

RECOMENDACIÓN UIT-R F.1111-1*

**SISTEMA LINCOMPEX PERFECCIONADO PARA CIRCUITOS RADIOTELEFÓNICOS
EN ONDAS DECAMÉTRICAS**

(Cuestión UIT-R 146/9)

(1994-1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que, para mantener una calidad de transmisión satisfactoria en los circuitos radiotelefónicos internacionales explotados en las frecuencias inferiores a 30 MHz y conectados a la red nacional, hay que compensar, en el extremo transmisor, la mayor parte, si no la totalidad, de las variaciones del volumen vocal de los abonados, y también la mayor parte, si no la totalidad, de las pérdidas que se producen entre el abonado y el centro internacional;
- b) que, en consecuencia, el circuito funciona a menudo en condiciones de ganancia total (entre puntos de dos hilos) y que es necesario emplear un supresor de reacción para mantener la estabilidad;
- c) que el supresor de reacción reduce notablemente la calidad de funcionamiento del circuito debido a su acción de conmutación y a su tendencia al funcionamiento indebido bajo el efecto del ruido o de la interferencia que se produce en el trayecto radioeléctrico;
- d) que la utilización de un supresor de reacción para asegurar la estabilidad global del canal radiotelefónico inhibe la interconexión en cuatro hilos (véase la Recomendación UIT-T G.101) de los circuitos radioeléctricos con los circuitos en cable o por satélite de gran longitud;
- e) que si la pérdida de transmisión total en los circuitos radiotelefónicos en ondas decamétricas fuese casi constante, se podría eliminar el supresor de reacción e integrar un circuito radioeléctrico en una cadena internacional;
- f) que, para mantener constante la pérdida total y compensar al propio tiempo las variaciones del volumen vocal del abonado y las pérdidas de las líneas, hay que introducir en el extremo receptor del circuito una atenuación equivalente a la ganancia introducida en el extremo transmisor;
- g) que las ventajas que ofrecen los compansores (compresores-expansores), utilizados en algunos sistemas de transmisión en línea, son muy conocidas, pero que no pueden obtenerse directamente en un circuito radioeléctrico en el que se produzcan desvanecimientos;
- h) que, en un circuito radioeléctrico de esta clase, hay que controlar el expansor empleando otros medios para transmitir la información relativa al estado de funcionamiento del compresor;
- j) que estos medios alternativos permiten aprovechar una relación de compresión superior a la empleada en los compansores de línea, y que es generalmente de 2/1 ó 4/1;
- k) que se ha determinado que el comportamiento y las ventajas de un sistema con un compresor y expansor acoplados son aplicables a diferentes entornos de comunicaciones; y que para la transmisión en ondas decamétricas, una administración ha informado una mejora media de 22 dB en el tiempo para señales vocales típicas en condiciones de propagación variables con una mejora máxima de 47 dB;
- l) que este comportamiento y estas ventajas del sistema son convenientes para la utilización en circuitos radioeléctricos que sólo tienen estabilidades de frecuencia moderadas y diversas anchuras de banda de canal vocal;
- m) que con tales circuitos radioeléctricos puede producirse la pérdida de la naturalidad de la voz como resultado del error de frecuencias de extremo a extremo y que, en muchos casos, no es práctico o no es posible eliminar el error;

* Esta Recomendación debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 8 y 10 de Radiocomunicaciones.

- n) que este error de frecuencia de extremo a extremo tiene un efecto adverso sobre el comportamiento y las ventajas del sistema;
- o) que los medios alternativos empleados para transmitir la información de compresión al expansor también se pueden utilizar para eliminar el efecto de los errores de frecuencia de extremo a extremo y, por tanto, proporcionar el comportamiento y las ventajas del sistema preservando la naturalidad de la voz;
- p) que los medios alternativos empleados para transmitir la información de compresión al expansor y la banda de compresión vocal deben encontrarse dentro de las anchuras de banda de canal vocal disponibles;
- q) que es sumamente deseable que este sistema pueda interfundionar con estaciones no equipadas para aplicaciones en redes que cursan tráfico mixto;
- r) que en el caso de aplicaciones en las que todas las estaciones están equipadas con el sistema y el interfundionamiento no es un problema, el extremo receptor del sistema debe quedar en silencio cuando no se reciben señales Lincompex;
- s) que, con una disposición de este tipo, los dos extremos de un circuito serán complementarios, y tendrán que normalizarse los parámetros esenciales del sistema,

recomienda

- 1 que, cuando sea posible, los circuitos radiotelefónicos en ondas decamétricas funcionen con una pérdida de transmisión total constante (entre puntos de dos hilos) y que el sistema sea igualmente aplicable a los circuitos dúplex y semidúplex (simplex);
- 2 que, para lograr esta característica, se utilice un sistema con compresor y expansor acoplados por medio de un canal de control (un sistema de este tipo se denomina «Lincompex», que es la contracción de la expresión inglesa «linked compressor and expander» (compresor y expansor acoplados). Lincompex no es una marca de fábrica ni se refiere al constructor de un equipo determinado, distinto del canal vocal y resistente a las distorsiones provocadas por los desvanecimientos); y que se utilice el canal de control para corregir los errores de frecuencia de la banda de base debidos a los equipos del circuito radioeléctrico con el fin de proporcionar las ventajas de la compresión-expansión y la naturalidad de la voz en la mayoría de los circuitos radioeléctricos;
- 3 que el sistema mantenga permanentemente una carga óptima del transmisor, a pesar de las variaciones del volumen de habla de los abonados y de las pérdidas de la línea;
- 4 que la señal vocal y la señal de control estén contenidas en un solo canal vocal (se sabe que la audifrecuencia superior utilizable de un canal vocal en los equipos existentes varía de 3 kHz a menos de 2 kHz, dependiendo del diseño del equipo) de modo que el sistema sea aplicable en general a cualquier medio de transmisión cuya salida sea una señal de banda de base utilizable;
- 5 que el sistema responda a la descripción siguiente y tenga las características que se especifican a continuación:

5.1 Consideraciones generales

Por conveniencia, en la presente Recomendación, los requisitos de funcionamiento se basan en una configuración de un sistema (un extremo se representa en la Fig. 1) en la que el lado transmisión emplea retardo antes de la compresión, junto con un medidor de amplitud de la señal vocal. Esto no excluye otros tipos de sistemas que satisfagan las exigencias de funcionamiento. Si se desea podría agregarse un dispositivo para lograr privacidad.

Se presentan cuatro conjuntos de especificaciones para dar cabida a las anchuras de banda de canal vocal más comunes que se encuentran en los equipos de usuario. Cuando las especificaciones difieren entre esos conjuntos, cada uno de ellos se identifica por separado como (A), (B), (C), o (D). El sistema (A) es compatible con el equipo que funciona de acuerdo con la Recomendación UIT-R F.455 de la Serie RF (Ginebra, 1992).

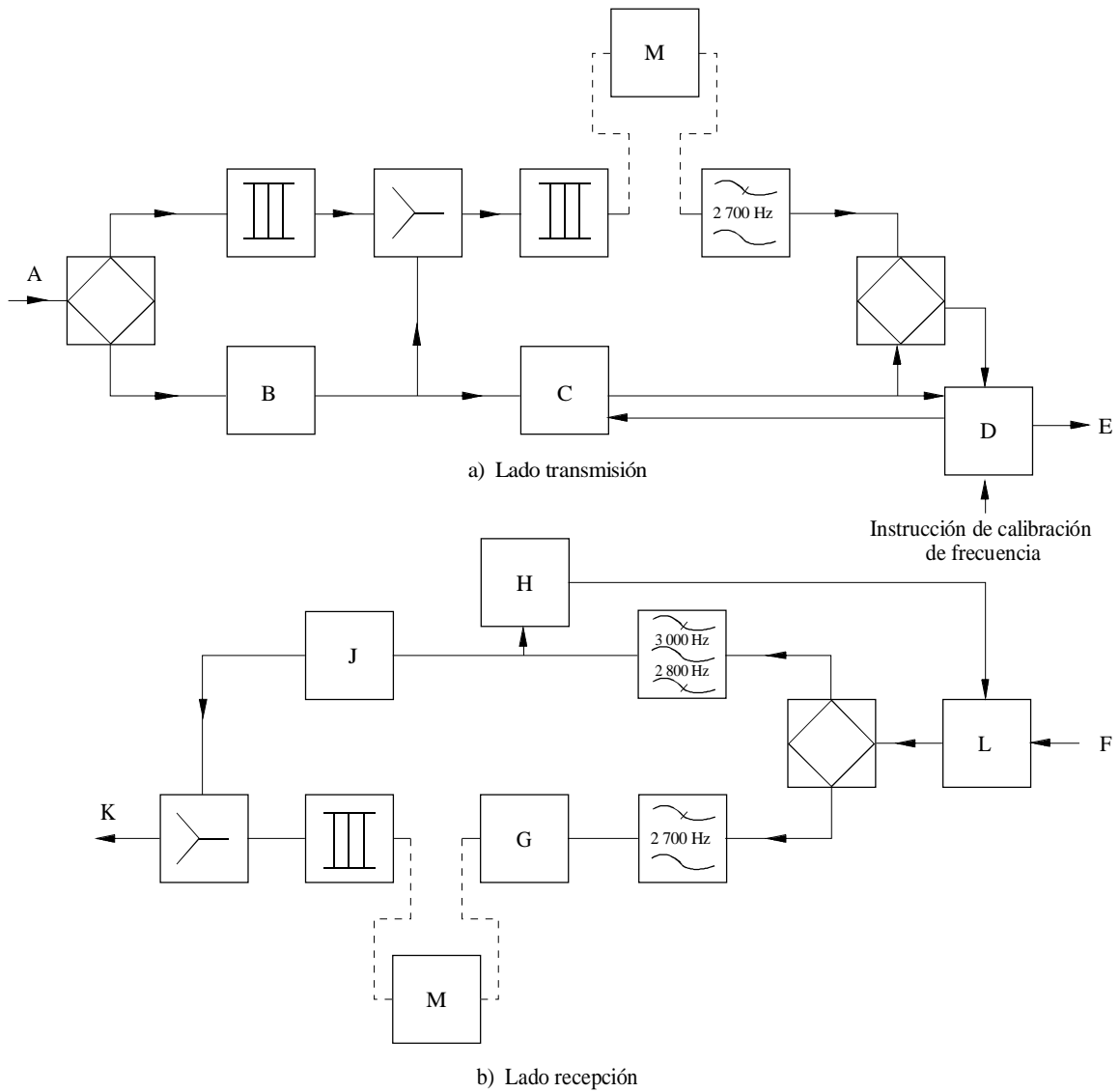
5.2 Lado transmisión (Fig. 1a))

5.2.1 Canal vocal

5.2.1.1 Régimen estable (compresión y características generales)

Para los niveles de entrada comprendidos entre +5 dBm0 y -55 dBm0 (véase la Nota 1 al final del § 5.8), el nivel de salida deberá situarse entre los límites indicados en la Fig. 2.

FIGURA 1
Diagrama esquemático del sistema



A: desde la línea terrestre

B: medidor de amplitud

C: oscilador modulado en frecuencia

D: generador de calibración de frecuencia

E: al transmisor radioeléctrico

F: señal de audio del receptor radioeléctrico

G: regulador contra el desvanecimiento (amplificador de volumen constante)

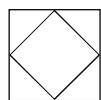
H: detector de calibración de frecuencia

J: discriminador de frecuencia

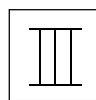
K: hacia la línea terrestre

L: desplazador de frecuencia

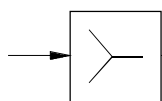
M: dispositivo para lograr privacidad



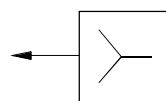
Transformador diferencial



Red de retardo



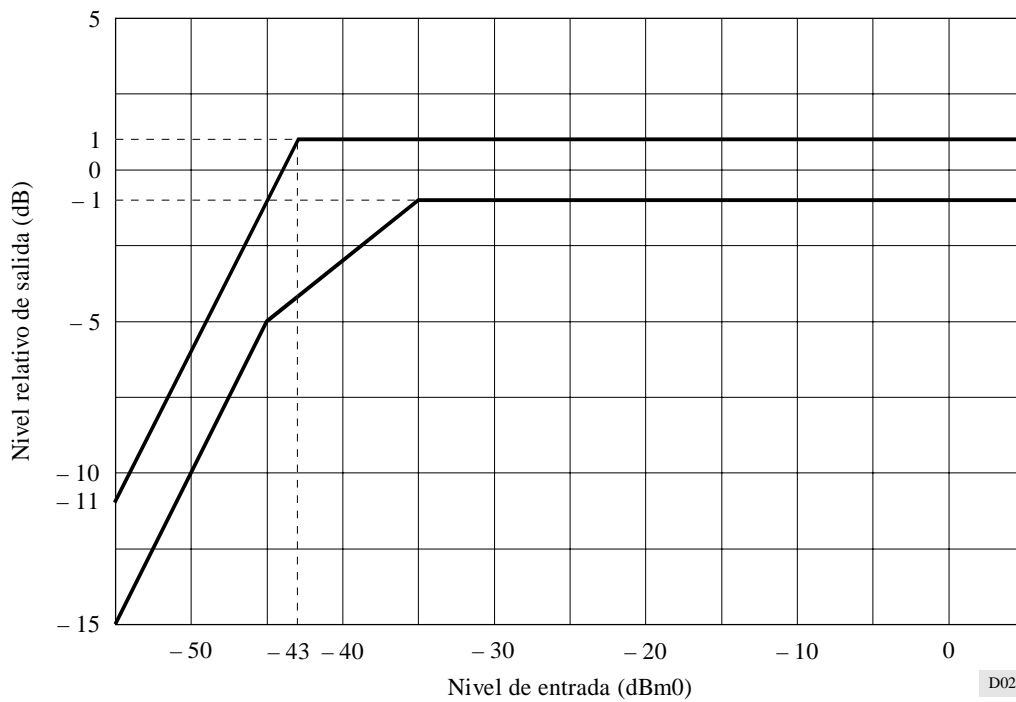
Compresor



Expansor

Nota – Las frecuencias en a) y b) son para el sistema (A).

FIGURA 2
Característica entrada/salida en transmisión



La respuesta global amplitud-frecuencia en el canal vocal, en condiciones de ganancia fija y control por medidor de amplitud, para cualquier nivel comprendido entre +5 dBm0 y -55 dBm0 debe estar comprendida en la gama indicada en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Respuesta amplitud/frecuencia

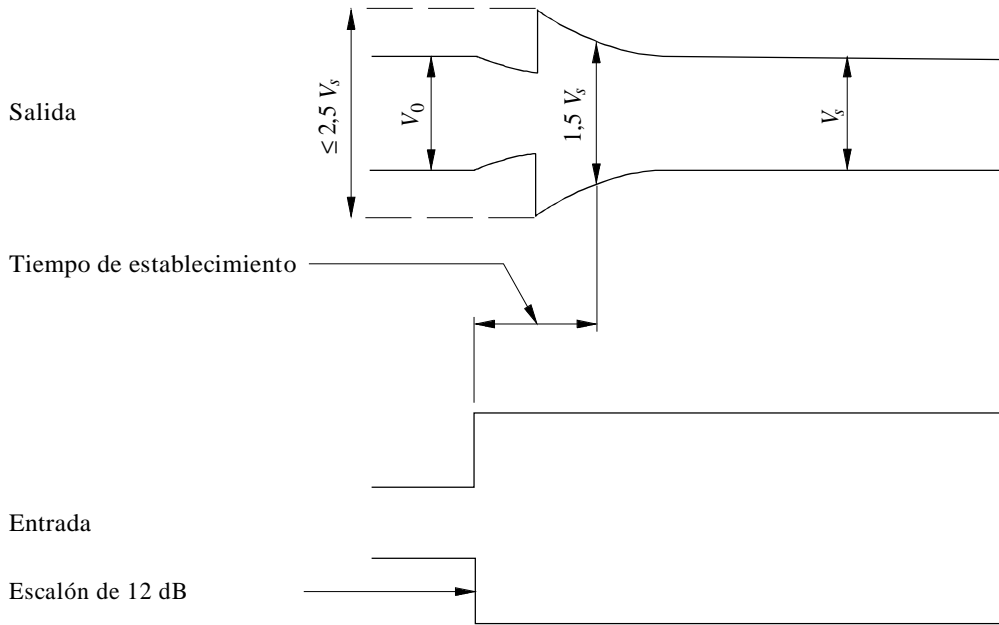
Sistema	A	B	C	D	Atenuación (dB)
Anchura de banda de audio (Hz)	250-2 500	250-2 380	250-2 000	250-1 575	
Respuesta en frecuencia (atenuación con respecto a la respuesta máxima)	250-2 500	250-2 200	250-1 850	250-1 455	≤ 2
	2 500-2 700	2 200-2 380	1 850-2 000	1 455-1 575	≤ 6
	2 800 y frecuencias superiores	2 480 y frecuencias superiores	2 100 y frecuencias superiores	1 675 y frecuencias superiores	> 55
	250 y frecuencias inferiores				> 0

5.2.1.2 Respuesta transitoria (total, incluido el medidor de amplitud, pero excluido el retardo suplementario)

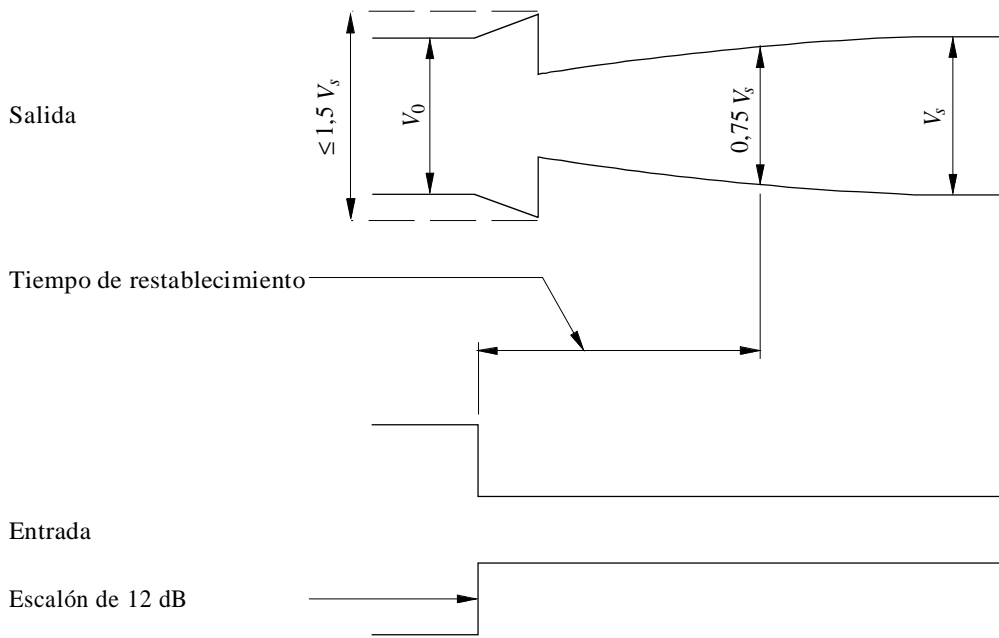
Tiempo de establecimiento, Fig. 3a) (véase la Nota 2 al final del § 5.8) 7 ± 2 ms

Tiempo de restablecimiento, Fig. 3b) (véase la Nota 2 al final del § 5.8) 20 ± 5 ms

FIGURA 3
Respuesta en régimen transitorio en el lado transmisor



a) Tiempo de establecimiento



b) Tiempo de restablecimiento

5.2.2 Canal de control

Frecuencia del oscilador modulado en frecuencia (las frecuencias controladas por la señal de salida del medidor de amplitud aparecen en el Cuadro 2).

CUADRO 2

Frecuencia del oscilador modulado en frecuencia

Sistema	A	B	C	D
Frecuencia central (Hz)	2 900 ± 1	2 580 ± 1	2 200 ± 1	1 775 ± 1
Frecuencia del oscilador resultante de un nivel de entrada de 0 dBm0	50 Hz inferior a la anterior			

Excursión de frecuencia de referencia	± 60 Hz
Variación de frecuencia para cada variación de nivel de entrada de 1 dB (Fig. 4)	2 Hz
Nivel de entrada que ha de aplicarse al lado transmisor para obtener la frecuencia central nominal	-25 dBm0
Aumento de frecuencia del oscilador por encima del valor correspondiente a -55 dBm0 cuando no hay señal de entrada en el lado transmisor	> 0 Hz < 20 Hz
Disminución de la frecuencia del oscilador más allá del valor correspondiente a +5 dBm0 cuando la señal de entrada en el lado transmisor rebasa +5 dBm0	> 0 Hz < 4 Hz
Para aumentos bruscos del nivel de entrada, superiores a 3 dB, la duración necesaria para que el oscilador efectúe un 80% de la variación de frecuencia correspondiente debe ser	6 ± 1 ms
Para disminuciones bruscas del nivel de entrada, superiores a 3 dB, la velocidad de variación de la frecuencia del oscilador debe estar restringida a	2,5 ± 1,0 Hz/ms
Con referencia a la frecuencia central nominal, el espectro de salida se debe limitar a	± 90 Hz
Nivel de salida con relación al nivel de tono de prueba en el canal vocal	-5 dB

5.2.3 Calibración de frecuencia

Cuando se solicite, el modulador generará el formato de calibración mostrado en la Fig. 5.

Exactitud de amplitud de la envolvente	± 1 dB
Exactitud de temporización de la envolvente	± 0,5 ms
Tiempo total del formato	296 ms

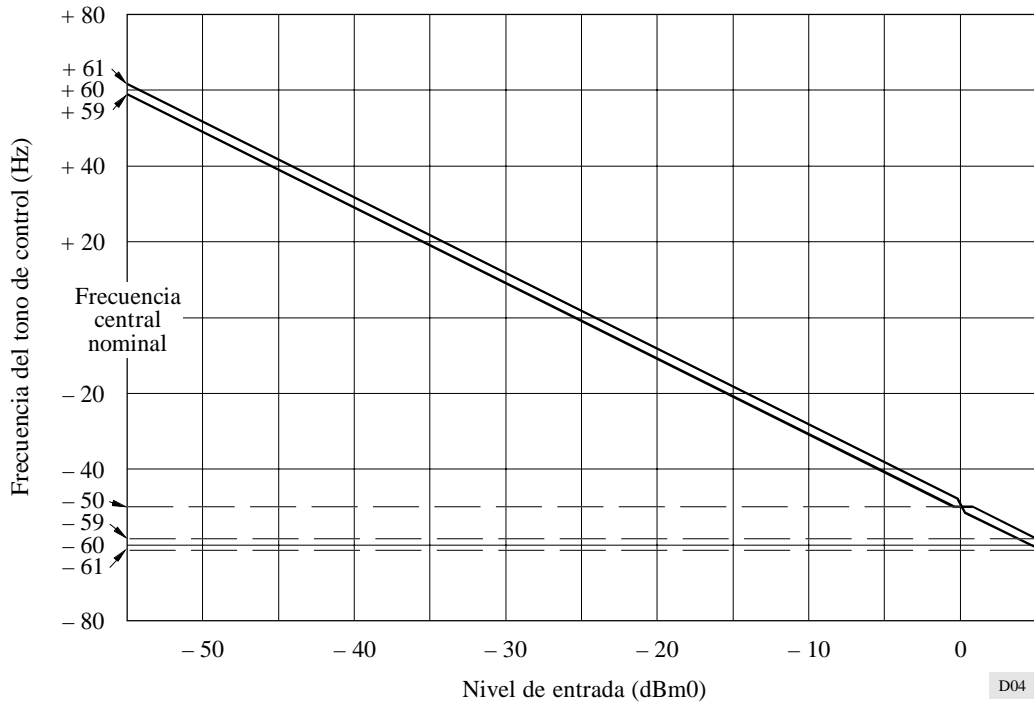
5.2.4 Modos de transmisión

Para mejorar la explotación y permitir el interfuncionamiento con estaciones que no utilizan el sistema Lincompex, se definen a continuación los siguientes modos de transmisión seleccionables:

- *Lincompex completo*: Puede enviarse calibración.
- *Derivación con compresión*: Igual que Lincompex completo, excepto que el tono de control se atenúa 60 dB como mínimo en todo momento salvo durante la transmisión del formato de calibración.
- *Derivación*: Igual que la derivación con compresión, salvo que en este caso el compresor es lineal. Se puede enviar calibración.
- *Banda ancha*: Igual que la derivación, salvo que la anchura de banda vocal es 150-3 400 Hz dentro de 2 dB. Los filtros de frecuencias vocales están desactivados y se puede enviar calibración.

FIGURA 4

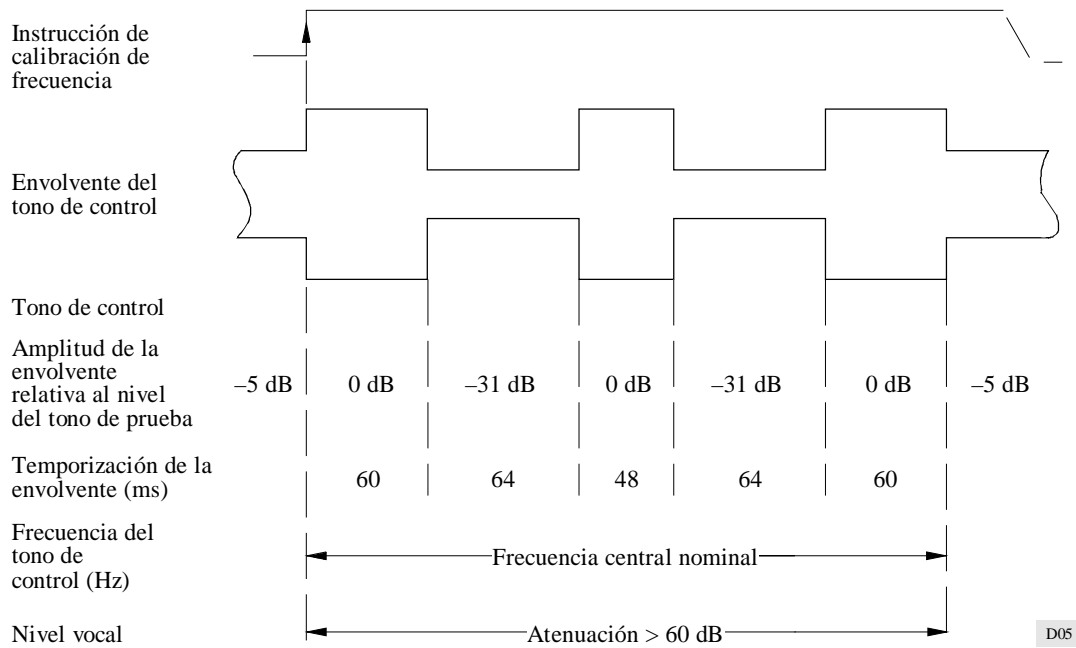
Variación de la frecuencia del tono de control en función del nivel de entrada en transmisión



D04

FIGURA 5

Formato de calibración del modulador



D05

5.3 Lado recepción (Fig. 1b))

5.3.1 Canal vocal

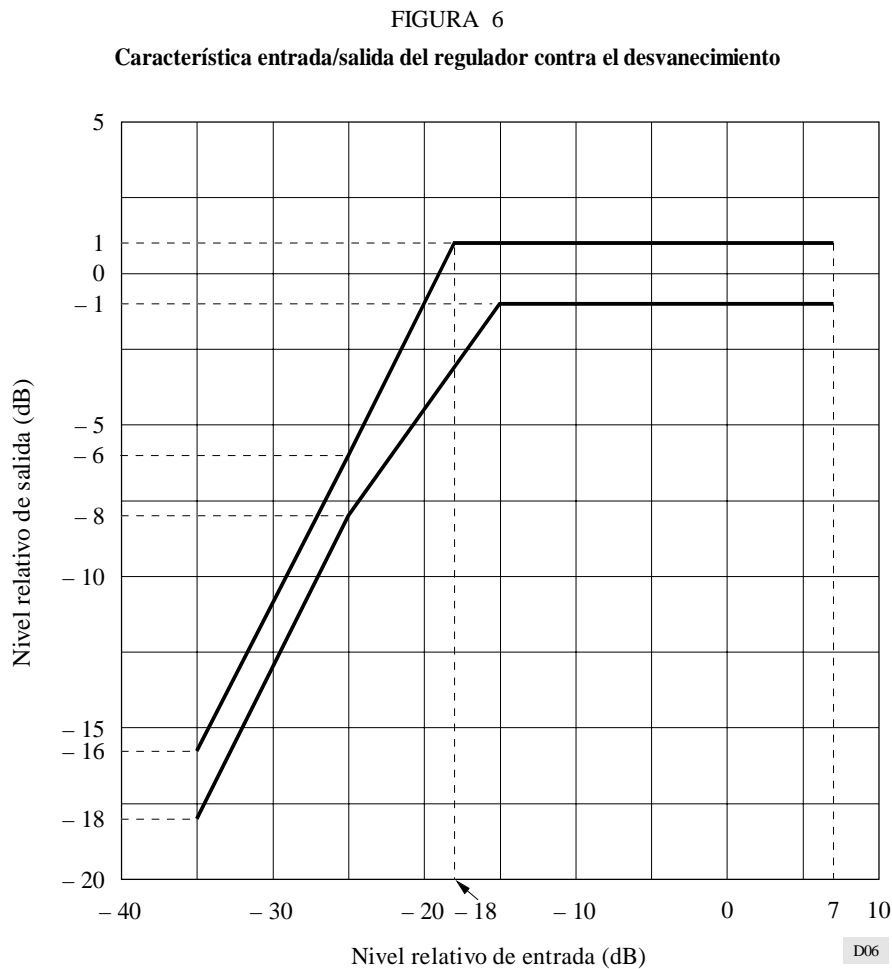
5.3.1.1 Régimen estable

La respuesta global relativa amplitud-frecuencia de canal vocal en condiciones de ganancia fija y de ganancia controlada, debe encontrarse en la gana indicada en el Cuadro 1.

5.3.1.2 Regulador contra el desvanecimiento

5.3.1.2.1 Régimen estable

Para los niveles de entrada comprendidos entre +7 dB y -35 dB, con relación al nivel de entrada nominal especificado del regulador contra el desvanecimiento, el nivel de salida debería situarse en los límites indicados en la Fig. 6. El nivel de entrada nominal especificado, cuyo valor puede variar de una administración a otra, es el valor medio a la entrada del regulador contra el desvanecimiento, en régimen estable, cuando se aplica al lado transmisión una señal de 0 dBm0.



5.3.1.2.2 Respuesta transitoria

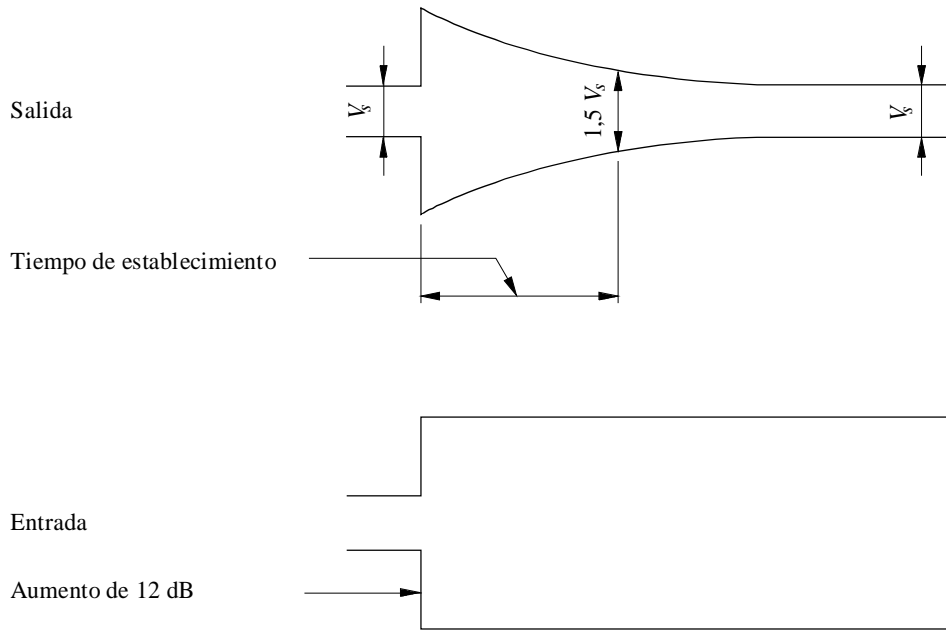
Tiempo de establecimiento (Fig. 7a)) 11 ± 2 ms

Tiempo de retorno (Fig. 7b)) 32 ± 6 ms

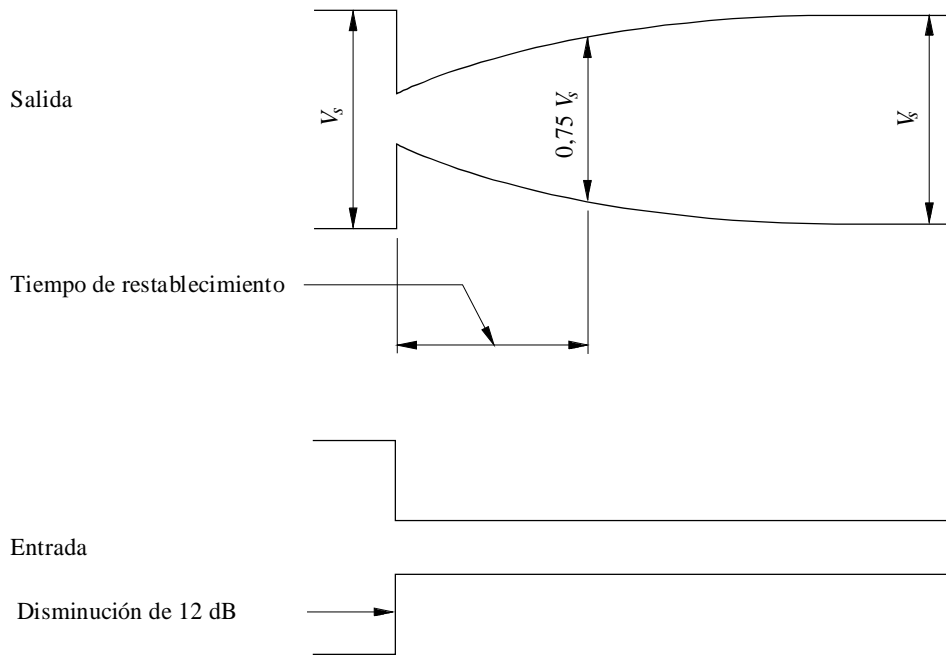
5.3.1.3 Expansor (controlado por la señal de salida del discriminador)

Gama dinámica efectiva 60 dB

FIGURA 7
 Respuesta transitoria del regulador de desvanecimiento



a) Tiempo de establecimiento



b) Tiempo de restablecimiento

5.3.2 Canal de control

5.3.2.1 Características de amplitud/frecuencia y de retardo diferencial del filtro

Atenuación en la banda (frecuencia central nominal ± 90 Hz)
con relación a la atenuación en la frecuencia central nominal.
(Las frecuencias centrales nominales se definen en el § 5.2.2.)

-1 a +2 dB

Retardo diferencial en la banda (frecuencia central nominal -60 a +0 Hz)

< 3 ms

Atenuación fuera de la banda (frecuencia central nominal -200 a +250 Hz)
con relación a la atenuación en la frecuencia central nominal

> 55 dB

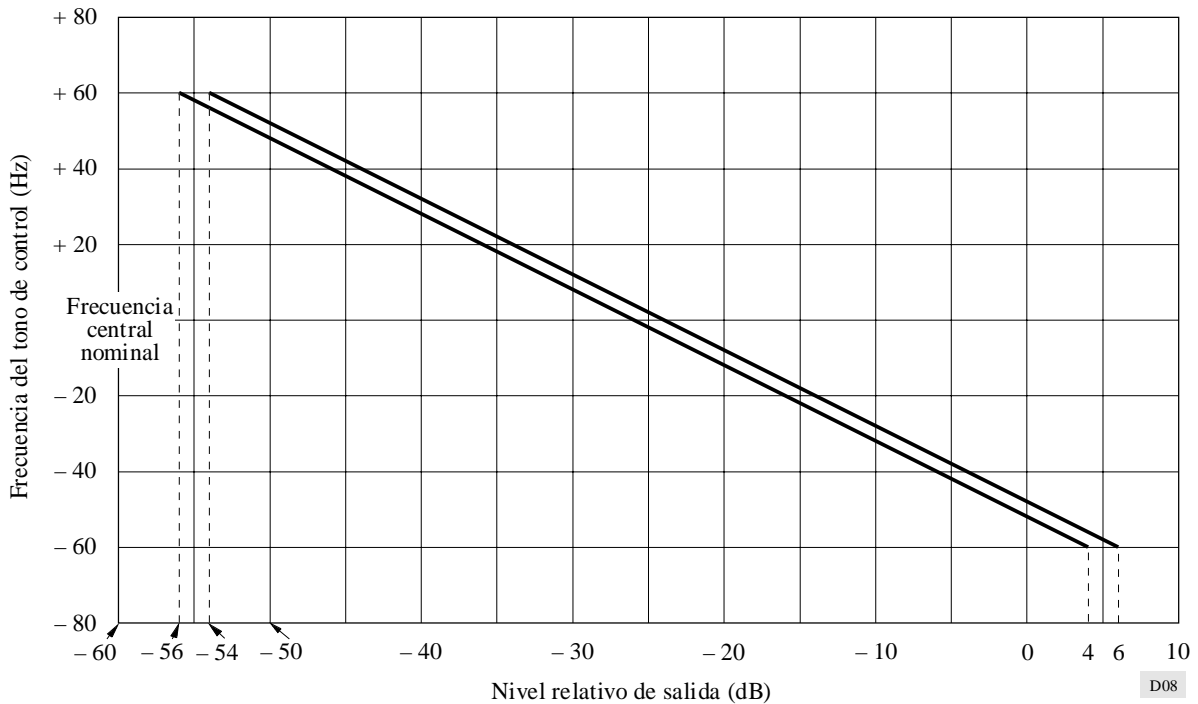
5.3.2.2 Discriminador (traductor frecuencia-amplitud)

Característica en el nivel del tono de control nominal.

Las variaciones de la salida del expansor en función de las variaciones de la frecuencia del tono de control deben estar comprendidas entre los límites indicados en la Fig. 8.

FIGURA 8

Variación del nivel de salida en recepción, en función de la variación de la frecuencia del tono de control



D08

5.3.2.3 Gama de amplitud del discriminador

La característica indicada en el § 5.3.2.2 debe cumplirse para tonos de control cuyos niveles de entrada a los discriminadores están comprendidos entre 0 dB y -30 dB con relación al nivel de entrada nominal; para tonos de control cuyos niveles de entrada están comprendidos entre -30 dB y -50 dB con relación al valor nominal, podría añadirse una tolerancia entre ± 1 dB a los límites indicados en la Fig. 8. Para sistemas de transmisión con productos de distorsión discretos en la banda de tono de control, se puede permitir un funcionamiento aún más reducido entre -30 dB y -50 dB.

5.3.3 Valor total del tiempo de establecimiento y del tiempo de restablecimiento (una variación brusca de 24 Hz de la frecuencia del tono de control se utiliza para simular un escalón de 12 dB)

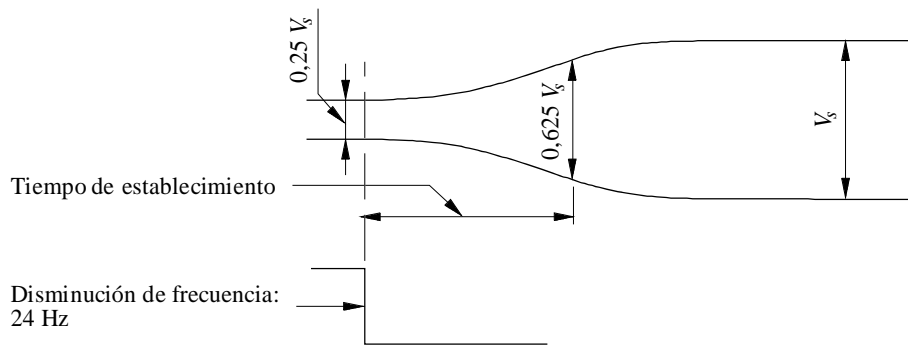
Tiempo de establecimiento (Fig. 9a))

20 ± 5 ms

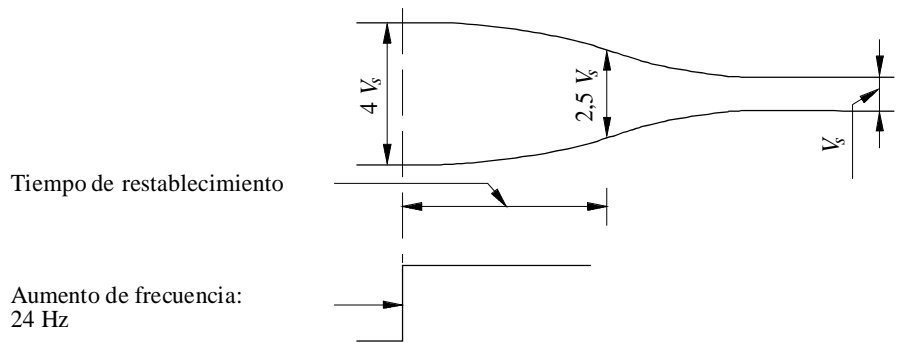
Tiempo de restablecimiento (Fig. 9b))

20 ± 5 ms

FIGURA 9
 Respuesta en régimen transitorio en el lado receptor



a) Tiempo de establecimiento



b) Tiempo de restablecimiento

D09

5.3.4 Calibración de frecuencia

Cuando el detector de calibración se activa, detecta el formato de calibración definido en el § 5.2.3. La medición del error de frecuencia se utiliza para desplazar en frecuencia toda la banda de base en un sentido con el objeto de corregir el error.

Los primeros 20 ms del formato se utilizan para fijar el receptor y el transmisor y no para la detección de calibración.

Los 256 ms siguientes del formato se emplean para la detección de calibración.

Los últimos 20 ms del formato se utilizan para determinar la frecuencia del tono de control recibido. Esto supone una detección de calibración positiva. El error de frecuencia se define como la diferencia algebraica de la frecuencia medida del tono de control recibido y la frecuencia del tono de control central nominal (conocida) transmitida.

Error mínimo que se ha de detectar y corregir	± 80 Hz
Objetivo de diseño con error mínimo	± 100 Hz
Error máximo en banda de base después de la corrección	± 2 Hz

5.3.5 Modos de recepción

Para mejorar la explotación y permitir el interfuncionamiento con estaciones que no emplean el sistema Lincompex, se definen a continuación los siguientes modos de transmisión seleccionables:

- *Silencio automático*: El demodulador se mantiene en silencio, salvo en presencia de una señal Lincompex recibida. La calibración de frecuencia debe poder seleccionarse.

- *Derivación automática:* El demodulador debe poder determinar la presencia y la ausencia de señales Lincompex utilizables (véase la Nota 1). Cuando una señal utilizable está presente, procederá a la demodulación Lincompex. Cuando una señal utilizable, no está presente, el regulador de desvanecimiento y el expansor, exhibirán una característica lineal, los filtros de frecuencias vocales permanecerán en su lugar y se deberá poder seleccionar la calibración de frecuencias.

NOTA 1 – Señal Lincompex utilizable es la que, una vez demodulada, proporciona mejoras auditivas al oyente. Esta determinación si bien es subjetiva, es también objetiva pues el funcionamiento mejorado con una S/N baja depende de las técnicas de diseño de demodulación. La experiencia muestra que es posible una demodulación adecuada para S/N en canales vocales en la gama de 0 dB a +10 dB.

- *Derivación:* El regulador de desvanecimiento y el expansor presentan una característica lineal, los filtros de frecuencias vocales permanecen en su lugar y se podrá seleccionar la calibración de frecuencias.
- *Banda ancha:* Igual que para derivación, salvo que la anchura de banda vocal es 150-3 400 Hz a 2 dB, los filtros de frecuencias vocales se conectan en derivación y se podrá seleccionar la calibración de frecuencias.

5.4 Igualación (global) del tiempo de transmisión

Para asegurar una calidad de transmisión normal satisfactoria, especialmente de impulsos de tonos, como los utilizados para tono de llamada o señalización, conviene igualar los tiempos de transmisión totales en el canal vocal y en el canal de control a la entrada del expansor, con una precisión por lo menos igual a 4 ms.

Para poder obtener este resultado con equipos de diseño diferente, conviene que la igualación de tiempo esté repartida en partes iguales entre los lados transmisor y receptor del equipo.

5.5 Tono de llamada y de invitación a marcar

Hay que asegurarse de que las señales de tono de llamada y de invitación a marcar pasan completamente por el equipo en ambos extremos o lo evitan por completo. Se preferirá el primer método.

5.6 Datos

Aunque el sistema no está optimizado para la transmisión de datos, proporciona algunas ventajas. Si se selecciona la opción Lincompex completo y no hay señales de datos en transmisión, la entrada del demodulador de datos en el extremo receptor permanecerá en reposo. Cuando se selecciona el modo de banda ancha, el sistema deja pasar linealmente la banda de 150 Hz a 3 400 Hz de modo que los filtros de frecuencia vocales no se utilizan, lo cual puede afectar adversamente la integridad de los datos. La calibración de frecuencia se puede utilizar para eliminar el error de frecuencia de las señales de datos. Cada administración debe determinar la aplicabilidad del sistema para cada aplicación de datos.

5.7 Linealidad del trayecto de transmisión

La señal del equipo Lincompex está comprimida con una relación valor de «cresta/valor medio» de unos 8 dB con posibilidad de que se produzcan crestas transitorias a la salida del compresor; por tanto, debe preverse un margen adecuado de linealidad en el equipo de transmisión entre los terminales de transmisión Lincompex y el transmisor. Se aplican consideraciones análogas al equipo situado entre la salida del receptor radioeléctrico y los terminales del equipo receptor Lincompex.

Los receptores que se han de utilizar deben proporcionar niveles de señales con márgenes de linealidad suficientes.

5.8 Estabilidad de frecuencia

El error de frecuencia máximo aceptable de extremo a extremo en cada canal Lincompex debe mantenerse entre los límites de ± 2 Hz, es decir $\pm 3 \times 10^{-8}$ por extremo suponiendo equipos iguales en ambos extremos que funcionan a 30 MHz. Esto requiere la utilización de osciladores de cristal en cámaras térmicas. La calibración de frecuencia que aquí se describe permite un error de frecuencia de extremo a extremo de ± 80 Hz, ó $\pm 1,3 \times 10^{-6}$ por extremo, no requiere osciladores de cristal en cámara térmica y se adapta a la mayoría de los equipos radioeléctricos.

NOTA 1 – Para la definición de la relación señal/nivel de prueba (dBm0), véanse los textos pertinentes del UIT-T.

NOTA 2 – Las definiciones del tiempo de establecimiento y del tiempo de restablecimiento, que son similares a las dadas por el UIT-T para los compansores (véase la Recomendación UIT-T G.162), son las siguientes:

- el tiempo de establecimiento de un compansor es el comprendido entre el instante en que se aplica a la entrada un aumento brusco de 12 dB y aquel en que la envolvente de la tensión a la salida alcanza un valor igual a 1,5 veces el valor en régimen permanente;
- el tiempo de restablecimiento de un compansor es el comprendido entre el instante en que se aplica a la entrada una disminución brusca de 12 dB y el instante en que la envolvente de la tensión a la salida alcanza un valor igual a las 0,75 veces el valor en régimen permanente.

NOTA 3 – Se considera que los parámetros enumerados anteriormente corresponden a los valores mínimos que han de adoptarse para asegurar la compatibilidad entre los equipos. Se han especificado también tolerancias máximas, pero admitiendo que no se utilizarán como límites para la realización técnica.

NOTA 4 – Las variaciones en el tiempo de temperatura y de tensión de alimentación, en cuyo límite conviene mantener los valores de los parámetros, no serán las mismas en una administración que en otra; por ello no se han mencionado. En sus especificaciones para los compansores, el UIT-T indica (Recomendación UIT-T G.162) que los valores de los parámetros deben mantenerse constantes en una gama de temperaturas de +10 °C a –40 °C y para variaciones de la alimentación de $\pm 5\%$ con relación al valor nominal. No obstante, los valores mínimos de realización preferidos son 0 °C a +50 °C y variaciones de $\pm 10\%$.

NOTA 5 – No se ha aludido a otros parámetros que normalmente debieran incluirse en una especificación para este tipo de equipo, por ejemplo, las impedancias y los niveles de entrada y de salida, la relación señal/ruido, la distorsión armónica, etc.; en efecto, no se ha juzgado que los valores de estos parámetros sean esenciales en lo que respecta a la compatibilidad entre los equipos. Las administraciones tendrán posibilidad de incluir sus propios valores, para garantizar, en buenas condiciones, la integración del equipo en las redes que explotan, en particular la selección de la frecuencia del tono de control y la aplicabilidad del sistema a las señales de datos.

NOTA 6 – Según esta Recomendación, el tipo de transmisión en el canal de control no se considera como una emisión de clase F3E; por consiguiente, no se aplican las prohibiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones relativas a las emisiones de clase F3E en los servicios fijos, en las bandas inferiores a 30 MHz.
