

RECOMENDACIÓN UIT-R S.671-3

RELACIONES DE PROTECCIÓN NECESARIAS PARA TRANSMISIONES DE BANDA ESTRECHA CON UN SOLO CANAL POR PORTADORA INTERFERIDAS POR PORTADORAS DE TELEVISIÓN ANALÓGICAS

(Cuestión UIT-R 50/4)

(1990-1992-1993-1994)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que las portadoras del sistema de un solo canal por portadora (SCPC) de banda estrecha son sensibles a la interferencia causada por portadoras de televisión analógicas, especialmente cuando estas portadoras de TV sólo están moduladas con señales de dispersión de energía a la frecuencia de cuadro de televisión;
- b) que la interferencia de TV-MF a transmisiones SCPC es generalmente un factor determinante en la coordinación de satélites poco separados;
- c) que los métodos de cálculo requeridos para determinar el nivel de interferencia admisible en estos casos son únicos a esta clase de señales;
- d) que el carácter único de esta situación se reconoce en el apéndice 4 al Reglamento de Radiocomunicaciones,

recomienda

1. que a los efectos del cálculo de los niveles admisibles de interferencia entre portadoras de televisión analógicas y portadoras SCPC de banda estrecha, la relación de protección entre las portadoras SCPC interferidas y las portadoras de TV analógicas moduladas con señales de dispersión de energía a la frecuencia de cuadro de televisión, se calcula como sigue:

1.1 para portadoras SCPC a 64 kbit/s, sin corrección de errores en recepción (FEC):

$$C/I = C/N + 6,4 + 3 \log \delta - 8 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

1.2 para portadoras SCPC con modulación de frecuencia y compresión-expansión:

$$C/I = 13,5 + 2 \log \delta - 3 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

siendo:

- C/I : relación entre la potencia de la portadora SCPC interferida y la potencia total de la portadora de la señal TV con dispersión de energía interferente
- C/N : relación entre la potencia de la portadora SCPC y la potencia de ruido correspondiente a una BER de 1×10^{-6}
- δ : relación entre la anchura de banda ocupada de la portadora SCPC y la desviación cresta a cresta de la señal de TV debida a la dispersión de energía
- i : potencia total atribuida de interferencia de premodulación en la anchura de banda SCPC que consta de la contribución de potencia de interferencia de la portadora de TV y de la interferencia debida al ruido de línea procedente de otras portadoras interferentes (véase el anexo 1), expresada en términos de porcentaje de la potencia total de ruido de predemodulación ($10 \leq i \leq 25$);

2. que las siguientes notas se consideren parte integrante de la presente Recomendación:

Nota 1 – El criterio de interferencia indicado en los § 1.1 y 1.2 es aplicable a señales de televisión interferentes que utilizan dispersión de energía a la frecuencia de cuadro solamente.

Nota 2 – Las fórmulas de los § 1.1 y 1.2 son correctas suponiendo que la interferencia, determinada por el valor de la potencia relativa i está causada por una portadora de TV, I , y una interferencia tipo ruido I_N , para una relación $I_N/I = 2,5$ y para una densidad espectral de interferencia tipo ruido de -62 dBc/Hz.

Nota 3 – Para proteger las portadoras SCPC a 64 kbit/s con codificación con corrección de errores en recepción (FEC) de relaciones comprendidas entre 1/2 y 7/8, que utilizan decodificación de Viterbi de decisión programada, puede utilizarse la siguiente expresión:

$$C/I = C/N + 9,4 + 3,5 \log \delta - 6 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

Este criterio de interferencia es válido para señales de TV-MF cuando están moduladas solamente por una señal de dispersión.

Nota 4 – Puede obtenerse considerable protección adicional de las portadoras SCPC de banda estrecha si se desplazan adecuadamente en frecuencia con respecto a la frecuencia central de la portadora de TV. Esto es aplicable, en diferentes grados, tanto si la portadora de TV está modulada con material de programa como si no lo está, y en esos casos, se tendrá en cuenta el efecto de la densidad espectral de potencia de las portadoras TV-MF para determinar la interferencia en frecuencias fuera de la anchura de banda de dispersión de energía.

Nota 5 – Hacen falta más estudios para determinar el nivel de protección adicional que se puede obtener cuando la portadora de TV está o no modulada con material de programa.

Nota 6 – El anexo 1 contiene directrices para efectuar cálculos de la relación C/I de acuerdo con el § 1 precedente, así como resultados de mediciones efectuadas para verificar las ecuaciones de los § 1 y 2.

Nota 7 – Se necesitan más estudios para desarrollar un apropiado criterio de interferencia para portadoras interferentes TV-MF con una frecuencia de dispersión de energía de línea o una de dispersión compuesta a la frecuencia de línea y cuadro.

ANEXO 1

Cálculo de la relación de protección para interferencia procedente de señales TV-MF sobre las transmisiones de un solo canal por portadora (SCPC) en las redes del servicio fijo por satélite

1. Interferencia sobre transmisiones SCPC del tipo MIC de 8 bits no codificadas con modulación por desplazamiento de fase (MDP) de 4 niveles

Una de las portadoras utilizadas más comunes es la SCPC de señales MIC de 8 bits con MDP de 4 niveles (MDP-4) a 64 kbit/s y el establecimiento de un criterio de interferencia se basa en las siguientes consideraciones.

La observación de las transmisiones de TV en el sistema INTELSAT indica que, la mayor parte del tiempo, las portadoras de vídeo son moduladas por señales de vídeo o imágenes patrón. Dichas portadoras son moduladas por señales de dispersión de energía solamente durante lapsos muy breves, los cuales representan aproximadamente el 0,6% del tiempo total de transmisión. Dichos periodos duran como promedio unos 5 min; el más largo duró, sin interrupciones, unos 18 min. Por lo tanto, la probabilidad de que dos o más señales interferentes de ese tipo ocurran al mismo tiempo es muy pequeña.

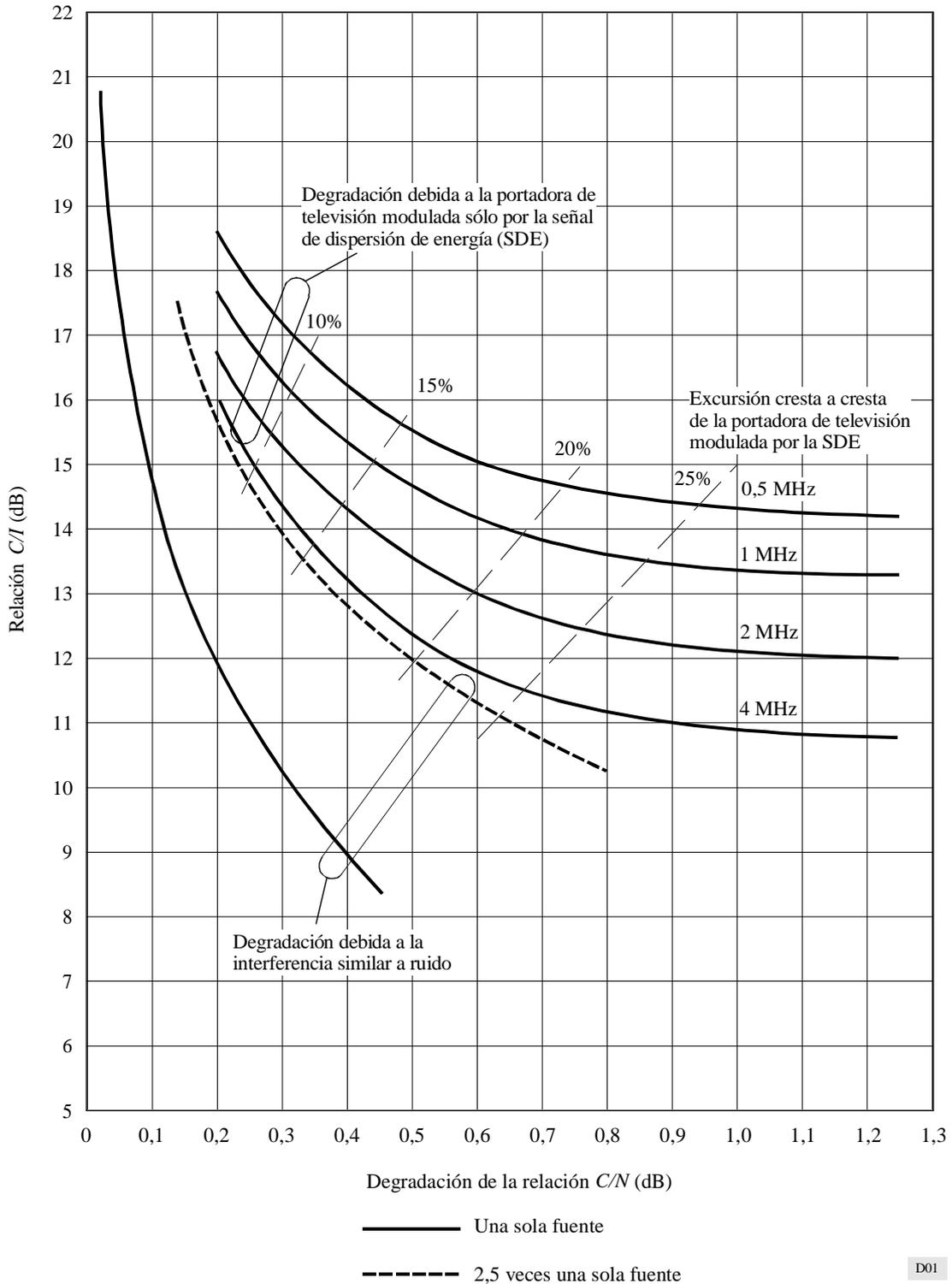
Para determinar la validez de estos resultados estadísticos en otros sistemas de satélites será necesario efectuar nuevas mediciones.

A fin de establecer un criterio para proteger las transmisiones SCPC-MDP-4 (64 kbit/s) no codificadas, se supone que una portadora de TV modulada sólo con una señal de dispersión de energía se halla presente todo el tiempo (un valor así representa la suma en el tiempo de todas las señales interferentes de dicho tipo procedentes de satélites distintos). Se presume que este tipo de interferencia coexiste con otras señales interferentes con características de ruido. Por consiguiente, el ruido de interferencia total de predemodulación permitido por la Recomendación UIT-R S.523 debe dividirse entre estos dos tipos disímiles de interferencia.

Se ha elaborado un modelo para deducir la distribución de la interferencia admitida total entre los dos tipos de sistemas interferentes. El modelo supone una contribución procedente de una portadora de televisión modulada con señales de dispersión de energía y una contribución similar a ruido igual a 2,5 veces la interferencia de una sola fuente. Se supone que la interferencia de una sola entrada similar a ruido se origina en una portadora modulada cuya densidad espectral (potencia en una anchura de banda de 1 Hz respecto a la potencia total de la portadora) en la proximidad de la frecuencia portadora es de -62 dBc/Hz. Este valor es adecuado para representar una portadora MF de alta densidad o una portadora de televisión modulada.

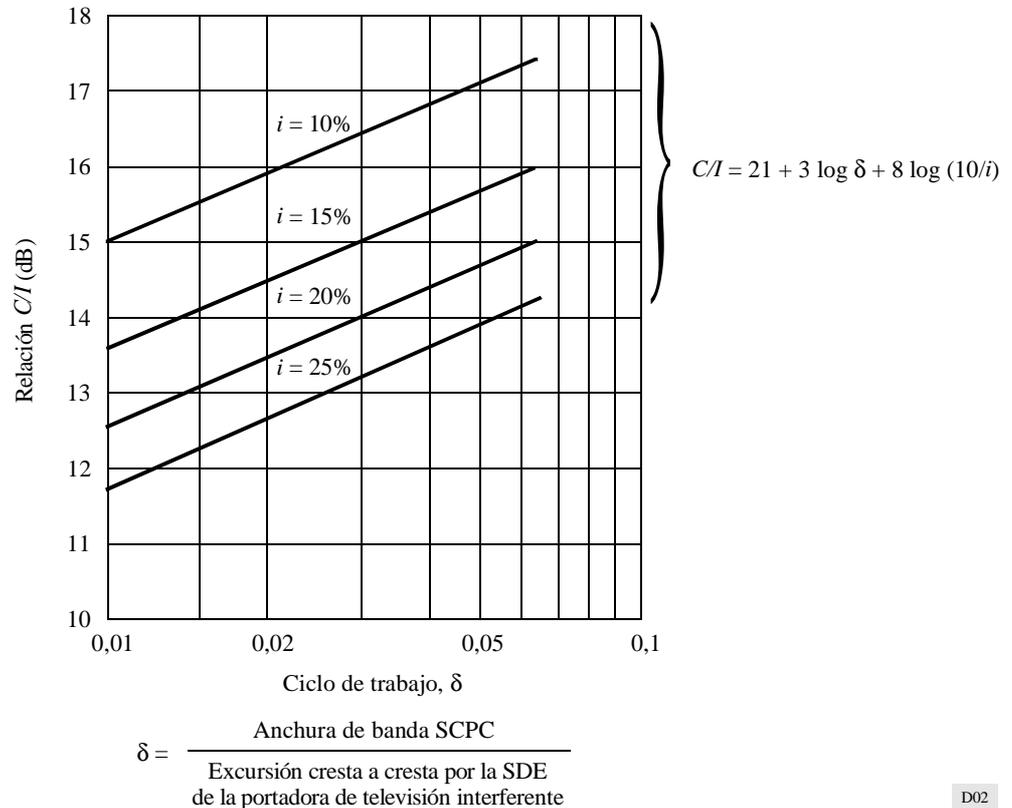
Se llevaron a cabo las siguientes mediciones en laboratorio. La transmisión SCPC se hizo funcionar con diferentes valores de la relación portadora/ruido por encima de $C/N = 14,6$ dB ($E_b/N_0 = 12,3$ dB) lo que corresponde a una BER = 10^{-6} . Seguidamente se añadió la interferencia de televisión modulada con dispersión de energía y se tomó nota del valor de la relación potencia de la portadora deseada/potencia de la portadora interferente que restablecía la BER en el valor de 10^{-6} . Los resultados se presentan en la fig. 1 para diferentes excursiones cresta a cresta de la señal de dispersión de energía. En la misma figura se muestra también la relación C/I para la interferencia similar a ruido (tanto para la interferencia de una sola entrada como para la interferencia total similar a ruido) y la degradación.

FIGURA 1
Relación portadora/interferencia (C/I) en función de la degradación de la relación portadora/ruido C/N



Mediante la fig. 1, haciendo corresponder la degradación total causada por la interferencia de televisión (con modulación por la señal de dispersión de energía solamente) y la interferencia similar a ruido con el criterio definido en la Recomendación UIT-R S.523, se determinaron las relaciones de protección para la transmisión SCPC-MDP-4 (64 kbit/s), conforme se muestra en la fig. 2.

FIGURA 2
Criterios de protección



D02

Estos resultados pueden ser aproximados mediante la ecuación:

$$C/I = 21 + 3 \log \delta + 8 \log (10/i) \quad \text{dB} \quad (1)$$

o bien:

$$C/I = C/N + 6,4 + 3 \log \delta - 8 \log (i/10) \quad \text{dB}$$

donde:

- C/I : relación entre la potencia de la portadora SCPC y la potencia total de la portadora de la señal de televisión interferente con dispersión de energía
- C/N : relación portadora/ruido en explotación que corresponde a una BER = 1×10^{-6}
- δ : (anchura de banda ocupada por la portadora SCPC)/(excursión cresta a cresta de la señal de televisión por la señal de dispersión de energía)
- i : potencia total atribuida de interferencia de premodulación en la anchura de banda SCPC que consta de la contribución de potencia de interferencia de la portadora de TV y de la interferencia debida al ruido de línea procedente de otras portadoras interferentes (véase el anexo 1), expresada en términos de porcentaje de la potencia total de ruido de premodulación ($10 \leq i \leq 25$).

2. Interferencia sobre transmisiones SCPC del tipo MIC de 8 bits, modulación por desplazamiento de fase (MDP) de 4 niveles y codificación FEC

Se han efectuado mediciones en dos sistemas SCPC-MDP-4 a 64 kbit/s con codificación FEC de relación 1/2, a saber: portadoras SMS EUTELSAT y portadoras del servicio comercial INTELSAT (IBS). En el cuadro 1 se enumeran los parámetros de la señal que se ajustan a la especificación de estos sistemas.

CUADRO 1

Parámetros de la transmisión MDP-4 codificada

Parámetro de transmisión	INTELSAT, EUTELSAT
Velocidad de información (IR) (kbit/s)	64
Bits de tara (OH)	16/15
Velocidad compuesta (CR) (kbit/s)	68,27
Relación de codificación FEC (C)	1/2
Velocidad de transmisión (TR) (kbit/s) (CR/C)	136,5
Anchura de banda Nyquist (0,5 TR)	68 k
Relación compuesta E_b/N_0 ⁽¹⁾ (dB) para una BER de 1×10^{-6}	5,4
C/N ⁽¹⁾ (dB) para una BER de 1×10^{-6}	5,4

⁽¹⁾ Los valores de E_b/N_0 y C/N se refieren a las características reales del demodulador para el equipo utilizado en las mediciones.

De las mediciones se obtuvieron curvas de C/I en función de la degradación para valores de BER de 1×10^{-6} .

Los criterios de protección se han elaborado con las mediciones basadas en dos modelos distintos de interferencia. Un modelo es el mismo que se describe en el § 1 para la transmisión MDP-4 no codificada. El modelo divide la interferencia admisible total entre los dos tipos de señales interferentes: una portadora de TV modulada con la señal de dispersión de energía (SDE) únicamente y otras portadoras moduladas por señales similares a ruido. En el modelo, la distribución de la interferencia admisible total viene determinada por los distintos efectos de la interferencia causada por los dos tipos de señales interferentes. Para obtener la interferencia similar a ruido, se utiliza un valor de densidad espectral de -62 dBc/Hz.

El otro modelo considera un caso de interferencia en el que la interferencia total equivale al 20% del ruido de premodulación, compartido a partes iguales entre la interferencia similar al ruido y una portadora única de TV modulada por la SDE. Por consiguiente, se supone que la portadora con dispersión de energía representa el 10% del ruido total de premodulación, obteniéndose, por lo tanto, un incremento de ruido térmico equivalente de 0,5 dB (denominado «degradación de la C/N »).

En las pruebas se medía el incremento de la BER media causado por la introducción de la señal interferente para un valor constante determinado de la relación C/N (portadora/potencia de ruido térmico), de forma que se obtuviese una BER de 1×10^{-6} sin interferencia (5,4 dB para portadoras de 64 kbit/s). El aumento medido de la BER media se convirtió en un aumento equivalente de ruido térmico, utilizando la curva de característica de ruido del módem adosado.

Las mediciones ofrecen pues, una relación entre C/I (relación entre la potencia de la portadora SCPC y la potencia de la portadora total de la señal de TV interferente) y la degradación de C/N en el canal SCPC, causada por la presencia de la señal de TV interferente como interferencia de una sola fuente (modulada por la SDE únicamente).

Los resultados obtenidos haciendo uso de los dos modelos indicados concuerdan adecuadamente y se traducen en el siguiente criterio de interferencia de una sola entrada que puede utilizarse con fines de coordinación entre sistemas.

$$C/I = C/N + 9,4 + 3,5 \log \delta - 6 \log (i/10) \quad \text{dB} \quad (2)$$

donde:

C/N : relación portadora/ruido que corresponde a una BER = 1×10^{-6}

i : potencia de la interferencia admisible total en la anchura de banda de la portadora, expresada como porcentaje de la potencia de ruido de premodulación total ($10 \leq i \leq 25$, como define la Recomendación UIT-R S.523).

3. Interferencia en las transmisiones SCPC-MF utilizando compresión-expansión silábica

En base al supuesto utilizado en el § 1, se han establecido criterios de protección para señales SCPC-MF con compresión-expansión sobre dos criterios distintos:

- cálculos de impulsos de ruido por encima de un umbral de -21 dBm0, y
- evaluaciones subjetivas.

El módem utilizado fue diseñado para funcionar con el sistema INTELSAT de acuerdo con las especificaciones de las características INTELSAT para su servicio VISTA. La relación portadora/densidad de ruido, C/N_0 , en el punto de funcionamiento normal es $54,2$ dB(Hz) que corresponde a un valor C/N de $10,2$ dB. El umbral de este equipo corresponde a un valor C/N_0 de $50,2$ dB(Hz) aproximadamente. La anchura de banda nominal de ruido de FI es 25 kHz con una excursión establecida de forma que para un tono de prueba de 0 dBm0 a 1 kHz, el valor cuadrático medio (r.m.s.) de la excursión correspondiente es de $5,1$ kHz. La frecuencia de transición de preacentuación es de 1 kHz. La compresión-expansión es silábica de relación $2:1$ de acuerdo con la Recomendación UIT-T G.162 con un nivel insensible de 0 dBm0.

Para las mediciones de los cálculos de impulsos se utilizó un valor umbral de -21 dBm0, según la Recomendación UIT-T M.1020. El instrumento de prueba utilizado para dicho cómputo empleó un tono de 1 kHz en el extremo transmisor, que se suprimió mediante un filtro de ranura en el extremo receptor. El nivel de este tono era de -10 dBm0. Se midieron las degradaciones de la relación C/N en función de los valores de las relaciones C/I para este nivel del tono, con compresión-expansión y para el caso de 6 impulsos en 15 min.

Los resultados se indican en la fig. 3 en la que se representan los valores de la relación C/I en función de la degradación de C/N para los cuatro valores de excursiones cresta a cresta con dispersión de energía. En la fig. 4 se representa la curva calculada de interferencia similar al ruido, de la que se obtiene el siguiente criterio de protección.

$$C/I = 13,5 + 2 \log \delta - 3 \log (i/10) \quad \text{dB} \quad (3)$$

donde δ e i se definen como se ha indicado anteriormente.

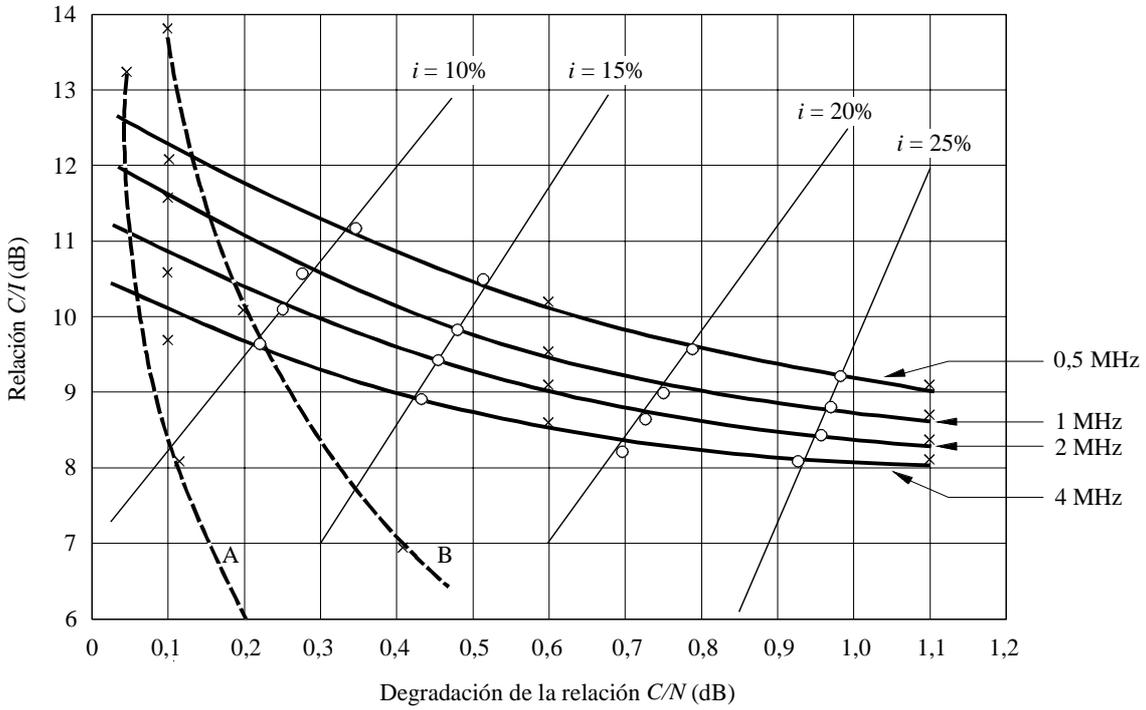
De la misma forma, se realizaron evaluaciones subjetivas de la degradación del canal SCPC-MF con compresión-expansión aplicando un criterio basado en un impulso «pop» audible por minuto. La interferencia característica sobre la señal de dispersión de energía en el punto de funcionamiento nominal a $54,2$ dB(Hz) o en sus proximidades se observó que tomaba la forma de ruido impulsivo o «pops». Estos resultados aparecen representados en la fig. 5. Los criterios resultantes responden a la fórmula:

$$C/I = 13 + 2 \log \delta - 3 \log (i/10) \quad \text{dB} \quad (4)$$

como se indica en la fig. 6 y son ligeramente inferiores que los basados en el cómputo de impulsos. Comparando las ecuaciones (3) y (4) se llega a la conclusión de que el criterio de la ecuación (3) debería usarse como único criterio para SCPC-MF con compresión-expansión para los cálculos de impulsos y las degradaciones subjetivas; su representación gráfica se encuentra en la fig. 4.

FIGURA 3

Relación C/I en función de la degradación de C/N para un módem SCPC-MFC con compresión-expansión sobre la base del cómputo de impulsos de ruido (se ha utilizado un criterio de cómputo de impulsos constante de 6 valores que superan un umbral de -21 dBm0 en un intervalo de 15 min)

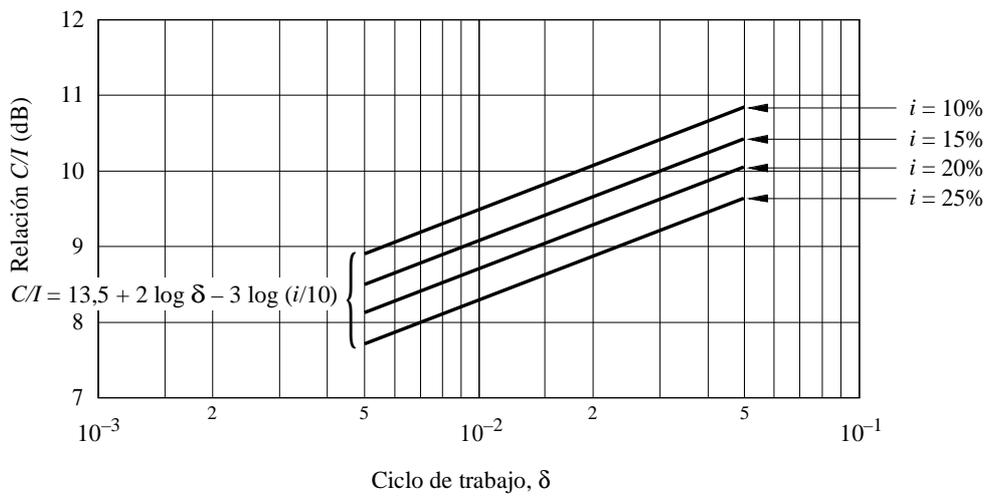


A: C/I_{sn1} (relación portadora/interferencia de una sola fuente del tipo ruido)
 B: C/I_{n1} (relación portadora/interferencia del tipo ruido)

D03

FIGURA 4

C/I en función del ciclo de trabajo sobre la base del cómputo de impulsos de ruido para un módem SCPC/MF con compresión-expansión

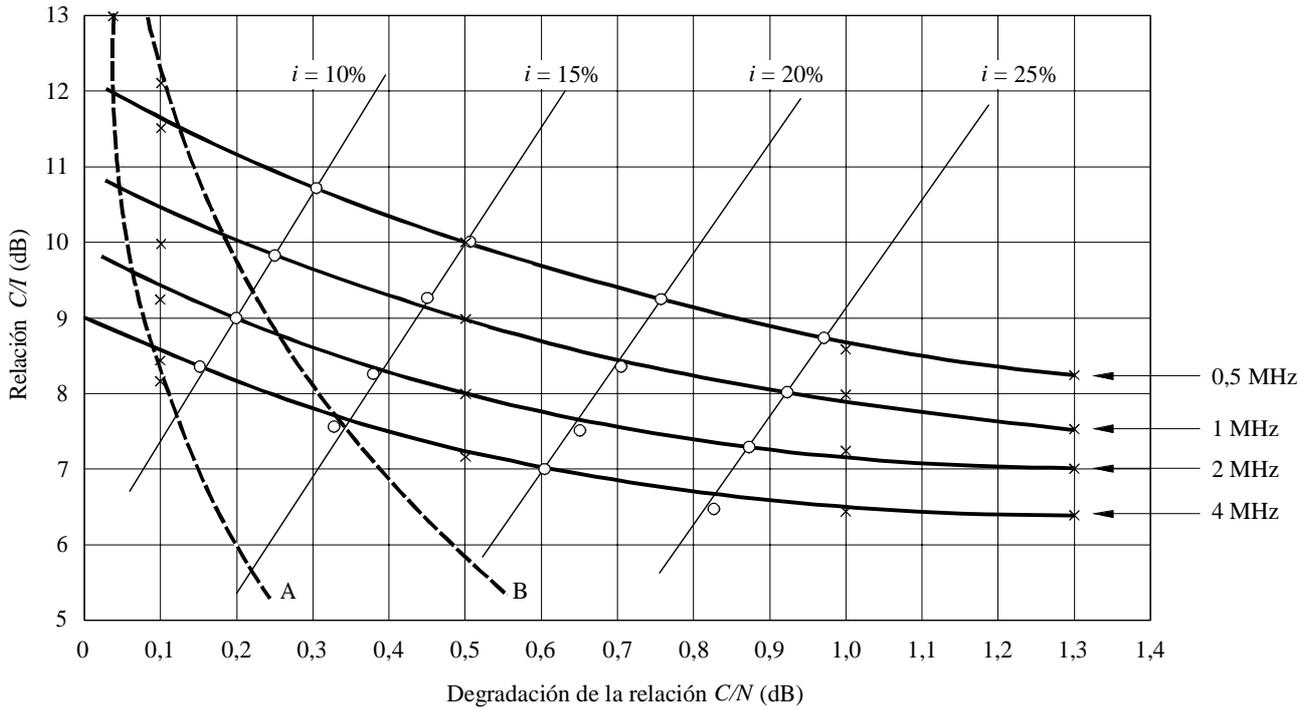


$$\delta = \frac{\text{Anchura de banda SCPC}}{\text{Excursión cresta a cresta producida por la SDE en la portadora de televisión interferente}}$$

D04

FIGURA 5

Relación C/I en función de la degradación de C/N para un módem SCPC-MF con compresión-expansión sobre la base de la evaluación subjetiva (1 «pop»/min)

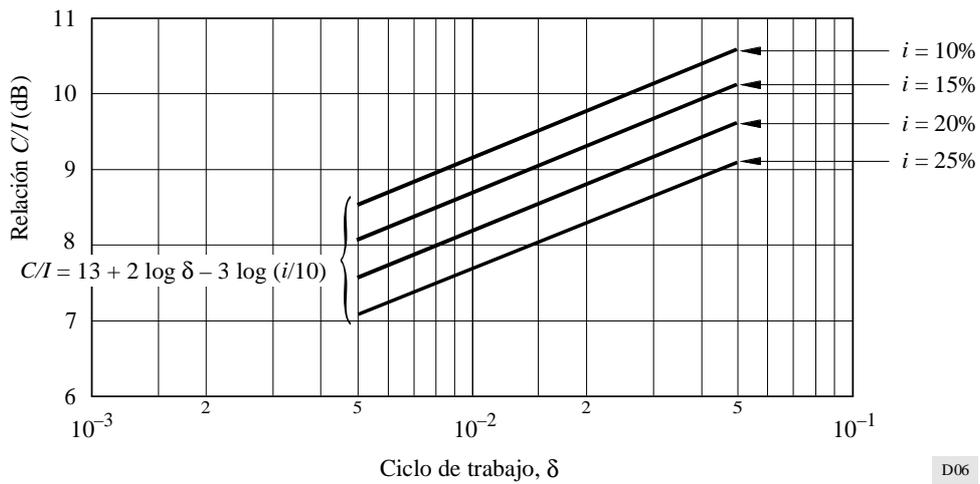


A: C/I_{sn1} (relación portadora/interferencia de una sola fuente del tipo ruido)
 B: C/I_{n1} (relación portadora/interferencia del tipo ruido)

D05

FIGURA 6

Relación C/I en función del ciclo de trabajo sobre la base de la evaluación subjetiva de un módem SCPC-MF con compresión-expansión (1 «pop»/min)



D06