

## RESOLUCION No. 153 /2002

**POR CUANTO:** El Decreto Ley No. 204 de fecha 11 de enero del 2000 cambió la denominación del Ministerio de Comunicaciones por la de Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, que desarrollará las tareas y funciones que hasta el presente realizaba el Ministerio de Comunicaciones, así como las de Informática y la Electrónica que ejecutaba el Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica y la Electrónica.

**POR CUANTO:** El Consejo de Estado de la República de Cuba, mediante Acuerdo de fecha 12 de enero del 2000, designó al que resuelve Ministro de la Informática y las Comunicaciones.

**POR CUANTO:** El Acuerdo No. 3736 de fecha 18 de julio del 2000, del Comité Ejecutivo del Consejo Ministro, facultó al Ministerio de la Informática y las Comunicaciones a ejercer, a nombre del Estado la soberanía que a este corresponde sobre el espectro radioeléctrico, elaborando y estableciendo la política de su utilización, ejecutando, su planificación, reglamentación, administración y control, así como realizando las coordinaciones internacionales requeridas.

**POR CUANTO:** El desarrollo alcanzado por las tecnologías de las telecomunicaciones y especialmente en el campo de las radiocomunicaciones, exige la adecuación sistemática de las disposiciones reguladoras en materia de designación de los principales parámetros técnicos que deben cumplir los emisores radioeléctricos.

**POR CUANTO:** Es imperativo conocer las anchuras de banda necesarias de las distintas clases de emisiones desde el punto de vista de la utilización eficaz del espectro de frecuencias radioeléctricas, considerando que las mismas constituyen una característica de importancia para evaluar la interferencia que puede causar una emisión radioeléctrica.

**POR CUANTO:** Se hace necesario regular las características de las emisiones radioeléctricas en materia de anchura de banda necesaria, para su aplicación a las distintas estaciones de radiocomunicaciones que operan en el país.

**POR TANTO:** En el ejercicio de las facultades que me están conferidas,

## **RESUELVO:**

**PRIMERO:** Establecer las características para la determinación de los valores de la anchura de banda necesaria para las distintas clases de emisiones radioeléctricas. que se anexan a la presente resolución, formando parte de la misma.

**SEGUNDO:** Facultar a la Dirección de Regulaciones y Normas del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones la actualización de los Anexos a la presente Resolución conforme con los requisitos impuestos por el desarrollo tecnológico en la esfera de las radiocomunicaciones.

**TERCERO:** Encargar a la Agencia de Control y Supervisión del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones, el control del cumplimiento de lo dispuesto en la presente Resolución.

**COMUNÍQUESE** a los Viceministros, a la Dirección de Regulaciones y Normas, a la Agencia de Control y Supervisión, a la Empresa de Radiocomunicaciones y Difusión de Cuba y a cuantas personas naturales y jurídicas deban conocerla. **ARCHÍVESE** el original en la Dirección Jurídica del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones.

**Dada** en ciudad de La Habana, a los 9 días del mes de diciembre del 2002.

**Ignacio González Planas**  
**Ministro**

***LIC. CARMEN LOPEZ DIAZ, Especialista General de la Dirección Jurídica del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones.***

***CERTIFICO: Que la presente Resolución Ministerial es copia fiel y exacta del original debidamente firmado en su fecha que obra en los archivos de esta Dirección a mi cargo.***

***La Habana, a los 9 días del mes de diciembre del 2002.***

## ANEXO No. 1

### **Términos y definiciones:**

**Anchura de la banda base:** Anchura de la banda de frecuencias ocupada por una señal, o por varias señales multiplexadas, que ha de encaminarse por una línea o por un sistema de transmisión radioeléctrica.

**Anchura de banda necesaria:** Para una clase de emisión dada, anchura de la banda de frecuencias estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la información a la velocidad de transmisión y con la calidad requeridas en condiciones especificadas.

**Anchura de banda ocupada:** Anchura de la banda de frecuencias tal que, por debajo de su frecuencia límite inferior y por encima de su frecuencia límite superior, se emitan potencias medias iguales cada una a un porcentaje especificado,  $\beta/2$ , de la potencia media total de una emisión dada. En ausencia de especificaciones para la clase de emisión considerada, se tomará un valor de  $\beta/2$  igual a 0,5%.

**Banda base:** Banda de frecuencias ocupada por una señal, o por varias señales multiplexadas, que ha de encaminarse por una línea o por un sistema de transmisión radioeléctrica. En el caso de las radiocomunicaciones, la señal de banda base es la señal que modula el transmisor.

**Banda de frecuencias asignada:** Banda de frecuencias en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada; la anchura de esta banda es igual a la anchura de banda necesaria más el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencia. Cuando se trata de estaciones espaciales, la banda de frecuencias asignada incluye el doble del desplazamiento máximo debido al efecto Doppler que puede ocurrir con relación a un punto cualquiera de la superficie de la Tierra.

**Frecuencia asignada:** Centro de la banda de frecuencias asignada a una estación.

**Frecuencia característica:** Frecuencia que puede identificarse y medirse fácilmente en una emisión determinada. La frecuencia portadora puede designarse, por ejemplo, como la frecuencia característica.

**Frecuencia de referencia:** Frecuencia que ocupa una posición fija y bien determinada con relación a la frecuencia asignada. La desviación de esta frecuencia con relación a la frecuencia asignada es, en magnitud y signo, la misma que la de la frecuencia característica con relación al centro de la banda de frecuencias ocupada por la emisión

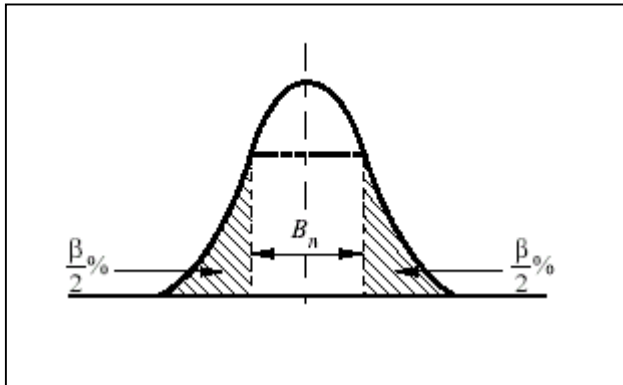
**Tiempo de establecimiento de una señal telegráfica:** Tiempo durante el cual la corriente telegráfica pasa de una décima a nueve décimas (o viceversa) del valor que alcanza en pleno régimen; cuando se trate de señales asimétricas, los tiempos de establecimiento al principio y al final de la señal pueden estar representados por dos valores distintos.

**Tiempo relativo de establecimiento de una señal telegráfica:** Relación entre el tiempo de establecimiento de una señal telegráfica y la duración del impulso a amplitud mitad.

**Tolerancia de frecuencia:** Desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el centro de la banda de frecuencias ocupada por una emisión, o entre la frecuencia de referencia y la frecuencia característica de una emisión.

**Velocidad de modulación:** La velocidad de modulación es la velocidad máxima empleada por el transmisor correspondiente. Cuando el transmisor trabaja a velocidad inferior a este máximo hay que aumentar el tiempo de establecimiento, a fin de mantener al mínimo la anchura de banda ocupada.

La siguiente figura proporciona un ejemplo de la designación de la anchura de banda de una emisión radioeléctrica con características óptimas, donde la anchura de banda necesaria coincide con la anchura de banda ocupada:



Donde:

$B_n$  : Anchura de banda necesaria

$B/2\%$ : Mitad de la potencia fuera de la banda admisible

## ANEXO No.2

### Determinación de las anchuras de banda necesarias, con inclusión de ejemplos de cálculo de las mismas

Simbología:

- $B_n$  : anchura de banda necesaria (Hz)
- $B$  : velocidad de modulación (Bd)
- $N$  : número máximo posible de elementos «negros» más «blancos» que han de transmitirse por segundo, cuando se trata de facsímil
- $M$  : frecuencia máxima de modulación (Hz)
- $C$  : frecuencia de la subportadora (Hz)
- $D$  : excursión de frecuencia de cresta, es decir, mitad de la diferencia entre los valores máximo y mínimo de la frecuencia instantánea. La frecuencia instantánea (Hz) es la velocidad de variación de la fase (rad), dividida por  $2\pi$
- $t$  : duración del impulso (s), entre los puntos de amplitud mitad
- $tr$  : tiempo de subida del impulso (s), comprendido entre el 10% y el 90% de la amplitud
- $K$  : factor numérico general que varía según la emisión y que depende de la distorsión admisible de la señal
- $N_c$  : número de canales de la banda de base en los sistemas radioeléctricos que emplean multiplexaje multicanal
- $f_p$  : frecuencia de la subportadora piloto de continuidad (Hz) (señal continua utilizada para comprobar el funcionamiento de los sistemas de multiplexaje por distribución de frecuencia).

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
<b>I. AUSENCIA DE TODA MODULACIÓN</b>			
Emisión de onda continua	-	-	Ninguna
<b>II. MODULACIÓN DE AMPLITUD</b>			
1. Señal con información cuantificada o digital			
Telegrafía por onda continua, código Morse	$B_n = BK$ $K = 5$ para los circuitos con desvanecimiento $K = 3$ para los circuitos sin desvanecimiento	25 palabras por minuto $B = 20, K = 5$ Anchura de banda: 100 Hz	100HA1AAN

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
1. Señal con información cuantificada o digital (cont...)			
Telegrafía con manipulación por interrupción (señal o nada) de una portadora modulada por una audiofrecuencia, código Morse	$Bn = BK + 2M$ $K = 5$ para los circuitos con desvanecimiento $K = 3$ para los circuitos con desvanecimiento	25 palabras por minuto $B = 20$ , $M = 1\ 000$ , $K = 5$ Anchura de banda: $2\ 100\ \text{Hz} = 2,1\ \text{kHz}$	2K10A2AAN
Señal de llamada selectiva que utiliza un código secuencial de una sola frecuencia, banda lateral única y portadora completa	$Bn = M$	La frecuencia máxima de código es: $2\ 110\ \text{Hz}$ $M = 2\ 110$ Anchura de banda: $2\ 110\ \text{Hz} = 2,11\ \text{kHz}$	2K11H2BFN
Telegrafía de impresión directa que utiliza una subportadora de modulación por desplazamiento de frecuencia con corrección de errores, banda lateral única y portadora suprimida (un solo canal)	$Bn = 2M + 2DK$ $M = B/2$	$B = 50$ $D = 35\ \text{Hz}$ (desplazamiento de $70\ \text{Hz}$ ) $K = 1,2$ Anchura de banda: $134\ \text{Hz}$	134HJ2BCN
Telegrafía, multicanal de frecuencia vocal, corrección de errores, algunos canales son multiplexados por división en el tiempo, banda lateral única, portadora reducida	$Bn = \text{frecuencia central más alta} + M + DK$ $M = B/2$	15 canales; la frecuencia central más alta es $2\ 805\ \text{Hz}$ $B = 100$ $D = 42,5\ \text{Hz}$ (desplazamiento de $85\ \text{Hz}$ ) $K = 0,7$ Anchura de banda: $2\ 885\ \text{Hz} = 2,885\ \text{kHz}$	2K89R7BCW
2. Telefonía (calidad comercial)			
Telefonía de doble banda lateral (un solo canal)	$Bn = 2M$	$M = 3\ 000$ Anchura de banda: $6\ 000\ \text{Hz} = 6\ \text{kHz}$	6K00A3EJN
Telefonía de banda lateral única, portadora completa (un solo canal)	$Bn = M$	$M = 3\ 000$ Anchura de banda: $3\ 000\ \text{Hz} = 3\ \text{kHz}$	3K00H3EJN
Telefonía de banda lateral Única con portadora suprimida (un solo canal)	$Bn = M - \text{frecuencia de modulación más baja}$	$M = 3\ 000$ frecuencia de modulación más baja = $300\ \text{Hz}$ Anchura de banda: $2\ 700\ \text{Hz} = 2,7\ \text{kHz}$	2K70J3EJN
Telefonía con señal separada modulada en frecuencia para controlar el nivel de la señal vocal demodulada, con banda lateral única y portadora reducida (Lincompex) (un solo canal)	$Bn = M$	La frecuencia máxima de control es $2\ 990\ \text{Hz}$ $M = 2\ 990$ Anchura de banda: $2\ 990\ \text{Hz} = 2,99\ \text{kHz}$	2K99R3ELN
Telefonía con secreto de las comunicaciones, banda lateral única y portadora suprimida (dos o más canales)	$Bn = NcM - \text{frecuencia de modulación más baja en el canal inferior}$	$Nc = 2$ $M = 3\ 000$ La frecuencia de modulación más baja es $250\ \text{Hz}$ Anchura de banda: $5\ 750\ \text{Hz} = 5,75\ \text{kHz}$	5K75J8EKF

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
2. Telefonía (calidad comercial)			
Telefonía de bandas laterales independientes (dos o más canales)	$Bn = \text{suma de } M \text{ para cada banda lateral}$	2 canales $M = 3\ 000$ Anchura de banda: $6\ 000\ \text{Hz} = 6\ \text{kHz}$	6K00B8EJN
3. Radiodifusión sonora			
Radiodifusión sonora de doble banda lateral	$Bn = 2M$ $M$ puede variar entre 4 000 y 10 000, según la calidad deseada	Palabra y música, $M = 4\ 000$ Anchura de banda: $8\ 000\ \text{Hz} = 8\ \text{kHz}$	8K00A3EGN
Radiodifusión sonora de banda lateral única con portadora reducida (un solo canal)	$Bn = M$ $M$ puede variar entre 4 000 y 10 000, según la calidad deseada	Palabra y música, $M = 4\ 000$ Anchura de banda: $4\ 000\ \text{Hz} = 4\ \text{kHz}$	4K00R3EGN
Radiodifusión sonora de banda lateral única con portadora suprimida	$Bn = M - \text{frecuencia de modulación más baja}$	Palabra y música, $M = 45000$ frecuencia de modulación más baja = 50 Hz Anchura de banda: $4\ 450\ \text{Hz} = 4,45\ \text{kHz}$	4K45J3EGN
4. Televisión			
Televisión, imagen y sonido	Para las anchuras de banda comúnmente empleadas en los sistemas de televisión, véanse los documentos correspondientes del UIT-R	Número de líneas: 525 Anchura nominal de la banda de vídeo = 4,2 MHz Separación de la portadora de sonido respecto de la portadora de imagen: 4,5 MHz Anchura total de la banda de vídeo: 5,75 MHz Anchura de banda del canal de sonido, modulado en frecuencia, incluidas las bandas de guarda: 250 kHz Anchura de banda del canal de radiofrecuencia: 6 MHz	5M75C3F -- 250KF3E
5. Facsímil			
Facsímil analógico con modulación de frecuencia de la subportadora de una emisión de banda lateral única con portadora reducida blanco y negro	$Bn = C + N/2 + DK$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ correspondiente a un índice de cooperación de 352 y a una velocidad de rotación de tambor de 60 rpm. El índice de cooperación es el producto del diámetro del tambor y el número de líneas por unidad de longitud. $C = 1\ 900$ $D = 400\ \text{Hz}$ Anchura de banda: $2\ 890\ \text{Hz} = 2,89\ \text{kHz}$	2K89R3CMN
Facsímil analógico; modulación de frecuencia de una subportadora de audiofrecuencia que modula la portadora principal con banda lateral única y portadora suprimida	$Bn = 2M + 2DK$ $M = N/2$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1\ 100$ $D = 400\ \text{Hz}$ Anchura de banda: $1\ 980\ \text{Hz} = 1,98\ \text{kHz}$	1K98J3C--

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
6. Emisiones complejas			
Sistema de relevadores radioeléctricos de televisión, de doble banda lateral	$Bn = 2C + 2M + 2D$	Frecuencias de vídeo limitadas a 5 MHz, sonido en subportadora de 6,5 MHz, modulada en frecuencia con excursión de 50 kHz: $C = 6,5 \times 10^6$ $D = 50 \times 10^3$ Hz $M = 15\ 000$ Anchura de banda: $13,13 \times 10^6$ Hz = 13,13 MHz	13M1A8W --
Sistema de relevadores radioeléctricos de doble banda lateral; multiplexaje por distribución de frecuencia	$Bn = 2M$	10 canales telefónicos que ocupan la banda de base 1-164 kHz $M = 164\ 000$ Anchura de banda: 328000 Hz= 328 kHz	328KA8E --
Emisión de doble banda lateral de VOR con telefonía (VOR = radiofaro omnidireccional VHF)	$Bn = 2Cmáx + 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	La portadora principal está modulada por: – una subportadora de 30 Hz – una portadora que resulta de una frecuencia de tono de 9 960 Hz modulada por un tono de 30 Hz – un canal telefónico – un tono de manipulación de 1 020 Hz para identificación Morse continua $Cmáx = 9\ 960$ $M = 30$ $D = 480$ Hz Anchura de banda: 20940 Hz=20,94 kHz	20K9A9WWF
Bandas laterales independientes; varios canales telegráficos con corrección de errores junto con varios canales telefónicos con secreto de las comunicaciones; multiplexaje por distribución de frecuencia	$Bn =$ suma de $M$ para cada banda lateral	Normalmente los sistemas complejos se explotan de conformidad con disposiciones normalizadas de canales (por ejemplo la Rec. UIT-R F.348) 3 canales telefónicos y 15 canales telegráficos necesitan una anchura de banda de: 12 000 Hz = 12 kHz	12K0B9WWF
III. MODULACIÓN DE FRECUENCIA			
1. Señal con información cuantificada o digital			
Telegrafía sin corrección de errores (un solo canal)	$Bn = 2M + 2DK$ $M = B/2$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BBN
Telegrafía de impresión directa de banda estrecha con corrección de errores (un solo canal)	$Bn = 2M + 2DK$ $M = B/2$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BCN
Señal de llamada selectiva	$Bn = 2M + 2DK$ $M = B/2$ $K = 1,2$ (valor típico)	$B = 100$ $D = 85$ Hz (desplazamiento de 170 Hz) Anchura de banda: 304 Hz	304HF1BCN



Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
1. Señal con información cuantificada o digital (cont....)			
Telegrafía dúplex de cuatro frecuencias	$Bn = 2M + 2DK$ $B$ = velocidad de modulación (Bd) del canal más rápido. Si los canales están sincronizados: $M = B/2$ (de lo contrario, $M = 2B$ ) $K = 1,1$ (valor típico)	Separación entre frecuencias adyacentes = 400 Hz Canales sincronizados $B = 100$ $M = 50$ $D = 600$ Hz Anchura de banda: 1 420 Hz = 1,42 kHz	1K42F7BDX
2. Telefonía calidad comercial			
Telefonía comercial	$Bn = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico, pero en ciertos casos puede ser necesario emplear valores de $K$ más elevados)	Para un caso medio de telefonía comercial, $D = 5 000$ Hz $M = 3 000$ Anchura de banda: 16 000 Hz = 16 kHz	16K0F3EJN
3. Radiodifusión sonora			
Radiodifusión sonora	$Bn = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	Monoaural $D = 75 000$ Hz $M = 15 000$ Anchura de banda: 180000 Hz = 180 kHz	180KF3EGN
4. Facsímil			
Facsímil por modulación directa en frecuencia de la portadora; blanco y negro	$Bn = 2M + 2DK$ $M = N/2$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1 100$ elementos por segundo $D = 400$ Hz Anchura de banda: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F1C --
Facsímil analógico	$Bn = 2M + 2DK$ $M = N/2$ $K = 1,1$ (valor típico)	$N = 1 100$ elementos por segundo $D = 400$ Hz Anchura de banda: 1 980 Hz = 1,98 kHz	1K98F3C --
5. Emisiones complejas (véase el Anexo III)			
Sistema de relevadores radioeléctricos; multiplaje por distribución de frecuencia	$Bn = 2fp + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	60 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-300 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 331 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 100 kHz $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 2,02$ $= 1,52 \times 10^6$ Hz $fp = 0,331 \times 10^6$ Hz Anchura de banda: $3,702 \times 10^6$ Hz $= 3,702$ MHz	3M70F8EJF

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
5. Emisiones complejas (véase el Anexo III) (Cont...)			
Sistema de relevadores radioeléctricos; multiplaje por distribución de frecuencia	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	960 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-4 028 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 4715 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 5,5$ $= 4,13 \times 10^6$ Hz $M = 4,028 \times 10^6$ $f_p = 4,715 \times 10^6$ $(2M + 2DK) > 2 f_p$ Anchura de banda: $16,32 \times 10^6$ Hz $= 16,32$ MHz	16M3F8EJF
Sistema de relevadores radioeléctricos; multiplaje por distribución de frecuencia	$B_n = 2f_p$	600 canales telefónicos que ocupan la banda de base de 60-2 540 kHz; excursión eficaz por canal: 200 kHz; la frecuencia piloto de continuidad en 8500 kHz produce una excursión eficaz de la portadora principal de 140 kHz. $D = 200 \times 10^3 \times 3,76 \times 4,36$ $= 3,28 \times 10^6$ Hz $M = 2,54 \times 10^6$ $K = 1$ $f_p = 8,5 \times 10^6$ $(2M + 2DK) < 2 f_p$ Anchura de banda: $17 \times 10^6$ Hz = 17 MHz	17M0F8EJF
Radiodifusión sonora estereofónica con subportadora secundaria de telefonía con multiplaje	$B_n = 2M + 2DK$ $K = 1$ (valor típico)	Sistema de frecuencia piloto $M = 75\ 000$ $D = 75\ 000$ Hz Anchura de banda: 300 000 Hz = 300 kHz	300KF8EHF
IV. MODULACIÓN POR IMPULSOS			
1. Radar			
Emisión de impulsos no modulados. Radar primario	$B_n = 2K/t$ $K$ depende de la relación entre la duración del impulso y el tiempo de subida del mismo. Su valor, por lo general, está comprendido entre 1 y 10, y en muchos casos no es necesario que exceda de 6	Poder de resolución en distancia: 150 m $K = 1,5$ (impulso triangular con $t \cong tr$ sólo se consideran los componentes desde, el más fuerte hasta 27 dB por debajo. Luego: $t = \frac{2 \times (\text{poder de resolución en distancia})}{\text{velocidad de la luz}}$ $= 1 \times 10^{-6}$ s Anchura de banda: $3 \times 10^6$ Hz = 3 MHz	3M00P0NAN
Impulso trapezoidal	$B_n = \frac{1,79}{\sqrt{t \cdot tr}}$ Hz A 20 dB por debajo del valor de cresta de la envolvente del espectro	$t = 3 \times 10^{-6}$ s $tr = 0,06675 \times 10^{-6}$ s Anchura de banda: $4 \times 10^6$ Hz	4M00PON

Descripción de la emisión	Anchura de banda necesaria		Denominación de la emisión
	Fórmula	Ejemplo de cálculo	
1. Radar (Cont...)			
Impulso trapezoidal asimétrico	$B_n = 1,27 \sqrt{\frac{1}{t_r} + \frac{1}{t_f}} \frac{1}{t}$ <p>A 20 dB por debajo del valor de cresta de la envolvente del espectro</p>	$t = 3 \times 10^{-6} \text{ s}$ $t_r = 0,06675 \times 10^{-6} \text{ s}$ $t_f = 0,167 \times 10^{-6} \text{ s}$ Anchura de banda: $3,36 \times 10^6 \text{ Hz}$	3M36P0N
Impulso rectangular (ideal)	$B_n = \frac{6,36}{t} \text{ Hz}$ <p>A 20 dB por debajo del valor de cresta de la envolvente del espectro</p>	$t = 1,41 \times 10^{-6} \text{ s}$ $B_n = 4,5 \times 10^6 \text{ Hz}$	4M50P0N
2. Emisiones complejas			
Sistema de relevadores radioeléctricos	$B_n = 2K/t$ $K = 1,6$	Impulsos modulados en posición por una banda de base de 36 canales telefónicos. Duración del impulso de amplitud mitad = $0,4 \mu\text{s}$ Anchura de banda: $8 \times 10^6 \text{ Hz} = 8 \text{ MHz}$ (Anchura de banda independiente del número de canales telefónicos)	8M00M7EJT

### ANEXO No.3

#### **Factores de multiplicación que deben utilizarse para calcular la excursión de frecuencia de cresta $D$ en las emisiones multicanal con modulación de frecuencia y multiplaje por distribución de frecuencia (MF-MDF)**

<p>Para los sistemas MF-MDF, la anchura de banda necesaria es:</p> <p style="text-align: center;"><b><math>B_n = 2 M + 2 DK</math></b></p> <p>El valor de <math>D</math>, excursión de frecuencia de cresta, que aparece en estas fórmulas de <math>B_n</math> se calcula multiplicando el valor eficaz de la excursión por canal, por el «factor de multiplicación» apropiado que se indica más abajo. En el caso en que exista una señal piloto de continuidad, de frecuencia <math>f_p</math> por encima de la frecuencia de modulación máxima <math>M</math>, la fórmula general pasa a ser:</p> <p style="text-align: center;"><b><math>B_n = 2 f_p + 2 DK</math></b></p> <p>En el caso en que el índice de modulación de la portadora principal producido por la señal piloto, sea inferior a 0,25 y la excursión de frecuencia eficaz de la portadora principal producida por la señal piloto sea inferior o igual al 70% del valor eficaz de la excursión por canal, la fórmula general pasa a ser:</p> <p style="text-align: center;"><b><math>B_n = 2 f_p</math> o <math>B_n = 2 M + 2 DK</math></b></p> <p>adoptándose el valor que sea mayor.</p>	
	Factor de multiplicación <sup>(1)</sup>
Número de canales telefónicos, $N_c$	$(\text{Factor de cresta}) \times \text{antilog} \left[ \frac{\text{Valor en dB por encima del nivel de modulación de referencia}}{20} \right]$
$3 < N_c < 12$	$4.47 \times \text{antilog} \left[ \frac{\text{valor en dB especificado por el fabricante del equipo o por concesionario de la estación, y sujeto a la aprobación de la entidad competente del MIC}}{20} \right]$
$12 \leq N_c < 60$	$\frac{3.76 \times \text{antilog} (X+2 \log_{10} N_c)}{20}$ X: $-2 a + 2.6$ <sup>(2)</sup>
$60 \leq N_c < 240$	$\frac{3.76 \times \text{antilog} (X+4 \log_{10} N_c)}{20}$ X: $-5.6 a - 1.0$ <sup>(2)</sup>
$N_c \geq 240$	$\frac{3.76 \times \text{antilog} (X+10 \log_{10} N_c)}{20}$ X: $-19.6 a - 15$ <sup>(2)</sup>

(1) En este Cuadro, los factores de multiplicación 3,76 y 4,47 corresponden a factores de cresta de 11,5 dB y 13,0 dB respectivamente.

(2) Los valores  $X = 2,6, -1$  y  $-15$  representan los valores medios de potencia (dBm0) que corresponden a un circuito normalizado de la red telefónica conmutada pública comercial, para  $12 \leq N_c < 60$ ,  $60 \leq N_c < 240$  y  $N_c \geq 240$ , respectivamente. Las consecuencias de una reducción en la potencia del abonado que habla en el circuito telefónico que alimenta un circuito radioeléctrico de MDF-MF se traducen en una excursión de cresta menor, puede proyectarse un sistema de microondas en el que para el parámetro del nivel medio de la potencia del canal de mensaje se elija entre el nivel indicado anteriormente y un nivel 4,6 dB inferior.

Para tener en cuenta la disminución de 4,6 dB del valor medio de la «potencia de la persona que habla» en los circuitos de conversación telefónica, típicamente los valores son reflejados por la variable  $X$  que puede oscilar entre los valores 2,6, -1, y -15 y los correspondientes valores 4,6 dB inferiores, dependiendo del número total de circuitos del sistema MDF-MF, y la composición del propio sistema.

## ANEXO No.4

### Anchura de banda necesaria y ejemplos del valor de $K$ para diversos métodos de modulación digital.

**Simbología:**

- $B_n$  : Anchura de banda necesaria (Hz)  
 $D$  : Excursión de frecuencia de cresta, es decir, mitad de la diferencia entre los valores máximo y mínimo de la frecuencia instantánea. La frecuencia instantánea (Hz) es la velocidad de variación de la fase (rad), dividida por  $2\pi$   
 $K$  : factor numérico general que varía según la emisión y que depende de la distorsión admisible de la señal  
 $R$  : *Velocidad binaria*  
 $S$  : El número de estados de señalización

Tipo de modulación y condiciones	Expresión de la anchura de banda necesaria	Ejemplo de valor de $K$	Porcentaje de confinamiento de potencia fraccional en la anchura de banda(1)
Modulación por desplazamiento de fase binaria (MDP-2) (sin filtrar) $S = 2$ (calculado)	$B_n = \frac{2 RK}{\log_2 S}$	10,28 2,0	99 95
MDP-2 (con filtro, BER = $1 \times 10^{-3}$ ) $S = 2$ (calculado)	$B_n = \frac{2 RK}{\log_2 S}$	1,0 <sup>(2)</sup> 0,75 <sup>(3)</sup>	100 100
Modulación por desplazamiento mínimo (MDM) (sin filtrar) $S = 2$ (calculado) $D = 0,25 R$	$B_n = \frac{R}{\log_2 S} + 2 DK$	0,36 3,52	99 99,9
MDM con filtro gaussiano (MDMG) Anchura de banda a 3 dB del filtro gaussiano de premodulación = $0,25 R$ $S = 2$ (calculado) $D = 0,25 R$	$B_n = \frac{R}{\log_2 S} + 2 DK$	-0,28 0,18	99 99,9
MF digital (MDF con fase continua) impulsos rectangulares $S = 2$ (calculado) $D = 0,35 R$	$B_n = \frac{R}{\log_2 S} + 2 DK$	0,89	99
MAQ- $m$ Microonda digital $S = 2^n$ ( $n \geq 2$ ) Caída = 0 a 1 División Tx/Rx de 50% con filtrado óptimo (calculado) <sup>(4), (5)</sup>	$B_n = \frac{2 RK}{\log_2 S}$	Véase la Fig. 1	Véase la Fig. 1

(1) En la Recomendación UIT-R F.1191 se prevé que para el servicio fijo con modulación digital, la anchura de banda deberá definirse para un porcentaje de confinamiento de potencia fraccional igual a 99%.

(2) Para este caso  $E_b/N_0 = 7,5$  dB.

(3) Para este caso  $E_b/N_0 = 9,3$  dB.

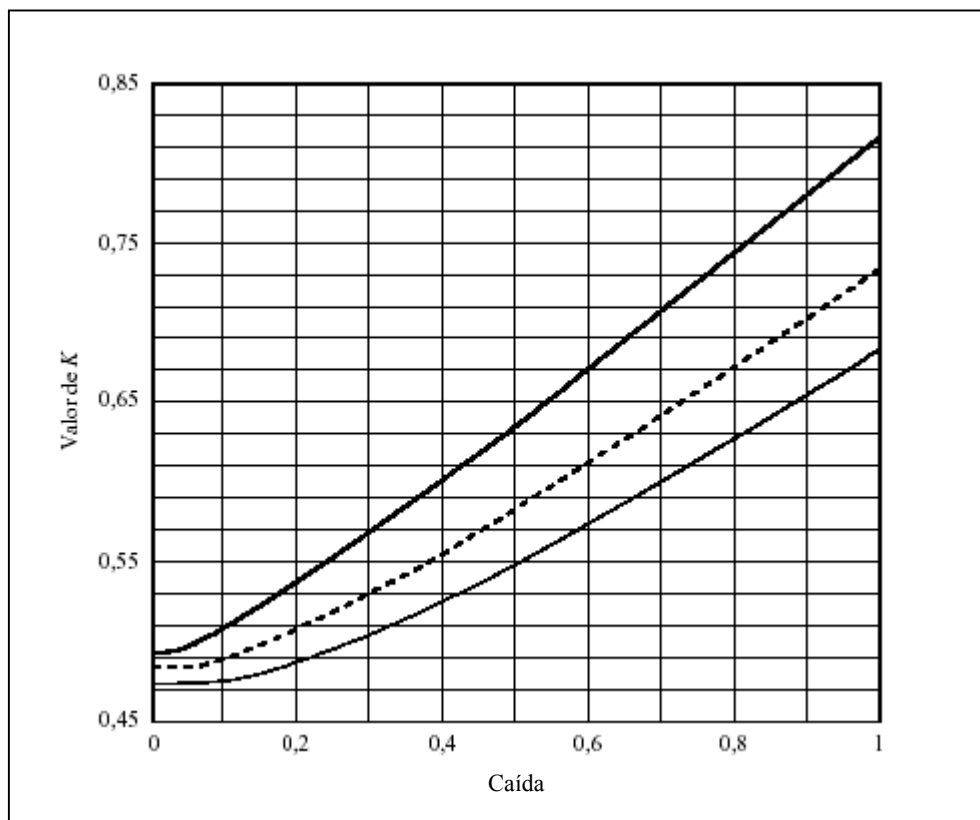
(4) El filtrado utilizado en la práctica puede producir una ligera diferencia en la relación calculada entre el valor de  $K$  y el confinamiento.

(5) Los formatos MAQ-4 y MAQ-8 coinciden con los formatos MDP-4 y MDP-8 con filtrado.

Los valores numéricos del factor  $K$  dependen de la magnitud y perfil de la característica de selectividad del filtro. Las características de diseño del filtro se determinan con arreglo a cada caso particular. Por

consiguiente, no resulta práctico ni ventajoso dar a  $K$  un valor numérico único en las fórmulas que determinan la anchura de banda necesaria.

**FIGURA 1**  
**Valor de  $K$  en función de la caída para formatos de modulación MAQ- $m$**   
**Parámetros: Factor de confinamiento de potencia**



Confinamiento de potencia (%): — 95  
- - 97  
— 99