cresta a cresta de la portadora fue de 40 kHz y la separación entre las frecuencias de las portadoras adyacentes, fue de 50 kHz.

Se determinó la relación de protección para todos los casos para el umbral de perceptibilidad de interferencia (nota 4,5 de la escala de degradación del CCIR).

En el proceso de las pruebas, se estableció que las variaciones entre las relaciones de protección permisibles y el número de señales interferentes para los tres sistemas de televisión en color estudiados eran lo suficientemente pequeñas (la desviación entre los valores medidos no excedió de 1 dB) como para permitir la representación de los resultados finales de la prueba en forma de curvas unificadas para los tres sistemas.

Dichos resultados se presentan en las figs. 6a) y 6b) en forma de la relación existente entre la relación de protección admisible para la suma de señales interferentes de banda estrecha (R_{Σ}) y para una sola señal interferente (de la suma dada) (R_i), en función del número de señales interferentes, para el caso de señales interferentes moduladas en frecuencia, o el caso de señales interferentes no moduladas respectivamente.

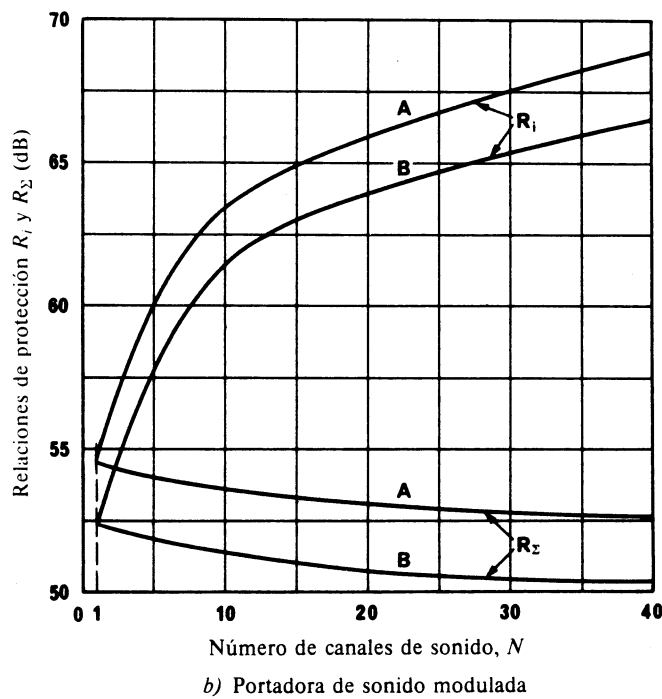
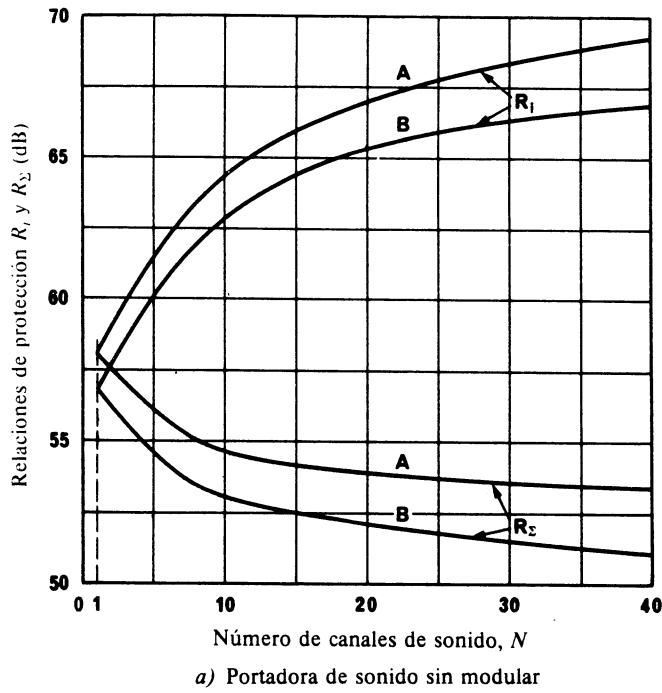


FIGURA 6 - Relaciones de protección R_i y R_Σ para el caso de interferencia apenas perceptible en la televisión MA-BLR causada por canales de sonido MF de banda estrecha interferentes

Curvas A: Diapositiva SMPTE N.º 14
 B: Programa de televisión

$$R_i = \frac{(P_{MED CR SINC})_{MA-BLR}}{(P)_{MF}}, \quad R_\Sigma = \frac{(P_{MED CR SINC})_{MA-BLR}}{\sum_{i=1}^N (P)_{MF}}$$

Las curvas superiores para R_{Σ} y R_i en dichos diagramas se obtuvieron para la imagen de prueba SMPTE N.º 14, y las curvas inferiores se refieren al programa real de televisión.

De los resultados obtenidos se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- el efecto de la interferencia en forma de señales MF múltiples de banda estrecha sobre una señal de televisión MA y BLR es, aproximadamente, el mismo para los diferentes sistemas de televisión en color y se percibe mejor cuando la interferencia cae dentro de la banda de transmisión de la señal de luminancia;
- la relación de protección admisible para la interferencia total se reduce cuando aumenta el número de señales interferentes; dicha reducción es mayor cuando el número de señales interferentes aumenta de 1 a 10;
- la supresión de la modulación de las portadoras MF interferentes, ocasiona un ligero aumento en la relación de protección para la interferencia total (no superior a 1,5 dB) cuando $N > 10$ y un aumento considerable (de hasta 3-4 dB) cuando $N < 10$.

1.3 Sistema de 625 líneas I/PAL

En la fig. 7 se resumen las pruebas subjetivas sobre interferencia realizadas por la BBC [Brown, 1971a]. La señal deseada con modulación de amplitud y banda lateral residual se modulaba con imágenes fijas de libros, de una caja y de objetos de plata y su relación luminancia/ruido ponderado era de 43 dB. La señal interferente de modulación de frecuencia se modulaba con una barra de color empleando una excursión nominal de cresta a cresta de 8 MHz y la preacentuación correspondiente a la curva B de la Recomendación 405, sin dispersión de energía.

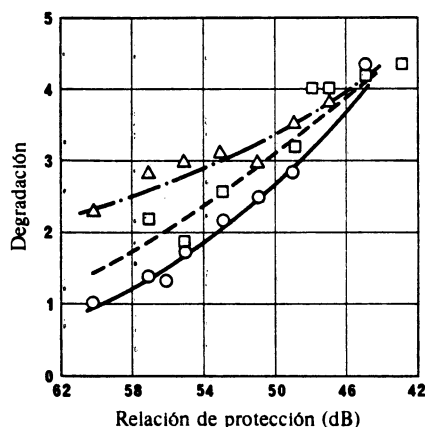


FIGURA 7 - Degradación causada por una combinación del ruido aleatorio y la interferencia cocanal simultáneamente

—○— : Superior a 39 dB
 - -□- - : 35 a 39 dB inclusive
 - ·△· - : Inferior a 35 dB

} Relación señal/ruido no ponderado (dB)

La fig. 7 se refiere a la relación señal de video/ruido no ponderado; para el ruido ponderado (ponderación sistema I), el valor numérico se aumenta en 6,5 dB.

Los resultados obtenidos indican que si para la señal deseada la relación señal/ruido es de 36,5 dB, con ruido no ponderado, o de 43 dB, con ruido ponderado, una relación de protección de 53 dB significaría una variación de la nota desde menos de 2,0 (en el caso de una relación señal/ruido no ponderado superior a 39 dB) a 2,5 aproximadamente.

Nota. - Según la escala de degradación de la UER que es la siguiente:

Interferencia	Nota
Imperceptible	1
Apenas perceptible	2
Perceptible, pero no molesta	3
Ligeramente molesta	4
Molesta	5
Inutilizable	6

Para grandes valores de relación señal/ruido, la relación de protección en las pruebas de la BBC fue de 56 dB. En las curvas de la fig. 7, puede observarse que el ruido no oculta mucho la degradación debida a la interferencia.

Es admisible una reducción de esta relación de protección en las siguientes condiciones:

- ausencia de preacentuación: reducción de 1,5 dB;
- aumento de la excursión de 8 a 12 MHz cresta a cresta: reducción de 2 dB;
- empleo de dispersión de energía: reducción de unos 2 dB por MHz de excursión cresta a cresta.

Por otra parte, se observó que una modulación interferente de nivel negro requiere una relación de protección más elevada (unos 5 dB). Por tanto, para la condición de referencia puede tomarse una relación de protección de 54 dB.

1.4 Sistema de 625 líneas G/PAL

El IRT de la República Federal de Alemania ha efectuado pruebas del sistema B/PAL que, para estos fines, puede considerarse equivalente al sistema G/PAL. La relación señal/ruido (valor ponderado) era aproximadamente de 50 dB. Se evaluó la relación de protección para un grado de degradación 2 de la escala de 6 notas. Para una excursión cresta a cresta de 8 MHz de la señal interferente y sin preacentuación, el valor medio de la relación de protección fue de 59,7 dB. Una serie de pruebas independientes mostró que por término medio, la preacentuación no afecta mucho a los resultados. (Esta conclusión difiere un poco de la de las pruebas de la BBC según las cuales cabe prever un aumento de la relación de protección de aproximadamente 1,5 dB debido a la preacentuación. Es posible que esta diferencia se deba al diferente contenido de las imágenes de la señal interferente.)

Todos los observadores que participaron en esas pruebas eran expertos, y las imágenes utilizadas eran bastante sensibles a los efectos de la interferencia. Por otra parte, se señala que el grado de degradación corresponde a una mayor degradación que la condición de referencia. Teniendo en cuenta estos factores, pueden tomarse unos 54 dB (véase la Recomendación 600) como relación de protección para las condiciones de referencia.

1.5 Sistema de 625 líneas L/SECAM

En Francia, la ORTF [CCIR, 1970-74a, b] ha estudiado el caso para una señal deseada del sistema L/SECAM y una señal interferente del sistema PAL. Para este caso, se tomó un grado de degradación de 4 de la escala de 5 notas. Algunas pruebas independientes demostraron que, para un grado de degradación «apenas perceptible» (o sea, 2 de la escala de 6 notas), debía aumentarse la relación de protección en unos 5 dB. Según la fórmula de conversión sugerida en el anexo a la Recomendación 500, ello supone que deberían agregarse más de 5 dB para obtener un grado de degradación 4,5 (escala de 5 puntos).

Se introdujo la preacentuación. La excursión en las frecuencia bajas fue de 3,8 MHz/V, por lo que el valor equivalente para la frecuencia de pérdida de inserción cero (1,5 MHz) sería de 13,5 MHz, cresta a cresta, siendo necesaria otra corrección (véase el § 3.3.5 del Informe) para obtener resultados aplicables a la condición de referencia de 12 MHz.

En relación con las condiciones de referencia establecidas en la Recomendación 600 las mediciones de la TDF dieron los siguientes resultados:

Relación de protección medida para el grado 4: 45 dB

Margen para referir los resultados al grado 4,5: +5 dB

Margen para referir los resultados a una excursión de 12 MHz: +0,5 dB

Por consiguiente, el valor final de relación de protección aplicable a las condiciones de referencia es de 50,5 dB.

1.6 Sistema de 625 líneas K/SECAM

Se han realizado estudios en la URSS [CCIR, 1978-82c, Borovkov y Lokshin, 1979], para determinar el valor de la relación de protección de las señales de televisión MA-BLR en los sistemas de televisión en color más empleados.

Las condiciones de las pruebas estaban en consonancia con las especificadas en la Recomendación 500 y fueron las siguientes:

- contenido de la imagen MA-BLR: diapositivas en color SMPTE N.º 14 y Philips N.º 8;
- señal deseada: M/NTSC, G/PAL, K/SECAM;
- imagen interferente: barras de color;
- señal interferente: excursión (cresta a cresta) de 8, 16 y 22 MHz;
- escala de evaluación: escala de degradación de 5 notas; umbral de perceptibilidad – nota 4,5 ($Q = 4,5$);
- observadores: 40, de los cuales aproximadamente la mitad eran expertos;
- distancia de observación: 6 veces la altura de la imagen;
- la relación entre la amplitud cresta a cresta de la señal de video deseada y la tensión de ruido no ponderado a la salida del receptor no era inferior a 40 dB;
- las frecuencias portadoras de las señales deseada e interferente estaban muy cerca una de otra, para llevar al máximo la perceptibilidad de la interferencia;
- la señal interferente tenía preacentuación normalizada.



La dependencia de la degradación de la imagen respecto del nivel de la señal interferente MF obtenida en los diversos sistemas es suficientemente uniforme para generalizarla y presentarla mediante una sola curva (véase fig. 8).

Las pruebas demostraron asimismo que la dispersión de energía interferente MF por una señal en diente de sierra reduce el efecto interferente, en tanto que la ventaja obtenida con la dispersión de energía se reduce al aumentar la amplitud cresta a cresta de la excursión de frecuencia, según se expone en la fig. 9.

En el caso general, es decir para cualquier valor de excursión cresta a cresta de la señal MF interferente y de dispersión, puede utilizarse la siguiente fórmula (para una degradación de imagen de $Q \leq 4,5$) para calcular la relación de protección de una señal de televisión MA-BLR con respecto a la interferencia causada por una señal de televisión MF:

$$R_q = R_{oq} - 0,45 (D_v - D_{ov}) - M_d D_{dv} \quad \text{para } Q \leq 4,5 \quad (7)$$

en donde

R_q : relación de protección necesaria (dB);

R_{oq} : relación de protección para la excursión de frecuencia D_{ov} tomada como referencia (determinada a partir de la curva correspondiente en la fig. 8);

D_{dv} : amplitud cresta a cresta de la excursión de frecuencia debida a la señal de dispersión de energía (MHz);

M_d : coeficiente obtenido a partir de la fig. 9.

1.7 Separación de frecuencia

Si las frecuencias de las señales deseada e interferente están separadas por algunos MHz, es posible obtener alguna reducción de la relación de protección, cuyo valor dependerá de que la señal interferente sea de frecuencia superior o inferior a la de la señal deseada. Las pruebas llevadas a cabo por la BBC, el IRT y la TDF, han demostrado que la relación de protección varía sólo con relación a la separación de frecuencias. En las figs. 10 y 11, se dan ejemplos de los resultados obtenidos por el IRT y la TDF, respectivamente, (con excursiones algo superiores a la condición de referencia). Como en los sistemas G, I y L la separación entre canales terrenales es de 8 MHz, el mejor valor de separación que podría emplearse sería aquel para el que sean iguales las relaciones de protección a ± 4 MHz del punto de simetría del espectro interferente. Las figs. 10 y 11 muestran que, en tal caso, no es probable que se ganen más de unos 3 dB, con relación al valor obtenido sin separación de frecuencia.

2. Interferencia causada por una señal de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual a una señal de televisión con modulación de frecuencia

2.1 Sistema M/NTSC de 525 líneas

Los Estados Unidos de América [Miller y Myhre, 1970] y Japón [Kaneda, 1972] han proporcionado resultados para esta hipótesis. En los Estados Unidos de América se efectuaron una serie de pruebas empleando una señal de televisión con modulación de frecuencia en las mismas frecuencias que una señal de televisión con modulación de amplitud con banda lateral residual. Para evaluar la interferencia se empleó la salida de video de un receptor de televisión con modulación de frecuencia sintonizado a la señal de modulación de frecuencia. Las señales utilizadas en las pruebas fueron idénticas a las que se describen en el § 1.1.1.2 del presente anexo, salvo que la señal con modulación de frecuencia era en este caso la señal deseada y la señal con modulación de amplitud y banda lateral residual era la señal interferente.

Los resultados de las pruebas se exponen en la fig. 12. La relación señal de luminancia/ruido ponderado de la señal de la imagen deseada utilizada en estas pruebas fue aproximadamente de 54 dB. La evaluación de interferencia apenas perceptible fue hecha por un solo experto. La anchura de banda del receptor de modulación de frecuencia era de 30 MHz.

Las curvas de la fig. 12 muestran que se percibe más fácilmente la interferencia en escenas fijas con grandes zonas de color uniforme que en las escenas en movimiento, al igual que en la mayoría de los programas recibidos directamente. La parte sombreada de la fig. 13 abarca las curvas de las relaciones de protección medidas. Para garantizar que no se produce interferencia perceptible en las escenas fijas y en movimiento, debe usarse una relación de protección que sobrepase el límite superior de la zona sombreada de la fig. 13.

El cuadro XVII muestra también los resultados de la prueba de evaluación subjetiva realizada en Japón, en el caso de una interferencia apenas perceptible de una señal interferente de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual a una señal deseada de televisión con modulación de frecuencia, en las mismas condiciones descritas en el § 1.1.1.1 del presente anexo.

Más recientemente, se han efectuado pruebas en los Estados Unidos de América [Barnes y Miller, 1978] aplicando las directrices de la Recomendación 600 con las excepciones indicadas en el § 1.1.1.2 de este anexo.

El resumen de los resultados figura en el cuadro XX.

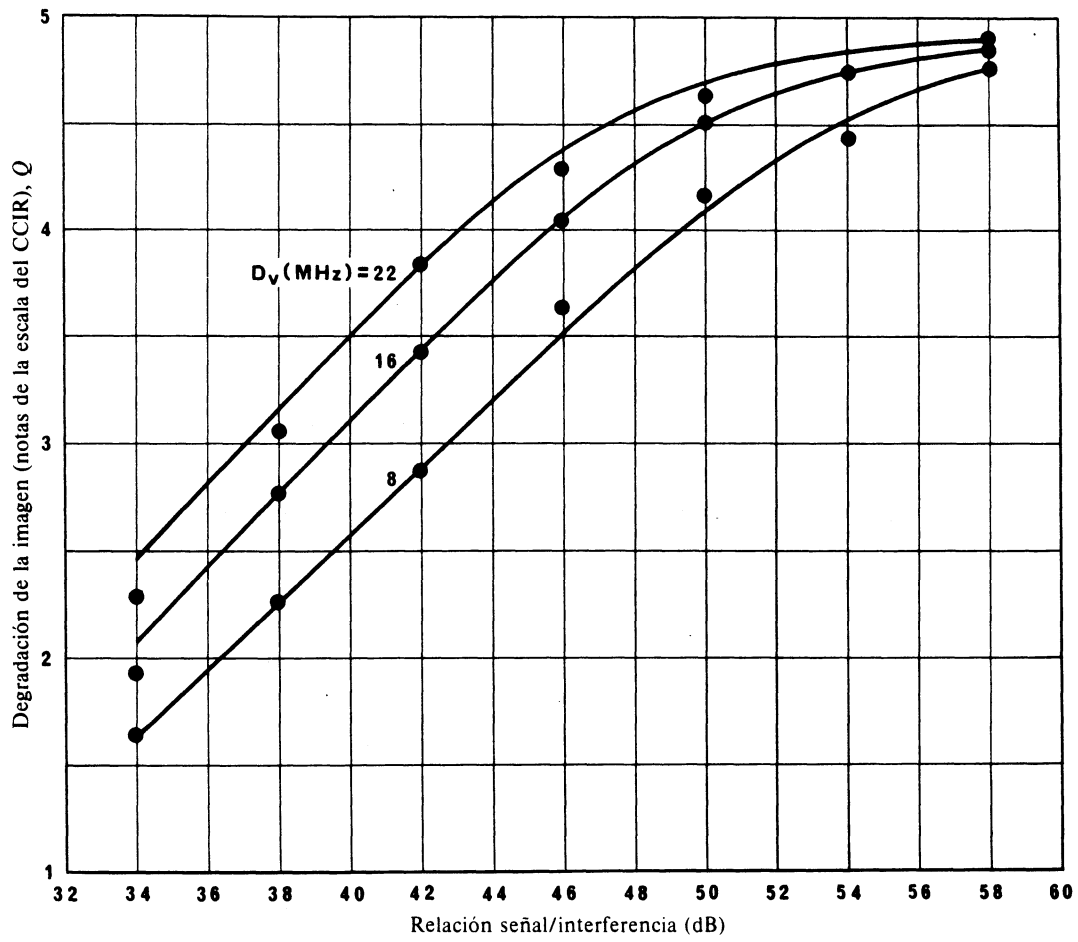


FIGURA 8 – Degradación de la imagen de televisión (señal MA-BLR) en función del nivel de la señal MF interferente para distintos valores de excursión cresta a cresta

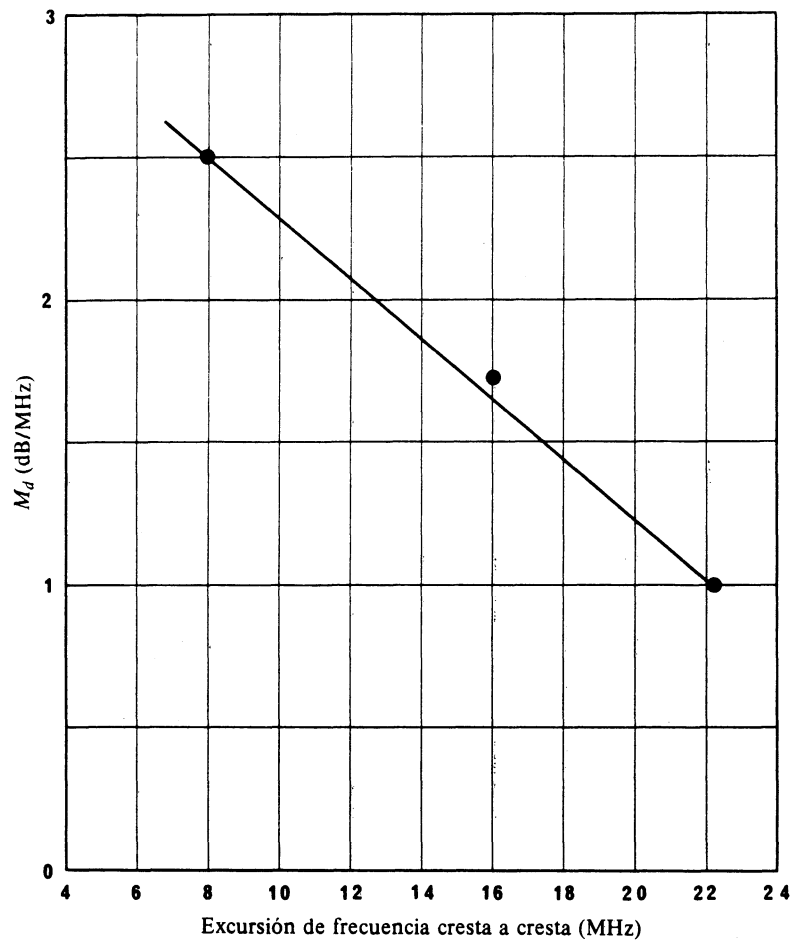


FIGURA 9 – Coeficiente M_d en función de la excursión cresta a cresta de la señal interferente

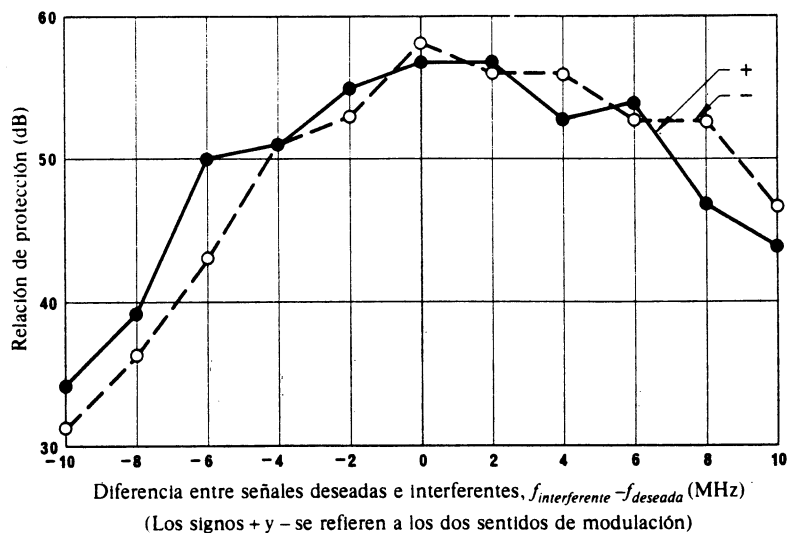


FIGURA 10 - Relación de protección con función de la separación de frecuencia para el sistema G/PAL

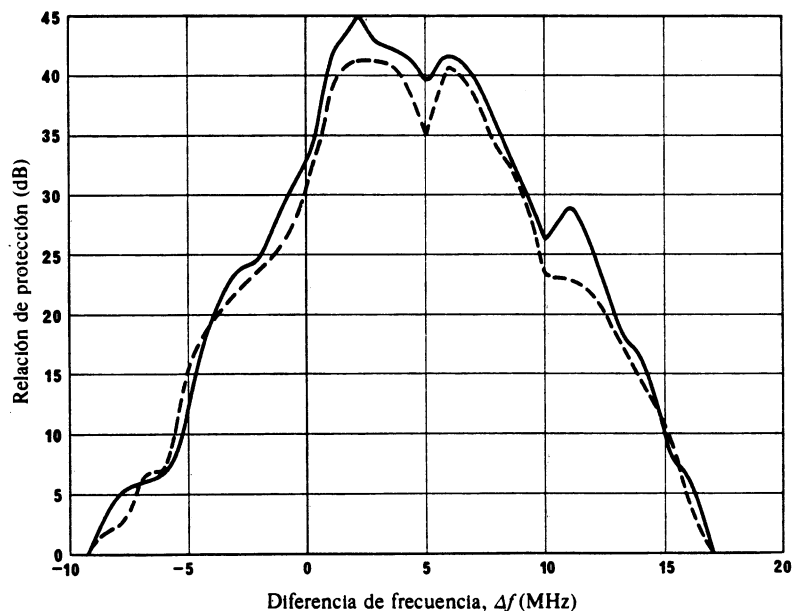


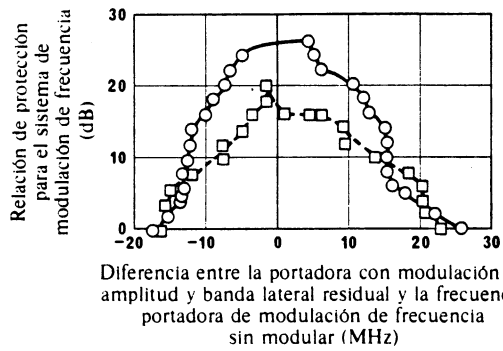
FIGURA 11 - Relación de protección con función de la separación de frecuencias

Señal deseada: Barras de color L/SECAM (nivel de radiofrecuencia: 60 dB(μV/m))

Señal interferente: Diapositiva G/PAL, barrido sincronizado

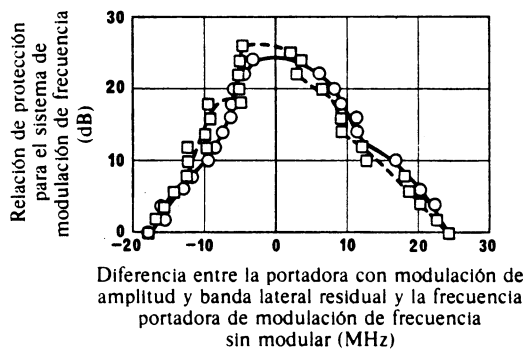
———— Curva establecida sin dispersión de energía de la señal G/PAL

----- Curva establecida con dispersión de energía (2 MHz) de la señal G/PAL



- Barras de color, sistema con modulación de frecuencia
- -□- - Programa recibido directamente, sistema con modulación de frecuencia

a) Barras de color y programa recibido directamente sistema de modulación de frecuencia



- Escena en la cocina, sistema con modulación de frecuencia
- -□- - Fotografía de muchacha, sistema con modulación de frecuencia

b) Escena en la cocina y fotografía de muchacha, sistema con modulación de frecuencia

FIGURA 12 – Relación de protección para un sistema con modulación de frecuencia en función de la separación de la frecuencia portadora

$$\frac{(P_{MED})_{MF}}{(P_{MED CR SINC})_{MA-BLR}}$$

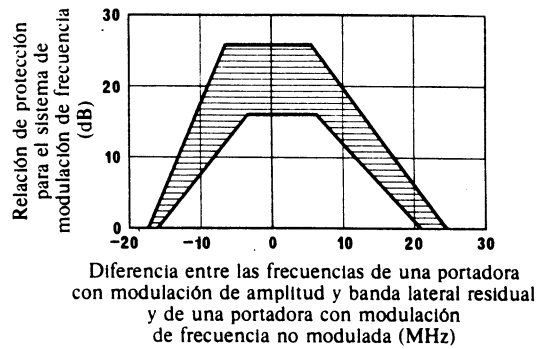


FIGURA 13 - *Relación de protección necesaria para una interferencia apenas perceptible en un sistema de televisión con modulación de frecuencia interferido por un sistema de televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual*

$$\frac{(P_{MED})_{MF}}{(P_{MED\ CR\ SINC})_{MA/BLR}}$$

CUADRO XX - *Relaciones de protección cocanal medidas para una interferencia apenas perceptible, con la diapositiva de prueba SMPTE N.º 14 del sistema M/NTSC como imagen deseada*

Señal deseada	Señal interferente	Relación de protección cocanal (dB)
MF, desviación de 12 MHz	MA-BLR	23 (1)
MF, desviación de 18 MHz	MA-BLR	19

(1) Promedio para los filtros Chebyshev de cuatro y seis secciones.

La relación de protección medida para la excursión de 18 MHz es inferior en 4 dB a la correspondiente a la excursión de 12 MHz. De ahí se desprende que la relación de protección para la relación MF-deseada/MA-interferente disminuye en forma $20 \log (D_c/12)$, de modo similar a la ecuación (1a) del texto de este Informe.

2.2 Sistema de 625 líneas K/SECAM

Mediciones efectuadas en la URSS [CCIR, 1970-74c] han determinado las relaciones de protección para señales de televisión en blanco y negro y en color con modulación de frecuencia contra la interferencia de señales de onda continua, televisión con modulación de amplitud y banda lateral residual y televisión con modulación de frecuencia. Se han presentado separadamente, en el § 5 del presente anexo, para facilitar la comparación de los resultados de las mediciones del sistema K.

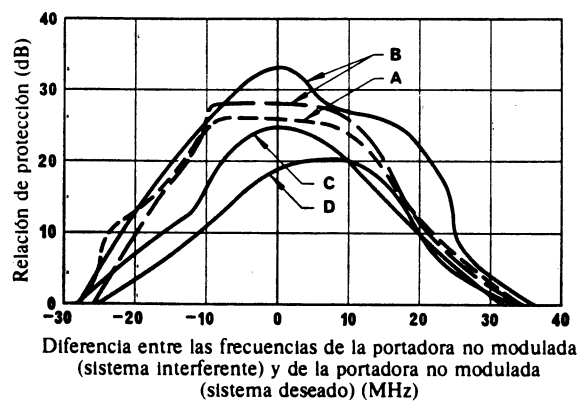
3. Interferencia entre dos señales de televisión con modulación de frecuencia

En el Informe 449 se indican mediciones de la interferencia entre señales de televisión con modulación de frecuencia de los tipos utilizados en el servicio fijo por satélite y en servicio fijo terrenal. A continuación se indican otras mediciones relativas al servicio de radiodifusión por satélite.

3.1 Sistema M/NTSC de 525 líneas

3.1.1 Dos señales de modulación de frecuencia con frecuencias desplazadas: pruebas en Estados Unidos de América

En los Estados Unidos de América se efectuaron pruebas con dos señales con modulación de frecuencia con separación de portadoras dentro de una gama comprendida entre -30 MHz y +36 MHz utilizando un dispositivo experimental análogo al que se describe en el § 1.1.1.2 del presente anexo. La salida de video de un receptor de televisión de modulación de frecuencia sintonizado a la señal deseada fue evaluada por un solo observador especializado, quien trató de identificar la interferencia mínima perceptible para una relación señal de imagen/ruido ponderado de 50 dB. El receptor de modulación de frecuencia tenía una anchura de banda de 30 MHz. La fig. 14 muestra las relaciones de protección medidas en función de la separación de las frecuencias portadoras con programas recibidos directamente para la señal interferente y con distintos programas para la señal deseada. Las curvas indican que los programas recibidos directamente que comprenden escenas en movimiento son menos sensibles a las interferencias que las escenas fijas con grandes zonas de color uniforme.



	Sistema deseado	Sistema interferente
Excursión cresta a cresta	18 MHz	18 MHz
Relación señal/ruido ponderado	50 dB	
Preacentuación y desacentuación	No	No

Curva	Combinación de programas	
	Señal deseada	Señal interferente
A	Ventana blanca	Programa recibido directamente
B	Barras de color	Programa recibido directamente
C	Escenas en la cocina	Programa recibido directamente
D	Programa recibido directamente	Programa recibido directamente

FIGURA 14 - Relación de protección para una interferencia apenas perceptible en un sistema de televisión con modulación de frecuencia interferido por una señal de televisión con modulación de frecuencia

$$R_{MF/MF} = \frac{(P_{MED})_{MF} \text{ (deseada)}}{(P_{MED})_{MF} \text{ (interferente)}}$$

La parte sombreada de la fig. 15 abarca los diferentes valores medidos de la relación de protección. Para garantizar que no se producen interferencias perceptibles en las escenas fijas y en movimiento, debe emplearse una relación de protección que sobrepase el límite superior de la zona sombreada.

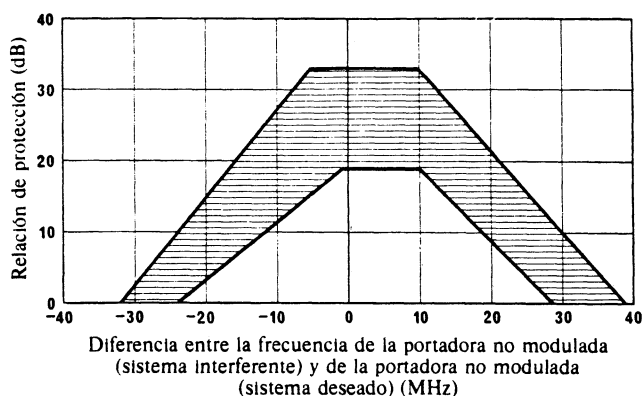


FIGURA 15 – Relación de protección para una interferencia apenas perceptible en un sistema de televisión con modulación de frecuencia interferido por señales de televisión con modulación de frecuencia

	Sistema deseado	Sistema interferente
Excursión cresta a cresta	18 MHz	18 MHz
Relación señal/ruido ponderado	50 dB	
Preacentuación y desacentuación	No	No

Mediciones más recientes de la relación de protección para dos señales de televisión con modulación de frecuencia realizadas en los Estados Unidos de América [Barnes y Miller, 1978] se efectuaron de acuerdo con la Recomendación 600, como se indica en el § 1.1.1.2 de este anexo. En la fig. 16 y en el cuadro XXI se presentan los resultados.

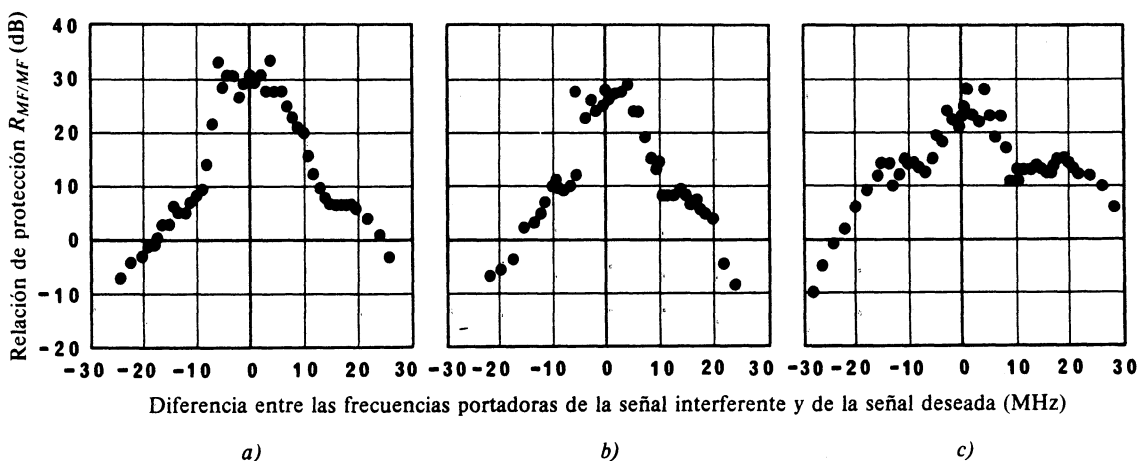


FIGURA 16 – Relaciones de protección medidas para una interferencia apenas perceptible en un sistema de televisión MF interferido por otro sistema de televisión MF

	Excursión cresta a cresta de la señal MF (MHz)	Número de secciones del filtro
a)	12	4
b)	12	6
c)	18	6



CUADRO XXI – Relaciones de protección cocanal medidas para interferencia apenas perceptible con la diapositiva de prueba SMPTE N.º 14 del sistema M/NTSC como imagen deseada

Señal deseada	Señal interferente	Relación de protección cocanal (dB)
MF, desviación de 12 MHz	MF, desviación de 12 MHz	31 (1)
MF, desviación de 18 MHz	MF, desviación de 18 MHz	28

(1) Promedio para filtros de Chebyshev de cuatro y seis secciones.

Las relaciones de protección cocanal medidas para una señal de televisión MF que interfiere a otra señal de televisión MF concuerdan muy estrechamente con las anteriores extrapolaciones a las condiciones del caso de referencia y, por consiguiente, las justifican. También la disminución de la relación de protección de MF según la fórmula aproximada de $20 \log (D_v/12)$, dada en la ecuación (1a) del texto de este Informe, queda justificada por las mediciones.

Las figs. 16a) y 16b) muestran que para un desplazamiento de 10 a 12 MHz de la frecuencia de la portadora interferente se obtiene una disminución de 15 dB en la relación de protección. Esto representa un comportamiento mejorado con relación al que se indica en la fig. 1a del Informe.

3.1.2 Dos señales de modulación de frecuencia con frecuencias desplazadas: pruebas en Canadá

En Canadá se han realizado mediciones sobre la relación de protección entre dos señales de televisión con modulación de frecuencia del sistema M/NTSC normalizado de 525 líneas [CCIR, 1978-82d]. Las condiciones de las pruebas se ajustaron a las especificadas en la Recomendación 600. A continuación se indican algunas de las principales condiciones y parámetros de prueba utilizados en las mediciones:

- el método de prueba empleó la técnica de comparación, en la que la degradación de la señal de referencia se estableció de acuerdo con la escala de degradación de cinco notas (véase la Recomendación 500), basado en los resultados de TASO para la degradación producida por ruido aleatorio,
- las diapositivas utilizadas fueron SMPTE N.ºs 1 y 14 para la señal deseada,
- se utilizaron barras de color de trama dividida para la señal interferente,
- se utilizaron 15 observadores, entre los que figuraban expertos y no expertos,
- no se empleó subportadora de sonido,
- no se utilizó dispersión de energía,
- se utilizó preacentuación conforme a la Recomendación 401 para el sistema M.

A continuación se resumen los principales resultados de las mediciones de la relación de protección cocanal:

- la variación de la relación de protección en función de la desviación de frecuencia y del nivel de degradación concordó satisfactoriamente con la indicada en la ecuación (1),
- la variación de la señal deseada/ruido ponderado en la gama de 42 a 50 dB, en un nivel de degradación constante de 4,5, no indicó efecto de enmascaramiento de la interferencia debido al ruido aleatorio. De hecho, los resultados mostraron que para valores bajos de S/R , la relación de protección tiende a aumentar para mantener la señal en un nivel de degradación constante,
- durante el programa de mediciones, se halló que la nota de degradación de 4,5 derivada de los resultados de TASO no era equivalente a la interferencia apenas perceptible. Otras pruebas basadas en interferencia apenas perceptible dieron como resultado relaciones de protección que varían de 5,4 a 8,8 dB por encima de las obtenidas para la nota 4,5 de TASO.

En la fig. 17 se muestran los resultados de las mediciones de separación de frecuencias realizadas utilizando un filtro FI de tres polos en recepción con un nivel de degradación de 4,5 y ajustado en 8,8 dB para la interferencia apenas perceptible.

Como se indica en dicha figura, la relación de protección es más sensible para las separaciones de frecuencias que son múltiplos de la subportadora de color.

Otras mediciones suplementarias utilizando un filtro en recepción de 4 polos dieron como resultado que se necesitaba una relación de protección inferior a la indicada en la fig. 17 para el mismo valor de separación de frecuencias.

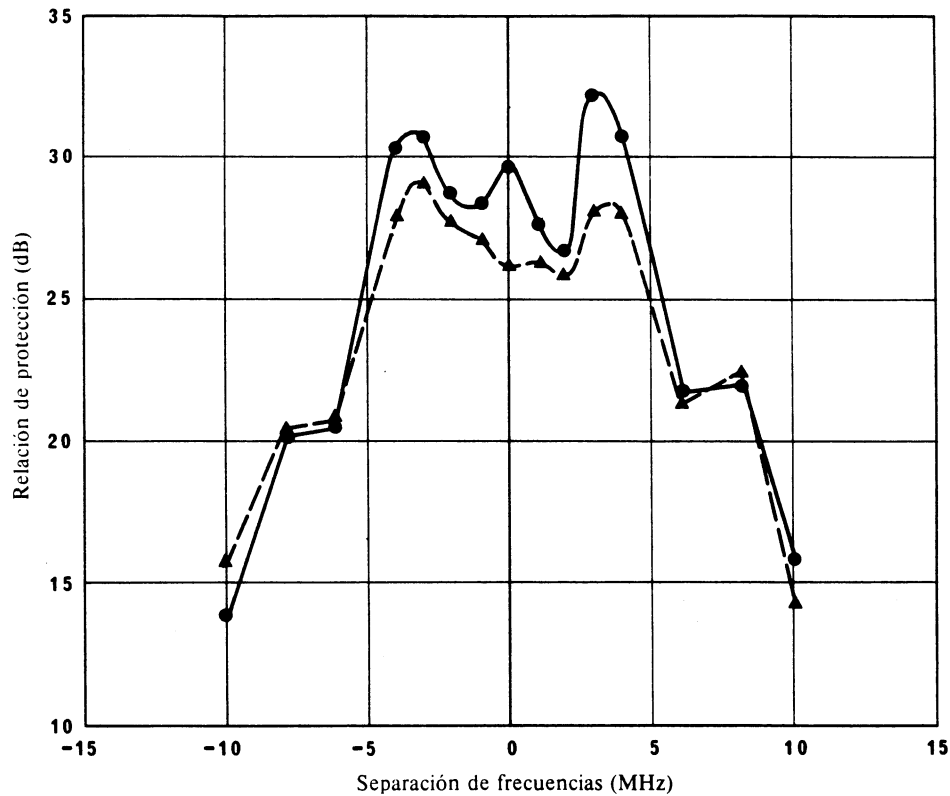


FIGURA 17 – Relación de protección en función de la separación de frecuencias con un filtro FI de 3 polos (excursión cresta a cresta de 8,4 MHz)

- : Diapositiva de prueba SMPTE N.º 1
- ▲— : Diapositiva de prueba SMPTE N.º 14

3.1.3 Señales de modulación de frecuencia de diferentes sistemas: pruebas en Japón

En un estudio realizado en Japón [CCIR, 1974-78a] se efectuaron mediciones sobre las relaciones de protección cocanal entre dos señales de televisión MF de sistema M de 525 líneas, y entre señales de televisión MF de 525 y 625 líneas, en las condiciones siguientes:

- la polaridad de la modulación de frecuencia es tal que la frecuencia correspondiente al nivel de negro es inferior a la correspondiente al nivel de blanco;
- la anchura de banda de recepción es de 23 MHz para la señal M/NTSC de 525 líneas y de 27 MHz para las señales PAL y SECAM de 625 líneas;
- la excursión de frecuencia cresta a cresta es de 12 MHz y 13 MHz para las señales de video de los sistemas de 525 y 625 líneas, respectivamente;
- en el caso del sistema M de 525 líneas, o bien no se utiliza ninguna subportadora de sonido, o se utiliza 4,5 MHz, o 4,5 y 5,05 MHz, y en el caso de los sistemas de 625 líneas no se utiliza ninguna subportadora de sonido;
- las características de preacentuación de la señal de video son las indicadas en la Recomendación 405 para el sistema M. Se utiliza el mismo circuito para el sistema de 625 líneas, por razones de disponibilidad en el momento de las mediciones;
- el valor de relación de protección utilizado en el presente Informe corresponde a una interferencia apenas perceptible, definida como la relación de potencia portadora/interferencia a la entrada del receptor cuando el 50% de los observadores indican la nota 4 y los restantes la nota 5;

- se utilizan la diapositiva SMPTE N.º 14 para la señal deseada y la N.º 1 para la señal interferente;
- la relación entre la distancia de observación y la altura de la imagen es 6;
- el número de observadores es de 45, incluidos 22 expertos.

El cuadro XXII muestra el valor de la relación de protección para una interferencia apenas perceptible, que se define como la relación de potencia portadora/interferencia a la entrada del receptor, cuando el 50% de los observadores dan la nota 4 y el otro 50% la nota 5.

De este cuadro se desprende que no existe gran diferencia entre las relaciones de protección de sistemas que utilizan distintas normas de televisión. De las mediciones comunicadas en [CCIR, 1974-78b] se deduce que la presencia de una o dos portadoras de sonido apenas influye en la relación de protección.

CUADRO XXII– Resumen de las relaciones de protección (dB) medidas entre dos señales de televisión MF cocanal

		Señal deseada			
		525 líneas Sistema M/NTSC	625 líneas Sistema L/SECAM	625 líneas Sistema I/PAL	
Señal interferente	↓ Excursión cresta a cresta de la señal de video (MHz) →	12	13	13	
525 líneas Sistema M/NTSC	12	Sin preacentuación	31,5	32	32
		Con preacentuación	31,5	31 (1)	31,5 (1)
625 líneas Sistema L/SECAM	13	Sin preacentuación	31,5	—	—
		Con preacentuación	29,5 (1)	—	—
625 líneas Sistema B, G/PAL	13	Sin preacentuación	30,5	—	—
		Con preacentuación	29,0 (1)	—	—

(1) Estos datos se indican para referencia, ya que sólo se utilizó la red de preacentuación del sistema M.

3.1.4 Dos señales de modulación de frecuencia: pruebas en Japón

Se realizaron en Japón [CCIR, 1978-82e] pruebas sobre interferencia entre dos señales de televisión MF en condiciones que corresponden a las de comprobación de la calidad de la imagen en el estudio, utilizando una relación de distancia de observación/altura de la imagen de 1-1,5, lo que representa una distancia de observación más pequeña que la indicada en la Recomendación 600. Esto dio como resultado una relación de protección de 38 dB para la interferencia apenas perceptible.

Las características de las señales de televisión MF fueron las siguientes:

- desviación de frecuencia causada por una señal de video de 525 líneas: 12 MHz cresta a cresta;
- acentuación: véase la Recomendación 405;
- desviación de frecuencia debida a la dispersión de energía: 600 kHz;
- desviación de frecuencia de la subportadora de sonido de 4,5 kHz: ± 1 MHz.

3.1.5 Pruebas de la relación de protección en función del grado de degradación

Mediciones efectuadas en Estados Unidos de América [CCIR, 1978-82f] han permitido examinar la variación de la relación de protección en función de la degradación. Se realizaron evaluaciones de degradación subjetivas para la interferencia de modulación de frecuencia causada a otro sistema de televisión con modulación de frecuencia. Las condiciones de prueba fueron las siguientes:

Como señal deseada

Una portadora modulada en frecuencia con señales de color del sistema M/NTSC, con preacentuación según la Recomendación 405. Subportadora de sonido modulada en 7,4 MHz. Desviación de frecuencia cresta a cresta 12 MHz (blanco a nivel de cresta de sincronismo), produciendo el blanco la frecuencia más alta. Ninguna dispersión de energía. Como señales video se utilizaron cuatro diapositivas de prueba (SMPTE N.º 1 y N.º 14, y Philips N.º 8 y N.º 14). Relación señal video/ruido no ponderada, 42 dB.

La señal interferente

Era igual que la señal deseada, salvo que la modulación video consistió en material de programa con movimiento. Sincronización enganchada a la imagen deseada, pero compensada para colocar barras de sincronización verticales y horizontales dentro de la parte visible de la imagen deseada. Subportadora de sonido en 7,6 MHz. Las pruebas se realizaron en el mismo canal, con la señal interferente en la misma frecuencia que la señal deseada.

Para observación

Se utilizaron monitores de calidad comercial con una dimensión diagonal de 64 cm. Distancia de observación de cinco veces la altura de la imagen. Se controlaron el brillo de la imagen y la luz de la sala. Se utilizaron en las pruebas 147 observadores no especializados. Las evaluaciones se hicieron empleando la escala de degradación de cinco notas de la Recomendación 500.

Los resultados de las pruebas se exponen en la fig. 18. La curva muestra que, para la clase de observadores utilizados en las pruebas, el aumento de C/I por encima de 25 dB supone una mejora sumamente reducida del grado de degradación media. El grado medio de degradación obtenido con las escenas de prueba sin interferencia puede haberse limitado por la relación señal video/ruido utilizada en las pruebas.

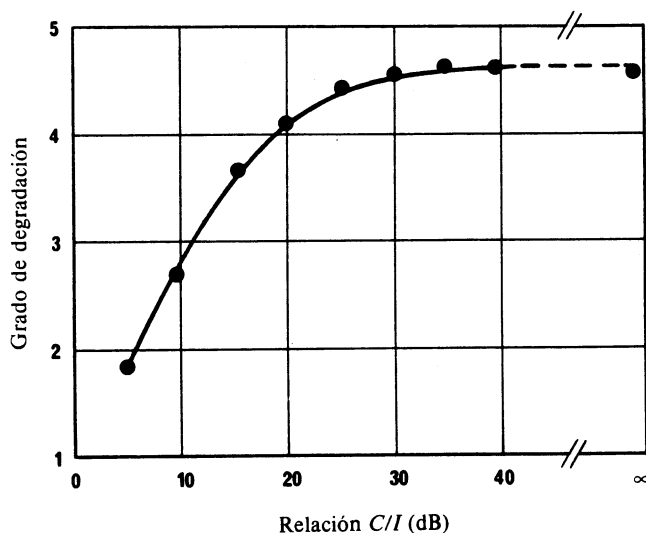


FIGURA 18 - Grado de degradación en función de la relación portadora/interferencia (C/I)

Datos promediados para:
4 diapositivas
147 observadores

3.1.6 Mediciones realizadas en Canadá

Como preparación para la CARR SAT-83, se realizaron mediciones en Canadá para estudiar diferentes aspectos de la interferencia entre señales de televisión con modulación de frecuencia del sistema M/NTSC. Estas pruebas se realizaron con una excursión de 9,52 MHz/voltio y un filtro antes de la detección en el receptor con una anchura de banda equivalente de ruido de 22,7 MHz (del tipo Chebychev de 4 polos). Se utilizó preacentuación de acuerdo con la Recomendación 405. Las diapositivas de prueba utilizadas para la señal deseada fueron tres de las cuatro que se sugieren en la Recomendación 600: «Chica con traje verde», «Cesto de fruta», y «Escena en la playa». La señal interferente consistió en programas emitidos no sincronizados.

Los procedimientos de prueba se ajustaron a las Recomendaciones 500-2 y 600. Veintisiete observadores interesados fueron sometidos a un tiempo de observación de 15 s, separado por 10 s de 50 escalas de gris IRE. Se consideró que un observador interesado tiene un conocimiento relativamente amplio de comunicaciones por satélite, pero no se le consideró un observador experto. Entre los 27 observadores originales, 2 proporcionaron observaciones incoherentes que se eliminaron del análisis de los resultados. Durante la prueba se utilizó la escala de degradación de 5 notas del CCIR.

3.1.6.1 Degradación debida al ruido

En la fig. 19 se indican los resultados de una imagen degradada por ruido término MF correspondientes a la media de las tres diapositivas. El alto nivel de la nota de opinión para la imagen no degradada (ancla superior en un $S/N_{ponderado}$ de 56 dB) indica que los resultados de las pruebas no están limitados considerablemente por la instrumentación utilizada. La figura muestra que la relación $S/N_{ponderado}$ correspondiente a una nota de opinión de 4,5 es 47,3 dB.

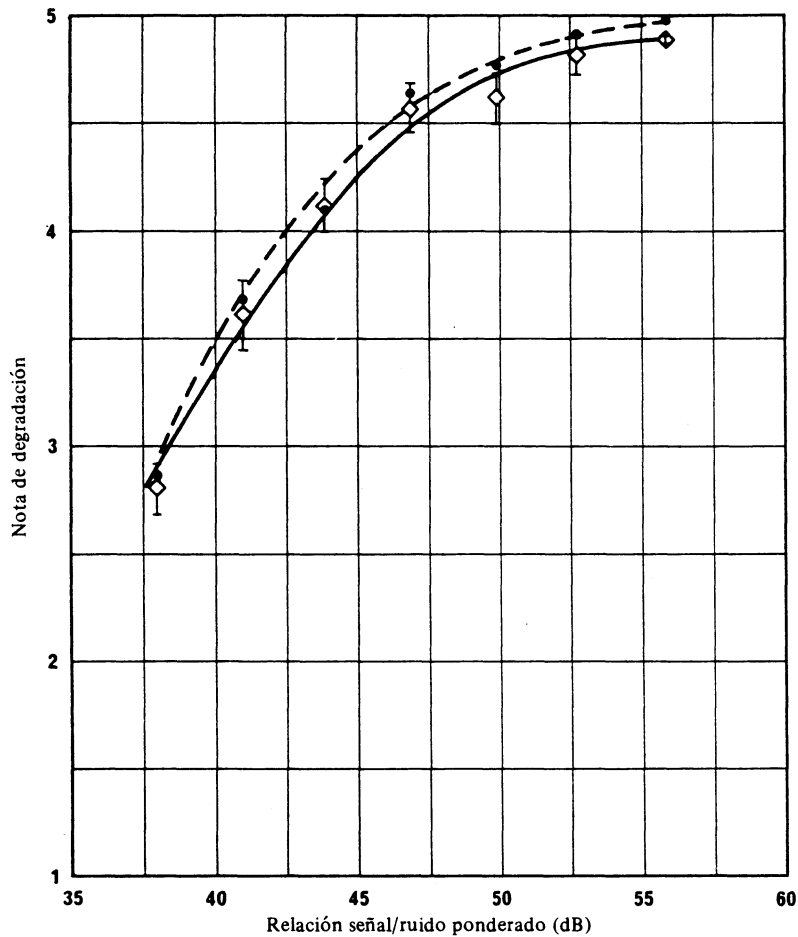


FIGURA 19 – Degradación debida al ruido (media de las tres diapositivas)

- ◇ Nota media de tres diapositivas
- Mediana de tres diapositivas

3.1.6.2 *Degradación debida a la interferencia cocanal*

En la fig. 20 se indican los resultados de la interferencia cocanal procedente de una sola fuente y en el cuadro XXIII, la relación entre la nota de opinión y la relación C/I cocanal de una sola fuente.

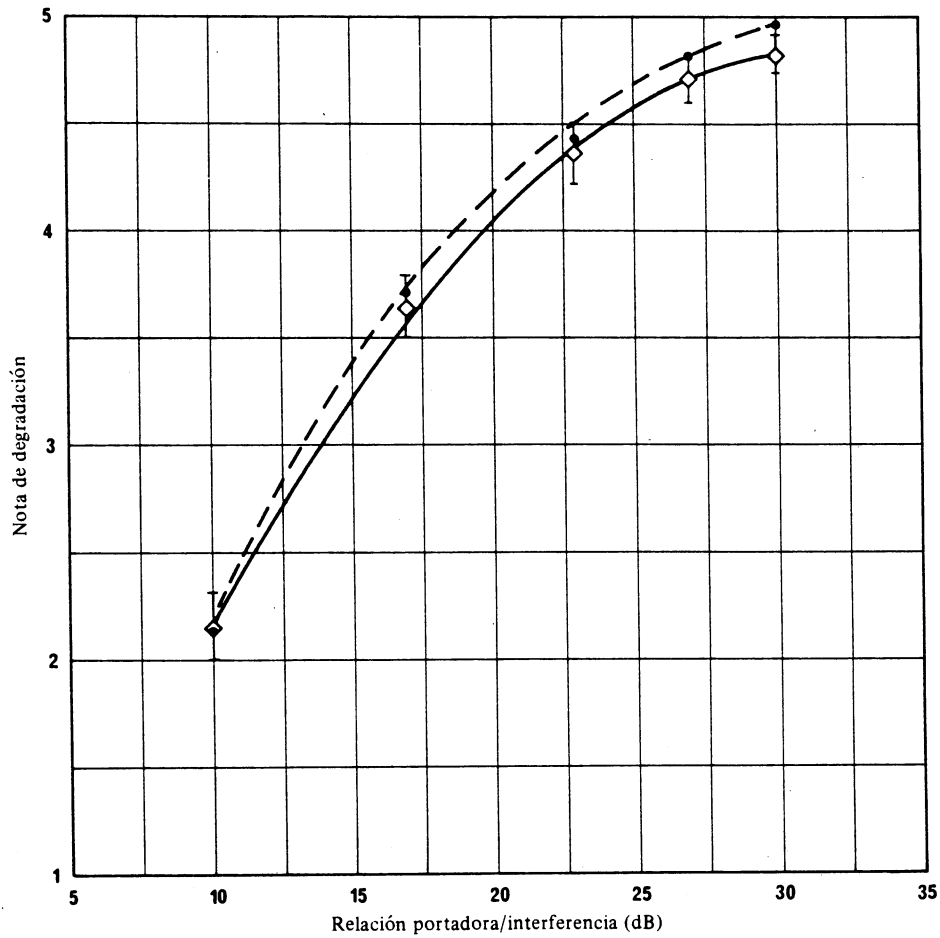


FIGURA 20 – *Degradación debida a la interferencia cocanal de una sola fuente (media de las tres diapositivas)*

- ◇ Nota media de tres diapositivas
- Mediana de tres diapositivas

CUADRO XXIII – *Relación entre la nota de opinión y la relación media portadora/interferencia cocanal de una sola fuente, considerando la media de las tres diapositivas*

Nota de opinión	C/I cocanal de una sola fuente (dB)
4,3	22,2
4,5	24,2
4,7	26,8
4,8	29,0

Una serie de pruebas utilizando una excursión cresta a cresta de 19,04 MHz ha revelado que, en una gama más amplia de notas de opinión, la relación de protección requerida disminuye aproximadamente siguiendo una ley del cuadrado de la excursión cresta a cresta, verificándose así el factor de normalización en términos de la excursión de portadora contenido en las ecuaciones (1a) y (1b) del presente Informe.

Las pruebas subjetivas sobre la interferencia cocanal total han mostrado que no en todos los casos se observa la ley de la adición de potencia de los perturbadores. Se ha observado que el nivel de degradación producido por tres perturbadores de igual potencia podría obtenerse con un solo perturbador de una potencia de 3 a 5 dB mayor, con una media de 3,8 dB para degradaciones comprendidas entre 4 y 5. Según la ley de adición de las potencias, el valor tendría que ser de 4,8 dB. No obstante, se cree que la ley de adición de las potencias es representativa de la interferencia en el caso más desfavorable para múltiples portadoras interferentes.

3.1.6.3 Degradación debida a la interferencia causada por los canales adyacentes

Se realizaron pruebas sobre el efecto de la interferencia total de dos canales adyacentes, uno inferior y otro superior. Esta disposición de las portadoras se repitió para una separación entre ellas de 13 MHz y 15 MHz. En la fig. 21 se indican los resultados de las pruebas sobre la interferencia total de los canales adyacentes para una separación de 15 MHz.

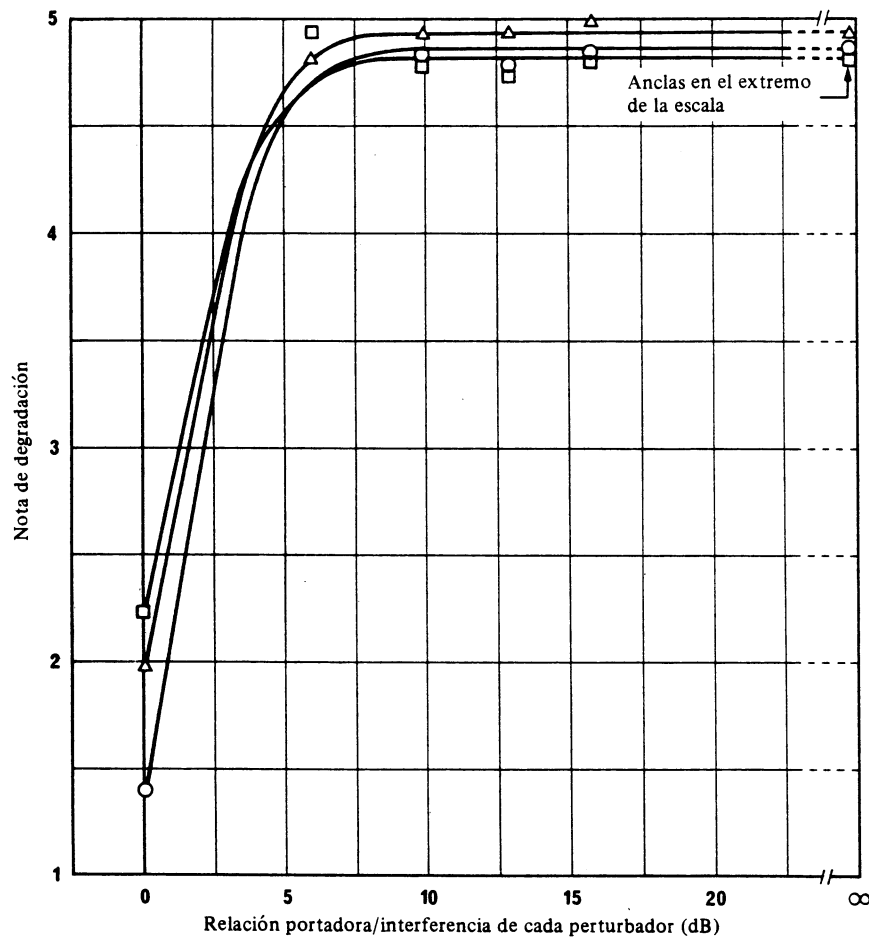


FIGURA 21 — Degradación debida a la interferencia de canal adyacente total para cada diapositiva. Hay dos canales adyacentes, uno superior y otro inferior (combinación 101), separados en 15 MHz de la portadora deseada

- Diapositiva 1
- △ Diapositiva 2
- Diapositiva 3

Las cifras indican que las notas de opinión se mantienen muy cerca del nivel no degradado para elevados valores de la relación C/I , pero disminuyen rápidamente con valores reducidos de la relación C/I . Esta repentina disminución de las notas de opinión para la interferencia de canal adyacente indica la necesidad de mantener una relación C/I por encima del umbral crítico, en un sistema operativo.

3.1.6.4 Interferencia cocanal y de canal adyacente combinadas

Se realizaron pruebas sobre las disposiciones de las portadoras* 121 y 111, donde la relación de potencia entre las interferencias cocanales y de canales adyacentes se mantuvo constante en 17 dB a lo largo de la gama de relaciones C/I estudiada, y donde la separación entre las portadoras fue de 15 MHz.

En la fig. 22 se dan los resultados para la diapositiva 1 «Muchacha vestida de verde» para la disposición de las portadoras 121. Se obtuvieron resultados análogos para la otra disposición de portadoras y para las otras dos diapositivas. La figura indica también por separado la interferencia de canal adyacente y la interferencia cocanal, a fines de comparación.

La figura demuestra que, con una relación portadora/interferencia elevada, la nota de opinión se rige principalmente por la interferencia cocanal, y que con una relación portadora/interferencia baja, esa nota se rige sobre todo por la interferencia de los canales adyacentes. El paso entre los dos tipos de interferencia se produce cerca del umbral crítico de la interferencia de los canales adyacentes, es decir, entre 6 y 8 dB para una separación entre las portadoras de 15 MHz.

3.1.7 Mediciones realizadas en Estados Unidos de América

Como preparación para la CARR SAT-83, se han realizado en Estados Unidos de América mediciones para estudiar diversos aspectos de la interferencia entre señales de televisión con modulación de frecuencia del sistema M/NTSC. Las pruebas se ajustaron en general a las Recomendaciones 500-2 y 600, y se llevaron a cabo en dos laboratorios distintos, empleando características del sistema y procedimientos ligeramente diferentes en cada uno. Los detalles de las mediciones realizadas por ambos laboratorios se exponen en [CCIR, 1982-86a]. Se indican, en su caso, las diferencias pertinentes. Como características comunes a ambos conjuntos de mediciones cabe citar: excursión cresta a cresta de 12 MHz por voltio, distancia de observación de cinco veces la altura de la imagen, utilización de diapositivas de prueba críticas para la señal deseada, señal interferente con programa grabado en magnetoscopio y enganche de barras horizontales y verticales de sincronismo de la señal interferente sincronizadas al video de la señal deseada. En todas las pruebas se utilizó la escala de degradaciones de 5 notas del CCIR. Se utilizó preacentuación y desacentuación de acuerdo con la Recomendación 405.

3.1.7.1 Degradación debida al ruido

La fig. 23 indica los resultados de las evaluaciones subjetivas de la degradación en función de la relación señal/ruido sin interferencia. Existe una relación simple entre la nota de degradación y la relación señal/ruido. Un aumento de 6 dB en la relación S/N se traduce en un aumento de aproximadamente un punto de la nota de degradación en la región de la relación S/N situada entre 28 y 52 dB, ponderado para tener en cuenta tanto el efecto del ruido como el de la preacentuación/desacentuación. Para una nota de degradación de 4,5 la fig. 23 da un valor aproximado de 49 dB para la relación S/N ponderado.

3.1.7.2 Degradación debida a la interferencia cocanal

En la fig. 24 se indican los resultados de las pruebas de interferencia cocanal. Con una degradación de 4,5, la relación C/I necesaria es de aproximadamente 28 dB. Valores más altos de la C/I , producen escasa mejora de la degradación media. Los resultados de pruebas adicionales realizadas con una excursión cresta a cresta de 16 MHz, justifican la utilización del factor de corrección de $20 \log(D_c/12)$, donde D_c es la excursión de frecuencia cresta a cresta. En las pruebas se utilizó una relación señal/ruido (S/N) de 55 dB, ponderado para tener en cuenta tanto el efecto del ruido como el de la preacentuación/desacentuación.

* La disposición de portadoras XYZ significa: X portadoras por debajo del canal deseado, Y portadoras a la misma frecuencia y Z portadoras por encima.

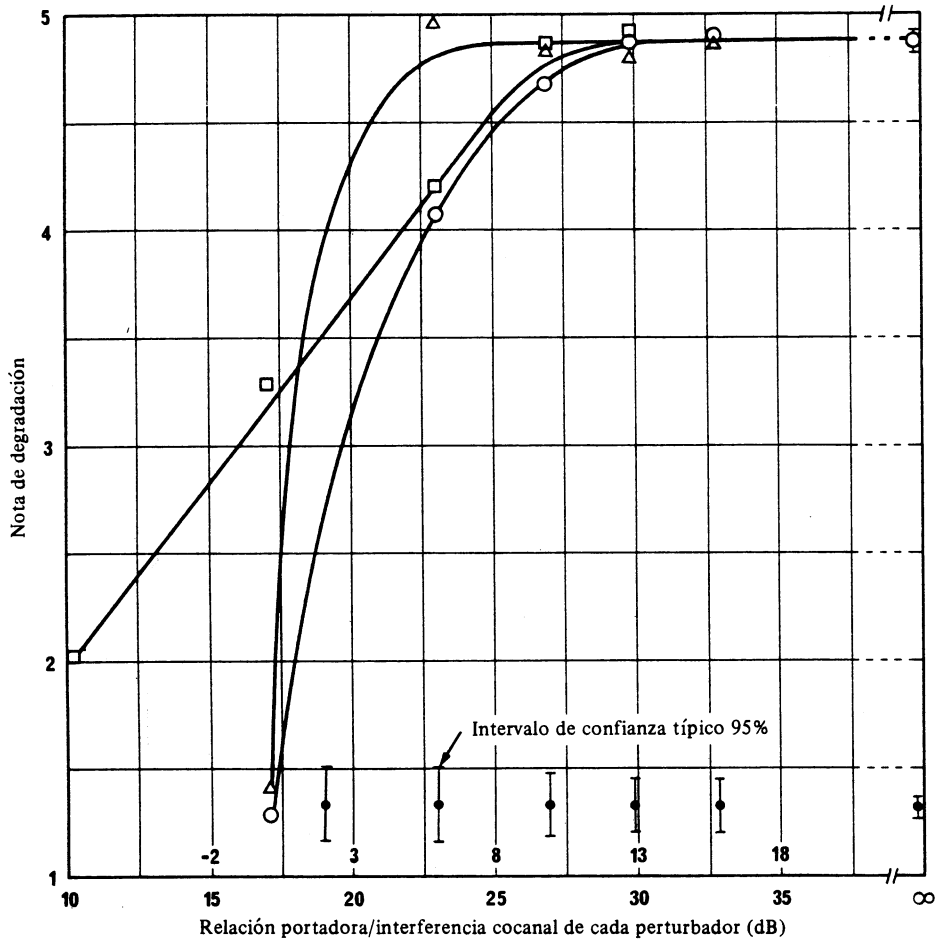


FIGURA 22 – Degradación debida a la interferencia cocanal y de canal adyacente total

(Disposición de portadoras 121) ($\Delta f = 15$ MHz)

Diapositiva 1: Muchacha vestida de verde

□ 020: dos perturbadores cocanal

△ 101: dos perturbadores de canal adyacente (canales adyacentes superior e inferior)

○ 121: dos perturbadores cocanal y dos perturbadores de canal adyacente

Nota. – La escala horizontal superior de la figura se refiere al canal adyacente.

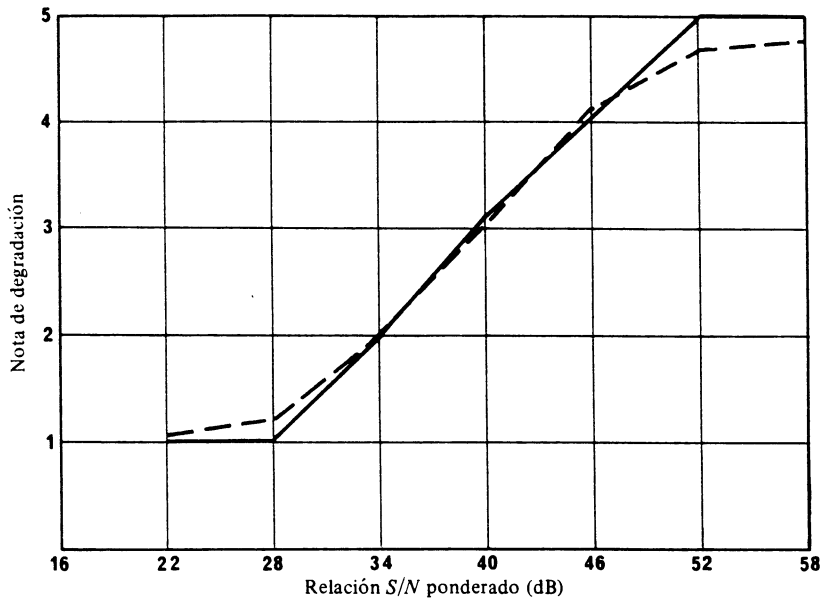


FIGURA 23 – Degradación de ruido únicamente para sistemas M/NTSC
(Sin interferencia, en ausencia de subportadora)

— Degradación mediana
- - - Degradación media

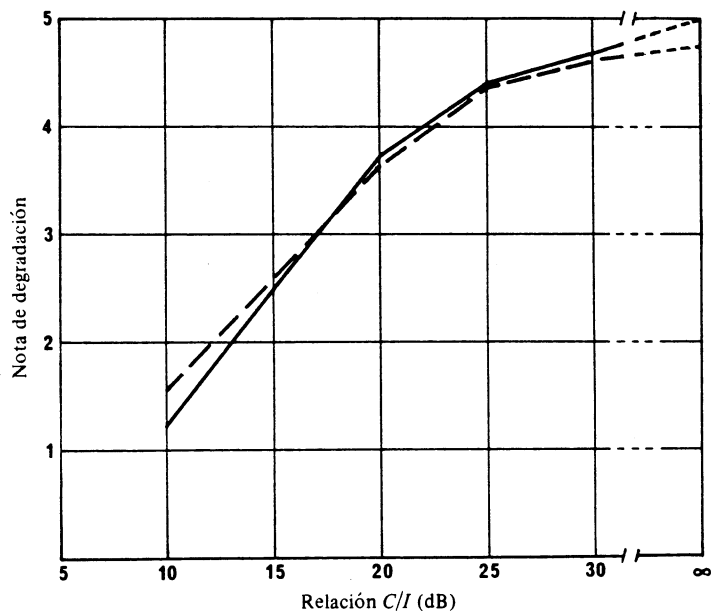


FIGURA 24 – Degradación debida a una sola fuente de interferencia cocanal

$\Delta f = 12$ MHz cresta a cresta
 $S/N = 55$ dB (ponderado)
 $C/N = 23,8$ dB

— Degradación mediana
- - - Degradación media

Se han realizado pruebas para verificar mediciones de la relación de protección en el caso de interferencia producida por fuentes múltiples cocanales de televisión con modulación de frecuencia a un solo sistema de televisión con modulación de frecuencia. Los resultados de las pruebas indican que las fuentes múltiples de interferencia cocanal se adicionan en potencia. Por consiguiente, el efecto subjetivo de la presencia de fuentes múltiples de interferencia cocanal en televisión con modulación de frecuencia es equivalente al de una sola fuente interferente de televisión con modulación de frecuencia que produce la misma relación portadora/interferencia global, es decir, cuando:

$$C/I_{única} = C/I_{\Sigma múltiple}$$

siendo:

$C/I_{única}$: relación portadora/interferencia para una sola fuente de interferencia,

$C/I_{\Sigma múltiple}$: relación portadora/interferencia global correspondiente a más de una fuente de interferencia.

Las pruebas demostraron que para una C/I comprendida entre 10 y 25 dB, los efectos combinados de dos y cuatro fuentes de interferencia, sólo diferían en 0,5 y 0,75 dB, respectivamente, de los valores obtenidos por adición de potencias.

3.1.7.3 Degradación debida al ruido y a la interferencia

Al seleccionar una nota de degradación idónea para la planificación de sistemas, es preciso examinar la degradación combinada producida por el ruido y la interferencia. Es más conveniente planificar sistemas limitados por el ruido que por la interferencia (lo que significa que el ruido es el factor dominante de degradación de la imagen recibida).

La fig. 23 indica que en ausencia de interferencia, una relación S/N (ponderado) de 46 dB produce una nota media de degradación de 4,1. La fig. 24 indica los efectos de la interferencia, en ausencia de ruido (S/N ponderado de 55 dB fue la mejor imagen que se obtuvo en el proceso de prueba). Para una C/I de 28 dB, se obtuvo una nota media de degradación de 4,5. La fig. 25 muestra el efecto combinado del ruido y la interferencia. Para una S/N (ponderado) de 46 dB y una C/I de 28 dB, se obtuvo una nota media de degradación de 4,0. La fig. 25 muestra que para relaciones C/I superiores a 28 dB apenas es posible conseguir una mejora muy limitada de la nota de degradación. En esta combinación de ruido e interferencia, el ruido es el contribuyente principal a la reducción de la nota de degradación.

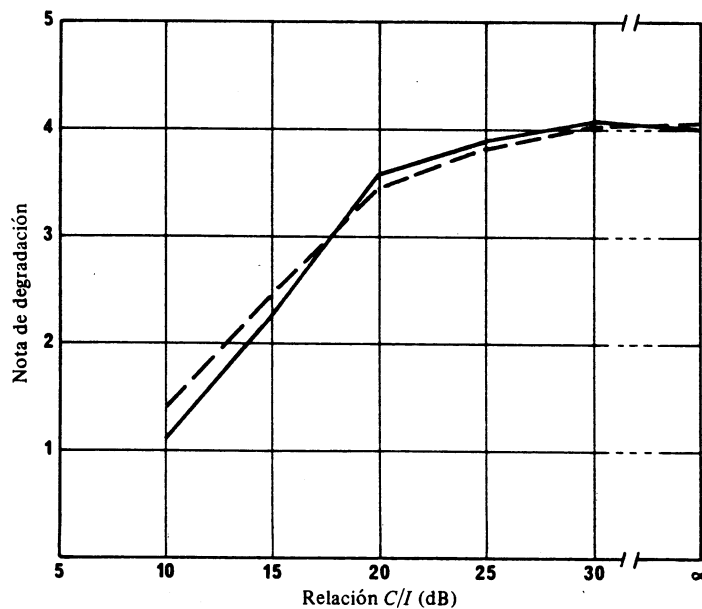


FIGURA 25 – Degradación debida a una sola fuente de interferencia cocanal más ruido

$\Delta f = 12$ MHz cresta a cresta

$S/N = 46$ dB (ponderado)

$C/N = 14,8$ dB

———— Degradación mediana

- - - - Degradación media

En el anexo II del Informe 405 se presenta una «ley de adición» para degradaciones inconexas. Esta «ley» predice que para una nota de degradación de 4,1 producida solamente por el ruido y para una nota de degradación de 4,5 producida solamente por la interferencia, la nota resultante de degradación debida al efecto combinado del ruido y la interferencia sería de 3,8. Este valor está ligeramente subestimado si se basa en el valor medido de 4,0 de la fig. 25. Sin embargo, para la planificación de sistemas con relaciones S/N (ponderado) distintas de 46 dB, la «ley de adición» de las degradaciones proporciona un valor razonable, aunque subestimado, de la nota total de degradación si se utiliza con las figs. 23 y 24.

3.1.7.4 Degradación debida a la interferencia de canal adyacente

En las figs. 26, 27 y 28 se indican los resultados de las mediciones realizadas para determinar el efecto combinado de la interferencia de canal adyacente. Se investigaron tanto la interferencia producida por un único canal adyacente como la debida a múltiples canales adyacentes. El filtro de recepción utilizado era de tipo Chebychev de 4 polos con un ancho de banda de ruido equivalente de 22,5 MHz. Se utilizó una separación de canales de 13 MHz.

Respecto a las notas de degradación de interés (4,0 a 4,5) el efecto interferente global de una fuente interferente en el canal adyacente inferior y otra en el canal adyacente superior (101) es de 2 a 3 dB más desfavorable que la suma de potencias, si se compara con las curvas correspondientes a una sola fuente de interferencia en el canal adyacente. Para los casos de dos fuentes interferentes en el canal adyacente inferior (200) y otras dos (002) en el canal adyacente superior, el efecto interferente global es de 3 a 4 dB y de 5 a 6 dB más desfavorable, respectivamente, que la suma de potencias*. El cuadro XXIV presenta datos para cada una de las condiciones que relacionan los niveles de C/I globales necesarios para conseguir una determinada nota de degradación.

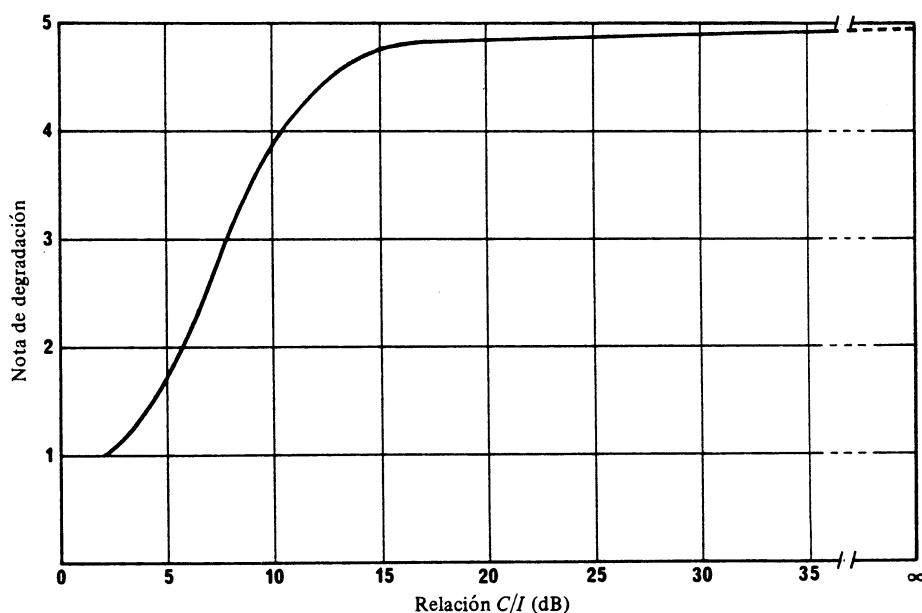


FIGURA 26 – Degradación debida a una sola fuente interferente en el canal adyacente superior (001) con separación de 13 MHz de la portadora deseada

* La disposición de portadora XYZ significa: X portadoras situadas por debajo del canal deseado, Y portadoras a la misma frecuencia, y Z portadoras por encima.

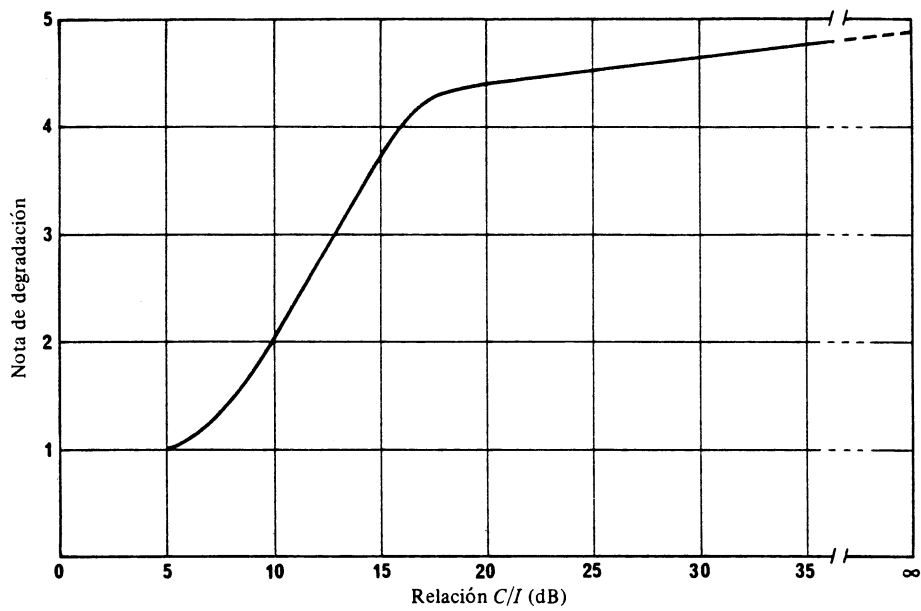


FIGURA 27 – Degradación debida a interferencia global de canal adyacente.
 Dos fuentes interferentes en el canal adyacente superior (002),
 con separación de 13 MHz de la portadora deseada

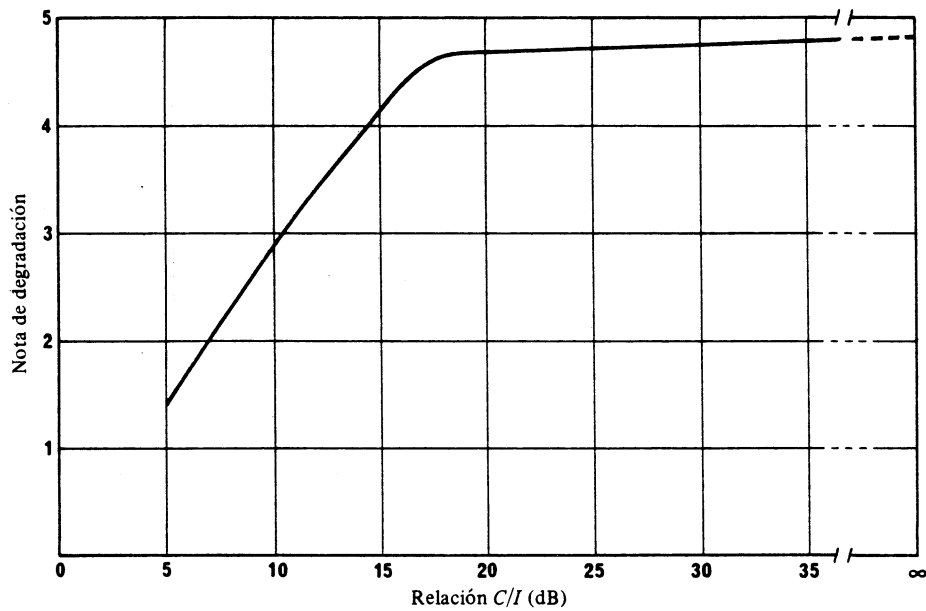


FIGURA 28 – Degradación debida a interferencia global de canal adyacente.
 Una fuente interferente en el canal adyacente superior y otra del inferior (101)
 con separación de 13 MHz de la portadora deseada

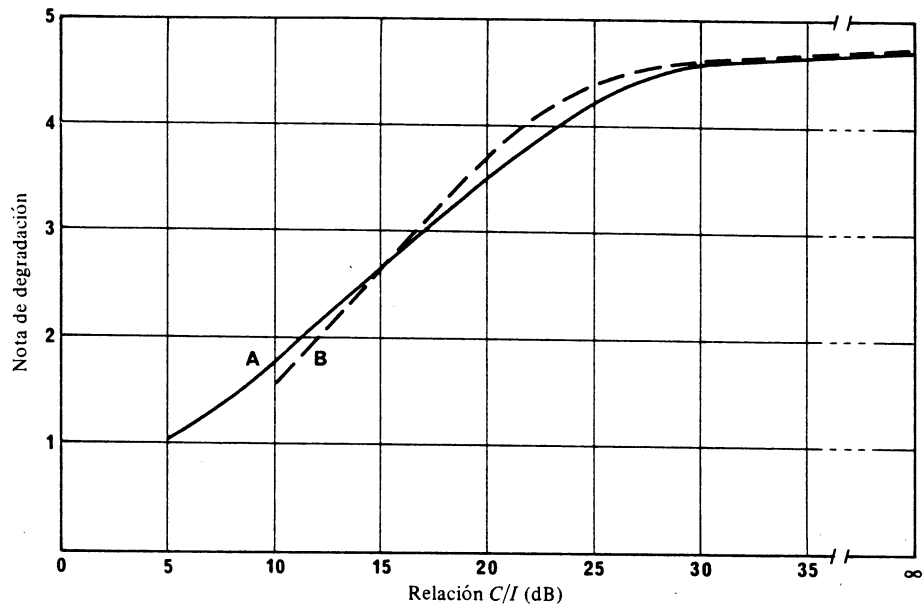


FIGURA 29 – Degradación debida a una sola fuente interferente cocanal para pruebas, efectuadas por:

Curvas A: Lewis Research Center de NASA

B: Laboratorios CBS

CUADRO XXIV – Relación C/I necesaria para notas de degradación en todos los casos de interés (dB)

\ Q Caso	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50
001	9,0	9,7	10,5	11,7	13,0
100	10,0	11,0	11,75	12,8	13,9
002	14,5	15,3	16,3	17,1	19,0
200	13,0	14,0	15,0	16,0	17,8
101	12,4	13,3	14,4	15,4	16,8
010	19,7	21,4	23,1	25,3	28,7
111	22,7	24,1	25,5	27,5	31,0

3.1.7.5 *Interferencia combinada de canal adyacente y cocanal*

Se examinaron los efectos combinados de la interferencia cocanal y de canal adyacente (combinación 111) y los datos correspondientes se presentan en la fig. 30. Se ajustaron los niveles relativos de forma tal que el efecto interferente cocanal y de canal adyacente fuera aproximadamente igual para notas de degradación situadas entre 4 y 4,5. Cada fuente interferente de canal adyacente se estableció 6 dB por encima de la fuente interferente cocanal, de forma que la interferencia de canal adyacente agregada fue superior en 9 dB a la interferencia cocanal. Examinando las figs. 28 y 29 para notas de degradación situadas entre 4,0 y 4,5 se advirtió una diferencia de 8 a 10 dB en los niveles de la C/I agregada. Por consiguiente se seleccionó el valor de 9 dB como referencia relativa entre los niveles de interferencia cocanal y de canal adyacente agregada para el caso 111.

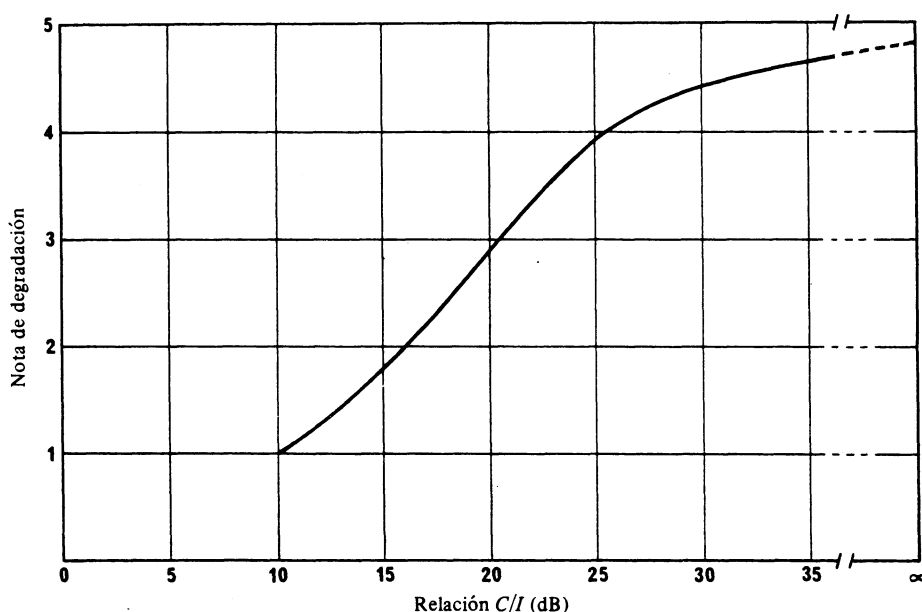


FIGURA 30 – *Degradación debida a interferencia global cocanal y de canales adyacentes superior e inferior (111). Los canales adyacentes interferentes con separación de 13 MHz de la portadora deseada*

La fig. 31 contiene curvas de las figs. 28 a 30. El caso 101, curva C, ha sido ajustado en 9 dB para corresponder a la condición para la que se probó el caso 111. Si los casos 010 y 101, curvas B y C, se adicionan según las potencias, el resultado, curva D, se mantendría dentro de un margen de 1 dB con relación al caso 111, curva A. Para notas de degradación superiores a 4,0, la diferencia es inferior a 0,5 dB. La curva de adición de potencias está a la derecha del caso 111, lo que indica que los resultados medidos se combinan sobre una base ligeramente inferior a la de la suma de las potencias. Se cree, por consiguiente que la interferencia cocanal y la interferencia agregada de canal adyacente se suman según sus potencias. El resultado depende de que se supongan iguales las contribuciones de la fuente de interferencia cocanal y de las fuentes de interferencia de canal adyacente.

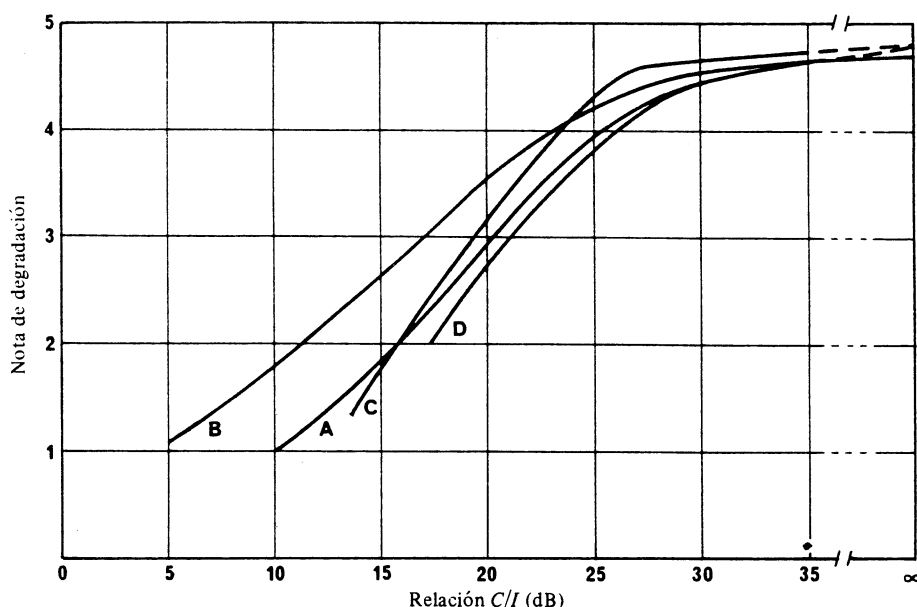


FIGURA 31 – Comparación de los efectos de la degradación

Curvas A : (111) medido
 B : (010) medido
 C : (101) medido
 D : (010 + 101) Adición de potencias

3.2 Sistemas de 625 líneas, B/PAL, G/PAL, I/PAL y L/SECAM

La BBC, en el Reino Unido [Brown, 1971b], la RAI en Italia, la TDF en Francia, y el IRT y la DBP, en la República Federal de Alemania, han efectuado mediciones de la relación de protección para dos señales de televisión con modulación de frecuencia, en las que la excursión de frecuencia tiene valores idénticos. En el § 3.1.5 y en la fig. 1a, curva B del Informe figura un resumen de esos resultados [CCIR, 1974-78c]. Las relaciones de protección se midieron con una excursión de la subportadora de sonido sobre la portadora principal que fue en todos los casos de $\pm 2,8$ MHz. La frecuencia de la subportadora fue de 6 MHz para el sistema I utilizado por la BBC, de 5,5 MHz para los sistemas B y G, utilizados por la RAI, el IRT y la DBP, y de 7,5 MHz para el utilizado por la TDF. El gálibo de la relación de protección (fig. 1a, curva B) es asimétrico con relación a la frecuencia de reposo de la portadora. En los trabajos de planificación, sería a menudo útil emplear un valor común para las relaciones de protección relativas a los canales adyacentes inferior y superior. En este caso, pueden utilizarse los siguientes valores de compromiso:

Separación de canales (MHz)	16	18	20	22	24	26	28	30
Relación de protección (dB)	20	16	13	10	7	4	2	0

En [CCIR, 1974-78c] figura información más detallada.

Generalmente, para las mediciones efectuadas por diversas administraciones citadas anteriormente, se utilizó un discriminador convencional (circuito escalonado o línea de retardo). La utilización de un discriminador de bucle de enganche de fase puede producir algunas diferencias en la relación de protección. Mediciones efectuadas en Francia [CCIR, 1978-82g] muestran que, en comparación con un discriminador convencional, la utilización de un discriminador de bucle de enganche de fase:

- no modifica la relación de protección para la interferencia en el mismo canal,
- proporciona una reducción de 5 dB en la relación de protección para la interferencia de canal adyacente con desplazamientos de frecuencia comprendidos entre 12 y 20 MHz,
- aumenta la relación de protección para desplazamientos de frecuencia comprendidos entre 24 y 30 MHz.

En estas mediciones no había ninguna subportadora de sonido ni dispersión de energía.

Es necesario continuar los estudios con un gran número de discriminadores de bucle de enganche de fase para confirmar estos resultados y proporcionar datos adicionales en el caso de desplazamientos de frecuencia mayores.

3.3 *Relación de protección cocanal entre portadoras de sonido con modulación de frecuencia de gran excursión*

Puede ser conveniente utilizar una portadora separada, en vez de una subportadora, para la transmisión del sonido de televisión en el servicio de radiodifusión por satélite. En este caso puede ser necesario usar un valor de excursión de ± 300 kHz [CCIR, 1970-74d]. Por consiguiente, es importante conocer la relación de protección cocanal que debe especificarse para estas señales y determinar también la separación mínima permisible entre las portadoras, cuando deban agruparse varias portadoras en una porción del espectro de frecuencias.

La BBC ha efectuado mediciones objetivas de la interferencia entre dos señales de sonido moduladas en frecuencia. Se moduló la señal interferente con un tono de 1 kHz hasta una excursión de cresta de ± 300 kHz y se midió la relación señal/ruido resultante en el canal de sonido deseado utilizando un aparato de medida de Niese modificado (para las mediciones de ruido, este aparato indica la relación entre el valor cuadrático medio de la señal y el valor cuadrático medio del ruido) junto con la red de ponderación del ruido recomendada por el CCIR (Recomendación 468).

Para una relación señal/ruido de 50 dB, la relación de protección cocanal no excedió de 5 dB; este valor dependió hasta cierto punto de la diferencia exacta de frecuencia entre las dos portadoras (en un margen de ± 200 kHz). Para una relación señal/ruido de 60 dB, la relación de protección no es superior a 15 dB. Las relaciones de protección determinadas para la señal de sonido son mucho más reducidas que para la señal de televisión.

Se efectuaron otras pruebas para determinar los valores apropiados para la separación entre portadoras (es decir, la separación entre las frecuencias portadoras de canales de sonido adyacentes). Como para las señales de televisión, se parte del supuesto de que la anchura del canal es suficiente, de forma que la relación de protección de canal adyacente es de -6 dB. En este caso, las pruebas demostraron que la separación entre portadoras debía ser de unos 0,8 MHz.

4. **Mediciones de la relación de protección entre señales de televisión con modulación de frecuencia y otras señales**

4.1 *Interferencia a señales de televisión con modulación de frecuencia*

4.1.1 *Mediciones de la relación de protección entre señales de televisión con modulación de frecuencia y sistemas múltiplex de sonido con modulación de frecuencia*

Las características de modulación en las pruebas realizadas por la TDF [CCIR, 1974-78d] fueron las siguientes:

Televisión MF

- Multiplaje de la señal video y de una subportadora de sonido a 5,5 MHz;
- Excursión de frecuencia cresta a cresta de la portadora: 14 MHz/V;
- Anchura de banda del ruido: 27 MHz;
- Preacentuación de la señal de video: Recomendación 405;
- Excursión de frecuencia de la subportadora: ± 75 kHz;
- Preacentuación de la señal de audio: 50 μ s;
- Amplitud de la subportadora: 230 mV.

Múltiplex de sonido MF

La portadora se modula mediante una banda de base MDF-MF compuesta de 15 subportadoras; cada frecuencia está modulada por una señal de audio (excursión de frecuencia de la subportadora = ± 75 kHz; preacentuación de la señal de audio = 50 μ s).

La anchura de banda en RF es de 27 MHz. Las excursiones de frecuencia de la portadora por las distintas subportadoras son tales que se obtiene la misma calidad para cada señal audio. También se han estudiado otros métodos de transmisión para un grupo de canales de sonido [Mertens y otros, 1976].

4.1.2 *Mediciones de relación de protección entre señales de televisión con modulación de frecuencia y señales de telefonía MDF-MF*

Se realizaron pruebas en Japón [CCIR, 1978-82e] sobre la interferencia entre señales de televisión con modulación de frecuencia y señales de telefonía MDF-MF en condiciones que corresponden a las de comprobación de la calidad de la imagen en estudio utilizando una relación de distancia de observación/altura de imagen de 1-1,5, lo que representa una distancia de observación menor que la indicada en la Recomendación 600.

Las características de la señal de televisión con modulación de frecuencia fueron las mismas indicadas en el § 3.1.3 de este anexo y en [CCIR, 1978-82e]. Para una excursión de tonos de prueba (valor eficaz) de 270 y 800 kHz correspondiente a 60 y 970 canales, las relaciones de protección medidas para la interferencia apenas perceptible fueron 35 dB y 32 dB, respectivamente.

4.1.3 Medición de la relación de protección entre señales de televisión con modulación de frecuencia y señales digitales (televisión y datos)

Pruebas realizadas en Japón [CCIR, 1978-82e] utilizando las mismas condiciones de observación y características de modulación de la señal deseada de televisión con modulación de frecuencia descritas en el § 3.1.3 de este anexo y una señal interferente MDP-4 a 64 Mbit/s, dieron como resultado una relación de protección medida de 25 dB para la interferencia apenas perceptible.

En Estados Unidos de América se realizaron mediciones de interferencia entre una señal de televisión MDP-4 y una señal de televisión con modulación de frecuencia [CCIR, 1978-82h; Barnes, 1979]. Ambas señales eran del sistema M/NTSC. En el cuadro XXV se muestran otras características.

CUADRO XXV – Características de los sistemas de televisión digital y de televisión con modulación de frecuencia

Sistema	Televisión digital	Televisión con modulación de frecuencia
Modulación	Codificación diferencial, modulador MDP-4, demodulador MDP-4	Modulación de frecuencia, desviación cresta a cresta de 12 MHz, con preacentuación y desacentuación
Anchura de banda de la señal (filtro de transmisión)	45 MHz (filtro de Chebyshev de 3 polos y baja ondulación)	20 MHz
Filtro de recepción	33 MHz (filtro elíptico compensado de 5 polos)	21 MHz (filtro de Chebyshev de 6 polos y baja ondulación)
Audio	Multiplexada en el tren de datos	Subportadora de 7,5 MHz, 25 dB por debajo de la portadora video
Relación señal/ruido (no ponderado) a la salida del sistema (dB)	45 (1)	50

(1) Medición subjetiva.

En las mediciones, una señal de televisión digital MDP-4 que interfiere a un sistema de televisión MF degradó la imagen recibida y la señal de banda de base de modo semejante al ruido. Dado que existen procedimientos de medición establecidos para describir una señal de televisión degradada por ruido, el efecto producido por la interferencia de un sistema de televisión digital en un sistema TV MF se expresa en función de la relación aparente entre la señal de banda de base y el ruido.

Se agregó una señal interferente con objeto de obtener relaciones aparentes entre la señal de banda de base y el ruido de 45, 40 y 35 dB. La relación entre potencias de la señal deseada TV MF y la señal de televisión digital interferente, para una relación específica aparente entre señal y ruido ($R_{MF/digital}$), viene dada por la siguiente fórmula:

$$R_{MF/digital} = \frac{P_{MED(MF, deseada)}}{P_{MED(digital, interferente)}} \quad (8)$$

Para todas las mediciones, en el canal de comunicaciones debe estar presente el ruido blanco gaussiano junto a la señal interferente.

En la fig. 32 se dan resultados de mediciones para determinar las relaciones de protección para un enlace de TV MF que es interferido por una señal modulada digitalmente. Los resultados indican que la relación de protección medida y la relación aparente señal/ruido están directamente vinculadas, variando las relaciones de protección de 24 a 14 dB para relaciones aparentes de señal/ruido en la banda de base que varían de 45 a 35 dB.

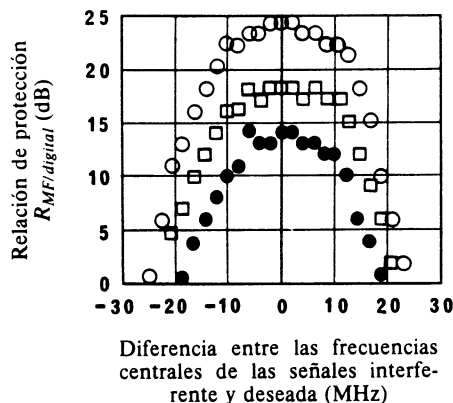


FIGURA 32 - *Relación aparente señal/ruido (no ponderado) en banda de base de un sistema de televisión MF, para interferencia procedente de una señal digital MDP-4*

Interferencia procedente de un sistema de televisión digital a 43 Mbit/s

- : 45 dB } Relación aparente
- : 40 dB } entre la señal y el
- : 35 dB } ruido

En China [CCIR, 1982-86b], se efectuaron mediciones subjetivas de una señal de televisión con modulación de frecuencia del sistema D/PAL expuesta a interferencia de algunas señales digitales. La señal no deseada que compartía la misma banda de frecuencias con la señal deseada fue una señal de una sola frecuencia (0C), una señal MDP o una señal MDA. Los experimentos se efectuaron de conformidad con las Recomendaciones 500-2 y 600. El grupo de observadores estaba formado por ocho observadores expertos. Se utilizaron dos imágenes de color normalizadas en China para las mediciones subjetivas, y se tomó la media de los resultados medidos. La evaluación dada por los diferentes observadores fue solo ligeramente diferente y tuvo un grado aceptable de coincidencia.

La relación C/I para la interferencia apenas perceptible se define como la relación de protección contra la interferencia. En las figs. 33 y 34, figuran los resultados de las mediciones, que muestran que la interferencia de una señal de una sola frecuencia se percibe más fácilmente, y que la relación de protección para las imágenes de color es 1 dB superior, aproximadamente, que para las imágenes en blanco y negro, para una diferencia cero de la frecuencia portadora. Hay un polo convexo en la diferencia de frecuencia de portadoras de 4,4 MHz porque la frecuencia central de la señal interferente está próxima a la frecuencia de la subportadora de la señal de televisión en color. La relación de protección para la señal MDP (8,448 Mbit/s) interferente es aproximadamente 1 dB inferior a la relación de protección para la señal MDP interferente a 2,048 Mbit/s. La relación de protección necesaria para una señal interferente MDA es, por lo general, inferior en menos de 1 dB a la correspondiente a la señal interferente MDP.

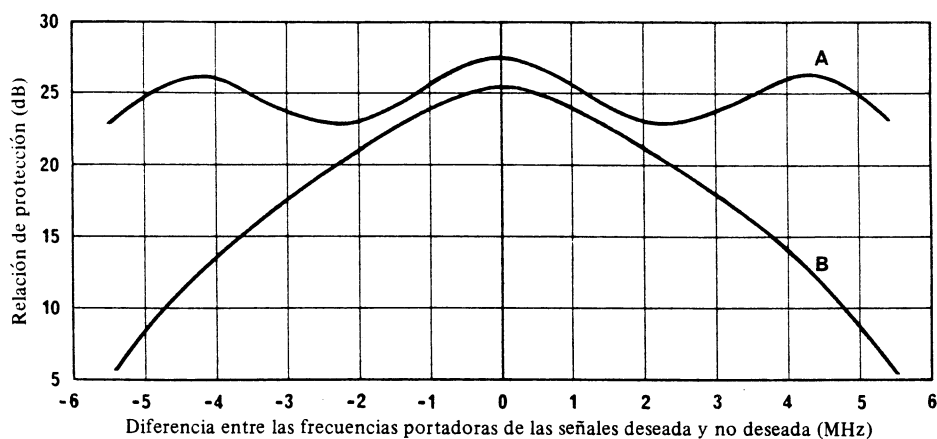


FIGURA 33 – Relación de protección para una interferencia apenas perceptible en un sistema de televisión MF ($\Delta f = 8$ MHz, c-c) para interferencia de onda continua

Curvas A: Imagen en color

B: Imagen en blanco y negro

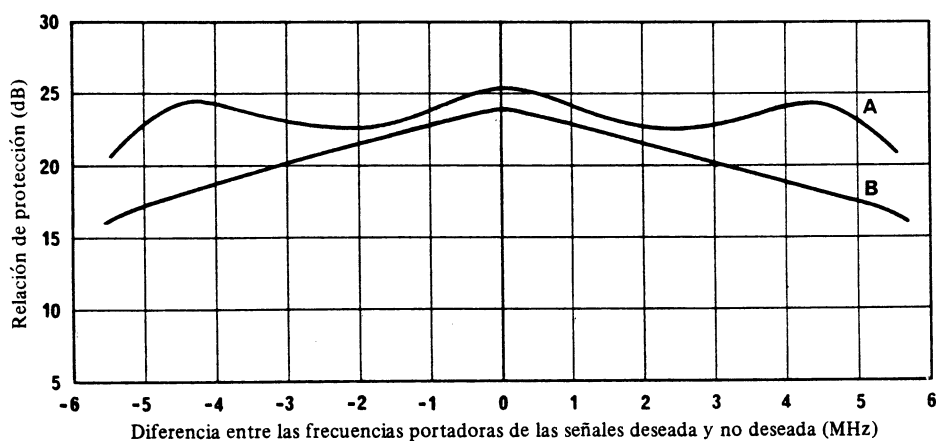


FIGURA 34 – Relación de protección para una interferencia apenas perceptible en un sistema de televisión MF ($\Delta f = 8$ MHz, c-c) para interferencia de señal MDP (2,048 Mbit/s)

Curvas A: Imagen en color

B: Imagen en blanco y negro

4.2 Interferencia a señales de televisión codificadas digitalmente

4.2.1 Mediciones de la relación de protección entre señales de televisión codificadas digitalmente y señales de televisión con modulación de frecuencia

Experimentos realizados en Estados Unidos de América [CCIR, 1978-82h y Barnes, 1979] sobre señales de televisión del sistema M/NTSC incluyeron la medición de relaciones de protección para señales de televisión digital con interferencia causada por señales de televisión analógicas con modulación de frecuencia.

Además, el sistema de televisión digital utilizado para estas mediciones emplea codificación MIC diferencial (MICD) unidimensional, de cuarto orden, intratrama, que da lugar a una velocidad de datos de 42,95 Mbit/s para la transmisión de una señal de televisión de alta calidad del sistema M/NTSC. Se transmitió la señal de televisión codificada mediante un modulador MDP-4 con codificación diferencial, y se recibió esa señal por medio de un demodulador MDP-4 coherente. En este sistema de televisión digital no se hizo uso de circuitos de corrección ni de supresión de errores. En el cuadro XXV se enumeran las características del sistema de televisión digital y del sistema de televisión con modulación de frecuencia.

Una proporción de bits erróneos de aproximadamente 10^{-8} en la señal de televisión digital codificada produjo degradaciones de la imagen de corta duración con una cadencia media de una cada cinco segundos. Esta tasa de errores produjo degradaciones perceptibles de la imagen, aunque no molestas, a juicio de un único experto. Para un enlace de comunicación con relaciones entre la energía por bit y la densidad espectral de potencia de ruido (E_b/N_0) que, en ausencia de toda interferencia, dieron lugar a proporciones de errores inferiores a 10^{-8} , se agregó la interferencia de la señal de televisión MF con objeto de elevar la proporción de errores al valor de 10^{-8} . Se efectuaron mediciones adicionales para determinar las relaciones de protección que daban lugar a una tasa de errores de 10^{-6} . Para la proporción de bits erróneos especificada, la relación entre la potencia de la señal deseada de televisión digital y la potencia de la señal de televisión MF interferente ($R_{digital/MF}$) viene dada por:

$$R_{digital/MF} = \frac{P_{MED} (digital, deseada)}{P_{MED} (MF, interferente)} \tag{9}$$

En la fig. 35 se indican las relaciones de protección medidas para una señal de televisión MF interferente en un sistema de televisión digital y una proporción de bits erróneos de 10^{-8} en el sistema digital, y en la fig. 36 para una proporción de bits erróneos de 10^{-6} . Se indican relaciones de protección para tres valores de E_b/N_0 en recepción. En ausencia de toda interferencia, un valor de $E_b/N_0 = 15,1$ dB da lugar a una proporción de errores de aproximadamente 10^{-9} , y un valor de $E_b/N_0 = 13,6$ dB a una proporción de errores de aproximadamente 10^{-7} . Como muestran las figuras, un pequeño aumento de E_b/N_0 (de 15,1 a 18,1 dB para una proporción de errores de 10^{-8} o de 13,6 a 16,6 dB para una proporción de errores de 10^{-6}) ocasiona una gran reducción de las relaciones de protección medidas (9 a 10 dB). Un importante aumento adicional de E_b/N_0 produce, sin embargo, sólo una reducción de 1 a 2 dB en las relaciones de protección medidas.

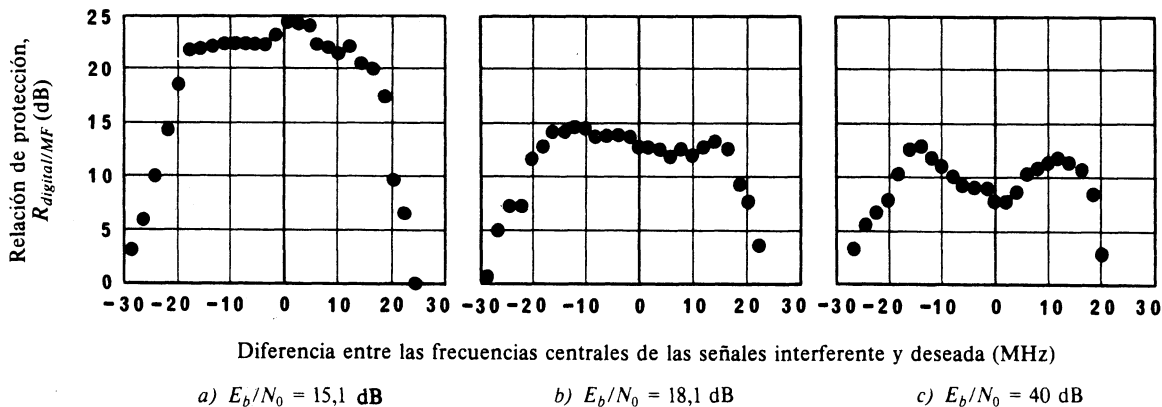


FIGURA 35 - Relaciones de protección medidas para una proporción de bits erróneos de 10^{-8} en un sistema de televisión digital que experimenta interferencia de un sistema de televisión MF

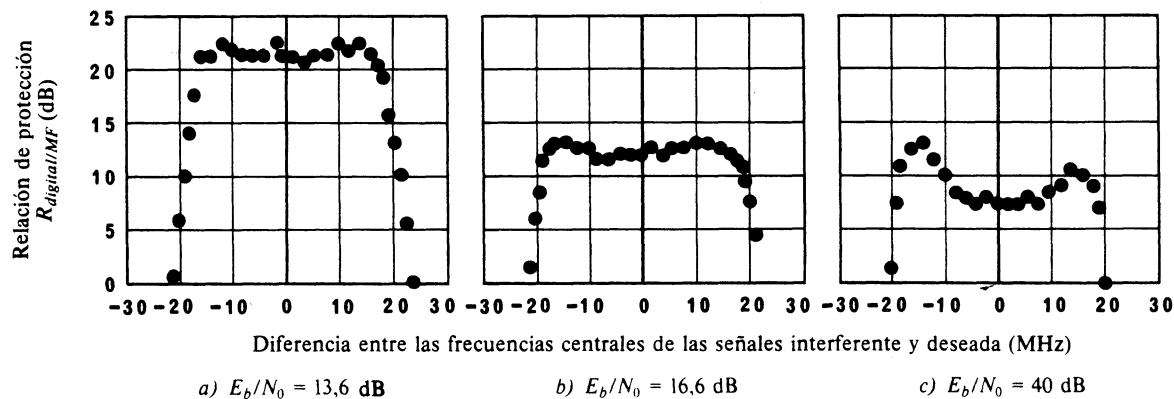


FIGURA 36 - Relaciones de protección medidas para una proporción de bits erróneos de 10^{-6} en un sistema de televisión digital que experimenta interferencia de un sistema de televisión MF

4.2.2 *Mediciones de la relación de protección entre señales de televisión codificadas digitalmente y otras señales codificadas digitalmente (televisión y datos)*

Mediante mediciones efectuadas en los Estados Unidos de América para el sistema M/NTSC, se han determinado relaciones de protección para señales de televisión codificadas digitalmente con interferencia de señales de televisión y de datos digitales.

La señal de televisión digital deseada fue la del sistema MICD a 42,95 Mbit/s descrito en el § 4.2.1 del presente anexo. El sistema de televisión digital interferente fue un codificador de transformación ortogonal bidimensional con una velocidad de datos de 16,1 Mbit/s que dio lugar a la transmisión de una señal de televisión del sistema M/NTSC de alta calidad. Se transmitió la señal de televisión codificada mediante un modulador MDP-4 con codificación diferencial. La interferencia de datos digitales se produjo con un generador de datos pseudoaleatorios. Esta señal digital se moduló utilizando un modulador MDP-4-D diferencial como el empleado con la fuente interferente de televisión digital. En esta parte de la prueba, se empleó la velocidad de datos de la fuente interferente de 16,1 Mbit/s para los datos digitales. En el cuadro XXVI figuran las características del sistema de televisión digital deseado. En el cuadro XXV se indican, de modo similar, las características de los sistemas interferentes (de televisión y datos digitales).

CUADRO XXVI – Características de las señales

Parámetro del sistema	TV digital a 16 Mbit/s	PRBS ⁽¹⁾
Modulación	MDP-4-D ⁽²⁾	MDP-4-D ⁽²⁾
Anchura de banda de la señal (filtro de transmisión) (MHz)	25 (filtro de Chebyshev de bajo rizado y 5 polos)	(Filtro transversal interno al modulador)
Filtro del receptor (MHz)		13,4 19,0 30,1 (filtros de Chebyshev de bajo ruido y 5 polos)
Velocidad binaria de la señal (Mbit/s)	16,11	8,0 16,11 43,0

⁽¹⁾ PRBS: Secuencia binaria pseudoaleatoria («Pseudo-random bit sequence»).

⁽²⁾ MDP-4-D: MDP-4 diferencial.

En el § 4.2.1 de este anexo se dice que, para el sistema de televisión digital deseado, una proporción de bits erróneos de 10^{-8} dio lugar a una interferencia perceptible, aunque no molesta. No obstante, para facilitar el proceso de medición, se utilizó una proporción de bits erróneos de 2×10^{-8} para determinar la relación de protección. Para esta proporción de bits erróneos, se produjo una degradación de la imagen de corta duración con una cadencia media de una cada 2 s. Se comprobó que los niveles de relación de protección no diferían significativamente (< 1 dB) de los obtenidos con una proporción de bits erróneos de 10^{-8} . A fin de dejar un margen para agregar interferencia, se eligió la relación de contraste de energía del enlace de comunicación de modo que la proporción de errores en ausencia de toda interferencia fuera aproximadamente de 10^{-9} . Una relación de contraste de energía (E_b/N_0) de 14,7 dB produjo una proporción de bits erróneos de 10^{-9} , aproximadamente.



La fig. 37 muestra que la interferencia al sistema de televisión digital MICD fue (aproximadamente) la misma para ambas fuentes de interferencia, el sistema de televisión digital a 16,1 Mbit/s y el de datos pseudoaleatorios (PRBS). La relación de protección cocanal es aproximadamente de 22 dB.

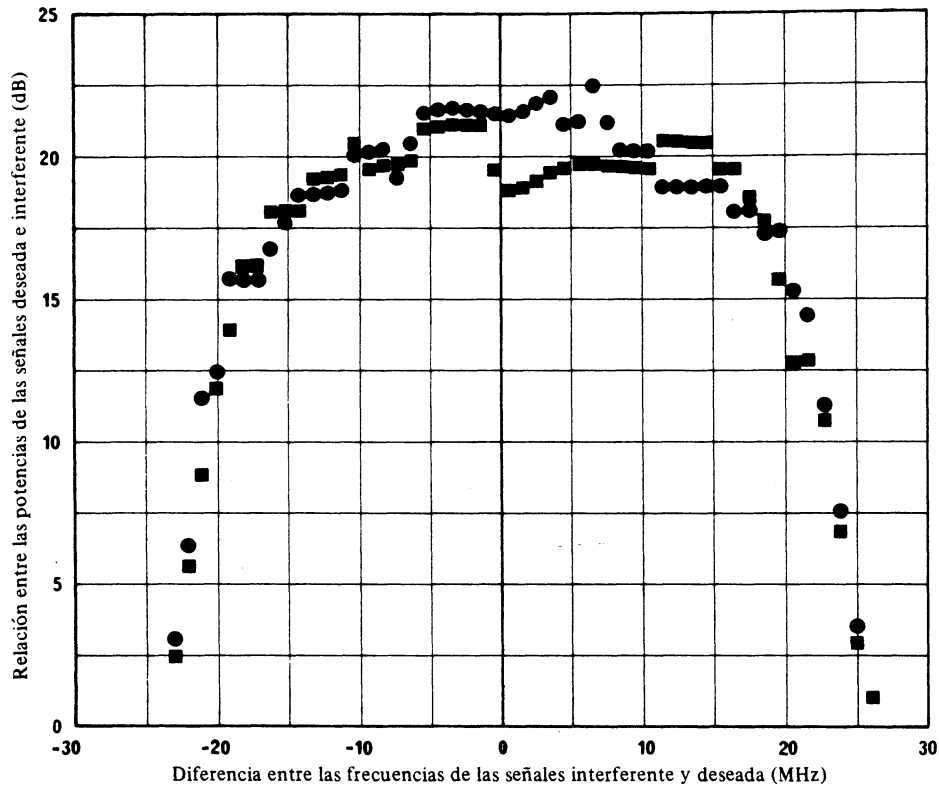


FIGURA 37 – Interferencia a 16 Mbit/s en la señal TV digital a 43 Mbit/s

$$E_b/N_0 = 14,7 \text{ dB}$$

$$\text{BER} = 2 \times 10^{-6}$$

Sistema interferente:

■ : TV digital a 16 Mbit/s

● : Secuencia binaria pseudoaleatoria a 16 Mbit/s

4.2.3 Mediciones de la relación de protección entre señales de datos codificadas digitalmente y señales de televisión codificadas digitalmente

Los experimentos realizados en los Estados Unidos de América incluyeron la medición de relaciones de protección para señales de datos con modulación MDP-4 diferencial (MDP-4-D) con una fuente de interferencia de televisión digital.

Se utilizaron los sistemas digitales descritos en los § 4.2.1 y 4.2.2 de este anexo. El sistema deseado consistió en una señal de datos pseudoaleatorios (PRBS) modulada en la transmisión con un modulador MDP-4-D y recibida con un demodulador MDP-4 coherente seguido por un detector de errores. Para el sistema deseado se utilizaron velocidades de datos de 43 Mbit/s y de 16,1 Mbit/s. La señal interferente de televisión digital fue suministrada por el sistema MICD a 42,95 Mbit/s y el sistema de transformación ortogonal a 16,1 Mbit/s anteriormente descritos.

Las pruebas tenían por objeto determinar el valor transaccional entre la relación de contraste de energía (E_b/N_0) y la relación portadora/interferencia (C/I) para determinado nivel de proporción de bits erróneos. Se determinó adicionalmente la importancia de la anchura de banda relativa entre las señales deseada e interferente para la relación C/I posible.

El cuadro XXVII indica los niveles de la relación de protección contra la interferencia cocanal para el caso de una interferencia de televisión digital a 16 Mbit/s en una secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS) a 43 Mbit/s. Se hicieron variar las condiciones de funcionamiento para el sistema deseado cambiando la relación E_b/N_0 . Los valores de esta relación en los que se efectuaron medidas eran de 13,3 dB, 16,3 dB y 40,0 dB ($E_b/N_0 = 13,3$ dB corresponde a una proporción de bits erróneos del canal de 1×10^{-9} , aproximadamente). Para cada una de estas condiciones de funcionamiento se añadió interferencia hasta medir en el detector de errores el nivel deseado de calidad (en términos de la proporción de bits erróneos). Se utilizaron tres niveles de calidad, a saber, 2×10^{-6} , 2×10^{-7} y 2×10^{-8} . A partir de los datos del cuadro XXVII se observan dos tendencias:

- Para un nivel determinado de calidad en términos de la proporción de bits erróneos (por ejemplo 2×10^{-8}), cuando aumentan las condiciones de funcionamiento (es decir, E_b/N_0), disminuye la relación de protección requerida.
- Para una condición de funcionamiento especificada (por ejemplo $E_b/N_0 = 13,3$ dB), la relación de protección requerida aumenta a medida que el nivel de calidad en términos de la proporción de bits erróneos se aproxima a la proporción de errores del canal.

Ambas tendencias son el resultado del compromiso existente en los sistemas digitales entre el ruido y la interferencia. Cuanto mejor sean las características del canal (es decir, menor ruido, mayor relación E_b/N_0) mayor interferencia puede admitirse.

CUADRO XXVII – Relaciones de protección cocanal para diversas relaciones de contraste de energía (E_b/N_0) y niveles de calidad en términos de la proporción de bits erróneos.

Sistema deseado: PRBS* a 43 Mbit/s;

sistema interferente: TV digital a 16 Mbit/s

E_b/N_0	Calidad Proporción de bits erróneos	Relación de protección cocanal
13,3	2×10^{-6}	15,5
16,3	2×10^{-6}	12,1
40,0	2×10^{-6}	9,3
13,3	2×10^{-7}	18,0
16,3	2×10^{-7}	14,0
40,0	2×10^{-7}	10,0
13,3	2×10^{-8}	21,2
16,3	2×10^{-8}	14,8
40,0	2×10^{-8}	10,0

* PRBS: Secuencia binaria pseudoaleatoria.

La fig. 38 da las relaciones de protección en función de la desviación de frecuencia para los tres niveles de calidad en términos de la proporción de bits erróneos del cuadro XXVII (2×10^{-6} , 2×10^{-7} , 2×10^{-8}). La diferencia relativa en la relación de protección entre los tres niveles de calidad se mantiene generalmente para cualquier desviación de frecuencia.

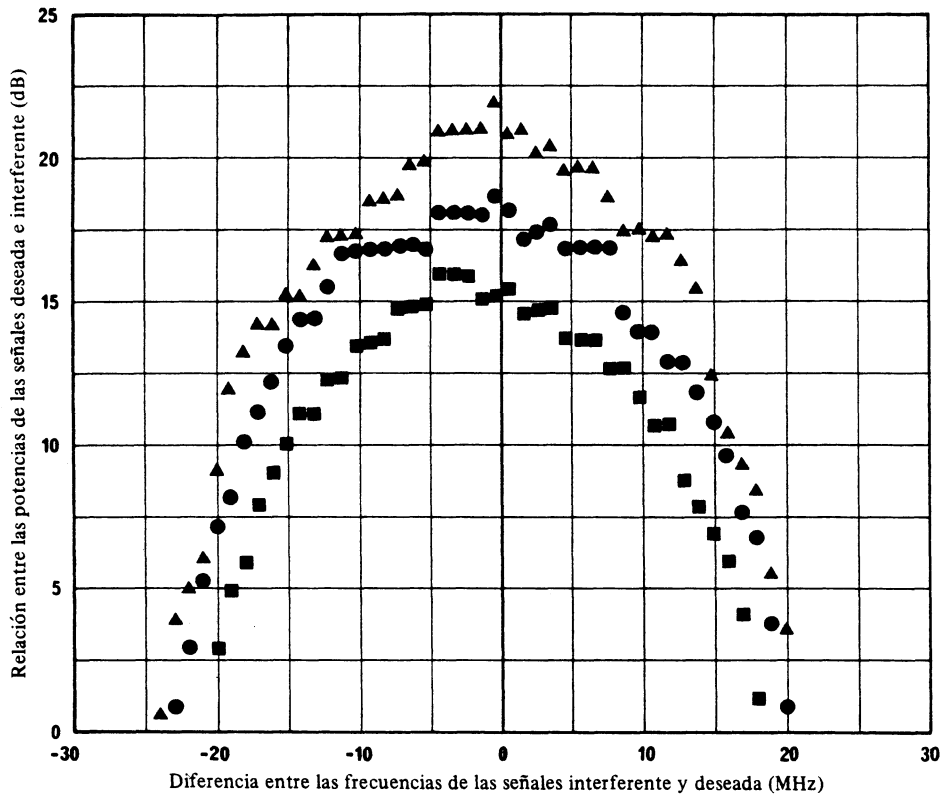


FIGURA 38 – Interferencia de la televisión digital a 16 Mbit/s en una secuencia binaria pseudoaleatoria a 43 Mbit/s

$$E_b/N_0 = 13,3 \text{ dB}$$

■ : BER = 2×10^{-6}

● : BER = 2×10^{-7}

▲ : BER = 2×10^{-8}

La fig. 39 muestra el significado de la anchura de banda relativa entre las señales deseada e interferente para la relación C/I posible. La figura permite obtener dos resultados:

- Las señales interferentes con anchura de banda inferior a la de la señal deseada requieren un mayor grado de protección cocanal que las señales interferentes con anchura de banda mayor que la de la señal deseada.
- La curva de caída de la relación de protección en función de la desviación de frecuencia es más pendiente cuando la velocidad de datos interferentes es menor que la velocidad de la señal deseada.

Ambos resultados están relacionados con la potencia de la señal interferente presente en el lóbulo espectral principal de la señal deseada. Para una fuente interferente con poca anchura de banda, la mayoría de la potencia de la señal interferente cae en el interior del lóbulo espectral principal de la señal deseada y por tanto requiere más protección cocanal. No obstante, a medida que se separan las frecuencias de las señales deseada e interferente, el efecto de la señal interferente con poca anchura de banda cae más rápidamente que en el caso de una señal interferente con anchura de banda mayor.

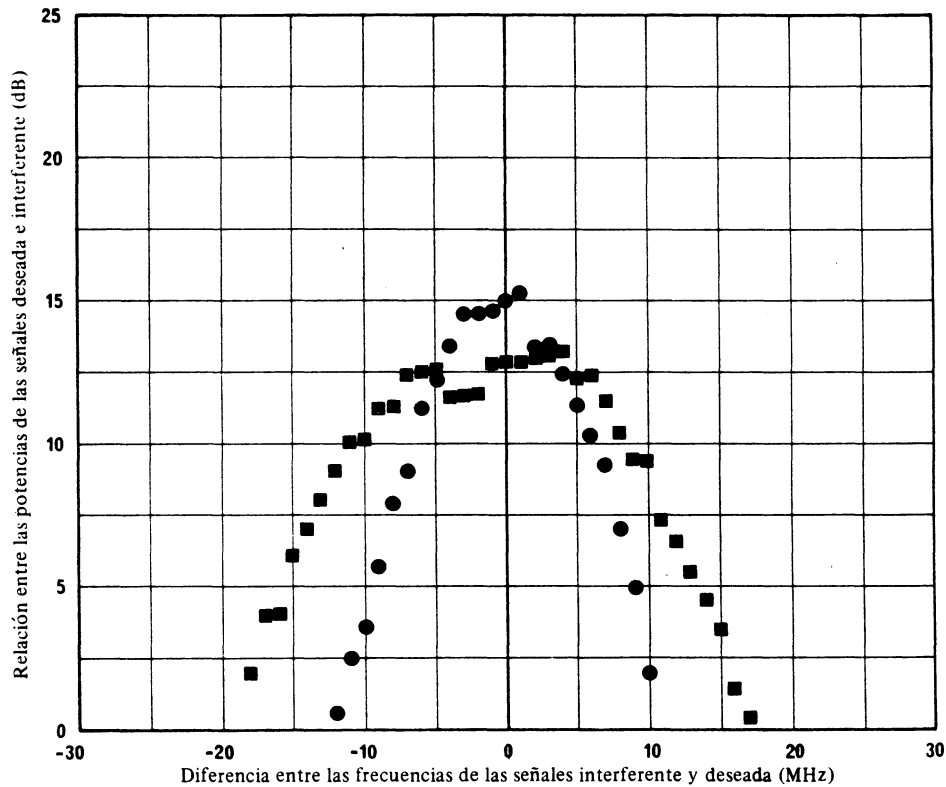


FIGURA 39 – Interferencia de la señal TV digital a 43 Mbit/s y 16 Mbit/s en una secuencia binaria pseudoaleatoria a 16 Mbit/s

$$E_b/N_0 = 13,3 \text{ dB}$$

$$\text{BER} = 2 \times 10^{-6}$$

Velocidades de la TV digital:

■ : 43 Mbit/s

● : 16 Mbit/s

5. Relaciones de protección para el sistema K/SECAM de 625 líneas

En la URSS [CCIR, 1970-74c] se han efectuado mediciones que han servido para determinar las relaciones de protección de las señales con modulación de frecuencia contra las interferencias de onda continua, de modulación de amplitud y banda lateral residual y de señales con modulación de frecuencia.

5.1 Condiciones de medición

La determinación de las relaciones de protección se efectuó en las condiciones siguientes:

- se tomó una excursión máxima de frecuencia de la señal deseada de televisión con modulación de frecuencia de ± 11 MHz (teniendo en cuenta la transmisión de la componente de sonido en la frecuencia de la subportadora con una relación señal de video/señal de sonido de 4,5/1);
- la relación entre la señal deseada y el ruido ponderado aleatorio continuo a la salida del receptor de televisión MF, se determinó en 57 dB (relación entre la amplitud cresta a cresta de la señal de imagen, excluidos los impulsos de sincronismo, y el valor eficaz de la tensión de ruido en la banda de frecuencias comprendida entre 10 kHz y el límite nominal superior de la banda de videofrecuencia). Para determinar este valor, se utilizó un filtro pasabajo y una red de ponderación con características análogas a las que se describen en la Recomendación 567, anexos II y III para el sistema K;
- en las pruebas se utilizaron cartas de ajuste en blanco y negro y en color, barras de color e imágenes reales en color;

- como señales interferentes se utilizó una onda continua, una señal de televisión con modulación de amplitud y una señal de televisión con modulación de frecuencia;
- la señal de video de la carta de ajuste en blanco y negro desempeñó las funciones de señal moduladora para las señales interferentes de televisión con modulación de amplitud y con modulación de frecuencia;
- para evaluar la calidad de la imagen se empleó una proposición binaria del tipo «sí-no»;
- el grupo de observadores estaba formado en su mayor número por personas no especializadas. Para determinar las evaluaciones se recurrió a observadores especializados. El grupo de observadores estaba formado de 10 a 15 personas;
- dimensiones de la pantalla: 475 × 375 mm;
- distancia de observación: 5 a 6 veces la altura de la imagen;
- el centro de la pantalla del receptor utilizado en la prueba correspondía al nivel de los ojos de los observadores;
- las mediciones se efectuaron en condiciones de oscuridad parcial;
- el nivel de iluminación de la pantalla por fuentes luminosas exteriores, no excedió de 0,01 del brillo máximo de la pantalla;
- la secuencia de los cambios en el nivel de ruido fue aleatoria, con saltos de 3 dB; en cada serie de mediciones se mostraron a los observadores cinco valores de la relación señal/ruido. Los límites de la variación del nivel de ruido provocaban así, en cada caso, una variación de ± 1 grado en la evaluación de la calidad de la imagen;
- las mediciones de la relación de protección se efectuaron sin filtro pasobanda a la entrada del receptor de modulación de frecuencia.

5.2 Resultados de las mediciones

Las figs. 40 a 42 muestran los resultados de las mediciones de la relación de protección en función de la desintonía de las frecuencias portadoras (separación de frecuencias portadoras) de las señales deseada e interferente para transmisiones en color (barras de color, carta de ajuste en color e imagen real en color), y la fig. 43 corresponde a la transmisión de una carta de ajuste en blanco y negro.

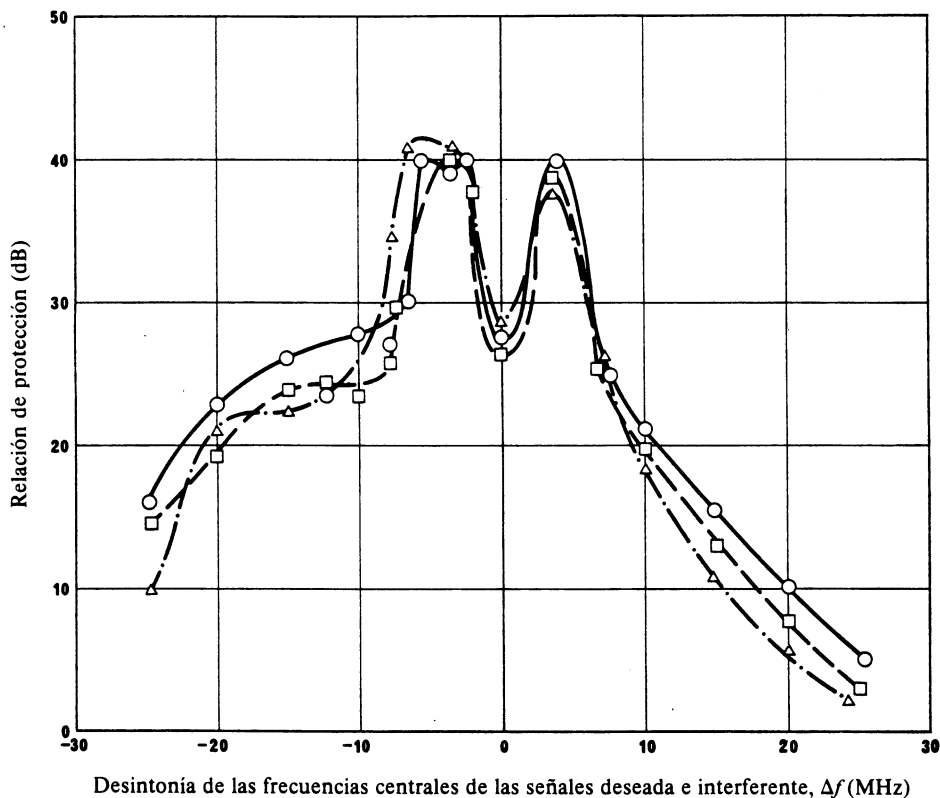


FIGURA 40 - Relación de protección en modulación de frecuencia contra la interferencia provocada por una onda continua

—○—	Barras de color	} Modulación de la señal deseada
—□—	Imagen real en color	
—△—	Carta de ajuste en color	

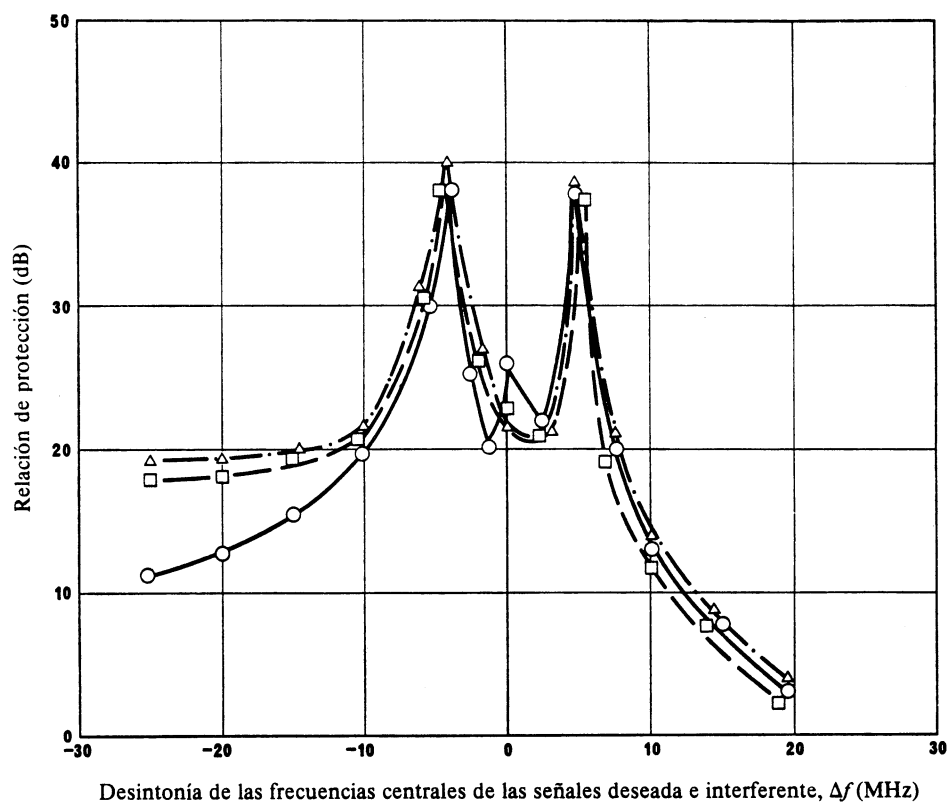


FIGURA 41 - Relación de protección en modulación de frecuencia contra la interferencia provocada por una señal de modulación de amplitud y banda lateral residual

- : Barras de color
 - : Imagen real en color
 - ▲·-· : Carta de ajuste en color
- } Modulación de la señal deseada

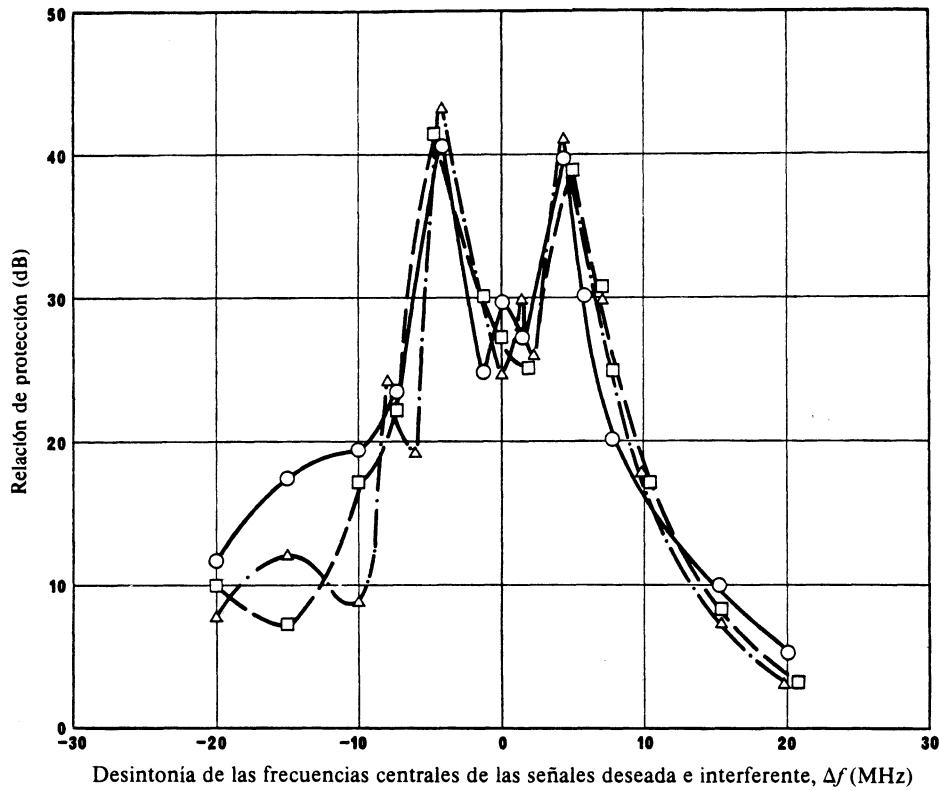


FIGURA 42 - Relación de protección en modulación de frecuencia contra la interferencia provocada por una señal de modulación de frecuencia

- : Barras de color
 - -□- - : Imagen real en color
 - △-·- : Carta de ajuste en color
- } Modulación de la señal deseada

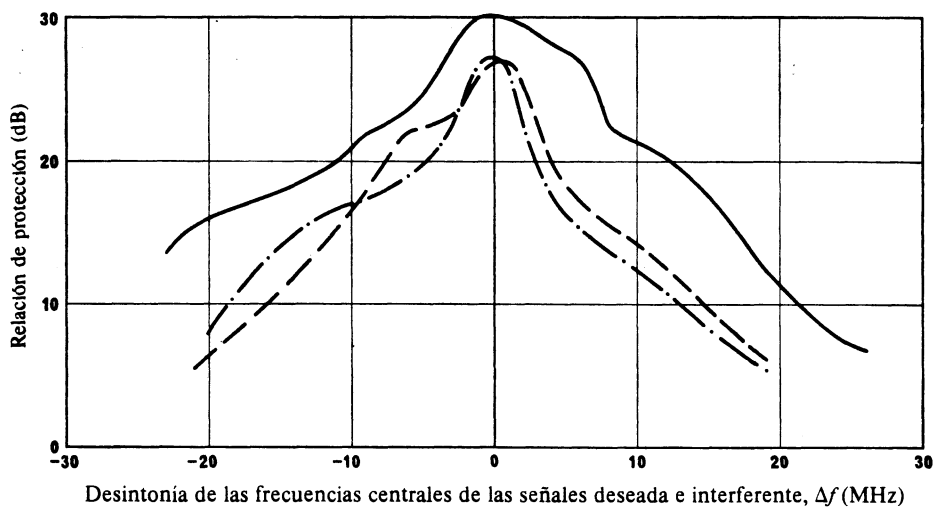


FIGURA 43 - Relaciones de protección en el caso de la transmisión con modulación de frecuencia de una carta de ajuste en blanco y negro

- : Interferencia producida por la televisión con modulación de frecuencia
 - - - - : Interferencia producida por la televisión con modulación de amplitud
 - : Interferencia producida por una onda continua
- } Modulación de la señal interferente

En la fig. 40 se describe el efecto de la interferencia de onda continua en la señal deseada de televisión con modulación de frecuencia; en la fig. 41 se describen los efectos de la interferencia en forma de una señal de televisión con modulación de amplitud y en la fig. 42 se observan los efectos de la interferencia en forma de una señal de televisión con modulación de frecuencia con una excursión de cresta de frecuencia de ± 11 MHz.

La fig. 44 muestra los resultados de la medición de las relaciones de protección en función del nivel del ruido aleatorio a la salida del receptor de televisión con modulación de frecuencia. En el registro de estas correlaciones se utilizó una carta de ajuste en color, y la desintonía entre las portadoras de las señales deseada e interferente se determinó mediante la perceptibilidad máxima de la interferencia en la pantalla del receptor utilizado en las pruebas.

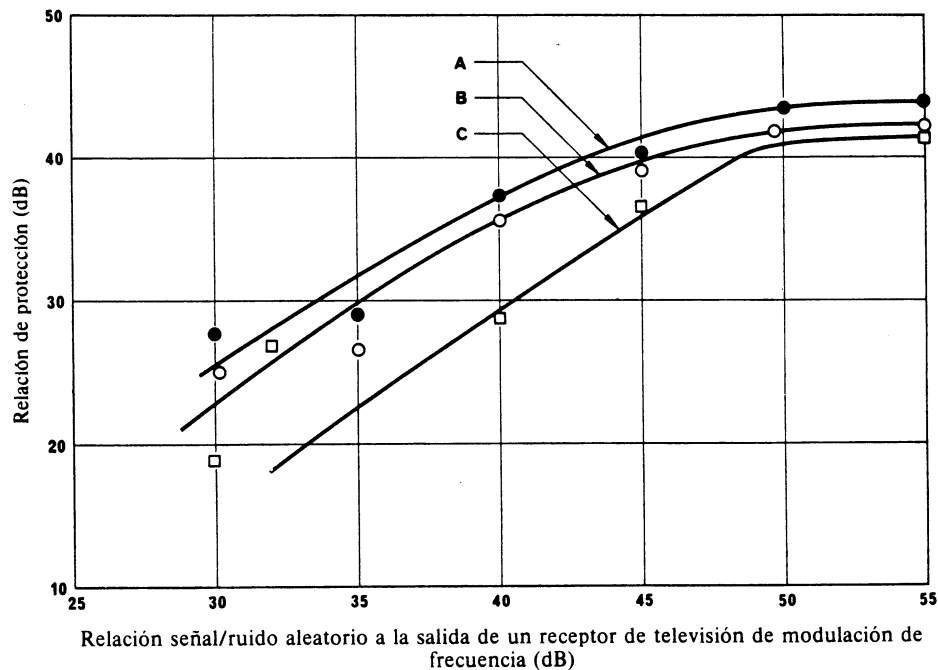


FIGURA 44 - Relaciones de protección en modulación de frecuencia en función de la relación señal/ruido

- A: Interferencia producida por una onda continua
- B: Interferencia producida por una señal de televisión con modulación de amplitud
- C: Interferencia producida por una señal de televisión con modulación de frecuencia

5.3 Conclusiones

De estos resultados pueden extraerse las conclusiones siguientes:

En el caso de señales deseada e interferente transmitidas por el mismo canal (con frecuencias centrales idénticas), la relación de protección para señales moduladas en frecuencia no es superior a 30 dB para la recepción de señales en blanco y negro y en color y es, en la práctica, independiente del contenido de la imagen.

Si las frecuencias centrales de las señales deseada e interferente están desintonizadas, disminuye la relación de protección para la recepción de señales de televisión en blanco y negro.

Para la recepción de señales de televisión en color, la relación de protección, en caso de desintonía aumenta, en un principio, hasta un máximo de 40 a 42 dB para una desintonía de ± 4 a 5 MHz, y luego disminuye. Ello se debe a la aparición de productos de batido de frecuencia entre las señales deseada e interferente en la transmisión de señales de televisión en color.

El valor de la relación de protección depende, fundamentalmente, del nivel del ruido aleatorio en el canal, para relaciones entre la señal deseada y el valor eficaz de la tensión de ruido ponderado a la salida del receptor de televisión con modulación de frecuencia, inferiores a 50 dB, pero es independiente del nivel de ruido aleatorio para relaciones iguales o superiores a 50 dB.

6. Introducción de las funciones del servicio de operaciones espaciales (TTS) en las bandas del servicio de radiodifusión por satélite y de sus enlaces de conexión

El empleo de las bandas de guarda asignadas por los planes de enlaces de conexión y de enlaces descendentes del servicio de radiodifusión por satélite para las funciones del servicio de operaciones espaciales (Telemedida, Telemando y Seguimiento-TTS) plantea el problema de la compatibilidad entre estos dos servicios. Hace falta realizar estudios para establecer las relaciones de protección necesarias para proteger las señales de televisión, que se transmiten en un canal cercano, contra esas fuentes de interferencia. La relación de protección para los enlaces de conexión es de 20 dB; pueden verse más detalles en el Informe 1076.

7. Examen de los resultados

La comparación de los datos presentados en este anexo resulta difícil a causa de las distintas condiciones en que se han efectuado las pruebas. Para algunos parámetros, en el caso de interferencia en un sistema con modulación de amplitud y banda lateral residual, se han deducido factores de corrección para poder comparar los resultados con las condiciones normalizadas que se establecen en la Recomendación 600. Estos parámetros se refieren a:

- la excursión,
- la preacentuación,
- el grado de calidad,
- la dispersión de energía.

En sistemas con modulación de frecuencia, algunos de los factores que intervienen en la determinación de la relación de protección requerida para la compartición de un canal común de radiofrecuencia son:

- el grado de calidad en la evaluación de la relación de protección;
- la relación señal de imagen/ruido de la señal deseada;
- la excursión de frecuencia de la señal deseada;
- el contenido, tanto de la señal deseada como de la interferente.

La excursión de frecuencia y la relación señal/ruido de la señal interferente sólo producen efectos de menor importancia en la relación de protección. En la gama de excursiones estudiadas, la relación de protección disminuye cuando aumenta la excursión de la señal deseada. Las señales deseadas que tienen grandes áreas de color o de luminancia uniforme son más sensibles a la interferencia; análogamente, las señales interferentes con componentes espectrales discretos de gran magnitud son más perceptibles.

Los resultados de las mediciones para los sistemas M/NTSC de 525 líneas y K/SECAM de 625 líneas demuestran que el ruido en la señal deseada tiende a enmascarar los efectos de la interferencia coherente al degradar la calidad de la parte no interferida de la imagen y destruir cualquier configuración específica de la interferencia. Otras mediciones con sistemas de 625 líneas muestran enmascaramientos de poca importancia debidos al ruido. Es posible que esta diferencia aparente en la sensibilidad del sistema a la interferencia pueda explicarse en función de la naturaleza de las imágenes transmitidas por las señales deseada e interferente en las distintas mediciones, y por el uso de diferentes criterios de ponderación del ruido para la especificación de la relación luminancia/ruido ponderado en diferentes sistemas de televisión. Para una respuesta definitiva es preciso esperar a que se reciban datos de pruebas y análisis suplementarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNES, S. P. [27-29 de noviembre de 1979] Carrier-to-interference ratios for frequency sharing between satellite systems transmitting frequency modulated and digital television signals. Conf. Record IEEE National Telecommunications Conference (NTC'79), Washington, DC, Estados Unidos de América.
- BARNES, S. P. y MILLER, E. F. [agosto de 1978] Carrier-interference protection ratios for frequency sharing between frequency-modulated and amplitude-modulated-vestigial-sideband television systems. NASA Technical Paper 1264, Cleveland, Ohio, Estados Unidos de América.
- BOROVKOV, V. A. y LOKSHIN, M. G. [1979] Voprosy elektromagnetoï sovmeštivosti sluzhb TV veshchaniya (Problems of electromagnetic compatibility in television broadcasting services). *Elektrosviaz*, 7, 1-4
- BROWN, A. [1971a] Protection ratios for 625-line System I television transmissions impaired by interfering frequency-modulated television signals. BBC Research Dept. Informe N.º 1971/35.
- BROWN, A. [1971b] Satellite broadcasting co-channel protection ratios for FM television. BBC Research Dept. Informe N.º 1971/19.
- KANEDA [mayo de 1972] Carrier-to-interference ratio required for frequency sharing between FM and AM-VSB television signals. NHK Lab., Note, N.º 153.
- MERTENS, H., ARNAUD, F., BROWN, A., GALIC, R. y PHILLIPS, G. J. [marzo de 1976] Radiodiffusion par satellites - Conception et planification des systèmes à 12 GHz. Document Tech. 3220-F de l'UER, 34-35.
- MILLER, E. F. y MYHRE, R. W. [1970] Frequency sharing between FM and AM-VSB television transmission systems. *Communication Satellite Technology for the '70s*, Vol. III, AIAA, Progress in Astronautics and Aeronautics, Academic Press.

Documentos del CCIR

[1970-74]: a. 11/107 (Francia); b. 11/339 (Francia); c. 11/332 (URSS); d. 11/317 (UER).
 [1974-78]: a. 11/40 (Japón); b. 10/42 (Japón); c. 11/25 (UER); d. 11/101 y 11/114 (Francia).
 [1978-82]: a. 11/91 (Estados Unidos de América); b. 10-11S/157 (URSS); c. 11/116 (URSS); d. 10-11S/61 (Canadá); e. 10-11S/19 (Japón); f. 10/11S/138 (Estados Unidos de América); g. 10-11S/149 (Francia); h. 11/32 (Estados Unidos de América).
 [1982-86]: a. 10-11S/49 + Corr.1 (Estados Unidos de América), b. 10-11S/202 (China (República Popular de)).

ANEXO II

MEDICIONES DE RELACIÓN DE PROTECCIÓN SUGERIDAS

En el caso de transmisiones digitales de televisión, se necesitan mediciones de la relación de protección para determinar la sensibilidad de los sistemas digitales a señales analógicas moduladas interferentes y a señales digitales interferentes. Se sugieren las siguientes pruebas:

<i>Señal deseada</i>	<i>Señal interferente</i>
Digital	Digital
Digital	MF
MF	Digital
Digital	MA-BLR
MA-BLR	Digital

Las condiciones y procedimientos de prueba para la determinación de las relaciones de protección recomendadas en la Recomendación 600 no han sido específicamente formulados para el caso de la modulación digital. Se necesitan ulteriores estudios para definir con mayor precisión las condiciones y procedimientos de prueba aplicables a la modulación digital. Mientras tanto, debe darse prioridad a las pruebas que utilizan técnicas de modulación digital en las condiciones indicadas en la Recomendación 600.

INFORME 951 *

**COMPARTICIÓN ENTRE EL SERVICIO ENTRE SATÉLITES
 Y EL SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE
 EN LA PROXIMIDAD DE 23 GHz**

(Cuestión 1/10 y 11)

(1982)

1. Introducción

La CAMR-79 atribuyó la banda 22,5-23 GHz en las Regiones 2 y 3 al servicio de radiodifusión por satélite (SRS), parte de la cual, a saber, la banda 22,55-23 GHz está compartida, entre otros, con el servicio entre satélites (SES).

Basándose en los estudios realizados por los Estados Unidos de América y el Japón, el presente Informe examina paraméricamente la separación orbital requerida entre estaciones espaciales, que emplean enlaces entre satélites y satélites de radiodifusión, con respecto a la interferencia causada al enlace del SES [CCIR, 1978-82a y b] y a la interferencia causada al receptor del SRS [CCIR, 1978-82c].

Estos análisis utilizan nuevas características del sistema tomadas de un ejemplo del Informe 215 para la TV de gran definición que utiliza una anchura de banda de RF de 125 MHz. Sin embargo, un ejemplo para la TV clásica figura asimismo en el Informe 215. El análisis expuesto en este Informe también puede aplicarse a ese caso. Los cálculos preliminares hechos en Estados Unidos muestran que el caso de gran definición presentado aquí resultaría el más moderado.

Dado que la definición del SES está en una etapa inicial, los parámetros supuestos en los puntos 2 y 3 son diferentes. Se requieren mayores estudios.

* Este Informe debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio 4.