

RECOMENDACIÓN UIT-R F.240-6*,**

RELACIONES DE PROTECCIÓN SEÑAL/INTERFERENCIA PARA LAS DISTINTAS CLASES DE EMISIÓN EN EL SERVICIO FIJO POR DEBAJO DE UNOS 30 MHz

(Cuestión 143/9)

(1953-1956-1959-1970-1974-1978-1986-1990-1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

la necesidad de conocer las relaciones de protección señal/interferencia que requieren las distintas clases de emisión,

recomienda

1. que para los tipos de emisión indicados se consideren adecuados los valores de la relación señal/interferencia que figuran en el cuadro 1, por debajo de los cuales se produce, en condiciones estables, una interferencia perjudicial;
2. que prosigan los estudios para determinar los valores de la relación señal/interferencia, en condiciones estables, que faltan en el cuadro 1, y que se revisen los valores que figuran en el mismo;
3. que prosigan los estudios relativos a la Recomendación UIT-R F.339, para determinar si los valores provisionales fijados para los márgenes contra los desvanecimientos pueden ser aceptados o deben modificarse;
4. que, entretanto, los valores que se indican se consideren provisionalmente como representativos del valor global de los márgenes contra los desvanecimientos (valor combinado de los coeficientes de seguridad contra los desvanecimientos y de los factores de fluctuación de la intensidad de campo), y que puedan utilizarse como guía, conjuntamente con los valores de la relación señal/interferencia que, en condiciones estables, resultan adecuados para las diversas clases de emisión;
5. que para la medición de las relaciones de protección de las emisiones J3E, hay que remitirse al anexo 1;
6. que, al determinar los factores de conversión para derivar las relaciones de protección, hay que remitirse al anexo 2;
7. que para la medición de las relaciones de protección y para determinar la separación de frecuencias mínima requerida en emisiones J7B, hay que remitirse al anexo 3.

Nota 1 – El empleo de los valores recomendados sólo permite una estimación que tal vez haya de ajustarse para circuitos radioeléctricos de diferentes longitudes, en función de la calidad de servicio requerida y de las condiciones específicas de propagación en estos circuitos radioeléctricos. Para calcular el coeficiente de seguridad contra los desvanecimientos para desvanecimientos rápidos o de corto periodo, se ha utilizado una distribución de amplitud log-normal de la señal recibida con desvanecimiento (utilizando 7 dB para la relación del nivel mediano respecto del nivel excedido el 10% o el 90% del tiempo), excepto para los servicios telegráficos automáticos de gran velocidad en los que la protección se ha calculado en el supuesto de una distribución de Rayleigh.

Nota 2 – El cuadro 1 contiene, en la columna 1 de cada señal interferente, el valor de la relación de protección como relación entre señales deseada e interferente, cuyas potencias se expresan en términos de potencia en la cresta de la envolvente (*PX*) cuando la banda ocupada de la emisión interferente cae enteramente dentro de la banda de paso del receptor o la cubre por completo.

Cuando una de las señales se expresa en términos de potencia media (*PY*) o potencia de la portadora (*PZ*), el valor correspondiente de la relación de protección se puede obtener utilizando los factores de conversión contenidos en la Recomendación UIT-R SM.326.

Nota 3 – Las columnas 2, 3 y 4 del cuadro 1 indican la separación de frecuencias necesaria entre la frecuencia asignada de la señal deseada y la de una señal interferente, cuando el nivel de esta última es, respectivamente, 0 dB, 6 dB y 30 dB mayor que el de la señal deseada (según se establece en el número S1.148 del Reglamento de Radiocomunicaciones, la frecuencia asignada es el centro de la banda de frecuencias asignada).

Nota 4 – Las técnicas de proceso de la señal como Lincompex, Syncompex, etc., y la utilización de reductores y filtros de ranura pueden disminuir la susceptibilidad de las señales radiotelefónicas a la interferencia.

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de la ex IFRB y de la Comisión de Estudio 1.

** La Comisión de Estudio 9 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2000 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

CUADRO 1

Relaciones de protección y separación de frecuencias mínima requeridas*

SEÑAL DESEADA	CLASE DE EMISIÓN DE LA SEÑAL INTERFERENTE																																
	Telegrafía												Telegrafía																				
	A1A Manual				A1B 50 baudios (1)				A1B 100 baudios				A2A Manual				A2B 24 baudios				F1B 50 baudios 2D = 200 Hz (1)				F1B 50 baudios 2D = 280 Hz (1)								
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz							
Telegrafía A1A Recepción acústica	13				13				13																13				13				
Telegrafía A1B teleimpresor, 50 baudios B = 500 Hz	13				11	0,36	0,44	1,41	(2)	(2)	(2)														13				13	0,46	0,54	1,24	
Telegrafía A1B 100 y 120 baudios, registrador B = ...	13				13				13																13				13				
Telegrafía A2A, Recepción acústica																																	
Telegrafía A2B 24 baudios																																	
Telegrafía F1B (3) 50 baudios, teleimpresor 2D = 280 Hz; B = 500 Hz					1,0	0,2	0,28	0,6	3																7				7,0	0,32	0,39	0,67	
Telegrafía F1B 50 baudios, teleimpresor 2D = 400 Hz; B = 500 Hz					1,0				(2)	(2)	(2)														7				7				
Telegrafía F7B 100 baudios, teleimpresor ARQ 2D = ... B = ...	4				4				4																								
Telegrafía F7B 200 baudios teleimpresor ARQ 2D = 400 Hz; B = 500 Hz	4				4				(4)	(4)	(4)																						
Teleimpresor F7B (3), 50 baudios 2D = 1 200 Hz B = 1 200 Hz																									8				8				
Telefotografía R3C	16				16				16																16				16				
Telefotografía F3C 60 rpm B = 1 000 Hz	15				15				15	1,00	1,20														15				15				
Telefonía A3E	apenas utilizable	13				13				13				1				1				21				21				21			
Doble banda lateral (5) (6)	calidad apenas comercial	29				29				29				17				17				33				33				33			
	buena calidad comercial	56				56				56				44				44				60				60				60			
Telefonía H3E banda lateral única, portadora completa (5) (6) (7)	apenas utilizable	7				7				7				-5				-5				15				15				15			
	calidad apenas comercial	23				23				23				11				11				27				27				27			
	buena calidad comercial	50				50				50				38				38				54				54				54			
Telefonía R3E banda lateral única, portadora reducida (5) (6) (7)	apenas utilizable	2				2				2				-10				-10				10				10				10			
	calidad apenas comercial	18				18				18				6				6				22				22				22			
	buena calidad comercial	45				45				45				33				33				49				49				49			
Telefonía J3E banda lateral única, portadora suprimida (5) (6) (7)	apenas utilizable	1				1				1				-11				-11				9				9				9			
	calidad apenas comercial	17				17				17				5				5				21				21				21			
	buena calidad comercial	44				44				44				32				32				48				48				48			
Telefonía H8F. Dos bandas laterales independientes, portadora reducida o suprimida (5) (6) (7)	apenas utilizable	7				7				7				-5				-5				15				15				15			
	calidad apenas comercial	23				23				23				11				11				27				27				27			
	buena calidad comercial	50				50				50				38				38				54				54				54			
J2B																																	
H2A/H2B																																	
J7B multicanal Telegrafía armónica, 250-3 000 Hz	17,5				17,5				17,5												20,5				20,5				20,5				
Telegrafía armónica multicanal, 300-3 400 Hz (8)	17,5				17,5	1,7	1,7	8,0	17,5	1,7	1,8	9,1									20,5	1,9	1,9	2,0	20,5				20,5				
Telegrafía armónica multicanal R7B portadora reducida	18,5				18,5				18,5												21,5				21,5				21,5				

Notas relativas al cuadro 1:

- * En la indicación «Clase de emisión» B representa la anchura de banda del receptor y $2D$ el desplazamiento total de frecuencia.
- (1) Anchura de banda de las señales interferentes limitada a 500 Hz.
- (2) Para una probabilidad de caracteres erróneos de 1/10 000.
- (3) Para una probabilidad de caracteres erróneos de 1/1 000.
- (4) Para un factor de eficacia de tráfico del 90%.
- (5) En el caso de la telefonía, los valores de las relaciones de protección en condiciones estables se han derivado de la información contenida en los anexos 1 y 2. Los valores para telefonía A3E son válidos solamente para recepción con un receptor de banda lateral única.
- (6) Con la utilización de un reductor de ruido a efectos de la señal deseada, las cifras de la columna 1 se reducen en ... dB (valor por determinar).
- (7) Al utilizar terminales Lincompex, los valores de las columnas 1 de la señal deseada se reducen en ... dB (valor por determinar). Si la señal interferente es una transmisión telefónica con terminales Lincompex, los valores de las columnas 1 aumentan en ... dB (valor por determinar).
- (8) Valores deducidos del anexo 3.
- (9) Porcentaje medio de modulación 70%; las componentes de banda lateral se extienden a ± 3 kHz.
- (10) Márgenes combinados del coeficiente de seguridad contra desvanecimientos y del factor de fluctuación de intensidad.
- (11) Se ha aplicado la distribución de probabilidad de la relación de dos señales con desvanecimientos independientes. Se ha supuesto para el margen combinado de fluctuación de intensidad para dos señales un valor de 7 dB, que representa un término medio entre el margen de 0 dB, adecuado a fluctuaciones de intensidad perfectamente correlacionadas de las dos señales y el margen de 14 dB, adecuado para fluctuaciones de intensidad no correlacionadas de las dos señales.
- (12) Para una protección durante el 99,99% del tiempo.
- (13) Basado en un factor de eficacia de tráfico del 90%.
- (14) Basado en una protección del 90%.

ANEXO 1

Medición de las relaciones de protección para emisiones J3E**1. Introducción**

En el número S1.170 del Reglamento de Radiocomunicaciones se define la relación de protección como sigue:

«Relación de protección (R.F.): Valor mínimo, generalmente expresado en decibelios, de la relación entre la señal deseada y la señal no deseada a la entrada del receptor, determinado en condiciones especificadas, que permite obtener una calidad de recepción especificada de la señal deseada a la salida del receptor.»

En el estudio de relaciones de protección para comunicaciones telefónicas hay dos dificultades básicas: una es la determinación del tipo de relación en cuanto a la potencia de la señal que debería aplicarse y la otra determinar exactamente la naturaleza de la evaluación que debería asociarse a la degradación del servicio producida por la interferencia.

El programa de medición descrito en este anexo se apoyó en la Recomendación UIT-R F.339 según la cual las relaciones señal/ruido S/N en audiofrecuencia de 33 dB, 15 dB y 6 dB ofrecen grados de servicio «comercial bueno», «difícilmente comercial» y «apenas utilizable», respectivamente. El objetivo fue obtener relaciones señal/interferencia S/I en audiofrecuencia para diversas señales interferentes que proporcionen las mismas notas de opinión que las correspondientes a las relaciones S/N especificadas.

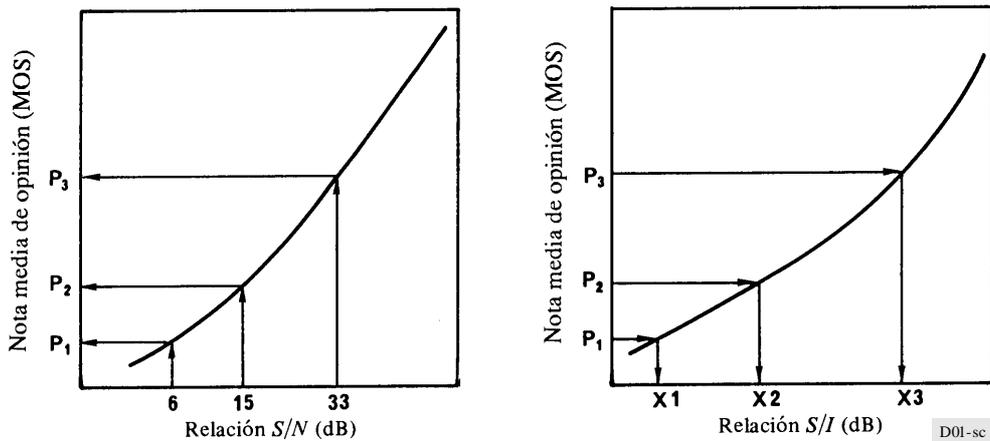
2. Mediciones

2.1 Principio de la medición

Se efectuaron pruebas de opinión para medir los valores de la nota media de opinión (Mean Opinion Score – MOS) en función tanto de la relación S/N como de la relación S/I . A partir de estas curvas, se obtuvieron las relaciones S/I (X_1, X_2, X_3) correspondientes a los tres grados de servicio mencionados para los valores de la MOS (P_1, P_2, P_3) que corresponden a cada valor de S/N de 33 dB, 15 dB y 6 dB (véase la Recomendación 339). El método se muestra en la fig. 1.

FIGURA 1

Conversión de la relación señal/ruido S/N a la relación señal/interferencia S/I mediante la MOS



2.2 Señales interferentes

Como señales interferentes se utilizaron las emisiones de clases A1B, F1B, F3C, F7B, J7B y J3E, mostradas en el cuadro 2, que se agregaron a las emisiones J3E deseadas (señales telefónicas de voces masculinas y femeninas japonesas). Se ajustó la frecuencia central de la señal interferente a 1 400 Hz, salvo en el caso de la emisión J7B que ocupaba la banda de 0,3 a 3,0 kHz.

CUADRO 2

Tipo de señal interferente

Clase de emisión	Desplazamiento de frecuencia (Hz)	Velocidad de modulación (dB)
A1B	–	100
F1B	400	200
F3C	800	(60 r.p.m.)
F7B	600	100
J7B	85 por canal	100 por canal
J3E	–	–

r.p.m.: Revoluciones por minuto

2.3 Método de medición

2.3.1 Muestras de señales telefónicas de prueba y orden de transmisión

Como se indica en el cuadro 3, se presentaron aleatoriamente a los oyentes para su evaluación 29 muestras de señales telefónicas de prueba que contenían 14 relaciones S/N diferentes y 15 relaciones S/I distintas. La duración de una muestra de señal telefónica de prueba fue de 5 s y entre muestras sucesivas de 5 s se insertó un periodo de silencio de 10 s. Este periodo fue empleado por los oyentes para anotar la calidad de la señal en un formulario.

CUADRO 3

Ejemplo de secuencia de transmisión aleatoria de muestras de señales telefónicas de prueba

Muestra N.º	Relación de potencias (dB)		Secuencia de transmisión
1	S/N	0 ⁽¹⁾	14
2		4	4
3		6	25
4		8	27
5		12	23
6		15 ⁽¹⁾	9
7		20	29
8		24	22
9		28 ⁽¹⁾	13
10		33	24
11		36	16
12		40 ⁽¹⁾	1
13		44	8
14		48 ⁽¹⁾	11
15	S/I	-8	19
16		-4 ⁽¹⁾	10
17		0	26
18		4 ⁽¹⁾	5
19		8 ⁽¹⁾	17
20		12 ⁽¹⁾	7
21		16	12
22		20	15
23		24	20
24		28	3
25		32	21
26		36 ⁽¹⁾	28
27		40	18
28		44 ⁽¹⁾	6
29		48	2

Nota 1 – Las muestras y la secuencia de transmisión indicadas anteriormente se utilizaron para la prueba en el caso de la señal interferente F1B.

⁽¹⁾ Estas relaciones de potencias se seleccionaron para las pruebas más precisas.

2.3.2 Nota media de opinión (MOS)

Se evaluó la calidad de la señal telefónica mediante una escala de esfuerzo de audición de cinco puntos (Suplemento N.º 2, punto 3, Tomo V del Libro amarillo del CCITT) que es la siguiente:

- 4 Audición perfecta; ningún esfuerzo
- 3 Cierta atención es necesaria; ningún esfuerzo apreciable

- 2 Esfuerzo moderado
- 1 Esfuerzo considerable
- 0 Significado incomprensible, aun con el mayor esfuerzo.

Se ha calculado la MOS como el valor medio de 12 puntuaciones de los oyentes japoneses (5 hombres y 7 mujeres).

2.3.3 Condiciones de audición

Se utilizaron para las pruebas de escucha las siguientes condiciones normalizadas indicadas en el Suplemento N.º 2 de la Recomendación UIT-T P.74:

- Teléfono: N.º 601 (con efecto local)
- Ruido de sala: +36 dB (A)
- Nivel de presión sonora (SPL – «Sound Pressure Level»): 75-80 dB.

2.3.4 Ajuste de las relaciones S/N y S/I

En la fig. 2 se muestra un diagrama esquemático de la configuración utilizada para las pruebas. Para las mediciones se utilizaron las siguientes cintas magnéticas:

- Se grabaron de antemano, por separado y utilizando cintas analógicas, las señales de conversación y las interferentes. Se reprodujeron estas señales y se digitalizaron mediante un convertidor A/D (analógico/ digital) (12 bits) registrándose en la cinta magnética A (MT-A) en forma de datos digitales. La frecuencia de muestreo para la conversión A/D fue de 8 kHz.
- Se calculó en un computador (CPU – «Central Processing Unit») la potencia media de la señal telefónica deseada, de la señal interferente, del ruido y del coeficiente, α , que proporciona las relaciones S/I o S/N necesarias mediante la ecuación que sigue:

$$S/I \text{ (o } S/N) = 10 \log \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i)^2}{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (\alpha d_k)^2}$$

donde:

d_i : datos muestreados de la amplitud de la señal deseada

d_k : datos muestreados de la amplitud de la señal interferente

α : coeficiente para el ajuste de las relaciones S/N o S/I .

- La relación S/I o S/N predeterminada de la muestra telefónica de prueba, S_p , se obtuvo multiplicando cada muestra de amplitud de la señal interferente, d_k , por α y añadiendo el resultado al valor de la muestra de amplitud de la señal deseada, d_i . Esta suma se convirtió después en señal analógica mediante el convertidor D/A ($S_i = \alpha d_k + d_i$).

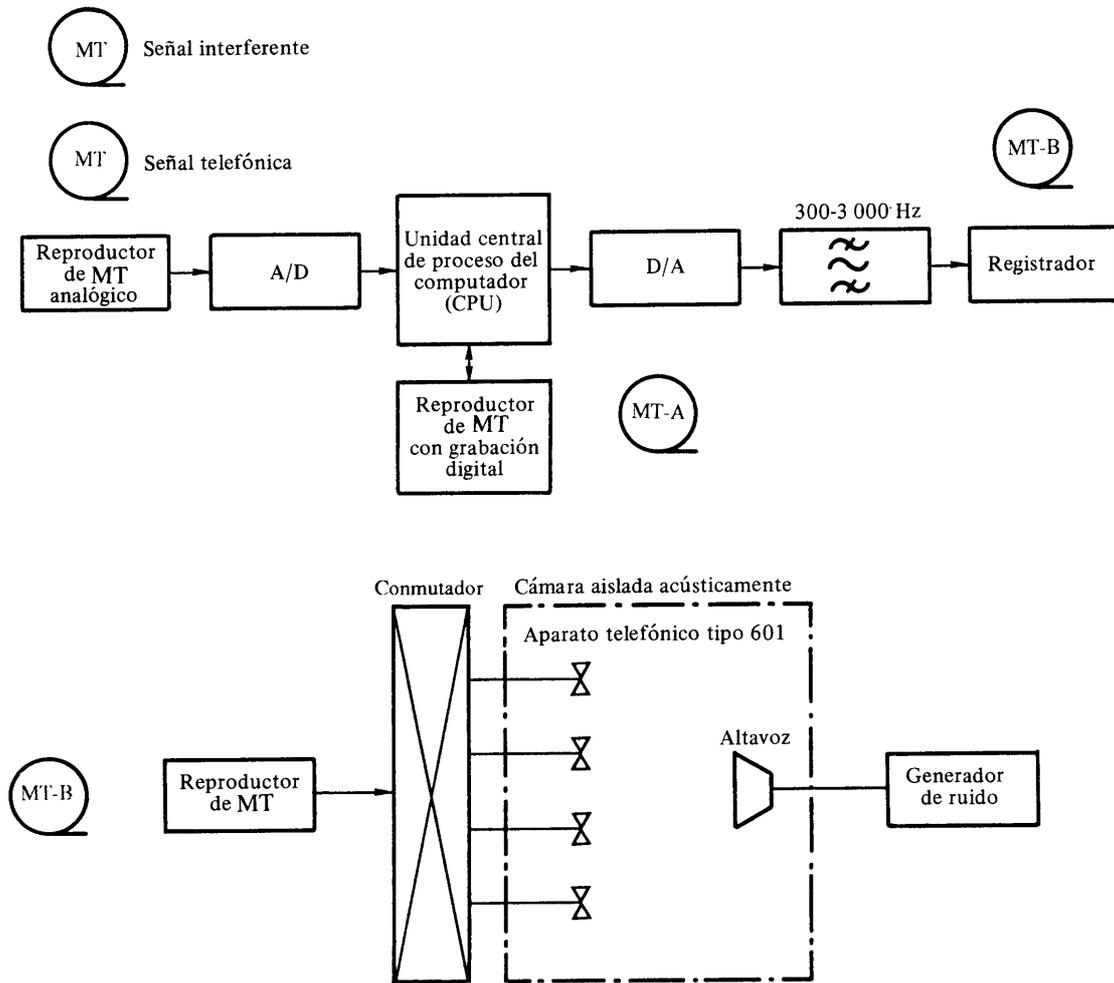
En el cuadro 4 se muestran las relaciones medidas entre potencia media y potencia en la cresta de la envolvente de las señales.

2.3.5 Determinación de la secuencia de transmisión de muestras telefónicas

En el cuadro 3 se indica a título de ejemplo, la secuencia de transmisión de las 29 muestras de señales telefónicas de prueba que se envían aleatoriamente. Siguiendo el orden aleatorio de envío, se convirtieron las señales digitales de cada muestra en señales analógicas en el convertidor D/A y se grabaron en la cinta magnética B(MT-B) a través de un filtro pasobanda de 3 kHz.

Los procesos descritos anteriormente se efectuaron automáticamente por el computador.

FIGURA 2
Configuración de la prueba



MT: Cinta magnética

D02-sc

CUADRO 4

Relaciones medidas entre potencia media y potencia en la cresta de la envolvente

Clase de emisión	Potencia media ⁽¹⁾ respecto a la potencia en la cresta de la envolvente (dB)	Potencia media ⁽²⁾ respecto a la potencia en la cresta de la envolvente (dB)
J3E	-15	-17,5
A1B	0	-3,2
F1B	0	0
J7B	-11	-

- (1) Esta potencia media se promedió durante el tiempo en que el nivel rebasaba cierto umbral de valor despreciable.
- (2) Esta potencia se promedió durante todo el tiempo, incluso cuando no existía señal.

3. Resultados de las mediciones

3.1 MOS en función de la relación S/N

Como se muestra en el cuadro 3, para cada grupo de 29 muestras telefónicas se midieron las MOS correspondientes a las relaciones S/I y S/N . Los valores de MOS en función de S/N se utilizaron después para obtener las relaciones S/I correspondientes a las calidades de servicio «apenas utilizable», «difícilmente comercial» y «comercialmente buena».

El promedio de los 480 valores de MOS para cada una de las 14 relaciones S/N probadas permitió obtener un valor medio con un error pequeño. El intervalo de confianza del 95% calculado para cada uno de los datos medios de S/N varía entre 0,072 y 0,039.

Los valores medios obtenidos para las 14 relaciones S/N se representan mediante puntos con círculos en las figs. 3 a 8.

3.2 MOS en función de la relación S/I

De modo análogo, para los valores de MOS en función de la relación S/I , los valores de MOS correspondientes a los valores de la relación S/I para cada uno de los tres grados de calidad de servicio, se obtienen por interpolación o extrapolación entre los dos valores medios S/I , como se muestra en las figs. 3 a 8.

En las figs. 3 a 8, cada valor representa el promedio de 240 pruebas de MOS en cada relación S/I y los valores P_1 , P_2 y P_3 representan las calidades de servicio «apenas utilizable», «difícilmente comercial» y «comercialmente buena», respectivamente.

En el caso de las mediciones de S/I , se efectuaron pruebas detalladas sólo para un número limitado de valores de S/I (los 6 puntos que se representan en las figs. 3 a 8 mediante cuadrados negros), que debían proporcionar valores de MOS muy parecidos a los de la relación S/N correspondiente a las tres calidades de servicio, para aumentar la fiabilidad de las pruebas y ahorrar tiempo.

El intervalo de confianza calculado para todos los valores de MOS medidos en función de la relación S/I varía entre 0,06 y 0,117, para las pruebas con emisiones J7B.

4. Consideraciones

4.1 Nota media de opinión (MOS)

Es interesante apreciar que las curvas de MOS en función de la relación S/I y de MOS en función de la relación S/N se cruzan para ciertos valores de las relaciones S/I y S/N , como se indica en las figs. 3 a 8, lo cual no estaba previsto antes de que se efectuaran las mediciones. Por ejemplo, en los casos en que la señal interferente era una emisión F1B o A1B el ruido fue más desagradable que la señal interferente cuando la relación S/I era pequeña. Por otra parte, la señal interferente fue más molesta que el ruido blanco gaussiano, cuando la relación S/I era grande, ya que entonces dicha señal interferente era fácilmente reconocible.

4.2 Relaciones de protección

Basándose en las mediciones anteriormente mencionadas, se calcularon las relaciones de protección S/I necesarias para emisiones J3E contra diferentes señales interferentes, como muestra el cuadro 5. Para obtener relaciones de protección RF para una emisión J3E, es necesario convertir los valores del cuadro 5 utilizando la correspondencia entre las relaciones de potencia de varias clases de emisiones interferentes. En el anexo 2 se describen los factores de conversión para obtener las relaciones de protección de varias clases de emisiones, para distintas señales interferentes.

FIGURA 3

MOS para una señal telefónica interferida por una emisión A1B

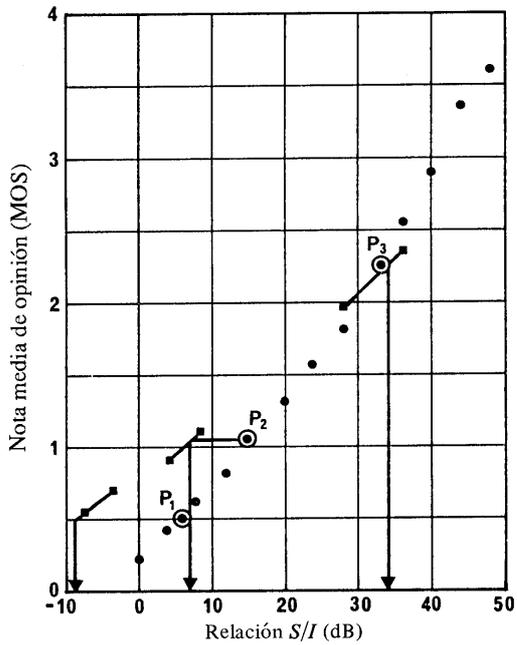
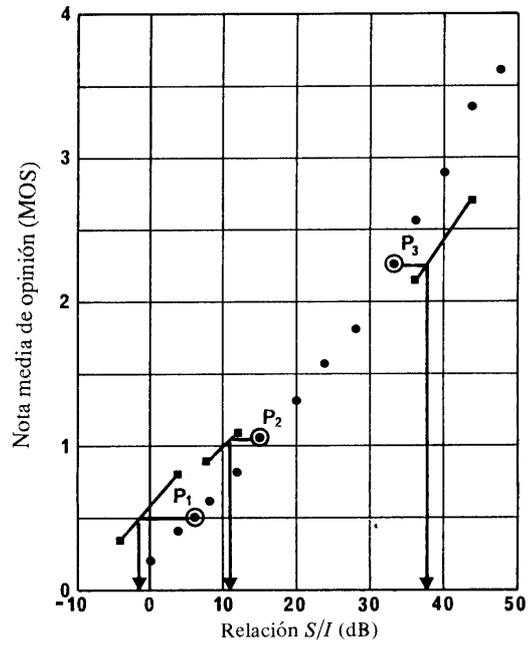


FIGURA 4

MOS para una señal telefónica interferida por una emisión F1B



Nota 1 – El signo • en las figs. 3 a 8 indica la relación MOS para la relación S/N (dB).

Nota 2 – P₁, P₂ y P₃ representan los grados de servicio «apenas utilizable», «difícilmente comercial» y «comercialmente bueno» respectivamente.

FIGURA 5

MOS para una señal telefónica interferida por una emisión F3C

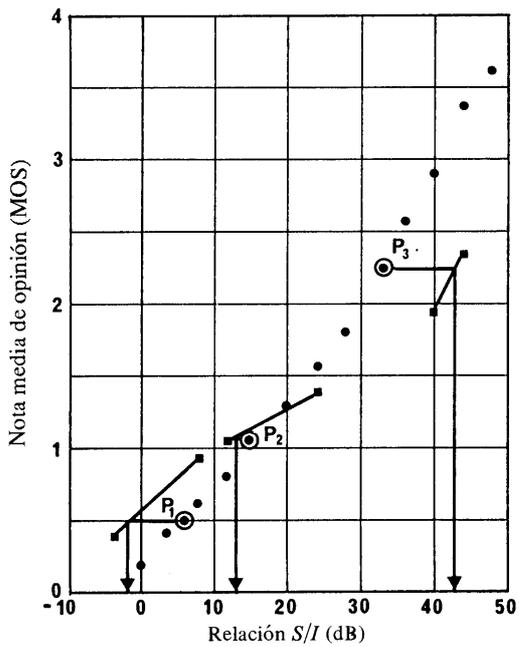


FIGURA 6

MOS para una señal telefónica interferida por una emisión F7B

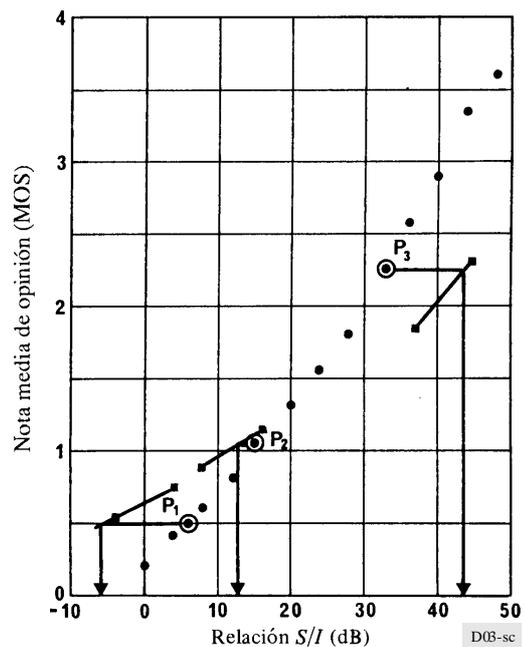


FIGURA 7

MOS para una señal telefónica interferida por una emisión J7B

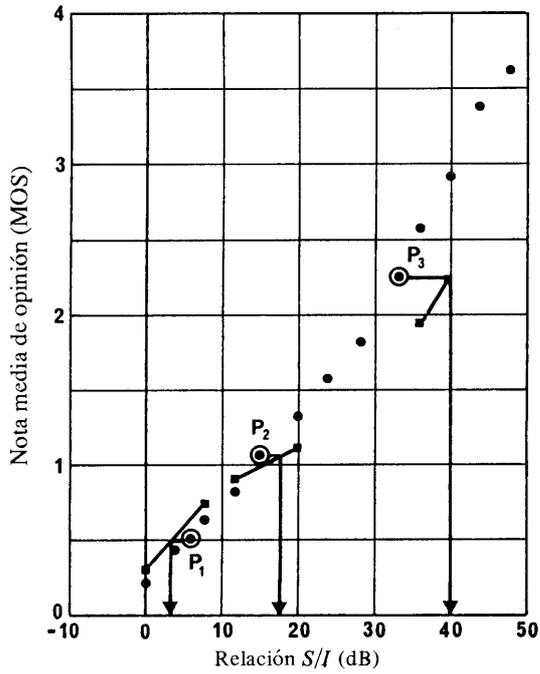
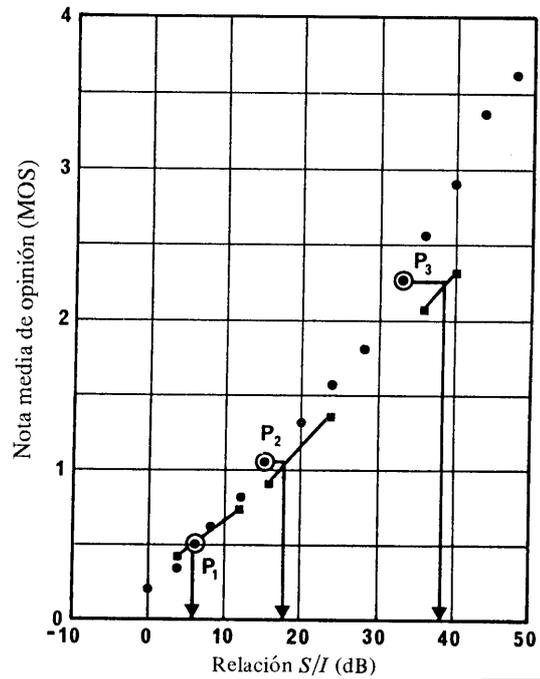


FIGURA 8

MOS para una señal telefónica interferida por una emisión J3E



D07-sc

CUADRO 5

Relaciones (S/I) necesarias para proteger emisiones de clase J3E contra diversas señales interferentes

Clase de señal interferente	Relaciones S/I necesarias (dB)		
	Apenas utilizable	Difícilmente comercial	Comercialmente buena
A1B	-9 (-17)	7 (-8)	34 (10)
F1B	-1 (-6)	11 (3)	38 (21)
F3C	-2 -	13 -	43 -
F7B	-5 -	13 -	44 -
J7B	4 -	18 -	40 -
J3E	6 -	18 -	39 -
Ruido blanco gaussiano	6 (5)	15 (14)	33 (32)

Nota 1 – Los valores indicados entre paréntesis en cada columna son las relaciones de protección que figuran en el Informe 525 (Düsseldorf, 1990) de la Comisión de Estudio 1.

Nota 2 – La potencia de la señal de audio para las emisiones A1B y J3E se midió durante el tiempo en que el nivel de la señal superaba un umbral especificado.

Factores de conversión para derivar las relaciones de protección

1. Introducción

Las relaciones de protección para las emisiones de radiotelefonía J3E, R3E, H3E, A3E y B8E se muestran en el cuadro 1. Estos valores derivan de los resultados de las mediciones de las relaciones de protección de las emisiones J3E que figuran en el anexo 1.

En este anexo se describe la conversión entre los datos medidos de potencia media del anexo 1 y de las relaciones de protección indicadas en la presente Recomendación. Estas relaciones de protección se expresan en términos de «potencia en la cresta de la envolvente» (*PX*).

Los valores de la relación de protección para emisiones distintas de la telefonía, tales como las emisiones A1A, A1B, A2A, A2B, F1B, F7B, R3C, F3C, J7B y R7B pueden obtenerse también aplicando el concepto de los factores de conversión.

2. Cálculo de las relaciones de protección

2.1 Método de cálculo

Pueden calcularse las relaciones de protección para diferentes señales de telefonía utilizando las relaciones *S/I* necesarias para proteger una emisión J3E contra las diferentes señales interferentes mencionadas en el cuadro 5 y aplicando los factores de conversión del cuadro 6, en el caso de que las señales interferentes sean radiotelefónicas. Si las señales interferentes son radiotelegráficas, han de tenerse en cuenta las siguientes disposiciones:

- En el caso de las emisiones F1B, F7B y F3C, la *PX* es igual a la potencia media (*PY*):
 - la *PX* de una emisión J7B es superior en 6 dB a la *PY*;
 - la *PX* de una emisión R7B es superior en 7 dB a la *PY*;
 - la *PX* de emisiones A1B y J2B (portadora despreciable) es superior en 3 dB a la *PY*;
 - la *PX* de una emisión H2A/H2B es superior en 6 dB a las *PY* e idéntica a la *PX* de una emisión J2B;
 - la *PX* de una emisión R3C es superior en 1 dB a las *PY*;
 - la *PX* de las emisiones A1A y A1B (50 Bd) es idéntica a la de una emisión A1B (100 Bd);
 - la *PX* de una emisión A2A es la misma que la de una emisión A2B;
 - la interferencia de una emisión F1B o F7B es la misma, independientemente de la velocidad de canal y del desplazamiento de frecuencia.

2.2 Emisión J3E

Por ejemplo, los valores indicados en el cuadro 5 son –1, 11 y 38 dB para una calidad «difícilmente comercial», «apenas utilizable», y «comercialmente buena», respectivamente, donde la señal interferente es la emisión F1B, con una velocidad de modulación de 200 Bd y desplazamiento de 400 Hz.

Como la potencia transmitida suele definirse como la potencia en la cresta de la envolvente (*PX*), la relación de protección debe expresarse en la práctica mediante la relación de *PX*. En este caso, las relaciones de protección de las emisiones J3E expresadas como las relaciones de *PX*, en condiciones estables, se indican como 9, 21 y 48 dB puesto que las relaciones de potencia entre *PX* y *PY* son 10 y 0 dB para las emisiones J3E y F1B, respectivamente.

CUADRO 6

Factores de conversión

Clase de emisión	$PX-PZ$ (dB)	$PX-Pys$ (dB)	$Pxs-Pys$ (dB)	$PX-Pxs$ (dB)
J3E	> 40	10	10	0
R3E	20	11	10	1
H3E	6	16	10	6
A3E	6	22	10	12
B8E	> 40 ó 20	16	10	6

PX : Potencia en la cresta de la envolvente

PZ : Potencia de la portadora

Pxs : Potencia en la cresta de la envolvente de un canal telefónico, es decir, potencia de una señal sinusoidal de referencia

Pys : Potencia media de un canal telefónico

2.3 Emisiones R3E, H3E y A3E

La potencia en la cresta de la envolvente (PX) para las emisiones R3E, H3E y A3E es de 1, 6 y 12 dB, respectivamente, superior a la PX de la emisión J3E cuando la PX de una banda lateral es igual a la potencia de referencia. Por tanto, la relación de protección para las emisiones R3E, H3E y A3E debe ser de 1, 6 y 12 dB, respectivamente, superior a la relación de protección para la emisión J3E.

La relación de protección para la emisión A3E que utiliza los factores de conversión anteriores, sólo es aplicable a la recepción efectuada con un receptor de banda lateral única (BLU), puesto que la frecuencia central de la señal interferente se supone que sea superior en 1,4 kHz a la frecuencia portadora de la emisión A3E.

2.4 Emisiones B8E

Para una emisión multicanal de la clase B8E, se supone que se obtiene la relación de protección cuando uno de los canales de la emisión deseada se degrada por una emisión interferente. En este caso, la banda ocupada por la emisión interferente o cae completamente dentro de una banda de 3 kHz, aproximadamente, para un canal telefónico, o lo abarca completamente. Pueden obtenerse las relaciones de protección para una emisión B8E multicanal, utilizando los factores de conversión que figuran en el cuadro 6.

Cuando la PX de un canal telefónico en la emisión B8E es igual a la de la emisión J3E, la PX de la emisión B8E es 6 dB superior a la PX de la emisión J3E. Esto significa que la relación de protección para dos o cuatro canales de la emisión B8E será 6 dB mayor que la correspondiente a la emisión J3E.

Cuando la emisión interferente es de clase R3E, B8E o J3E, puede obtenerse la relación de protección para las emisiones B8E multicanal utilizando los factores de conversión del cuadro 6 suponiendo que las frecuencias portadoras de las emisiones deseada e indeseada son iguales, y pueden despreciarse los efectos de las portadoras de las emisiones deseada e indeseada.

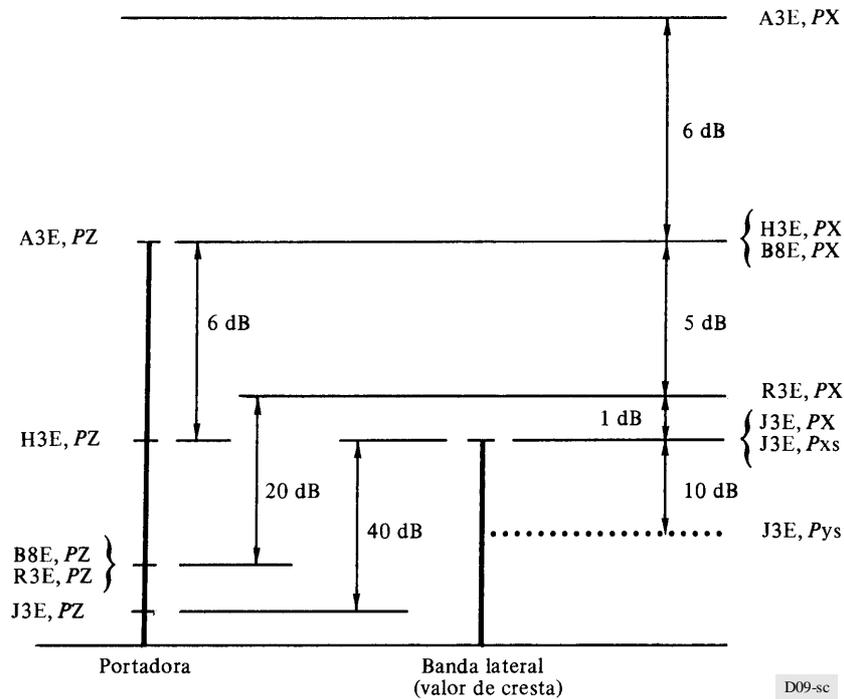
3. Hipótesis para los factores de conversión

Los valores que figuran en el cuadro 6 y la fig. 9 se obtuvieron suponiendo las hipótesis siguientes:

3.1 Emisión J3E

Para las emisiones J3E, el nivel de la potencia en la banda lateral correspondiente a una modulación del 100% es el mismo nivel que su potencia en la cresta de la envolvente.

FIGURA 9
Relaciones entre PX , PY , PZ , Pxs y Pys
para emisiones J3E, R3E, H3E, A3E y B8E



3.2 Emisión R3E

Para las emisiones R3E se utiliza un nivel de la portadora piloto de -20 dB con respecto a la potencia en la cresta de la envolvente y el nivel de la potencia en la banda lateral correspondiente a una modulación del 100% es 1 dB menor que la potencia en la cresta de la envolvente (véase la Recomendación UIT-R F.339, nota 24 del cuadro 1).

3.3 Emisión H3E

Para las emisiones H3E los niveles de la potencia en la banda lateral y de la portadora piloto correspondientes a una modulación del 100% están cada uno de ellos a -6 dB con respecto a la potencia en la cresta de la envolvente. Para la recepción se utiliza un receptor de banda lateral única (Single Sideband – SSB) (véase la Recomendación UIT-R F.339, Nota 23 del cuadro 1).

3.4 Emisión A3E

Para las emisiones A3E se utiliza un nivel de portadora de -6 dB con respecto a la potencia en la cresta de la envolvente y el nivel de la potencia en la banda lateral correspondiente a una modulación del 100% es 6 dB menor que la potencia de la portadora. Para la recepción se utiliza un receptor SSB.

3.5 Emisión B8E

Para la emisión B8E multicanal, la referencia es la potencia de una oscilación sinusoidal que modularía el transmisor a la cuarta parte (-6 dB) de su potencia en la cresta de la envolvente.

Para emisiones B8E de 3 ó 4 canales, se supone que se utilizan señales moduladoras independientes para cada canal (véase la Recomendación UIT-R SM.326, notas 2 y 3 del cuadro 1).

3.6 Potencia media de la señal vocal

Para un texto leído uniformemente la potencia media de la señal vocal es inferior en 10 dB al nivel de potencia de una señal sinusoidal de referencia (véase la Recomendación UIT-R SM.326, nota 2 del cuadro 1).

ANEXO 3

Medida de las relaciones de protección y de la separación de frecuencias mínima requerida para la clase de emisión J7B

1. Introducción

La Recomendación 240 (Ginebra, 1982) define la *separación de frecuencias necesaria* como la que debe haber «entre la frecuencia asignada de la señal deseada y la de una señal interferente cuando el nivel de esta última es, respectivamente, 0 dB, 6 dB y 30 dB mayor que el de la señal deseada» (según se establece en el número S.148 del Reglamento de Radiocomunicaciones, la frecuencia asignada se define como «el centro de la banda de frecuencias asignada a una *estación*»).

Uno de los medios más prometedores de comunicaciones digitales en las bandas de ondas decamétricas consiste en la transmisión, por un radiocanal único multiplexado, de trenes individuales de bits que modulan en frecuencia (FM) subportadoras en la banda de frecuencias vocales. En el Reglamento de Radiocomunicaciones, estos modos de funcionamiento corresponden a clases de emisión J7B y R7B. Todos los modos posibles de funcionamiento que utilizan frecuencias en la banda vocal, se considerarán como señales interferentes a efectos del cálculo de las relaciones de protección.

La estimación teórica del efecto de las señales interferentes sobre las señales de telegrafía multicanal constituye normalmente un problema de análisis no lineal y complejo en condiciones de canal en régimen transitorio, que sólo puede resolverse haciendo simplificaciones considerables.

Este anexo proporciona datos obtenidos experimentalmente en condiciones estables, acerca del efecto de las señales interferentes de las clases de emisión A1B, F1B y F7B, que son las utilizadas en mayor medida hoy en día para transmitir información digital en la banda de las ondas decamétricas, sobre la señal deseada de clase J7B.

2. Experimento

2.1 Medición de las relaciones de protección

En la práctica, las relaciones de protección pueden obtenerse mediante el circuito que aparece esquematizado en la fig. 10.

Como señal deseada se utilizó una emisión de clase J7B. La señal de banda de base, en la banda de 300-3 400 Hz, estaba formada por 6 subcanales independientes en las frecuencias dadas por la expresión:

$$f_n = 600 + (n - 1) 480 \text{ (Hz)}$$

donde n es el número del subcanal, es decir, 600 Hz, 1 080 Hz, 1 560 Hz, 2 040 Hz, 2 520 Hz y 3 000 Hz (de acuerdo con la Recomendación UIT-T R.38A), con un filtro pasobanda en el canal de 270 Hz.

La información digital se transmite en cada subcanal a una velocidad de 200 bit/s mediante una modulación en frecuencia de banda estrecha de la subportadora f_n con un índice de modulación de 0,6. En el experimento, se utilizaron como fuentes de información digital 6 generadores de secuencias pseudoaleatorias independientes, que produjeron secuencias de pulsos recurrentes de 511 bits.

De esta forma, en la salida del transmisor del módem, la señal deseada presentó una banda efectiva de 300-3 400 Hz (de acuerdo con la Recomendación UIT-T R.38A) y una potencia media constante. Esta señal se utilizó para modular el radiotransmisor en banda lateral única con portadora suprimida.

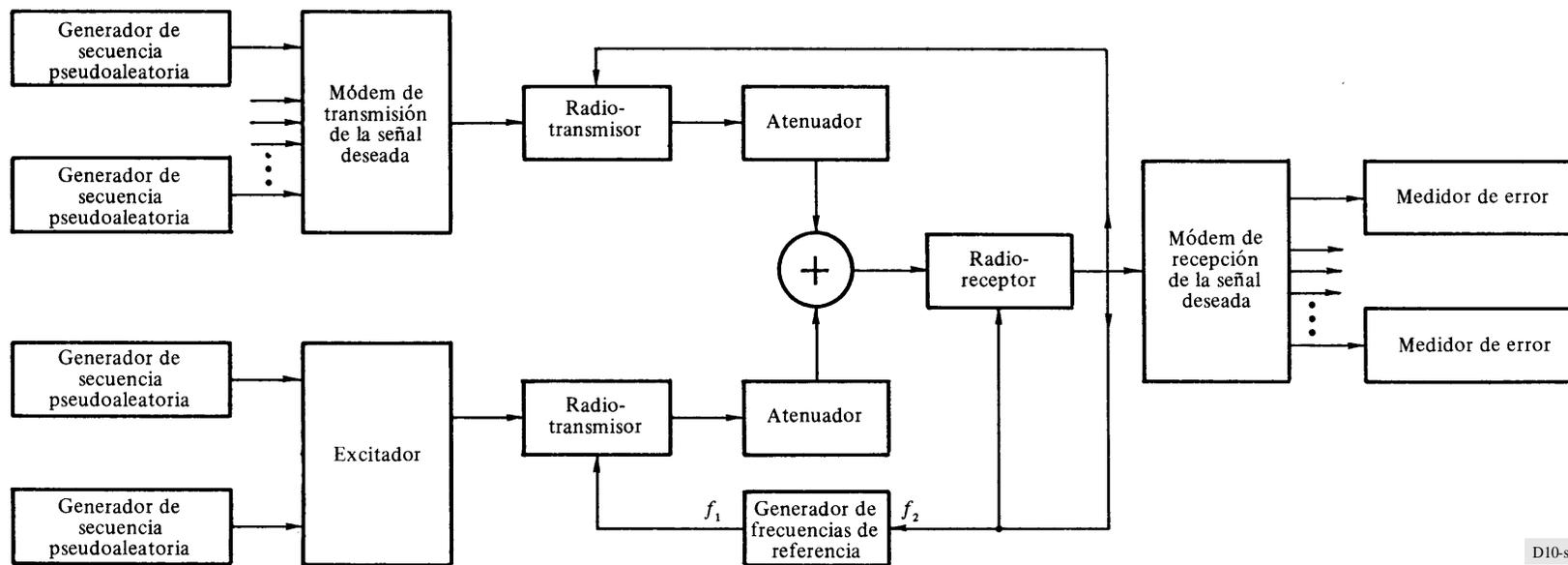
Las características de la señal interferente principal figuran en el cuadro 7.

Las señales interferentes se obtuvieron directamente a partir del excitador de un radiotransmisor diseñado para funcionar en las clases de emisión mencionadas en el cuadro 7.

Las señales digitales procedentes de los generadores de secuencias pseudoaleatorias (similares a los utilizados para el módem de la señal deseada) se conectaron en las entradas del excitador con velocidades de 50, 100 y 200 bit/s. El efecto de la interferencia sobre la señal deseada se calculó de forma separada para cada clase de emisión de la señal interferente cambiando el modo de funcionamiento del excitador.

Dado que el propósito del estudio es la determinación de la relación de protección en condiciones estables, los radiotransmisores pueden conectarse directamente a la entrada del receptor.

FIGURA 10
Circuito utilizado para medir la relación de protección



CUADRO 7

Características de la señal interferente principal

Señal interferente	Desplazamiento total de frecuencia, $2D$ (Hz)	Velocidad de modulación (bit/s)
A1B, telegrafía		50
		100
F1B, telegrafía (un canal)	200	50
	400	
	400	100
	500	100
F7B, telegrafía (dos subcanales en la banda de 300-3 400 Hz)	1 500	2×100
	3 000	2×200

Puesto que la determinación de las relaciones de protección implica la obtención de la relación señal/interferencia mínima para la cual la calidad de un enlace determinado se mantiene para cada subcanal y puesto que el espectro de la señal interferente es más estrecho que el de la señal multicanal, el circuito experimental presentaba la posibilidad de modificación de la frecuencia de trabajo, f_1 , del radiotransmisor de la señal interferente en relación con la frecuencia f_2 del receptor de banda lateral única mediante un generador de frecuencia de referencia con un escalón de 100 Hz. De esta forma con un escalón de 100 Hz y unas frecuencias centrales del subcanal de 600, 1 080, 1 560, 2 040, 2 520 y 3 000 Hz, la frecuencia central de interferencia se desvía de las frecuencias centrales del subcanal unos valores de 20, 40, 60, 80 y 100 Hz, respectivamente.

Esto hizo posible determinar el punto del mayor efecto de interferencia sobre un subcanal con una precisión máxima de frecuencia de 20 Hz.

El efecto de interferencia sobre la señal deseada se determinó mediante el valor máximo de la proporción de bits erróneos (BER) en cualquiera de los subcanales de la señal deseada, a la salida del módem del receptor.

En condiciones experimentales, la máxima BER en cualquiera de los subcanales no debe superar el valor de 1×10^{-4} , que corresponde al valor normal aceptado de la calidad de transmisión de la información digital en el canal principal de la banda de ondas decamétricas. Por lo tanto, cuando el espectro de la señal interferente se desvió con respecto a la banda de funcionamiento del receptor en banda lateral única, se eligió el punto de tal forma que se observó la máxima BER en cualquiera de los subcanales de la señal deseada, a la salida del módem del receptor. Para establecer el mínimo nivel de interferencia en el cual el subcanal más afectado por la misma presentaba una BER no superior a 1×10^{-4} , se utilizó un atenuador. Este punto caracteriza el nivel permisible de interferencia y por lo tanto caracteriza también la relación de protección para una señal multicanal.

Los niveles de las señales deseada e interferente se midieron a la entrada del receptor mediante un voltímetro de valor cuadrático medio.

Los resultados de las medidas para las diferentes clases de señales interferentes aparecen en la columna 1 del cuadro 8.

2.2 Determinación de la separación de frecuencias mínima

Para el uso eficaz del espectro de radiofrecuencias (aparte de los valores máximos de la relación de protección señal/interferencia que ocurren en el caso de superposición de los espectros de las señales deseada e interferente), es importante conocer los valores mínimos de la separación de frecuencias asignadas a las señales deseada e interferente para los casos en los que la potencia de la señal interferente sea igual a la potencia de la señal deseada, 0 dB, o la supere en 6 y 30 dB.

CUADRO 8

Resultados de mediciones de relaciones de protección y de separación de frecuencias

Señal deseada		Señal interferente: Clase de emisión F1B																			
		50 Bd 2D = 200 Hz				50 Bd 2D = 400 Hz				100 Bd 2D = 400 Hz				100 Bd 2D = 500 Hz				200 Bd 2D = 500 Hz			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz	
Telegrafía multicanal Clase de emisión	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Hz	14,5	1,9	1,9	2,0	14,5	1,9	1,9	2,1	14,5	1,9	1,9	2,8	14,5	2,0	2,0	2,9	14,5	1,9	2,0	3,1
J7B B = 3 100 Hz	2AT ⁽²⁾ 2D = 1 440 Hz	9,5	1,7	1,8	2,5	9,5	1,8	1,9	2,6	9,5	1,6	1,9	2,7	9,5	1,9	2,0	2,8	9,5	1,9	2,0	2,8

(Continuación)

Señal deseada		Señal interferente: Clase de emisión A1B								Señal interferente: Clase de emisión F7B							
		50 Bd				100 Bd				100 Bd 2D = 1 500 Hz				200 Bd 2D = 3 000 Hz			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz		dB		kHz	
Telegrafía multicanal Clase de emisión	FT ⁽¹⁾ 2D = 120 Hz	14,5	1,7	1,7	8,0	14,5	1,7	1,8	9,1	14,5	2,4	2,5	3,5	14,5	3,2	3,3	5,1
J7B B = 3 100 Hz	2AT ⁽²⁾ 2D = 1 440 Hz	10,5	1,7	1,7	8,0	10,5	1,7	1,7	8,1	10,5	2,4	2,5	3,5	10,5	2,8	2,9	4,7

⁽¹⁾ Seis canales de 200 Bd.⁽²⁾ Tres canales de 200 Bd.

Los números S1.148 y S1.149 del Reglamento de Radiocomunicaciones definen las frecuencias asignadas de las clases de emisión implicadas como el centro de la banda de frecuencias de estas emisiones. De esta forma, para una señal deseada J7B, la frecuencia asignada corresponde a la frecuencia central de la banda 300-3 400 Hz ocupada por el espectro de la señal de banda de base con una separación entre subportadoras de acuerdo con la Recomendación UIT-T R.38A.

Para medir la mínima separación de frecuencias se utilizó el circuito que aparece en la fig. 10.

En el experimento, el valor de la diferencia de frecuencias ($f_2 - f_1$) se midió con una exactitud de 100 Hz y con una probabilidad de error no superior a 10^{-4} en todos los subcanales de la señal deseada en el módem del receptor.

En el cuadro 8 se dan los resultados de estas medidas para relaciones señal/interferencia de 0 dB, -6 dB y -30 dB en las columnas 2, 3 y 4, respectivamente.

2.3 Mediciones en el modo múltiplex 2AT

Las mediciones descritas en los § 2.1 y 2.2 anteriores también se llevaron a cabo con múltiplex en el modo 2AT.

Para la medición en el modo 2AT, se forma la señal múltiplex deseada, seleccionada en la gama 300-3 400 Hz, mediante tres canales parciales independientes, transmitiéndose la información en cada uno de ellos por manipulación de dos tonos con cambio de frecuencia a 1 440 Hz.

El cuadro 9 indica las frecuencias de trabajo y reposo de cada uno de los tres canales en la banda 300-3 400 Hz.

CUADRO 9

N.º de canal 2AT	Trabajo (Hz)	Reposo (Hz)
1	600	2 040
2	1 080	2 520
3	1 560	3 000

Los resultados de las mediciones también se muestran en las columnas correspondientes del cuadro 8.

3. Conclusiones

Para la transmisión de información digital por radiocanales en la banda de ondas decamétricas mediante modulación de frecuencia de subportadoras en la banda de frecuencias vocales, con una BER no superior a 10^{-4} en condiciones estables, la mínima relación de protección para los tipos considerados de señal interferente no debe ser inferior a 14,5 dB.

Los valores de la separación de frecuencias mínima requerida también se determinaron experimentalmente.

Estas mediciones se han utilizado para revisar los valores que aparecen en el cuadro 1 para una señal deseada de clase de emisión J7B y 9 tipos de señales interferentes.
