

RECOMENDACIÓN UIT-R S.483-3*.**

Nivel máximo admisible de la interferencia causada en un canal de televisión de una red de satélites geoestacionarios del servicio fijo por satélite con modulación de frecuencia, por otras redes de este servicio

(1974-1978-1992-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las portadoras de televisión de frecuencia modulada (TV/MF) son sensibles a la interferencia producida por otras portadoras del servicio fijo por satélite (SFS);
- b) que, en particular, las portadoras TV/MF son sensibles a la interferencia producida por otras portadoras TV/MF;
- c) que la interferencia entre redes del SFS contribuye al ruido en dichas redes;
- d) que es conveniente que el ruido debido a las interferencias causadas en canales de televisión de las redes del SFS por transmisores de otras redes de este servicio tenga un nivel que permita asegurar una eficacia razonable en la utilización de la órbita;
- e) que la calidad global de funcionamiento de una red debe permanecer esencialmente bajo la responsabilidad de quien haya proyectado la red;
- f) que es necesario proteger cualquier red del SFS contra las interferencias causadas por otras redes de este servicio;
- g) que es necesario especificar el valor máximo admisible de la potencia de interferencia en un canal de televisión, a fin de determinar características de las estaciones espaciales y de las estaciones terrenas tales como las relaciones de protección requeridas y la separación mínima entre satélites;
- h) que las plantillas de relación de protección son útiles para determinar la mínima separación orbital y en los ejercicios de coordinación;
- j) que para la recepción directa a los hogares (DTH, *direct to home*) suele ser adecuado el grado de calidad 4, definido en la Recomendación UIT-R BT.500,

recomienda

1 que las diferentes redes de satélites geoestacionarios del SFS que utilicen las mismas bandas de frecuencias se proyecten de manera que la potencia del ruido de interferencia presente en el circuito ficticio de referencia para la televisión en una red del SFS con modulación de frecuencia, y causada por el conjunto de los transmisores de las estaciones terrenas y de las estaciones espaciales de otras redes de este servicio, no exceda del 15% del ruido total admisible en videofrecuencia, en el circuito ficticio de referencia, durante más del 1% de cualquier mes;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención del Grupo de Trabajo 10-11S de Radiocomunicaciones.

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

2 el nivel máximo de la potencia del ruido de interferencia causado por cualquier red de satélites en otra no debe exceder de 4/10 del valor de ruido de interferencia recomendado en el § 1, pero en algunos casos puede ser necesario limitar esta potencia de ruido a menos de 4/10 de ese valor;

3 que las plantillas de relación de protección del Anexo 2 (§ 8) se utilicen en los casos en que la fuente interferente sea otra portadora de TV/MF (véase la Nota 6);

4 que el nivel máximo de la potencia de ruido debido a las interferencias causadas a esta red debería ser calculado utilizando, para la ganancia de las antenas de las estaciones terrenas receptoras en toda dirección que forme un ángulo φ (grados) con la dirección principal de radiación, los siguientes valores:

$$G = 32 - 25 \log \varphi \quad \text{dBi} \quad \text{para } 1^\circ \leq \varphi < 48^\circ$$

$$G = -10 \quad \text{dBi} \quad \text{para } 48^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ$$

excepto cuando se conozca la ganancia real y ésta sea inferior al mencionado valor, en cuyo caso debe emplearse el valor real;

5 que se consideren parte integrante de la presente Recomendación las siguientes Notas:

NOTA 1 – Los valores arriba mencionados del ruido debido a la interferencia deberán incluirse en los niveles globales de ruido indicados en la Recomendación UIT-R S.354.

NOTA 2 – En los segmentos de la órbita de los satélites geoestacionarios donde no es probable que haya congestión pueden utilizarse límites de la potencia de ruido debido a la interferencia inferiores a los recomendados, lo que permitiría un aumento correspondiente para otras contribuciones de ruido dentro de los límites del ruido total admisible.

NOTA 3 – Especialmente en los casos en que la interferencia procede de transmisores que utilizan técnicas de acceso múltiple con división por código, la interferencia causada por otra red del servicio fijo por satélite que se menciona en el § 2 es la interferencia combinada causada por todas las transmisiones que tienen espectros superpuestos en esa red.

NOTA 4 – Para calcular la relación portadora/interferencia se pueden utilizar los métodos mencionados en la Recomendación UIT-R S.741 y otros textos pertinentes del UIT-R.

NOTA 5 – En los Anexos 1 y 2 se ofrece más información de interés para esta Recomendación.

NOTA 6 – Las plantillas contenidas en el Anexo 2 no tienen en cuenta los requisitos de audiofrecuencia de TV de ciertos sistemas. Cuando estos requisitos existen, las plantillas de relación de protección deben ser sustituidas, si es necesario, por otras plantillas específicas de dichos requisitos. Este aspecto necesita más estudio.

ANEXO 1

1 Interferencia debida a varias portadoras

Dado que la televisión es, en general, una transmisión de banda ancha, habrá casos en los que la interferencia consistirá en un número de portadoras de un ancho de banda más estrecho. En esos casos, para determinar la relación portadora/interferencia (C/I), el análisis de los cálculos deberá tener en cuenta la potencia total de las portadoras interferentes contenidas dentro de la anchura de banda de TV.

2 Sonido de televisión

El sonido de televisión se puede transmitir junto con la portadora de televisión mediante una frecuencia de subportadora modulada por la señal de programa y multiplexada con la señal de vídeo compuesto, ubicando la portadora por encima de la banda de base TV o utilizando técnicas de sonido en sincronización (SIS). En general se suministra un solo canal sonoro de alta calidad a 15 kHz.

Los textos del UIT-R no proporcionan un criterio específico para las técnicas de transmisión de sonido TV mediante portadora separada, como es la técnica de un solo canal por portadora (SCPC), de modo que se requieren más estudios.

ANEXO 2

Interferencia entre señales TV/MF

1 Introducción

La interferencia entre señales TV/MF es de especial importancia, debido a que las degradaciones introducidas por una fuente interferente TV/MF tienen un efecto subjetivo diferente en la imagen TV que el causado por el ruido térmico. Este Anexo contiene un método para evaluar las degradaciones causadas por el ruido térmico y la interferencia TV/MF, así como la obtención de las plantillas de relación de protección.

2 Evaluación subjetiva de la calidad de la imagen TV

El impacto de los diversos tipos de degradaciones en la calidad de imagen suele determinarse utilizando evaluaciones subjetivas de cierto número de observadores, generalmente inexpertos. La metodología para las evaluaciones que especifican las condiciones de observación, las escalas de apreciación y otros detalles se detallan en la Recomendación UIT-R BT.500. Suele utilizarse una escala de uno a cinco para describir la calidad y el nivel de degradación de la imagen TV.

3 Degradaciones debidas al ruido térmico

Los resultados de numerosas evaluaciones de degradaciones en una señal NTSC introducidas por el ruido térmico condujeron a las expresiones siguientes, que dan una estimación aproximada de las degradaciones introducidas por el ruido térmico:

$$I_{th} = \exp [30,9 - 8,41 \ln(S/N_w)] \quad (1)$$

En la ecuación (1), I_{th} designa las degradaciones causadas por el ruido térmico, y guarda relación con el grado de degradación mediante la ecuación general:

$$I = (5 - Q) / (Q - 1) \quad (2)$$

siendo:

Q : grado de degradación en la escala de uno a cinco

S/N_w : relación señal/ruido ponderada (unificada) (dB).

La ecuación (3) permite un ajuste muy bueno de las notas medias de opinión, que se muestra en la Fig. 1:

$$I_{th} = [10^{(-S/N_w)/25} / 0,027]^{2,2} \quad (3)$$

4 Degradaciones debidas a la interferencia cocanal causada por otra portadora TV/MF

Muchos estudios apoyan las siguientes conclusiones respecto a la interferencia producida por otra portadora TV/MF:

- el impacto de la interferencia cocanal en la calidad de imagen es mayor que la de la misma cantidad de ruido térmico;
- los efectos subjetivos de las degradaciones causadas por la interferencia cocanal dependen del contenido de imagen de televisión deseado; el contenido de imagen de la señal TV interferente parece tener menor influencia;
- la desviación de la señal deseada es un factor importante.

La ecuación (4) se ha sugerido anteriormente para relacionar las degradaciones introducidas en una imagen TV y la relación de protección entre dos señales de canal TV/MF NTSC:

$$PR_0 = 16,9 - 8,7 \log I_{int} - 20 \log (D/12) \quad (4)$$

donde:

PR_0 : relación de protección

I_{int} : degradación introducida por la interferencia cocanal

D : desviación cresta a cresta (MHz) de la señal TV deseada.

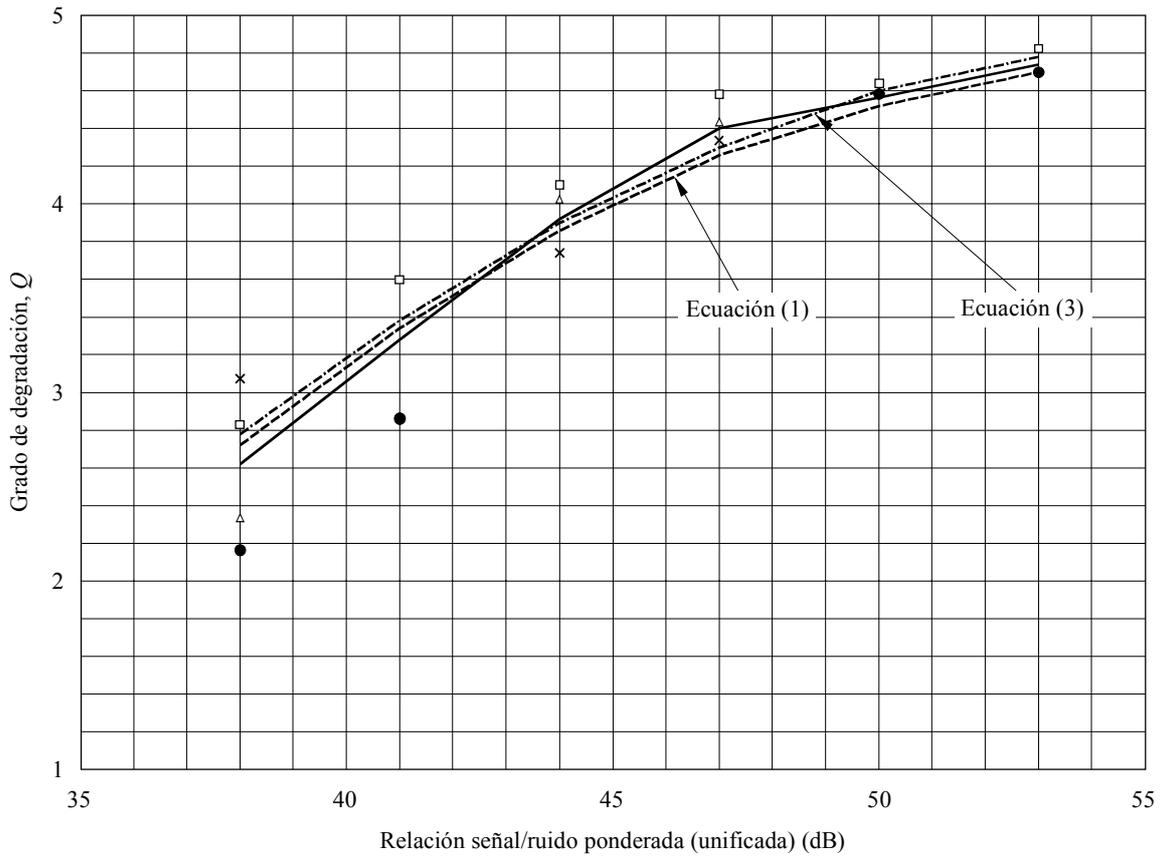
La ecuación (2) relaciona las degradaciones debidas a la interferencia con el correspondiente grado de degradación Q .

Comparando las degradaciones introducidas por el ruido térmico y la interferencia, puede hacerse una observación importante; las degradaciones causadas por interferencia cocanal corresponden a las degradaciones causadas por ruido térmico de nivel aproximadamente 6 dB mayor que el ruido de interferencia. Esta observación sugiere el uso de la ecuación (3) ajustada para la repercusión 6 dB superior al modelar las degradaciones debidas a la interferencia cocanal. Aplicando este criterio al ejemplo de la Fig. 2, la relación entre la relación de protección y las degradaciones debidas a la interferencia cocanal con un factor de ajuste de 6,2 dB viene dada por la ecuación (5). En este ejemplo, $S/N_w = C/N + 30$ (dB). Entonces, $S/N_{int} = C/I + 30 - 6,2 = C/I + 23,8 = PR_0 + 23,8$ (dB) y sigue la ecuación (5):

$$I_{int} = [10^{-(PR_0+23,8)/25} / 0,027]^{2,2} \quad (5)$$

Como se muestra en la Fig. 3, este criterio describe mejor que la ecuación (4) las notas medias de opinión para la interferencia cocanal, especialmente en las notas inferiores.

FIGURA 1
Degradaciones debidas al ruido térmico



Medido:

□ Grupo A

△ Grupo B

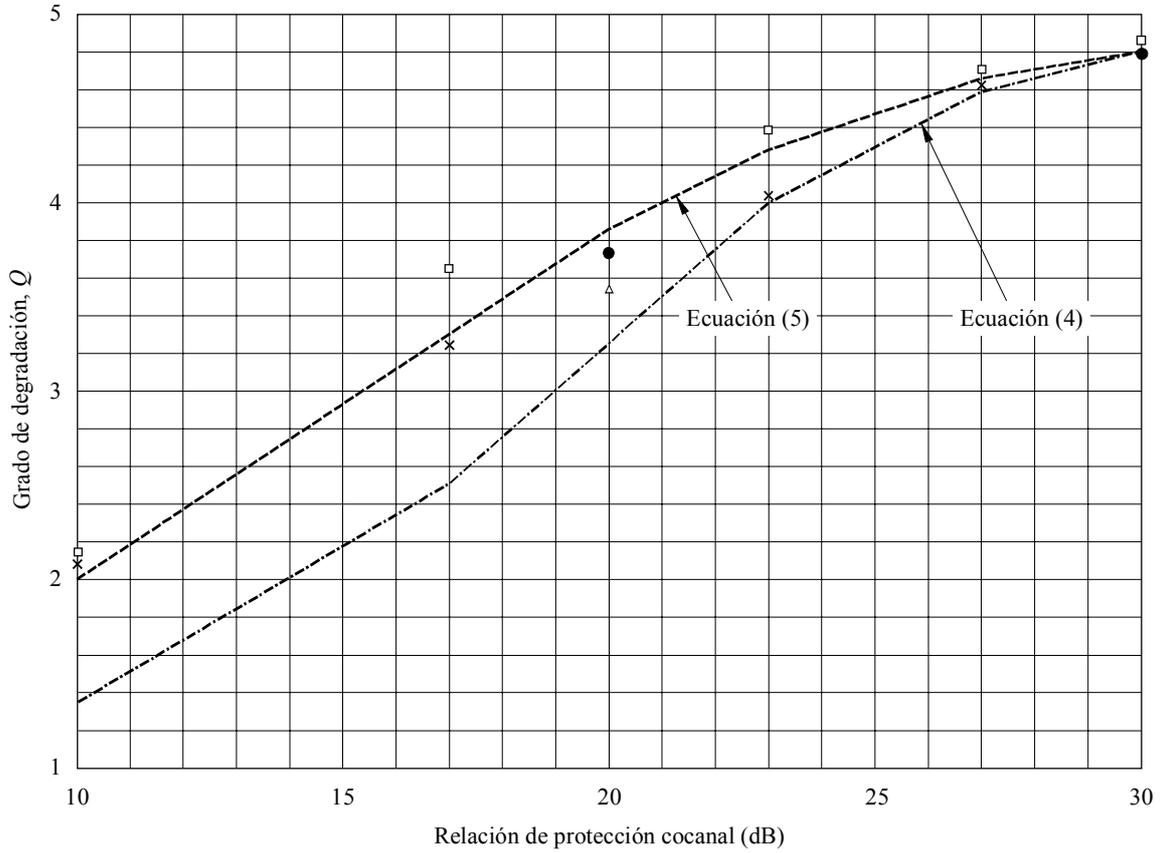
× Grupo C

● Grupo D

— Media (A-D)

0483-01

FIGURA 2
Degradaciones debidas a la interferencia cocanal

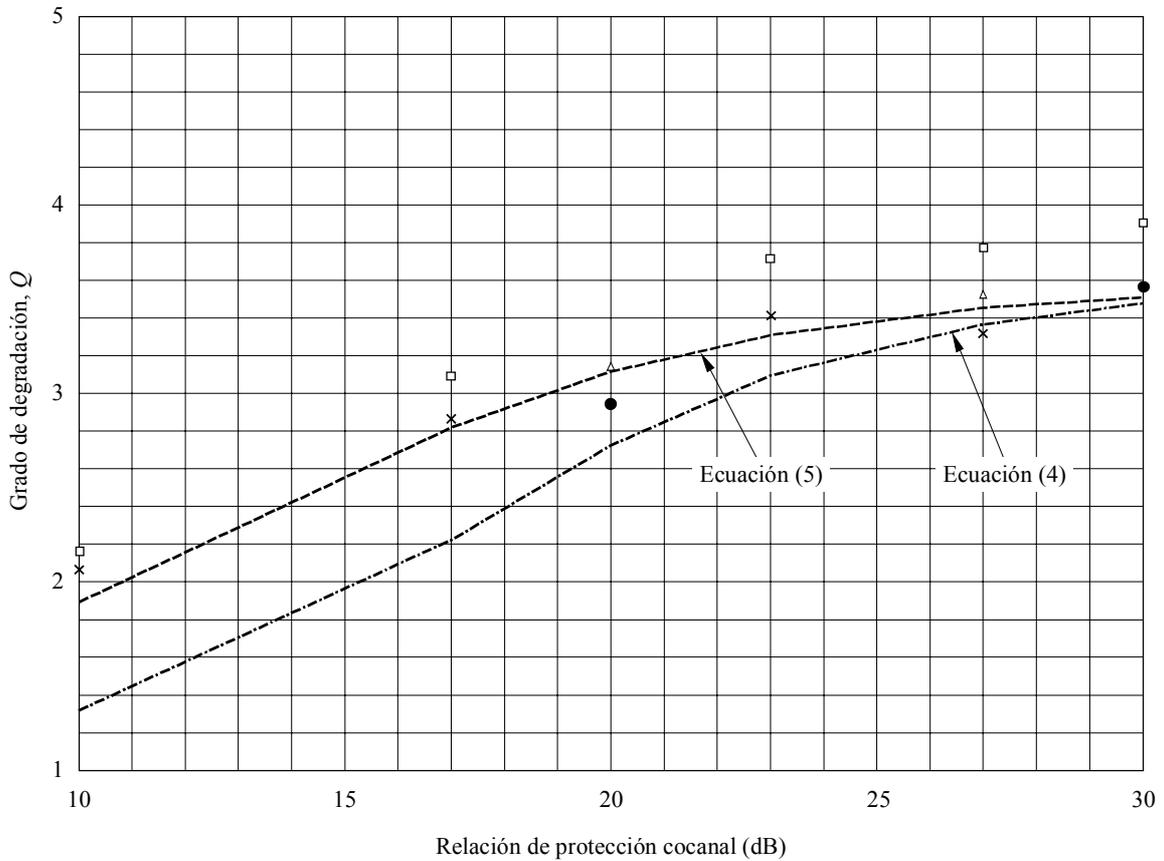


$S/N_{wth} = C/N + 30 \text{ (dB)} = 56 \text{ dB}$
Desviación: 9,5 MHz cresta a cresta

- Medido:
- Grupo A
 - △ Grupo B
 - × Grupo C
 - Grupo D
- Ajuste 1

- Ajuste 2

FIGURA 3
 Degradaciones debidas a la interferencia cocanal y al ruido térmico



Notas medias para
 $S/N_{wth} = C/N + 30 \text{ (dB)} = 42 \text{ dB}$
 Desviación: 9,5 MHz cresta a cresta

- Medido:
- Grupo A
 - △ Grupo B
 - × Grupo C
 - Grupo D
- Ajuste 1 Adición de ruido con ponderación de 6,2 dB para ruido de interferencia
- Ajuste 2 Adición de degradaciones

0483-03

5 Múltiples fuentes de interferencia cocanal

Los estudios han revelado que la repercusión de tres fuentes interferentes cocanal de igual nivel es equivalente a la repercusión de una sola fuente interferente de una potencia 3 a 5 dB superior. Estos resultados revelan que la ley de adición de potencias corresponde al caso más desfavorable.

6 Degradaciones debidas a la agregación de ruido térmico e interferencia cocanal

Cuando en una señal de TV aparece ruido térmico e interferencia cocanal, el modelado de las degradaciones introducidas en la imagen no es inmediato. Se sabe que una simple adición de la potencia de interferencia a la potencia de ruido térmico no modela adecuadamente las degradaciones resultantes. Otro método basado en la adición de las degradaciones causadas por la interferencia de ruido térmico y cocanal constituye un criterio mejor, pero no es fiable con grados de degradación bajos. Un nuevo método basado en la adición de ruido térmico y de ruido de interferencia cocanal, aquí propuesto, parece proporcionar una aproximación bastante buena de las notas medias de opinión en toda la gama de los grados de degradación.

El método propuesto se basa en la observación formulada en el § 4 de que las degradaciones causadas por la interferencia cocanal son aproximadamente equivalentes a las degradaciones causadas por ruido térmico que tenga una potencia de unos 6 dB superior a la potencia de interferencia cocanal, lo cual revela que la potencia de ruido presente en la señal TV y la potencia de interferencia cocanal aumentada en unos 6 dB pueden sumarse, puede hallarse una S/N_w equivalente y las degradaciones introducidas pueden determinarse mediante la ecuación (3). Con fines comparativos se da también el método de la suma de degradaciones. Siguiendo el método propuesto, se genera un conjunto de curvas para una gama de S/N_w de 42 dB a 56 dB, y se genera una gama de relaciones de protección de 10 dB a 40 dB, y se presenta en la Fig. 4 para la norma de TV NTSC y una desviación FM cresta a cresta de 9,5 MHz.

7 Repercusión de la desviación de la señal TV/MF

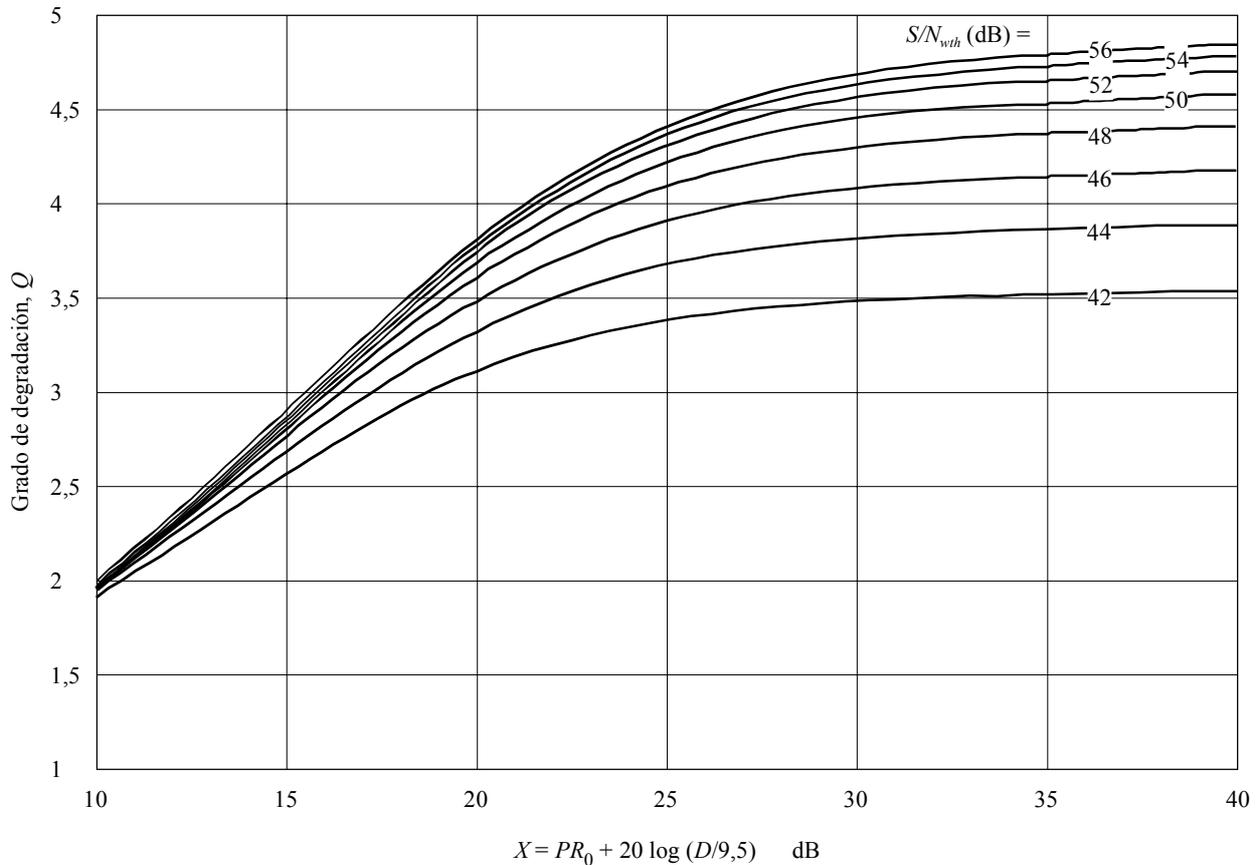
La desviación de la señal TV deseada tiene un efecto considerable en la influencia de la interferencia cocanal. Muchos estudios han demostrado que puede aplicarse una ley «20 log». En otras palabras, si se determina la repercusión de una fuente interferente cocanal para una relación de protección PR_0 en una señal TV con una desviación D_0 , la misma fuente interferente tendrá entonces la misma influencia en una señal TV cuya desviación sea D_1 para una relación de protección $PR_1 = PR_0 - 20 \log (D_1/D_0)$. Aplicando esta fórmula, los resultados de la Fig. 4 se generalizan designando el eje X como $X = PR_0 + 20 \log (D/9,5)$ (dB).

El efecto de sobredesviación de la señal TV deseada no ha sido modelado y tiene que seguir estudiándose.

8 Elaboración de plantillas de protección

Todos los resultados precedentes se basan en la hipótesis de que la señal deseada y la señal interferente son exactamente cocanal. En las aplicaciones prácticas, sin embargo, las señales presentan a menudo desplazamiento de frecuencia. Por tanto, es necesario elaborar plantillas que den las relaciones de protección requeridas en función del desplazamiento de frecuencia. La plantilla puede definirse en general mediante una relación de protección PR_0 en el pedestal plano situado en torno al desplazamiento de frecuencia cero y las pendientes de los desplazamientos de frecuencia positivos y negativos. Los puntos anteriores son la base para determinar la PR_0 (para la norma de TV NTSC). La anchura del pedestal y las pendientes se tratan en los puntos que siguen.

FIGURA 4
Degradaciones debidas al ruido térmico y a la interferencia cocanal



— Relación señal/ruido térmico, S/N_{wth} (dB)

$$PR_0 = X - 20 \log(D/9,5)$$

PR_0 : relación de protección

D : desviación cresta a cresta (MHz)

0483-04

8.1 Relación de protección para desplazamiento cero (PR_0)

Las curvas de la Fig. 4 pueden utilizarse para determinar la relación de protección requerida para el desplazamiento de frecuencia cero y cualquier degradación de la imagen TV NTSC que se estime admisible.

Por ejemplo, si una señal TV/MF con una relación señal/ruido térmico de 42 dB y una desviación cresta a cresta de 9,5 MHz sufre interferencia de otra señal TV/MF para un desplazamiento de frecuencia cero y la relación de protección es 25 dB, el impacto combinado del ruido térmico y la interferencia dará lugar a un grado de degradación 3,4. Sin embargo, si la desviación cresta a cresta de la señal deseada es 19 MHz, la misma fuente interferente y el mismo ruido térmico darán lugar al grado 3,5 (Fig. 4, $X = 25 + 20 \log(19/9,5) = 31$ dB).

8.2 Anchura de la meseta y pendientes de la plantilla

Con los datos disponibles, la anchura de la meseta parece ser ± 5 MHz.

Las pendientes de la plantilla pueden aproximarse mediante:

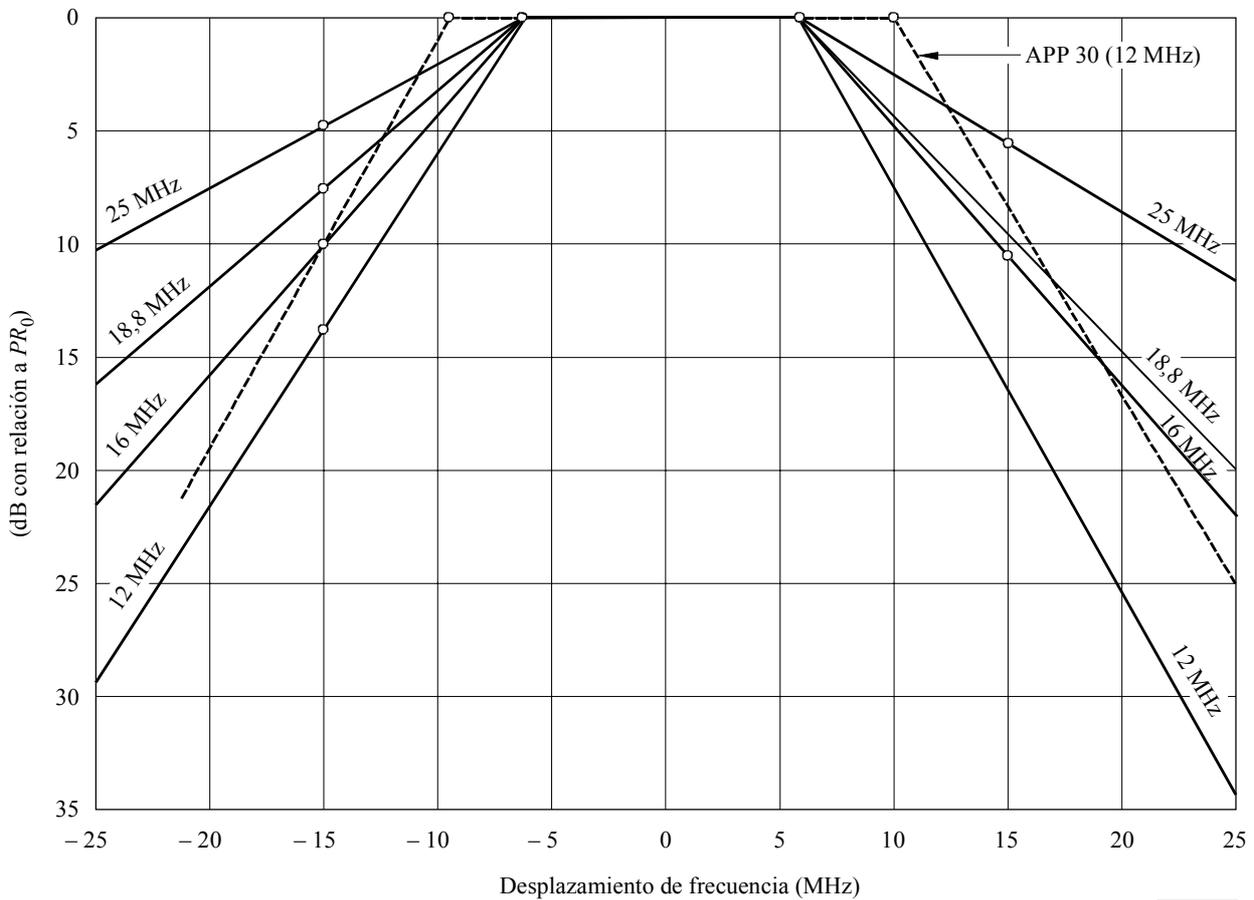
$$S = K [9,5/D - 0,295 \log (D/9,5)] \tag{6}$$

donde D es la desviación cresta a cresta de la señal TV deseada (MHz) y $K = 2,3$ y $1,9$ para la pendiente derecha e izquierda, respectivamente.

Los resultados anteriores se han obtenido de señales TV/MF utilizando dispersión de energía de 2 MHz_{p-p} (cresta a cresta) en ausencia de la señal de vídeo y 1 MHz_{p-p} en su presencia. Se necesitan más estudios para determinar el impacto de otras anchuras de banda de dispersión de energía.

El método presentado anteriormente se utiliza para generar las plantillas de relación de protección para diversas desviaciones de frecuencia mostradas en la Fig. 5.

FIGURA 5
Plantillas de relación de protección



0483-05

9 Nivel de interferencia admisible

El nivel de interferencia admisible en una portadora suele definirse como un porcentaje (o una fracción) del ruido total de premodulación. Si se aplica este criterio a la interferencia procedente de otra portadora TV/MF, la relación de protección es entonces:

$$PR_0 = \frac{C}{N_{tot}} + 10 \log \frac{1}{i} \quad \text{dB} \tag{7}$$

o

$$PR_0 = \frac{C}{N_{th}} + 10 \log \frac{1-i}{i} \quad \text{dB} \quad (8)$$

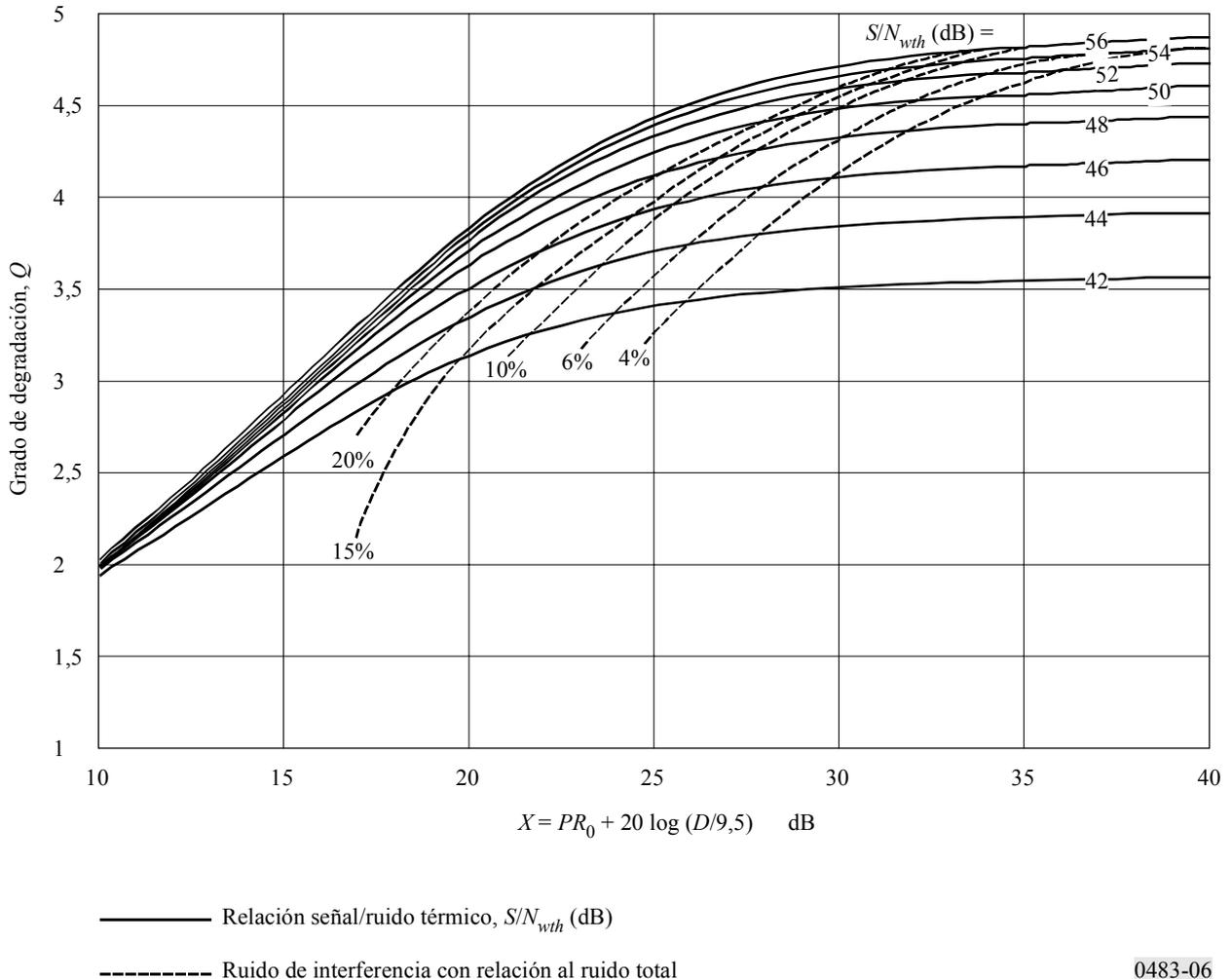
En las ecuaciones anteriores, N_{tot} y N_{th} designan el ruido total de premodulación y el ruido térmico, respectivamente, e i es la fracción del ruido total de premodulación procedente de la interferencia (en este caso de otra señal TV/MF).

Utilizando el método expuesto en el texto anterior, el impacto de la interferencia TV/MF se determina para $i = 4\%$ a 20% y se muestra en la Fig. 6.

El Cuadro 1 también muestra las relaciones de protección para diversas portadoras TV/MF, diversos porcentajes de interferencia y los correspondientes grados de degradación. Se recomienda que se utilice $i = 15\%$ como nivel total admisible de interferencia e $i = 6\%$ como nivel de interferencia de una sola fuente.

Utilizando estos porcentajes y el método para determinar las pendientes de la plantilla de relación de protección, las plantillas pueden obtenerse para cualquier sistema TV/MF (NTSC).

FIGURA 6
Degradaciones debidas al ruido térmico y a la interferencia



CUADRO 1

**Relaciones de protección PR_0 basadas en el porcentaje de ruido total
y en los niveles de degradación**

Desviaciones de frecuencia C/N (dB)		$\Delta = 12$ MHz			$\Delta = 16$ MHz			$\Delta = 18,8$ MHz			$\Delta = 25$ MHz		
		10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%	10%	15%	20%
12	PR_0 (dB)	22	20,2	19	22	20,2	19	22	20,2	19	22	20,2	19
	S/N_{th} (dB)	44			46,5			48			50,4		
	Degradación, Q	3,7	3,6	3,5	4,1	4,1	4	4,3	4,3	4,2	4,4	4,4	4,3
18	PR_0 (dB)	28	26,2	25	28	26,2	25	28	26,2	25	28	26,2	25
	S/N_{th} (dB)	50			52,5			54			56,4		
	Degradación, Q	4,5	4,4	4,4	4,65	4,6	4,6	4,75	4,7	4,7	4,9	4,9	4,9

10 Transmisión TV/MF directa a los hogares (DTH)

La utilización de antenas de estación terrena ultrapequeñas hace que este tipo de transmisión sea sumamente vulnerable a la interferencia de satélites adyacentes. Estudios recientes han revelado que el nivel de degradación para este tipo de transmisión puede ser mayor que en otros tipos de transmisiones TV. Se vio que es adecuada la calidad de imagen 4 («buena») en una escala de uno a cinco, lo cual permite determinar las relaciones de protección requeridas para conseguir esta calidad de imagen. En la Fig. 4 se apreció que las relaciones de protección requeridas para el grado 4 eran diferentes para diferentes sistemas TV/MF, y se indican en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Relación de protección PR_0 requerida para la calidad 4 ($C/N = 12$ dB)

Desviación de frecuencia p-p (MHz)	16	18	18,8	21,5	25
Obtenida de la Fig. 4 (NTSC)	21,5	18,5	17	15,5	14
Medida con PAL (Fig. 10)	21,5-23,5	–	–	–	14-16

11 Comparación de las plantillas elaboradas con los datos medidos disponibles

Las plantillas elaboradas se confrontaron con los datos medidos disponibles para transmisiones TV/MF (PAL) y (D2-MAC) de alta calidad y muestran buena concordancia.

Las Figs. 7, 8 y 9 proporcionaron los datos medidos y las plantillas de relación de protección desarrolladas con transmisiones DTH para el grado de calidad 4.

FIGURA 7
Relación de protección requerida

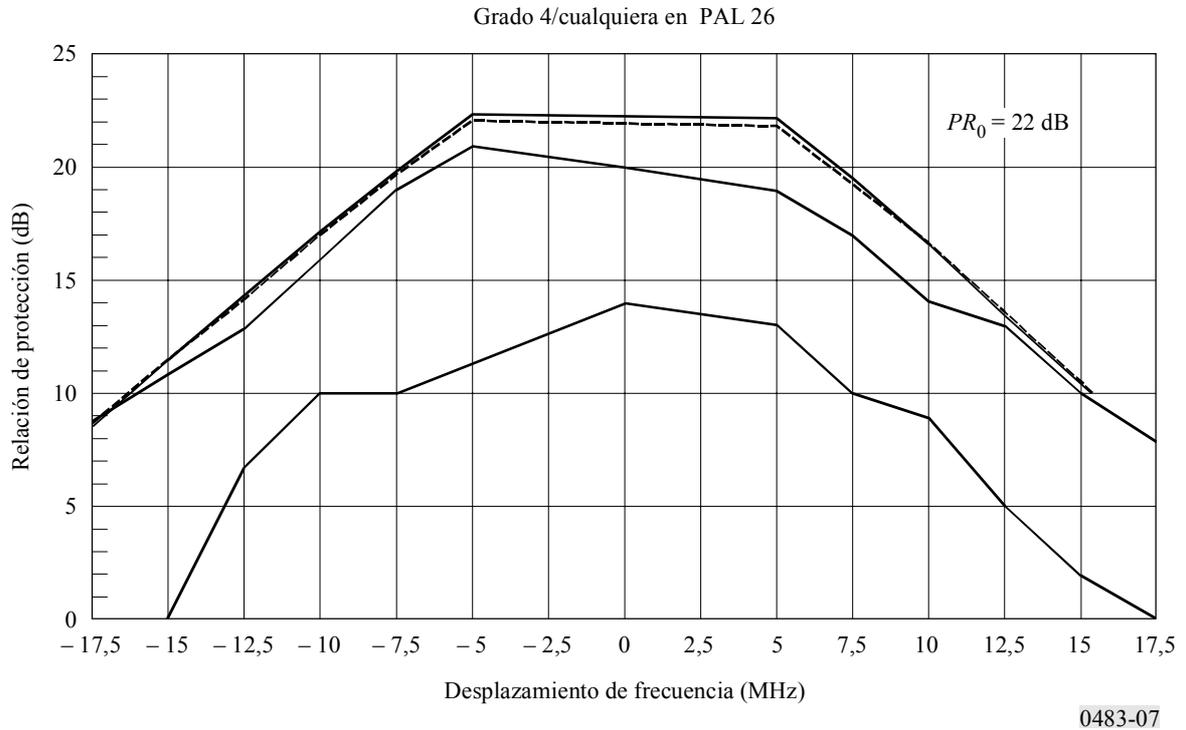
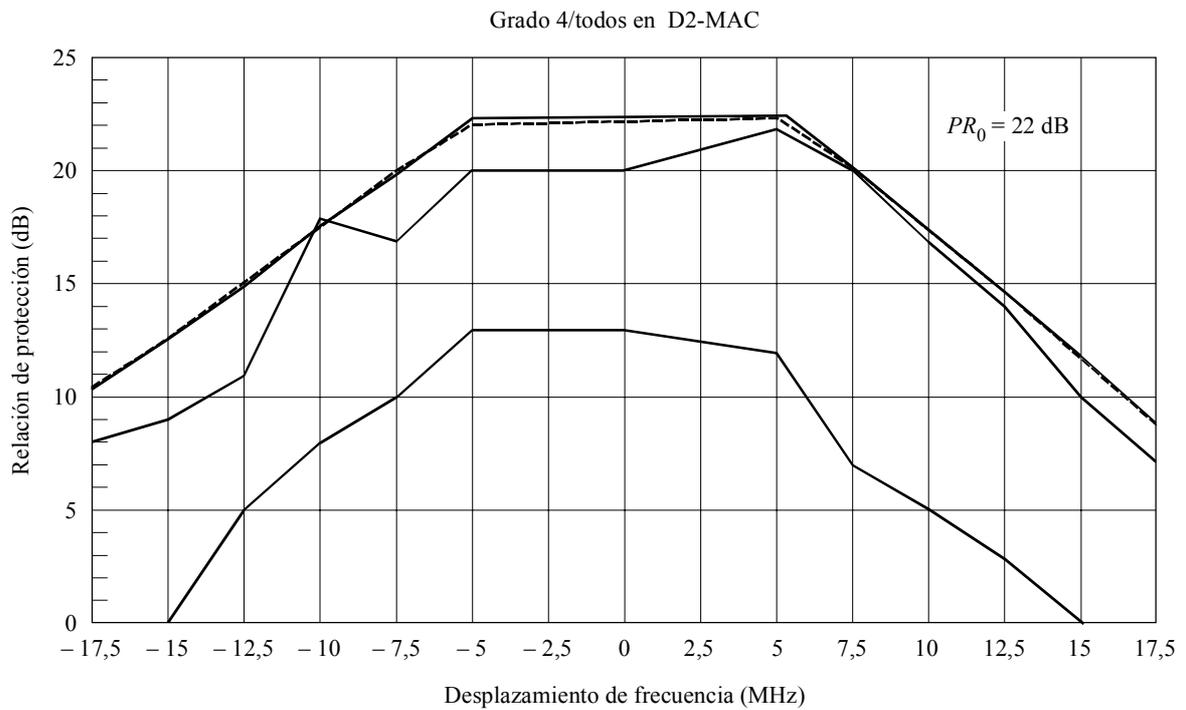
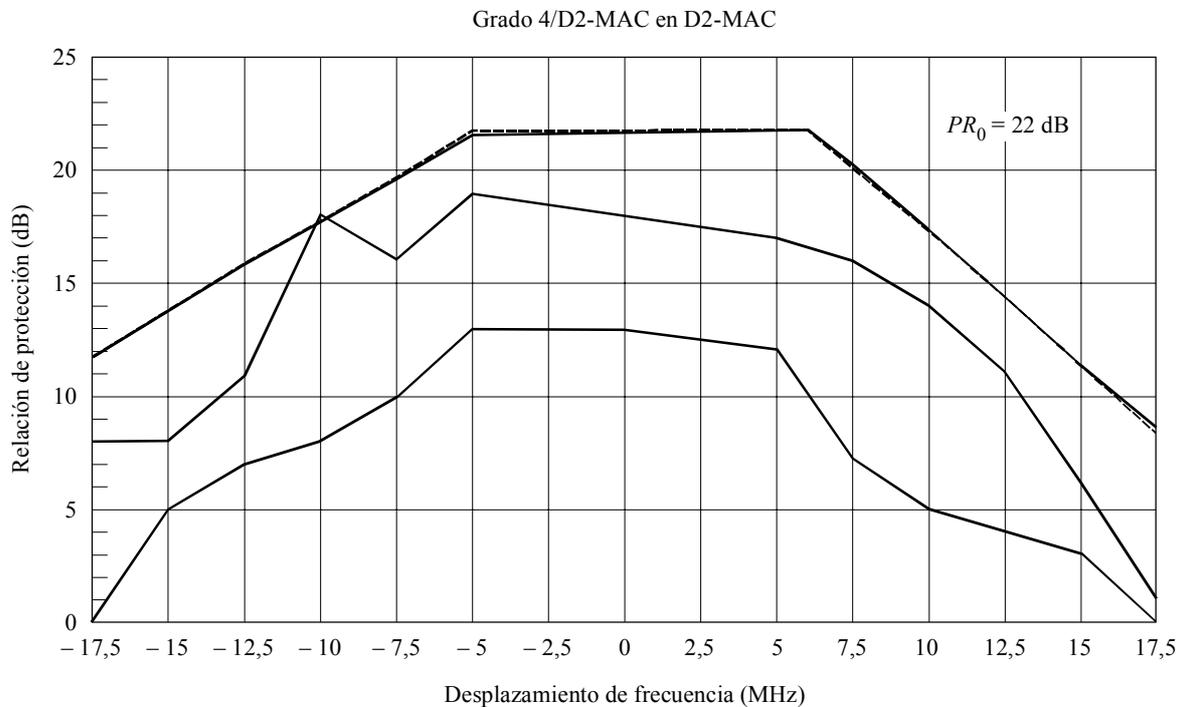


FIGURA 8
Relación de protección requerida



Deseada: imagen fija
Fuente interferente: imagen fija/barras de color

FIGURA 9
Relación de protección requerida



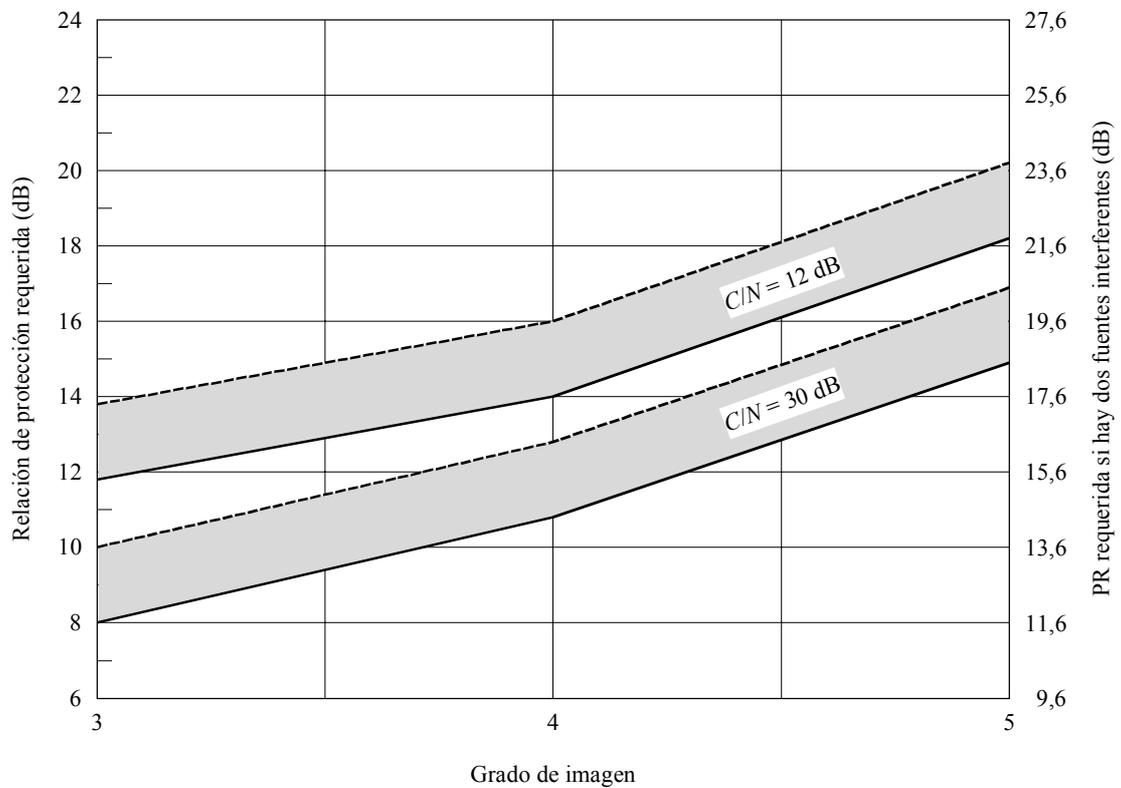
Deseada: imagen fija
Fuente interferente: imagen fija/barras de color

0483-09

12 Resultados utilizables de otras mediciones

Las Figs. 10 y 11 muestran los resultados netos de un conjunto adicional de mediciones en señales DTH PAL, que resumen, respectivamente, los requisitos de relación de protección para desviaciones de frecuencia de la señal deseada de 25 MHz/V y 16 MHz/V en el caso de señales TV/MF (PAL) interferentes. Cada Figura muestra los límites inferior y superior impuestos a los requisitos de relación de protección para cada C/N , que corresponden a los requisitos para material de imagen normal (diapositiva) y material de imagen crítico (imagen de prueba), respectivamente.

FIGURA 10
 Relación de protección requerida para una desviación de frecuencia MF de 25 MHz/V

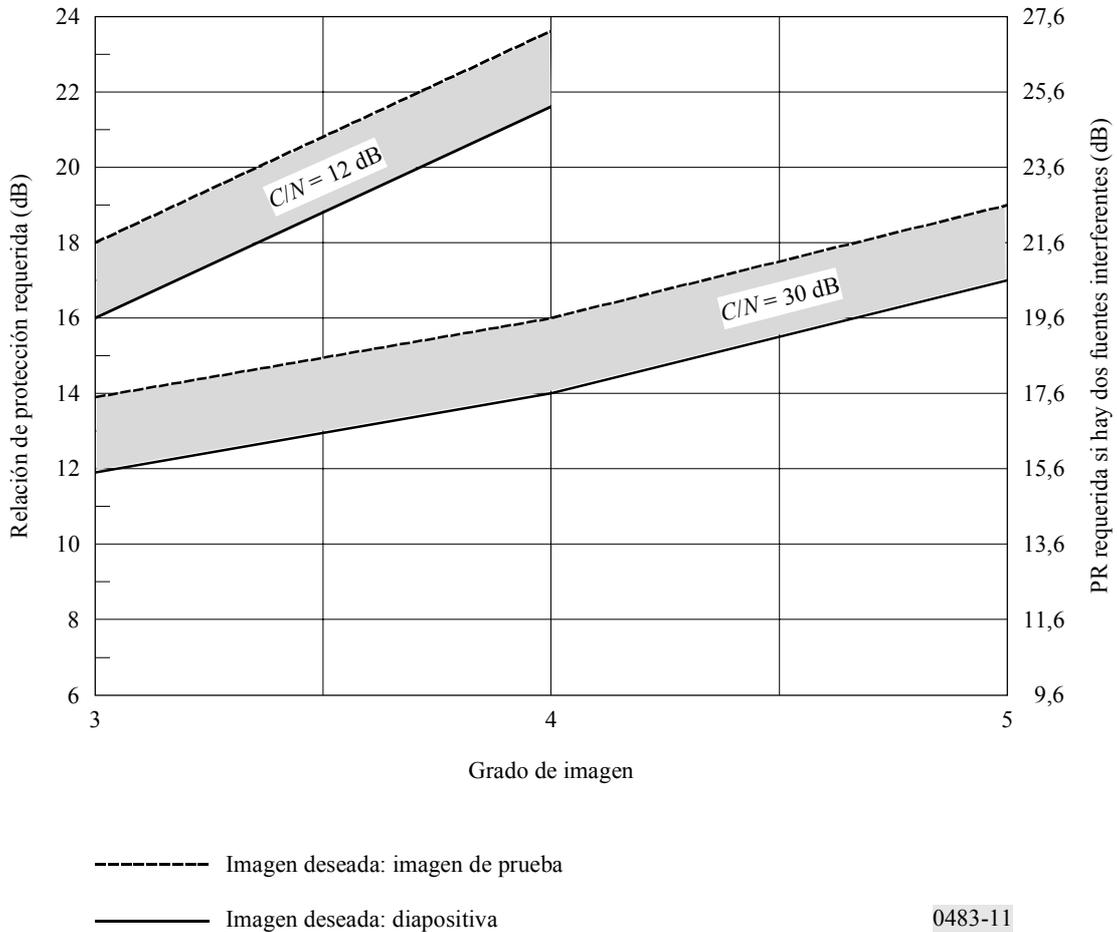


----- Imagen deseada: imagen de prueba
 _____ Imagen deseada: diapositiva

0483-10

FIGURA 11

Relación de protección requerida para una desviación de frecuencia MF de 16 MHz/V



0483-11

13 Conclusiones

La comparación de las plantillas de protección desarrolladas y los resultados de medición disponibles muestran muy buena concordancia. Parece que las plantillas desarrolladas principalmente con los datos de medición del sistema TV NTSC ajustan también los resultados PAL. Las mediciones PAL muestran generalmente las relaciones de protección para una calidad de grado 4 de aproximadamente 1 dB más que la prevista por las plantillas elaboradas. Las plantillas para transmisiones de grado superior (no DTH) muestran buena concordancia para PAL y NTSC.

Sobre la base de lo anterior, parece que las plantillas desarrolladas con PR_0 basada en el porcentaje son adecuadas para aplicación general distinta de la DTH. Se recomiendan criterios de 15% para interferencia total y de 6% con una sola fuente.

Para la DTH, se recomiendan las relaciones de protección totales del Cuadro 2 y las plantillas de la Fig. 5. Las relaciones de protección para una sola fuente deben ser de 4 dB superiores que para interferencia total.