

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.712-1***

**Normas de transmisión de sonido de alta calidad y de datos
para el servicio de radiodifusión por satélite
en la banda de 12 GHz**

(1990-1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) las necesidades expresadas, con respecto a la evolución futura de la radiodifusión por satélite, en materia de transmisión simultánea de una serie de programas radiofónicos de muy alta calidad técnica y de servicios de datos de alta capacidad;
- b) las características técnicas del sistema de radiodifusión digital por satélite (RDS), que permiten transmitir, en un canal de la banda de 12 GHz, 16 programas estereofónicos de muy alta calidad con una inmunidad máxima a los errores de transmisión;
- c) la definición del modo de canal digital de los sistemas de la familia MAC/paquetes, que permite la multiplexión flexible (20 Mbit/s para los sistemas C y D; 10 Mbit/s para el sistema D2) de programas radiofónicos de alta calidad, así como de cualquier tipo de datos;
- d) la flexibilidad técnica del sistema MDS (Multichannel Digital Sound/data – Radiodifusión digital multicanal de sonido y datos) que no sólo permite transmitir 12 programas estereofónicos de alta calidad, sino también, en caso de p.i.r.e. menor, transmitir 6 programas de alta calidad con un código de corrección de errores adicional;
- e) que el sistema MAC/paquetes, el sistema RDS y el sistema MDS están destinados a utilizarse empleando satélites de radiodifusión, con receptores fijos;
- f) que se están elaborando otros sistemas para la radiodifusión sonora en ondas decimétricas, con receptores fijos, portátiles y, especialmente, móviles,

recomienda

que, cuando se introduzca un servicio de radiodifusión de sonido/datos por satélite para receptores fijos en la banda de 12 GHz los sistemas preferidos sean (véanse las Notas 1 y 2):

- el sistema RDS si lo que más interesa es la transmisión de cierto número de programas radiofónicos de muy alta calidad en una amplia zona de cobertura;
- el modo digital de canal completo de uno de los sistemas de la familia MAC/paquetes si lo que más interesa es la flexibilidad para transmitir simultáneamente programas radiofónicos de alta calidad y servicios de datos de alta capacidad;
- el sistema MDS si lo que más interesa es la compatibilidad con el sistema digital de subportadora/NTSC.

* *Nota* – En la preparación de la presente Recomendación se utilizaron los Informes UIT-R BO.953, UIT-R BO.954, UIT-R BO.1073 y UIT-R BO.1228.

** La Comisión de Estudio 6 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2001 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

NOTA 1 – En la Región 2 se sigue estudiando aún la cuestión de la norma de sonido y datos para el servicio de radiodifusión por satélite.

NOTA 2 – En el Anexo 1 figuran descripciones detalladas de los sistemas.

NOTA 3 – La relación entre los Anexos y los Apéndices se ilustra a continuación.

ANEXO 1

APÉNDICE 1 al ANEXO 1	
	ANEXO 1 al APÉNDICE 1
	ANEXO 2 al APÉNDICE 1
	ANEXO 3 al APÉNDICE 1
	ANEXO 4 al APÉNDICE 1
	ANEXO 5 al APÉNDICE 1
APÉNDICE 2 al ANEXO 1	
APÉNDICE 3 al ANEXO 1	

ANEXO 1

Normas para la transmisión de sonido de alta calidad y datos en el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de 12 GHz

1 Introducción

Según el Reglamento de Radiocomunicaciones vigente, se han asignado a cada administración canales de satélite en la banda de 12 GHz por los que se puede difundir programas de televisión y también otros servicios, siempre y cuando las señales transmitidas no causen más interferencia que las señales convencionales de televisión en MF. Las normas apropiadas de televisión se indican en la Recomendación UIT-R BO.650 y se especifican en las secciones pertinentes de la publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite».

La introducción de técnicas digitales de grabación y reproducción del sonido constituye un desafío para las organizaciones de radiodifusión ya que encierra la posibilidad de ofrecer a los abonados una calidad de sonido que supera la obtenible con los métodos de transmisión convencionales (por ejemplo, estereofonía MF). Además, algunos países necesitan emitir gran número de canales de sonido de alta calidad en una zona de cobertura lo más extensa posible. Asimismo, las crecientes necesidades de facilidades de radiodifusión de datos han llevado a estudiar sistemas que resulten adecuados para transmitir tanto sonido como datos, de una manera flexible.

Varios sistemas posibles se encuentran en diferentes etapas de elaboración en diversas administraciones. En este anexo se describen brevemente las características básicas de tres sistemas creados en la República Federal de Alemania, por la UER y en el Japón.

2 Breve descripción de los sistemas

En este punto se ofrece una descripción resumida de las principales características de cada uno de los sistemas que se han estudiado. En el Cuadro 1 se presenta una comparación de los parámetros más importantes de cada sistema.

CUADRO 1

Parámetros importantes de las normas de radiodifusión de sonido y datos por satélite para la banda de 12 GHz del SRS

Parámetros	Radiodifusión digital por satélite (RDS)	Familia MAC/paquetes, modo de canal digital		Radiodifusión digital multicanal por satélite de sonido y datos (MDS)
		D2	C/D	
Estructura de multiplexión	Multiplexión síncrona por división de tiempo (MSDT)	Multiplexión asíncrona por división de tiempo (MADT)		Sonido: Multiplexión síncrona por división de tiempo (MSDT) Datos: Multiplexión asíncrona por división de tiempo (MADT)
Velocidad binaria total (Mbit/s)	20,48	10,125	20,25	24,576 MDS1 (2): 18,432 (Modo A) 21,504 (Modo B)
Velocidad binaria útil (1) (Mbit/s)	19,2	9,576	19,242	MDS2 (2): 9,216 (Modo A) 10,752 (Modo B)
Codificación del sonido (3)	Frecuencia de muestreo, 32 kHz Técnica de 16 a 14 bits por muestra con coma flotante Sin preacentuación	Frecuencia de muestreo: 32 kHz (16 kHz para la calidad media) Primera ley de codificación: compresión-expansión casi instantánea 14/10 (HQI) (4) Segunda ley de codificación: codificación lineal de 14 bits (HQL) Con preacentuación según Rec. UIT-T J.17	Modo A: Frecuencia de muestreo de 32 kHz compresión-expansión casi instantánea de 14/10 bits Modo B: Frecuencia de muestreo de 48 kHz, codificación lineal de 16 bits Preacentuación: 50 µs (cero) + 15 µs (polo)	
Gama dinámica	Con resolución de 16 bits (igual a la del disco compacto)	Con resolución de 14 bits		Modo A: Conforme a la resolución de 14 bits Modo B: Conforme a la resolución de 16 bits
Protección contra errores en los bits	Código BCH (63,44): corrige 2 errores en 63 bits o detecta 5 errores. Protección adicional mediante el factor de escala	Protección de primer nivel: Con 1 bit de paridad aplicado al bit 6 MSB (HQI) o al 10 MSB en el caso de HQL (sólo para ocultación de errores) Protección de segundo nivel: Código de Hamming (11,6) para HQI y código de Hamming (16,11) para HQL: Corrige 1 error o detecta 2 bits erróneos. Protección adicional mediante el factor de escala para ambos niveles de protección		MDS1: BCH (63,56): Corrige 1 error y detecta 2 errores. Protección adicional mediante información de gama en 8 pasos MDS2: BCH (63,50): Además de lo indicado arriba, todos los datos están protegidos por decodificación de Viterbi (2,1)
Número de configuraciones de sonido (o sea, combinación de codificación de sonido y esquema de protección contra errores)	Uno (véase más arriba)	Cuatro configuraciones de alta calidad (4), (5) HQI1 HQL1 HQI2 HQL2		Dos configuraciones de alta calidad Modo A Modo B

CUADRO 1 (Continuación)

Parámetros	Radiodifusión digital por satélite (RDS)	Familia MAC/paquetes, modo de canal digital		Radiodifusión digital multicanal por satélite de sonido y datos (MDS)
		D2	C/D	
Capacidad del canal de sonido (monofónico)	32	HQI1: 26 HQL1: 19 HQI2: 19 HQL2: 14	HQI1: 53 HQL1: 40 HQI2: 40 HQL2: 30	MDS1: Modo A: máx. 48 Modo B: máx. 24 MDS2: Modo A: máx. 24 Modo B: máx. 12
Modulación	MDP-4 con codificación diferencial	Para D y D2: MF de la señal de datos con codificación duobinaria Para C: MDP2-4 con codificación diferencial		Modulación por desplazamiento mínimo (MDM)
C/N para un BER = 10^{-3} (enlace general con referencia a una anchura de banda de 27 MHz)	7,5 dB ⁽⁶⁾	8 dB ⁽⁷⁾	para D: 9,5 dB ⁽⁷⁾ para C: 8,0 dB ⁽⁸⁾	8,0 dB
Límite de perceptibilidad	2×10^{-3}	Protección de primer nivel 10^{-5} Protección de segundo nivel 10^{-3}		MDS1: 1×10^{-3} MDS2: 1×10^{-2}

- (1) Velocidad binaria útil (para la transmisión de sonido) = velocidad binaria total menos sincronización, datos adicionales y encabezamientos de paquete.
- (2) MDS1: Clase de transmisión para condiciones de recepción con p.i.r.e. suficiente.
MDS2: Clase de transmisión para condiciones de recepción con p.i.r.e. más baja.
- (3) Todos los esquemas de codificación utilizados se ajustan a la Recomendación UIT-R BO.651.
- (4) HQI1 : alta calidad, compresión-expansión casi instantánea, protección de primer nivel.
HQL1 : alta calidad, codificación lineal, protección de primer nivel.
HQI2 : alta calidad, compresión-expansión casi instantánea, protección de segundo nivel.
HQL2 : alta calidad, codificación lineal, protección de segundo nivel.
- (5) Además de las configuraciones de alta calidad, el modo de canal digital MAC/paquetes permite cuatro configuraciones de calidad media con muestreo a 16 kHz.
- (6) Medido con un receptor doméstico (primera serie de fabricación en serie).
- (7) Valores para el filtro FI de 27 MHz; utilizando filtros más estrechos y/o una decodificación de Viterbi, pueden lograrse mejoras de unos 2 dB.
- (8) Valor típico para la demodulación diferencial. Se pueden conseguir mejoras con la demodulación coherente.

2.1 Sistema de radiodifusión digital por satélite (RDS)

El sistema RDS fue concebido en la República Federal de Alemania para transmitir simultáneamente 16 canales estereofónicos o 32 canales monofónicos de sonido de alta calidad (o cualquier combinación de canales estereofónicos o monofónicos) en una amplia zona de cobertura. Conforme a la Recomendación UIT-R BO.561, la frecuencia de muestreo es de 32 kHz, y la resolución es de 16 bits, manteniéndose una característica de ruido de cuantificación comparable a la del disco compacto. Para la corrección/detección de bits erróneos se eligió un código BCH (63,44), que puede corregir 2 errores y detectar 5 errores por bloque. En combinación con el factor de escala (véase el Apéndice 1 al Anexo 1), este esquema de protección contra los bits erróneos ofrece una buena calidad subjetiva del sonido con una BER de 2×10^{-3} . El método de modulación es MDP-4 con codificación diferencial.

A pesar de que el sistema RDS se destina principalmente a la transmisión de sonido de alta calidad, también es capaz de transmitir datos de alta velocidad por uno o más canales estereofónicos o monofónicos además del canal de datos auxiliares de baja velocidad binaria ya existente, que acompaña a cada canal de sonido.

El servicio regular basado en el RDS comenzó a funcionar en la República Federal de Alemania en agosto de 1989. Existen en el comercio dispositivos de transmisión y de recepción, estos últimos con integración a muy gran escala.

En el Apéndice 1 al Anexo 1 se ofrece la especificación detallada del sistema RDS.

2.2 Modo de canal digital de la familia MAC/paquetes

La Recomendación UIT-R BO.650 y la publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite» ofrecen especificaciones de los sistemas de la familia MAC/paquetes para el funcionamiento en el modo de televisión normal. Cuando la parte de la trama de televisión por la que normalmente se transmite la señal de imagen (y su intervalo de supresión de trama) se reemplaza por ráfagas de datos, se dice que el sistema MAC/paquetes funciona en el modo de canal digital (MCD).

Se pueden utilizar los tres miembros de la familia MAC/paquetes (o sea, el sistema C, el sistema D con MF y el sistema D2 con MF) en el modo de canal digital si se proporciona la siguiente capacidad de sonido y datos:

- MCD en C-MAC/paquetes: casi 20 Mbit/s o hasta 53 canales de sonido de alta calidad con anchura de banda de 15 kHz, compresión-expansión casi instantánea 14/10 bits y protección por un bit de paridad por muestra.
- MCD en D-MAC/paquetes: idéntica a la del sistema C-MAC/paquetes.
- MCD en D2-MAC/paquetes: alrededor de 10 Mbit/s o hasta 26 canales de sonido de alta calidad con anchura de banda de 15 kHz, compresión-expansión casi instantánea 14/10 bits y protección por un bit de paridad por muestra.

La ampliación de la especificación de la familia MAC/paquetes mediante el modo de canal digital posibilita el uso de diversas facilidades (por ejemplo, radiodifusión sonora, de televisión y de datos, etc.). Dentro del marco de este concepto es posible diseñar y realizar receptores universales que incluyan la recepción de televisión en el modo MAC/paquetes normal o bien la recepción de sonido y datos en el modo de canal digital.

El grado en que estas posibles facilidades se pongan a disposición del público dependerá del tipo de servicio que se proporcione y del tipo de servicio para cuya recepción se haya diseñado el receptor.

En el caso del MCD de MAC/paquetes, se espera que existan ya decodificadores y circuitos integrados en el momento de iniciarse ese servicio.

En el Apéndice 2 al Anexo 1 se ofrece una descripción detallada del modo de canal digital MAC/paquetes.

2.3 El sistema digital multicanal de sonido y datos (MDS)

En el Japón se ha estudiado el sistema MDS para la futura radiodifusión de sonido de alta calidad y datos en todo el país mediante satélites de radiodifusión que funcionan en la banda de 12 GHz. Este sistema se desarrolló para dos clases de transmisiones por satélite. Una de ellas, MDS1, se utiliza en las condiciones en que se obtiene una p.i.r.e. suficiente. La segunda, MDS2, es adecuada para las condiciones de recepción con p.i.r.e. más baja. El sistema tiene dos modos de sonido. En el Modo A, que utiliza la compresión-expansión casi instantánea 14/10, se obtiene la misma calidad de sonido que en la radiodifusión MF. En el Modo B es posible lograr una calidad de sonido no menor que la del disco compacto (anchura de banda de 20 kHz y resolución de 16 bits).

El formato de la señal del sistema MDS se establece por medio de dos fases de multiplexión. La fase inferior de multiplexión tiene igual formato que las señales de sonido y datos del sistema digital de subportadora/NTSC (Recomendación UIT-R BO.650), con una velocidad de transmisión de 2,048 Mbit/s. En este formato pueden seleccionarse cuatro canales de sonido del Modo A con señales de datos a 480 kbit/s o dos canales de sonido del Modo B con datos a 224 kbit/s. La velocidad de los datos puede aumentarse hasta un máximo de 1 760 kbit/s según el modo y el número de canales de sonido. Además del sonido, permite la transmisión de datos por paquetes.

En la fase superior de multiplexión se someten a nueva multiplexión 12 (MDS1) o 6 (MDS2) de esas señales. La velocidad binaria de transmisión en esta fase es de 24,576 Mbit/s (MDS1) o 12,288 Mbit/s (MDS2).

Para mantener la elevada calidad de funcionamiento de la transmisión digital de señales se utilizan los mismos métodos de corrección de errores que las señales digitales de subportadora/NTSC, como son el código BCH (63,56) DEC-TED y los códigos de 3 bits de longitud. En la clase MDS2, se añade un código convolucional (2,1) a la señal total y se aplica decodificación de Viterbi para aumentar la capacidad de corrección de errores. La velocidad de transmisión es, por consiguiente, de 24,576 Mbit/s.

La portadora se somete a la modulación MDM (modulación por desplazamiento mínimo), por el tren de bits multiplexado antes indicado. El método de modulación MDM proporciona una mayor calidad frente a las características no lineales del tubo de ondas progresivas y facilita y abarata el control automático de frecuencia.

Se realizaron experimentos de transmisión MDS1 y MDS2 por satélite. La relación C/N (27 MHz) recibida que se necesita para que la degradación del sonido esté en el límite de lo perceptible, utilizando receptores de tipo doméstico, es de aproximadamente 8 dB ($BER = 1 \times 10^{-3}$) en MDS1 y de 4,5 dB ($BER = 1 \times 10^{-2}$) en MDS2.

La especificación detallada del sistema MDS figura en el Apéndice 3 al Anexo 1.

3 Conclusión

Se recomiendan actualmente tres sistemas de radiodifusión de datos y de sonido de alta calidad, destinados a utilizarse en el servicio de radiodifusión por satélite a 12 GHz. Estos sistemas existen ya a nivel de la normalización y responden a las exigencias de la radiodifusión de señales de sonido y datos de muy elevada calidad. El sistema RDS ya se encuentra en servicio operacional en la República Federal de Alemania y los receptores correspondientes pueden adquirirse en el comercio.

APÉNDICE 1

AL ANEXO 1

Especificaciones del sistema de radiodifusión digital por satélite (RDS)

1 Introducción

Los satélites de radiodifusión de televisión, además de utilizarse para la transmisión de programas de televisión, se emplearán también para la transmisión, exclusivamente digital, de 16 programas radiofónicos en estereofonía de alta calidad por un canal transpondedor reservado únicamente para

este fin. Varios estudios efectuados en la República Federal de Alemania y proyectos de desarrollo, patrocinados por el Ministerio de Investigación y Tecnología, han definido los parámetros principales para la calidad de recepción y la zona de cobertura de determinado número de canales, de modo que fuera posible identificar las características necesarias del sistema de transmisión. Mediante equipos de prueba, se han realizado con éxito experimentos que entrañaban pruebas prácticas.

A continuación, se indican las especificaciones del sistema finalmente adoptadas. La sucesión en el tiempo de todas las secuencias binarias se representa en este Anexo de izquierda a derecha.

La modulación analógica y los parámetros de transmisión RF se refieren a las especificaciones nominales. Las tolerancias de los equipos y de explotación en el extremo transmisor no se tratan aquí.

2 Codificación de la señal de sonido

2.1 Señal generada

Los estudios de sonido digital dispondrán de señales audio uniformemente cuantificadas, con una resolución de 16 bits y una frecuencia de muestreo de 48 kHz.

Como ni el enlace terrenal hacia la estación terrena ni el canal de satélite tendrán la capacidad necesaria para transmitir la señal generada en esta forma particular, ésta tendrá que adaptarse a la velocidad binaria de 14 bits \times 32 kHz del canal audio disponible tanto en los enlaces terrenales como en el canal de satélite. La adaptación necesaria de la frecuencia de muestreo, de 48 kHz a 32 kHz, no da lugar a una degradación perceptible de la calidad. No obstante, por diferentes motivos, sería conveniente obtener una gama de la señal de sonido correspondiente a 16 bits. Ello puede lograrse, en realidad, aplicando medidas apropiadas. Así pues, en el extremo de la transmisión total, la señal está caracterizada por los parámetros de 16 bits y 32 kHz.

2.2 Formación de bloques de señal de sonido

Si, además de la señal de sonido, se transmiten datos referentes a la gama de amplitud de la señal de sonido (factor de escala), pueden utilizarse esos datos en el extremo receptor para limitar los errores de amplitud causados por los bits erróneos de la señal de sonido en la gama de amplitud indicada. Por otra parte, el factor de escala permite aplicar un sistema de coma flotante de 16/14 bits.

No es necesario transmitir el factor de escala con cada muestra. Las pruebas han demostrado que es suficiente determinar un solo factor de escala para bloques de 64 muestras $\hat{=}$ 2 ms) para describir la gama de amplitud de la mayor de las 64 muestras.

2.3 Formato de transmisión

Se dispone de las muestras de 16 bits de la señal de sonido como números dobles en un complemento de 2. El primer bit de cada palabra es el bit más significativo (MSB – «most significant bit») (bit de signo, 0 $\hat{=}$ +), y el último el bit menos significativo (LSB – «least significant bit»). Utilizando un sistema de coma flotante, las muestras de 16 bits se convierten en palabras de código de 14 bits para la transmisión.

Un factor de escala de 3 bits que se aplica a un bloque de 64 muestras indica cuántos bits (0 ... 7), que siguen al bit de signo (y_1) en cada una de las palabras muestreadas, tienen el mismo valor que el bit de signo (Fig. 1a). No es necesario transmitir la redundancia indicada por el factor de escala. En su lugar, las muestras y su correspondiente información han de desplazarse hacia los bits de signo (sistema de coma flotante). De esta forma, pueden transmitirse los bits 15.º y 16.º de las palabras de código originales, en caso de pequeñas amplitudes de la señal. No se han asignado todavía los bits designados por Z1 a Z5 (Fig. 1b).

En el extremo receptor, se utiliza el factor de escala para hacer retroceder los bits de la muestras a su valor original. Con ello se obtienen muestras de 16 bits y se limitan los efectos de los bits erróneos no reconocidos en la gama de amplitud indicada por el factor de escala.

3 Multiplexión

3.1 Generalidades

Toda la información que ha de transmitirse, es decir, las señales de audio, los datos relacionados con el programa y los datos asociados para la protección contra los bits erróneos, está incluida en dos tramas principales sincrónicas idénticas que inician la modulación de dos portadoras ortogonales (modulación MDP-4). Cada una de las dos tramas principales contiene 16 de los canales audio descritos en el § 2 e información conexas. Pueden utilizarse dos canales audio como un canal estereofónico. Los canales estereofónicos 1 ... 8 están incluidos en la trama principal A y los canales estereofónicos 9 ... 16 en la trama principal B (Fig. 2).

3.2 Estructura de la trama principal

Una trama principal está constituida por 320 bits (Fig. 3). La frecuencia de repetición de trama es de 32 kHz, que proporciona una velocidad de datos de 10,24 Mbit/s.

La trama comienza con una palabra de sincronización de trama, seguida por un bit para los servicios especiales y de cuatro bloques de 77 bits cada uno, de los cuales los dos primeros consecutivos son de bits intercalados y los dos consecutivos siguientes también de bits intercalados (Fig. 2). Este modo de intercalación de bits elimina los efectos de bits erróneos dobles en el receptor cuando se emplea la demodulación diferencial.

3.2.1 Palabra de sincronización de trama principal

Una palabra de código Barker de 11 bits con la siguiente estructura sirve como palabra de sincronización para la trama principal A:

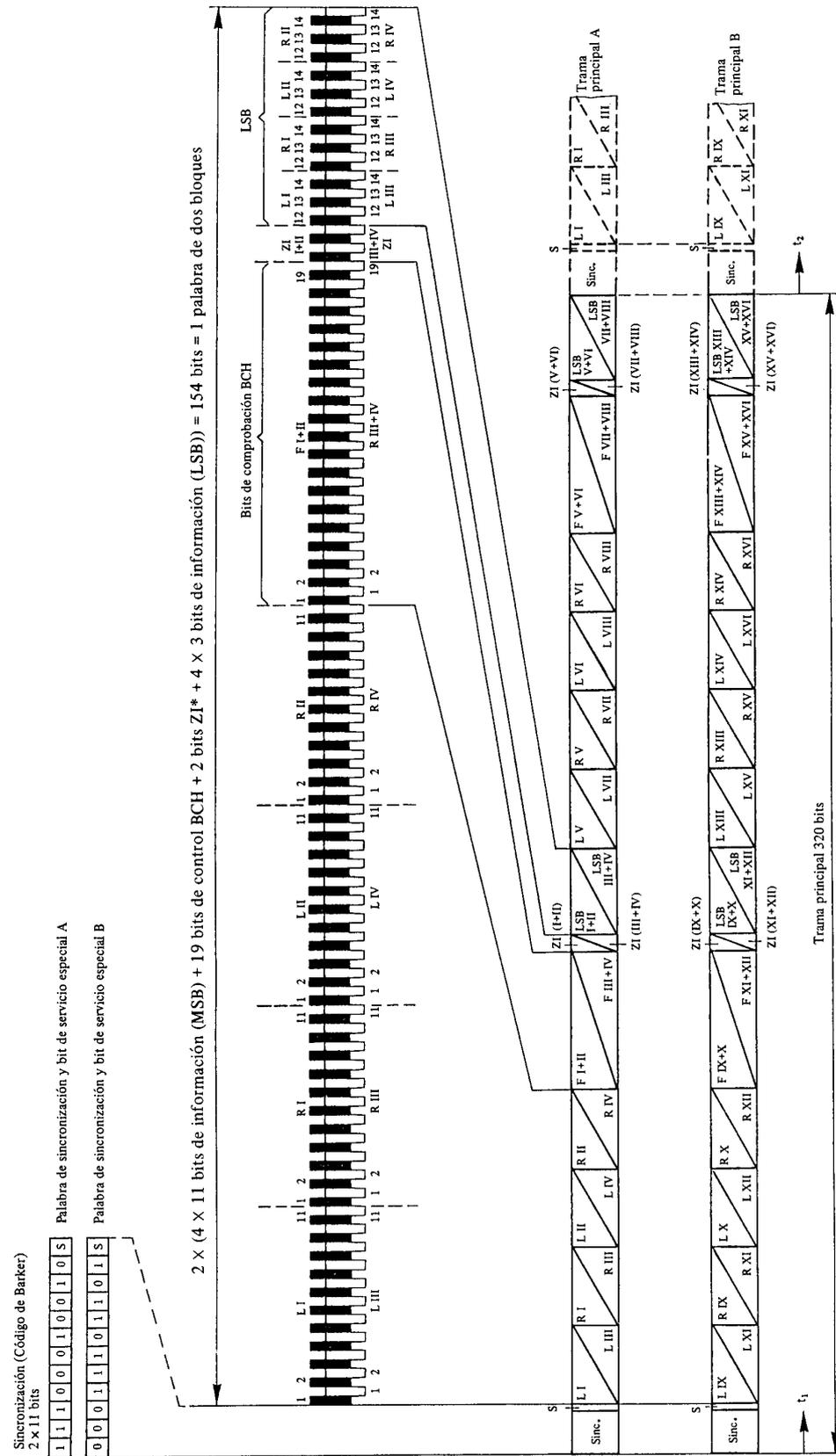
1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0

Se utiliza esta palabra de código Barker de 11 bits invertida para la trama principal B:

0 0 0 1 1 1 0 1 1 0 1

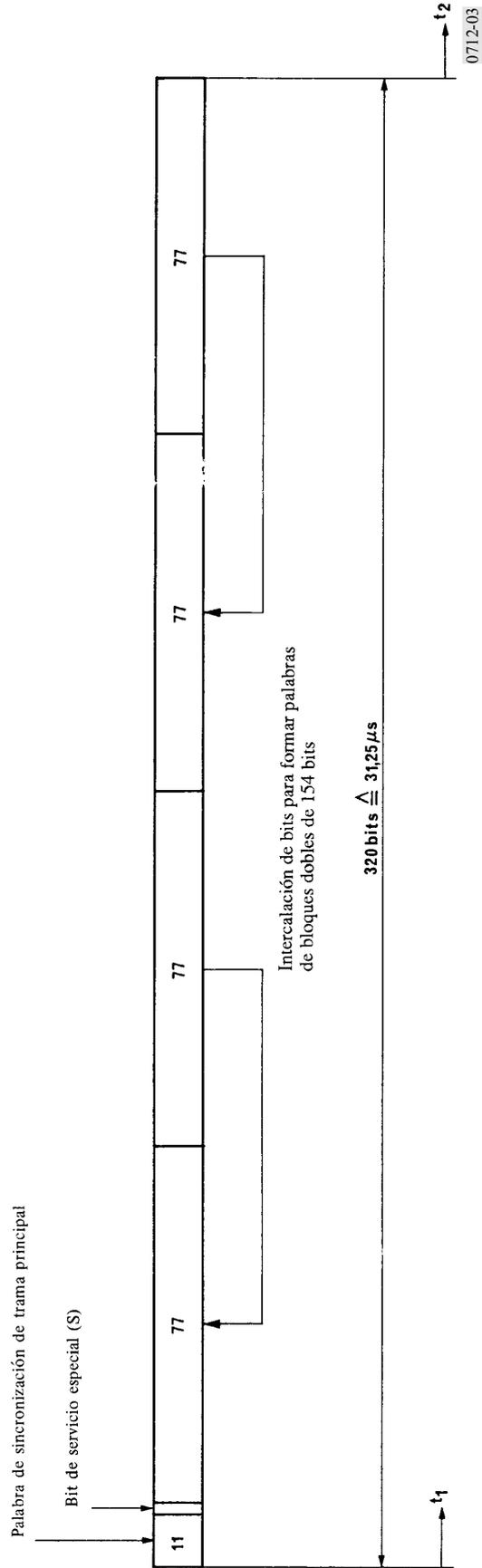
La palabra de código Barker permite proceder a un análisis de correlación en el receptor que permite el restablecimiento correcto del reloj temporizador de bits y la atribución de bits, así como la detección de pérdida de sincronismo (saltos de ciclo y deslizamientos de bits). La inversión de la palabra de código Barker en la trama principal B garantiza la atribución inequívoca de las dos corrientes de bits demoduladas a las tramas principales A y B, aún en el caso de demodulación diferencial.

FIGURA 2
Formato de la trama principal



- I: Bit más significativo (MSB)
 - 14: Bit menos significativo (LSB)
 - I, II, ..., XVI: Número de canal estereofónico
 - L: Canal izquierdo
 - R: Canal derecho
- * Información adicional

FIGURA 3
Estructura de la trama principal (principio; véanse los detalles en las Figs. 2 y 4)



3.2.2 Bloque de 77 bits

Para garantizar la recepción sin perturbaciones en caso de condiciones desfavorables, se utiliza sistemáticamente un código BCH (63,44) en el extremo receptor para la corrección de errores o el reconocimiento de errores con ocultación de errores. Cada uno de los 19 bits de comprobación del código BCH se deriva de un juego de 11 MSB de la palabra código de 14 bits de 4 canales de señal audio. Se describen completamente por el siguiente polinomio generador:

$$g(x) = x^{19} + x^{15} + x^{10} + x^9 + x^8 + x^6 + x^4 + 1$$

Comenzando con el bit de comprobación correspondiente al de mayor exponente, los bits de comprobación se agregan a los 4×11 MSB de las palabras de código de señal audio de 14 bits para formar la palabra de código BCH de 63 bits. Junto con los 4×3 LSB de las palabras de código de señal audio de 14 bits y dos bits de información adicionales que se utilizan para una transmisión relativa al canal de los factores de escala y de la denominada información relacionada con el programa (PI – programme-related information»), la palabra de código BCH de 63 bits forma un bloque de 77 bits para dos canales estereofónicos. El primer bit de información adicional se atribuye siempre al primer canal estereofónico, y el segundo bit de información adicional al segundo canal estereofónico. En la Fig. 4 se muestra la disposición exacta.

3.2.3 Bit de servicio especial

Los bits de servicio especial (Fig. 3) de 64 tramas principales A consecutivas se combinan para formar una trama de servicio especial (SA) (Fig. 5). En los § 3.3 y 3.4, se describen el uso y la estructura de esta trama particular. El empleo del bit de servicio especial de la trama principal B no ha sido definido todavía y se ha fijado provisionalmente a «0».

3.3 Estructura de la supertrama

3.3.1 Generalidades

Se transmite una palabra de código de señal audio desde cada uno de los 16 canales audio en una trama principal. De conformidad con el § 2.2, 64 muestras de señal audio ($\hat{=}$ 2 ms) de un canal se combinan para formar un bloque de señal de sonido para determinar el factor de escala. Para cerciorarse de que se adopta esta estructura en el trayecto de transmisión para todos los canales audio, se forma una supertrama a partir de 64 tramas principales consecutivas. La supertrama ha de comenzar igualmente por una palabra de sincronización.

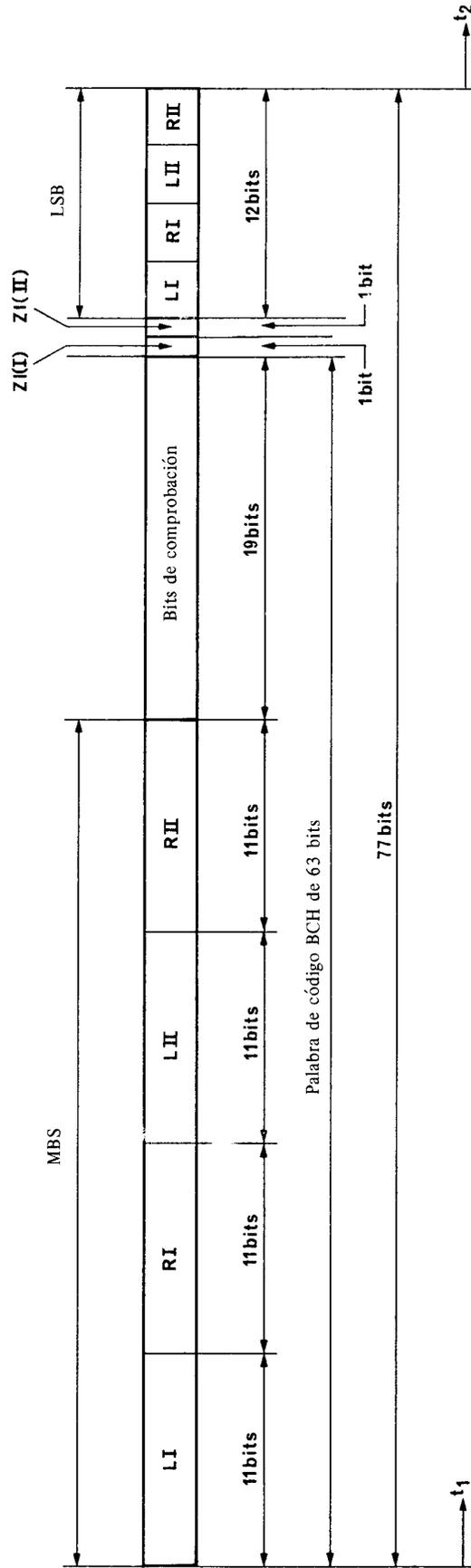
3.3.2 Sincronización de supertrama

Los primeros 16 bits de la trama de servicio especial, formada por los bits de servicio especial de la trama principal A, se utilizan para lograr la sincronización correcta de los dos bloques de señal audio de 2-ms en la totalidad de los 32 canales audio (incluida toda la información adicional) de las dos tramas principales. Se aplica un código Williard de la siguiente estructura como palabra de sincronización:

0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 1 1 1 1

La trama principal A cuyo bit de servicio especial contiene el último bit de la palabra de sincronización mencionada va seguida de todos los bloques de señal audio de 2 ms (incluida la información adicional ZI) de las tramas principales A y B. Dada la utilización de los 48 bits restantes de la trama de servicio especial (SA), se requieren también las supertramas (SAÜ) y (SAÜÜ) para el servicio especial (véanse también los § 3.4.3 y 3.4.4).

FIGURA 4
Estructura del bloque de 77 bits (véanse los detalles de la Fig. 2)



I, II : Número del canal estereofónico

L : Canal de la izquierda

R : Canal de la derecha

ZI : Información adicional

Si un canal estereofónico se subdivide en dos canales monofónicos:

L → canal monofónico 1

R → canal monofónico 2

MSB : Bits más significativos

LSB : Bits menos significativos

3.4 Utilización de los bits de servicio especial

3.4.1 Generalidades

Una vez deducida la palabra de sincronización de 16 bits, quedan 48 de los 64 bits de la trama de servicio especial. Se dispone de los 48 bits a intervalos de 2 ms, que se utilizan para identificar el programa suministrado (información de programa (PA) y fuente de programa (SK)). La información PA indica el modo (mono/estéreo)* de los diferentes canales, el tipo de programa (0 ... 15) y si se transmite música o palabra. Por consiguiente, es posible proporcionar un resumen continuo de todos los programas disponibles y controlar las funciones de conmutación del receptor. Mediante la información SK se identifica el programa fuente. Esta información puede interpretarse y visualizarse en el receptor. Consiste en 8 caracteres alfanuméricos**.

3.4.2 Estructura de la trama de servicio especial

Los 48 bits disponibles dentro de un periodo de 2 ms se dividen en 6 octetos (Fig. 5). Los 4 primeros se utilizan para la transmisión de la información de programa PA (SA/PA) y del código de la fuente de programa (SA/SK). Los octetos 5 y 6 de las tramas SA (octetos Dn o En) se utilizan para la identificación del bloque de 77 bits o se encuentran disponibles para futuras aplicaciones.

3.4.2.1 Información de programa (PA)

En caso de transmisión *monofónica*, la información de programa para los canales monofónicos 1 ... 4 (PA-L I, PA-R I, PA-L II, PA-R II) está contenida en los primeros cuatro bytes después de la palabra de sincronización. En tal caso, el esquema de codificación de la información de programa es el siguiente:

Número del tipo programa					Palabra/música	Modo		Paridad
					a			
0	0	0	0	0	K	0	1	P
1	0	0	0	1	K	0	1	P
2	0	0	1	0	K	0	1	P
3	0	0	1	1	K	0	1	P
4	0	1	0	0	K	0	1	P
5	0	1	0	1	K	0	1	P
6	0	1	1	0	K	0	1	P
7	0	1	1	1	K	0	1	P
8	1	0	0	0	K	0	1	P
9	1	0	0	1	K	0	1	P
10	1	0	1	0	K	0	1	P
11	1	0	1	1	K	0	1	P
12	1	1	0	0	K	0	1	P
13	1	1	0	1	K	0	1	P
14	1	1	1	0	K	0	1	P
15	1	1	1	1	K	0	1	P

K: Identificación de música o palabra
1: música
0: palabra

P: Bit de paridad
0: número par de «1» en los bits 1 ... 7

* La denominación «estéreo» significa que para la transmisión del programa se utilizan dos canales aún en el caso de que la señal del programa no sea estereofónica.

** La fuente de programa (SK) corresponde al código «fuente de programa» (PS) en el sistema de radiodifusión de datos (RDS).

En el caso de transmisiones estereofónicas puede utilizarse una identificación doble para el tipo de programa. De esta forma, se caracterizan con mayor facilidad los programas que pueden estar atribuidos a dos tipos de programas distintos (por ejemplo, deportes/música pop) y además pueden sintonizarse un gran número de programas durante el proceso de búsqueda en el receptor. Una identificación doble consiste en una identificación primaria y secundaria. Ambas deben tomarse del cuadro de números del tipo de programa indicado anteriormente.

La identificación primaria del tipo de programa y la identificación música/palabra se transmite por el canal izquierdo (PA-L), y la identificación secundaria en los 4 primeros bits del canal derecho (PA-R). Si no hay necesidad de transmitir identificación secundaria, se repite la identificación primaria como identificación secundaria.

Los números de tipo de programa tienen el significado siguiente*:

Número	Tipo de programa	(1)
0	No se indica tipo de programa o no está definido	
1	Noticias	(NOTICIAS)
2	Sucesos	(SUCESOS)
3	Información	(INFO)
4	Deportes	(DEPORTES)
5	Educación	(EDUCACIÓN)
6	Programas dramáticos	(DRAMA)
7	Programas culturales	(CULTURA)
8	Ciencia	(CIENCIA)
9	Variedades	(VARIEDADES)
10	Música pop	(M POP)
11	Música rock	(M ROCK)
12	Música M.O.R.	(M M.O.R.)
13	Música clásica ligera	(M LIGERA)
14	Música clásica	(CLÁSICA)
15	Otros estilos musicales	(OTRAS M)

(1) Los términos que figuran entre paréntesis son las abreviaturas recomendadas que pueden utilizarse en una pantalla de presentación de 8 caracteres o en el panel frontal del aparato receptor.

Por otra parte, para indicar el modo estereofónico se utilizan los bits restantes de canal derecho (PA-R). La ocupación del canal derecho (PA-R) para transmisiones estereofónicas es la siguiente:

X X X X 0 1 0 P

donde:

X: bits para la codificación de la identificación secundaria

P: bit de paridad (0: número par de «1» en los bits 1 ... 7)

Bits 6 y 7: Si en PA-L y PA-R aparece 01 → dos canales monofónicos independientes

Si en PA-L aparece 01 y en PA-R aparece 10 → par estereofónico.

Si no está ocupado un canal se indica mediante la siguiente secuencia de bits:

0 0 0 0 1 0 0 1

* Esta es la clasificación derivada de la Recomendación de la UER que figura en el Documento Técnico 3244 sobre sistema de radiodifusión de datos (RDS) para la radiodifusión sonora terrenal en ondas métricas.

En todos los octetos siempre se transmite en primer lugar el bit N° b8. La transmisión comienza siempre con el carácter que se encuentra más a la izquierda en el dispositivo de visualización. El número de todos los caracteres, incluidos los posibles espacios, siempre es de 8.

3.4.2.3 Utilización de los octetos Dn y En

Para maximizar la distancia de codificación a la palabra de sincronización elegida (Sinc 1; Sinc 2) debe observarse la siguiente regla cuando se utilicen los octetos Dn y En:

X X X X X 0 X P

donde:

X: bits sin atribuir

P: bit de paridad (0: número par de «1» en los bits 1 ... 7)

Los octetos Dn describen la utilización de los cuatro canales monofónicos en un bloque de 77 bits. Para cada canal monofónico hay disponibles a estos efectos dos bits. La atribución de estos bits de identificación para el canal monofónico es la siguiente:

Dn (impar) 5.º octeto en la trama SA/PA								Dn (par) 6.º octeto en la trama SA/PA							
X	X	X	X	X	0	X	P	X	X	X	X	X	0	X	P
Mono 1				Mono 2				Mono 3				Mono 4			
L I		R I		ejemplo								L II		R II	

Los bits N.º 5 y 7 de cada octeto Dn se mantienen en reserva para la posible ampliación de identificaciones y se fijan, de forma provisional, a 0.

En los dos bits pueden identificarse cuatro modos distintos.

Modo	Significado
00	Canal de radiodifusión sonora monofónico en un bloque de 77 bits de acuerdo con la Fig. 4. La codificación de la señal de sonido se describe en el § 2. La información adicional se describe en el § 3.5
01	Aún no está definido
10	Aún no está definido
11	Transmisión de datos de acuerdo con el Anexo 5 al Apéndice 1

Si la identificación es distinta de 0 0, los octetos 1 ... 4 de las tramas SA/PA y SA/SK (Fig. 5) no están ocupadas por información de programa o por datos sobre la fuente de programa y se encuentran libres para otro uso. La evaluación segura de los octetos Dn se logra mediante 7 transmisiones consecutivas de las tramas SA/PA y una toma de decisión por mayoría.

Aún no se ha determinado la utilización de los octetos En (octetos N.º 5 y 6 en la trama SA/PA). Se fijan al valor:

0 0 0 0 0 0 0 0

3.4.3 Estructura de la supertrama de servicio especial (SAÜ)

Una trama de servicio especial (SA) contiene la información de programa (PA) y la información de fuente de programa (SK) de cuatro programas monofónicos o de dos programas estereofónicos. Para tener en cuenta los 32 programas monofónicos o los 16 programas estereofónicos, han de combinarse ocho tramas de servicio especial (SA/PA y SA/SK) para formar una supertrama de servicio especial (SAÜ/PA o SAÜ/SK).

El comienzo de esta supertrama está marcado por la palabra de código Williard de 16 bits anteriormente descrita (véase el § 3.3.2) (Sinc 1). Las siete tramas de servicio especial restantes dentro de la supertrama comienzan con la siguiente palabra de sincronización modificada (Sinc 2):

0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1

(véase también la Fig. 5.)

3.4.4 Estructura de la trama SAÜÜ

La supertrama de servicio especial (SAÜ/PA ó SAÜ/SK) se transmite en grupos alternativos. Con este objeto se crea otra supertrama (SAÜÜ) que contiene 7 tramas (SAÜ/PA) consecutivas y 8 tramas (SAÜ/SK) consecutivas. Ambos grupos se separan por una trama (SAÜ/LB) (Fig. 5) que tiene la estructura de una trama (SAÜ) en la cual todos los octetos de las 8 tramas (SA) que incorpora, se fijan a 0.

Las 8 tramas (SAÜ/SK) que siguen a las tramas (SAÜ/LB) contienen los 8 caracteres de la información de fuente de programa comenzando por el carácter situado más a la izquierda del dispositivo de visualización. En el caso de transmisión de sonido, las 7 tramas (SAÜ/PA) consecutivas incorporan idéntica información, lo que asegura la protección de los datos.

3.5 Empleo de los bits de información adicionales

3.5.1 Generalidades

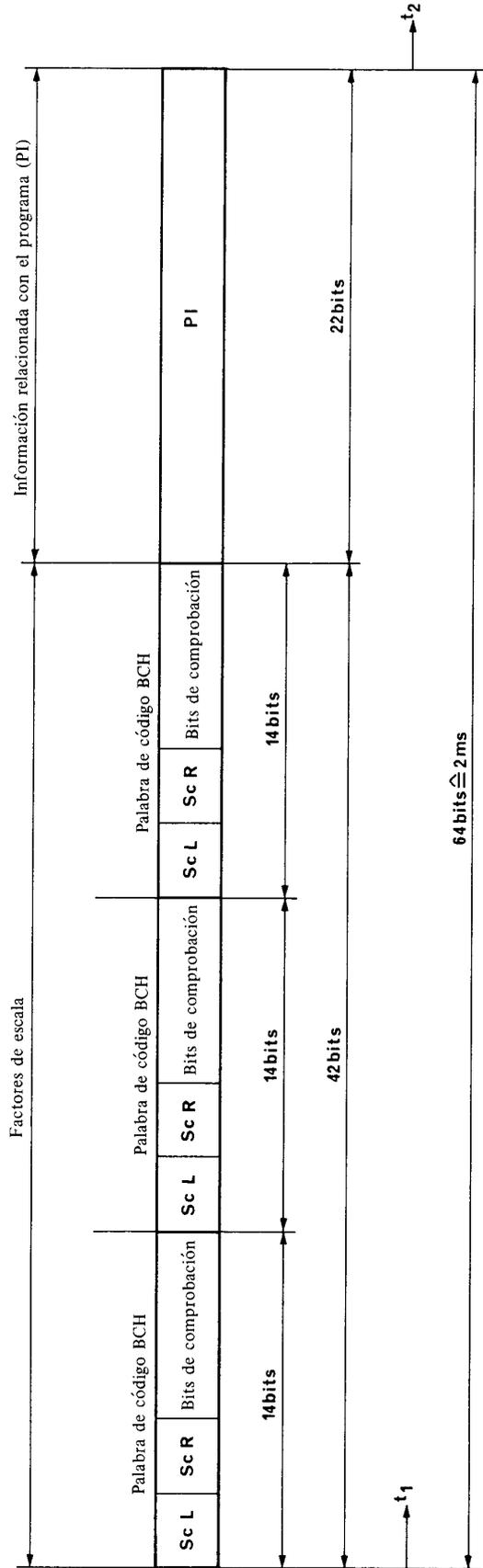
El proceso de combinación de 64 tramas principales en supertramas (véase el § 3.3) da también lugar a la formación de tramas para los bits de información adicionales (ZI). Esta trama ZI contiene los factores de escala para dos canales audio. La capacidad restante se reserva para la transmisión futura de información relacionada con el programa (PI) (Fig. 6).

3.5.2 Factor de escala

La Fig. 6 muestra la posición de los factores de escala de dos canales audio en una trama de información (ZI). La Fig. 1 indica la atribución de los factores de escala a las gamas de amplitud. Dada su importancia, los factores de escala requieren una protección mayor contra los bits erróneos que las palabras de código de la señal audio. Con este fin, los dos factores de escala de 3 bits de un canal de la izquierda y de un canal de la derecha se insertan, comenzando con el MSB, en un código BCH (14,6) sistemáticamente abreviado. La palabra de código BCH se transmite por triplicado (ocupando, pues, 42 bits de la trama de información). Para obtener la palabra de código BCH abreviada, han de seguirse las siguientes etapas:

- a) los dos factores de escala de 3 bits van precedidos por un séptimo bit de valor cero;

FIGURA 6
Estructura de la trama de información (ZI)



Sc L : Factor de escala del canal izquierdo
Sc R : Factor de escala del canal derecho

- b) se obtienen 8 bits de comprobación por el siguiente polinomio generador de un código BCH (15,7):

$$g(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^0$$

y se unen a los 6 bits del factor de escala. La secuencia de los bits de comprobación viene determinada por el exponente del polinomio generador asociado (los términos con menor exponente figuran al final).

Para facilitar la decodificación en el lado receptor, el factor de escala debe recibirse antes del bloque de señal de sonido del que se deriva. Por motivos técnicos, el factor de escala debería, en realidad, ir precedido de dos bloques de señal de sonido, es decir, la transmisión del factor de escala en la trama de información ZI debería comenzar 4 ms antes de la transmisión de la primera palabra de código de señal de sonido del bloque de señal de sonido asociado.

3.5.3 Información relacionada con el programa (PI)

A intervalos de 2 ms, resultantes de la determinación y transmisión de los factores de escala, se dispone de una capacidad de datos de 22 bits por canal estereofónico en la trama de información para la transmisión de información adicional relacionada con el programa. Esos 22 bits deberían utilizarse con transparencia de bits, es decir, que las palabras de 22 bits transmitidas en ráfagas cada 2 ms por la estación terrena debería llegar al interfaz* del extremo receptor en forma de ráfagas de 22 bits**.

Los 22 bits de información relacionada con el programa de los programas monofónicos se atribuyen alternativamente a los dos canales monofónicos, es decir, que un bloque de información relacionada con el programa de 22 bits sólo se transmite cada 4 ms. Se emplea la sincronización de la supertrama de servicio especial (SAÜ) para determinar la atribución de los 22 bits de información relacionada con el programa al canal monofónico apropiado. Los 22 bits de información relacionada con el programa que siguen a la palabra de sincronización SAÜ de la supertrama de servicio especial se asignan consecuentemente al canal monofónico 1.

4 Modulación y transmisión RF

4.1 Técnica de modulación

Para utilizar eficazmente la anchura de banda del canal transpondedor, incluso con valores bajos de la relación C/N , se aplica la modulación MDP-4 coherente de la portadora sin desplazamiento de bits. Los dos trenes de bits a 10,24 Mbit/s derivados de las dos tramas principales forman las señales de entrada. La velocidad binaria global de 20,48 Mbit/s permite transmitir 16 señales radiofónicas estereofónicas ó 32 monofónicas. La codificación diferencial de los dos trenes de bits permite la demodulación síncrona y diferencial en el extremo receptor. En el Anexo 3 al Apéndice 1 se describe un método de modulación utilizado corrientemente.

* En el Anexo 1 al Apéndice 1, figura una proposición para un interfaz normalizado de información relacionada con la información PI en el receptor RDS.

** En el Anexo 2 al Apéndice 1, se describe una posible estructura de paquetes para la transmisión de información relacionada con el programa.

4.2 Aleatorización

Se aplica la aleatorización para la dispersión de energía y la recuperación fiable del reloj temporizador durante las pausas de modulación o en el caso de señales estacionarias, para protección contra la imitación de la palabra de sincronización. Como se muestra en la Fig. 7, los trenes de bits de las tramas principales A y B, con excepción de las palabras de sincronización y los bits especiales de servicio, se aleatorizan por medio de una combinación con las secuencias pseudoaleatorias de un generador de aleatorización. Esto es técnicamente posible utilizando un registro de desplazamiento de realimentación de nueve dígitos. El polinomio generador utilizado es:

$$g(x) = x^9 + x^4 + 1$$

Una secuencia de 308 bits que muestra una probabilidad de imitación mínima con respecto a la palabra de sincronización de trama de Barker se selecciona de la secuencia binaria de 511 relojes temporizadores ($2^9 - 1$). La secuencia de 308 bits está determinada por el valor inicial:

$$r_8, r_7, \dots, r_0 = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1$$

A partir del decimotercer bit de la trama principal, los 308 bits restantes se combinan según una ley módulo 2 pseudoaleatoria como sigue:

- trama principal A con el contenido de la célula r_0 del registro de desplazamiento, y
- trama principal B con el contenido de las células r_3 y r_0 del registro de desplazamiento.

Subsiguientemente, las células del registro de desplazamiento se ponen de nuevo al valor inicial mencionado anteriormente. Después se vuelve a efectuar la aleatorización con el decimotercer bit de la próxima trama principal.

4.3 Codificación diferencial

Para poder efectuar en el receptor la demodulación de fase diferencial en vez de la modulación síncrona más complicada, debe aplicarse la codificación diferencial a todos los bits de las tramas principales A y B después de la aleatorización. Para ello, los dos trenes de bits aleatorizados A' y B' de las tramas principales A y B se combinan por medio de un codificador diferencial. El proceso de combinación aplicado se basa en el principio siguiente:

$$\text{para } A'_n \oplus B'_n = 0 \quad A''_n = A''_{n-1} \oplus A'_n$$

$$B''_n = B''_{n-1} \oplus B'_n$$

$$\text{para } A'_n \oplus B'_n = 1 \quad A''_n = B''_{n-1} \oplus A'_n$$

$$B''_n = A''_{n-1} \oplus B'_n$$

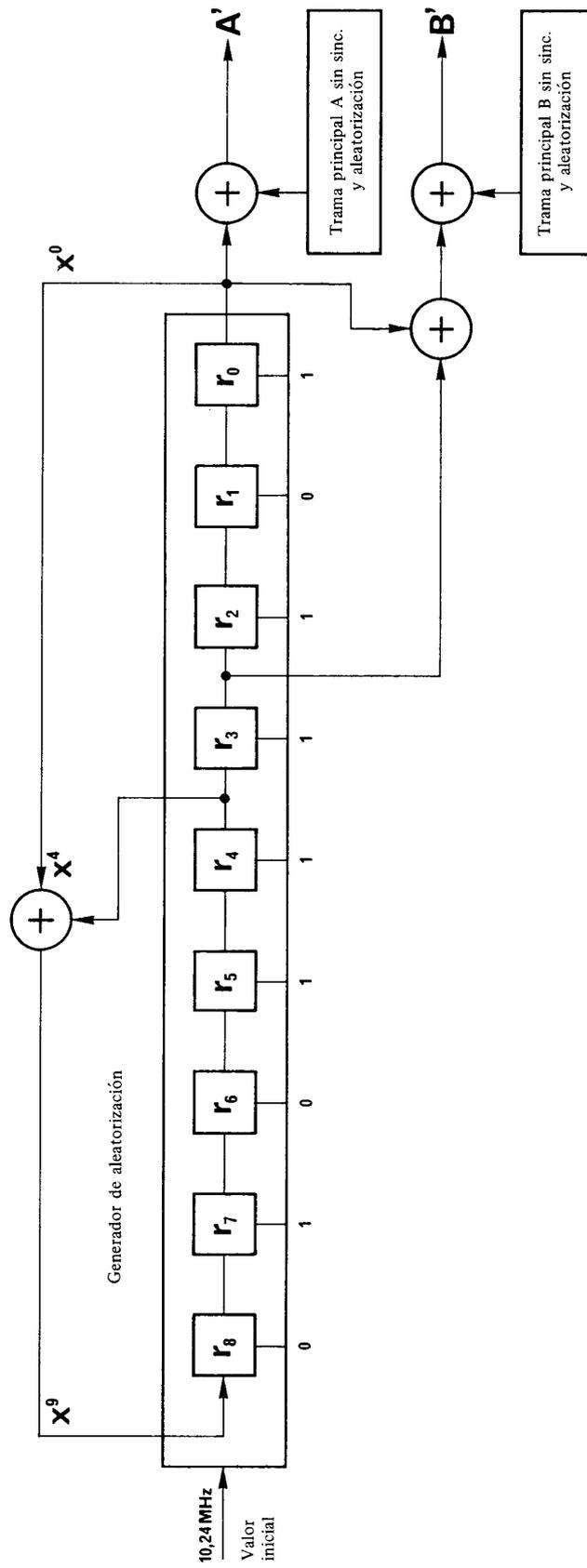
\oplus : adición «o exclusiva»

X_n : estado lógico en tiempo n

X_{n-1} : estado lógico en tiempo $n-1$, es decir, 1 bit anterior

Las dos señales de salida A'' y B'' del codificador diferencial forman la señal modulada (véase también la Fig. 8).

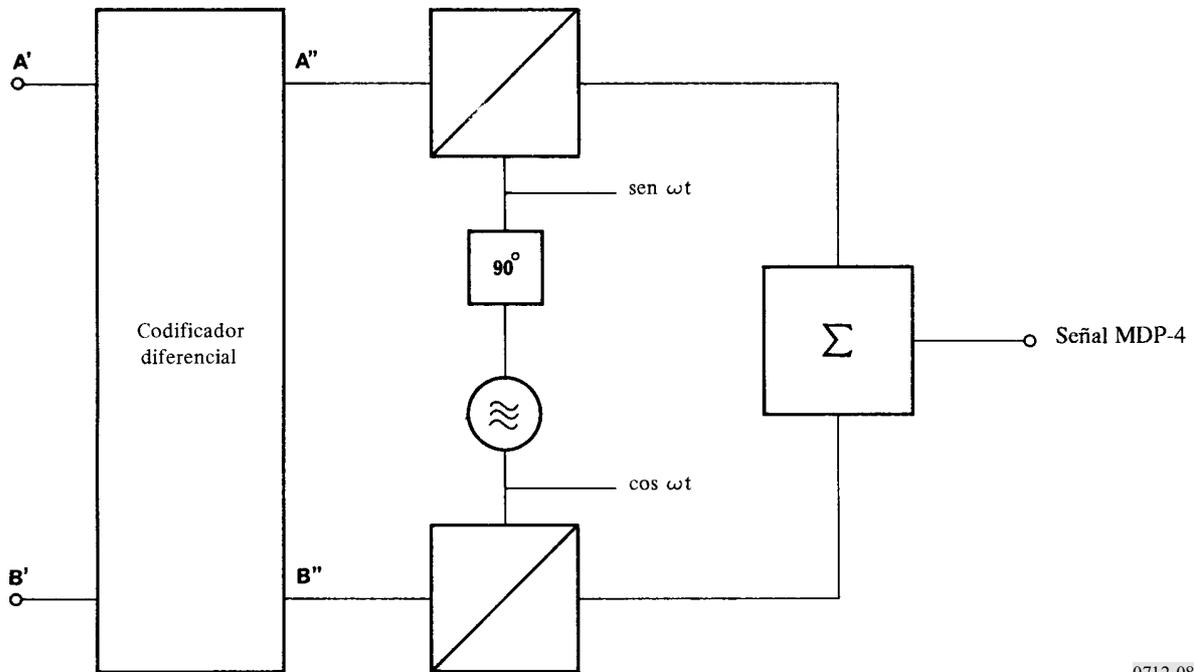
FIGURA 7
Aleatorización en las tramas principales A y B



0712-07

FIGURA 8

Diagrama de bloques teórico del modulador MDP-4 coherente con un codificador para codificación diferencial



0712-08

4.4 Conformación del espectro

El espectro de la señal* proporcionada por la parte de amplificación lineal de la estación terrena en banda de base, se describe por la representación siguiente (caída del 50% en el coseno):

$$\begin{aligned}
 S(f) &= 1 && \text{para } 0 \leq f \leq \frac{1}{4\tau} \\
 S(f) &= \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ 1 + \cos \left[2\pi \left(f - \frac{1}{4\tau} \right) \tau \right] \right\}} && \text{para } \frac{1}{4\tau} \leq f \leq \frac{3}{4\tau} \\
 S(f) &= 0 && \text{para } f > \frac{3}{4\tau}
 \end{aligned}$$

$$\tau = \text{duración del dibit (par de bits)} = \frac{2}{20,48} \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

(El espectro FI/RF se obtiene por modulación de amplitud de dos portadoras ortogonales mediante una señal de banda de base que tiene un espectro de la forma indicada.)

* La definición emisión fuera de banda en las especificaciones de la estación terrena deberá ajustarse al Reglamento de Radiocomunicaciones y a los principios de planificación para los enlaces ascendentes (CAMR ORB). La plantilla del espectro aplicable a la señal MDP-4 se muestra en el Anexo 4 al Apéndice 1.

4.5 Estados de modulación

Las combinaciones posibles de pares de bits (dibits) de los trenes de bits aleatorizados A' y B' (antes de la codificación diferencial) se corresponden en la modulación MDP-4 con los siguientes cambios de fase de la portadora:

Información de bits		Cambio de fase (grados)
A'	B'	$\Delta\phi$
0	0	0
1	0	90
1	1	180
0	1	270

El cambio de fase se relaciona con la posición de la fase de la señal portadora en cada bit precedente*. El cómputo debe realizarse en el sentido levógiro (matemáticamente positivo).

ANEXO 1

AL APÉNDICE 1

Interfaz de la señal de información relacionada con el programa (PI) en el receptor de radiodifusión digital por satélite (RDS)

Para poder identificar la información relacionada con el programa (PI – «programme related information») en el programa recibido, el receptor de radiodifusión sonora tendrá un interfaz en serie especial. Se aplicarán tres señales de salida diferentes al interfaz. La combinación lógica de estas señales de salida permitirá la lectura de los datos relacionados con el programa.

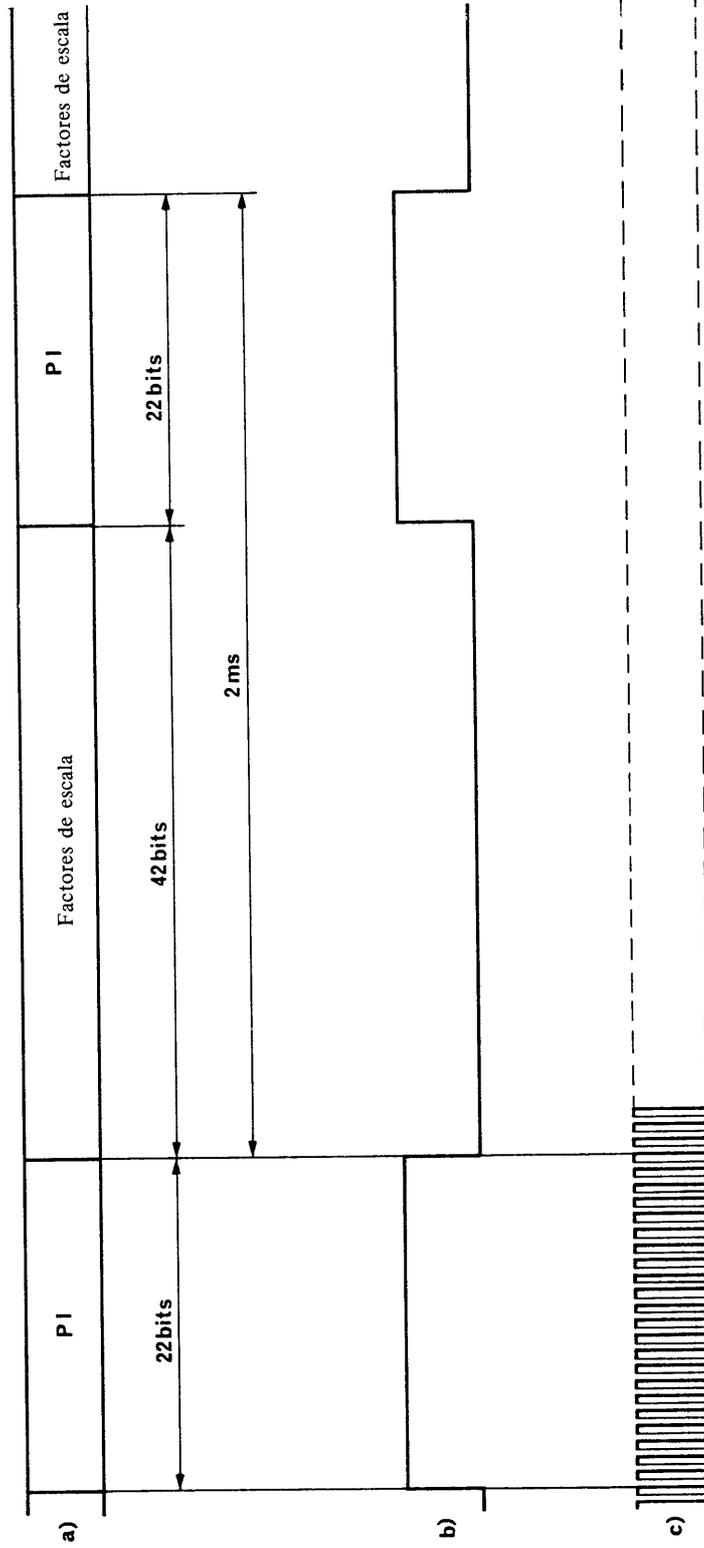
La Fig. 9 muestra el formato de salida de las tres señales y su relación en el tiempo para programas estereofónicos:

- ráfaga de datos de la información adicional relacionada con el canal estereofónico;
- señal de ventana;
- reloj de 32 kHz.

La combinación lógica de estas señales garantiza que la palabra de 22 bits que contiene la PI se transmita en ráfagas cada 2 ms.

* Los cambios de fase y combinaciones de bits indicados en este Anexo se aplican al espectro de la señal en posición normal. El receptor debe reconocer automáticamente si el espectro de la señal aparece en posición inversa como resultado de la conversión de la señal de la gama RF a la gama FI en el extremo receptor y debe poder tratar la señal en consecuencia (por ejemplo, intercambiando A' y B' de acuerdo con la palabra de sincronización asociada en el caso de demodulación diferencial).

FIGURA 9
 Interfaz de la información relacionada con el programa (PI),
 formato de salida y correspondencia en el tiempo (estereofonía)



- a) Tren de datos de información adicional (ZI)
- b) Señal de ventana, comienzo de palabra con pendiente positiva
- c) Reloj de 32 kHz, salida de datos con pendiente de reloj negativa

La señal de ventana cambia en el caso de programas monofónicos. Aparece solamente cada 4 ms; en consecuencia, una palabra PI de 22 bits se transmite solamente a intervalos de 4 ms. La asignación al canal monofónico apropiado se describe en el § 3.5.3.

La elección del conector y la asignación de sus patillas se deja a la discreción de los fabricantes de receptores.

ANEXO 2

AL APÉNDICE 1

Estructura de paquetes para información relacionada con el programa (PI)

Las palabras PI, de 22 bits, que aparecen cada 2 ms (cada 4 ms en programas monofónicos) se utilizan como sigue:

- 1 La PI se estructura en *paquetes* cuya longitud corresponde a múltiplos enteros de 22 bits.
- 2 Un *paquete* consiste en un *encabezamiento* (2×22 bits) y el *contenido del paquete* ($n \times 22$ bits).
- 3 La estructura del encabezamiento se ilustra en la Fig. 10. El encabezamiento comienza con una palabra inicial de 12 bits

0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1

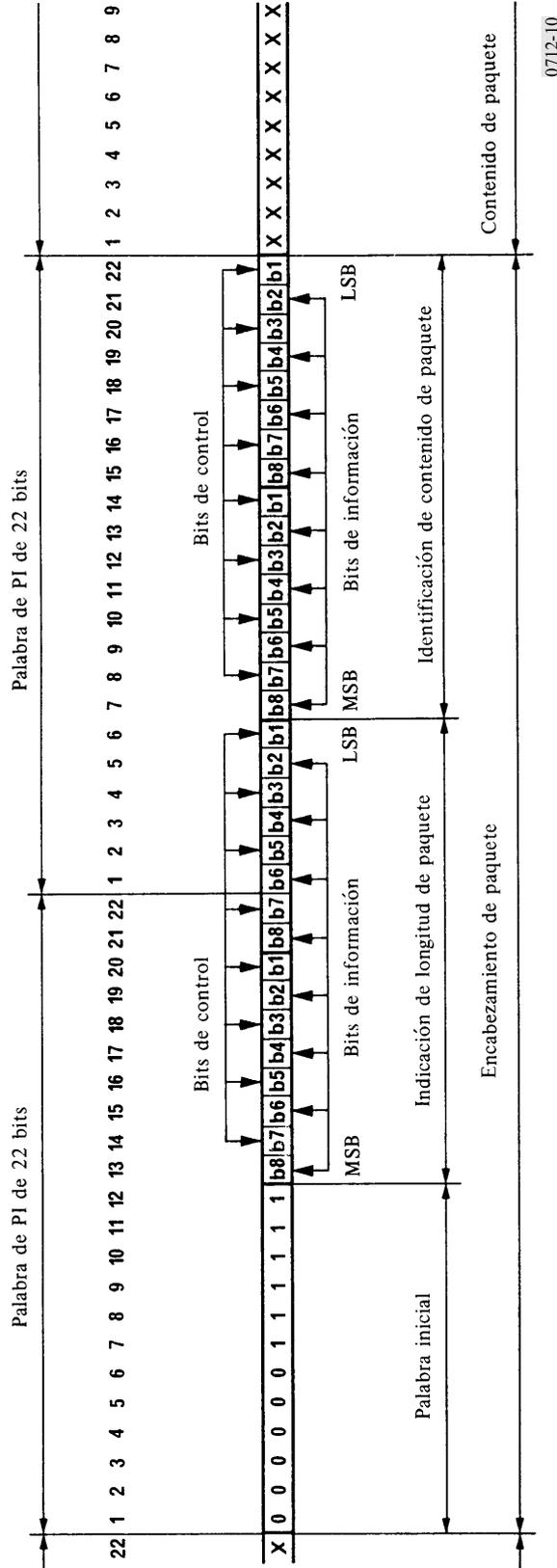
La palabra inicial va seguida de 2 octetos para la *indicación de la longitud de paquete* y termina con 2 octetos para la *identificación del contenido del paquete*.

- 4 Ocho bits de los dos octetos para *indicación de longitud de paquete* se utilizan para indicar 256 longitudes diferentes de paquetes. En consecuencia, la longitud de paquete máxima, incluido el encabezamiento, corresponde a 255×22 bits + 2×22 bits = 5 654 bits y se transmite por un enlace estereofónico en 514 ms (1028 ms en el caso de programas monofónicos). Los otros 8 bits de la indicación de longitud de paquete se utilizan para la protección contra bits erróneos (código de Hamming (8,4)). En el Cuadro 3 se muestra el esquema de codificación y de decodificación para medios octetos.

- 5 Los dos bytes de la *identificación del contenido de paquete* tienen la misma estructura que la indicación de longitud de paquete y utilizan la misma protección contra bits erróneos. De este modo resultan posibles 256 identificaciones diferentes de contenido de paquetes.

- 6 El *contenido del paquete* se transmite en palabras de 22 bits. El número real de palabras de 22 bits se determina por la indicación de longitud de paquete. La longitud cero es un «paquete ficticio» y consiste solamente en un encabezamiento. La longitud de 255 indica la longitud máxima de 255×22 bits para el contenido de paquete. La estructura y la protección contra bits erróneos para las palabras de 22 bits se dejan a discreción del usuario de los diversos posibles servicios y deberá especificarse cuando se introducen nuevos servicios.

FIGURA 10
Estructura del encabezamiento de la información
relacionada con el programa (PI)



CUADRO 3

Esquema de codificación y de decodificación de los octetos protegidos por un código de Hamming

<i>CODIFICACIÓN</i>		Bits de información							
Número hexadecimal	Número decimal	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1
0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
2	2	0	1	0	0	1	0	0	1
3	3	0	1	0	1	1	1	1	0
4	4	0	1	1	0	0	1	0	0
5	5	0	1	1	1	0	0	1	1
6	6	0	0	1	1	1	0	0	0
7	7	0	0	1	0	1	1	1	1
8	8	1	1	0	1	0	0	0	0
9	9	1	1	0	0	0	1	1	1
A	10	1	0	0	0	1	1	0	0
B	11	1	0	0	1	1	0	1	1
C	12	1	0	1	0	0	0	0	1
D	13	1	0	1	1	0	1	1	0
E	14	1	1	1	1	1	1	0	1
F	15	1	1	1	0	1	0	1	0

$b7 = b8 \oplus b6 \oplus b4$
 $b5 = b6 \oplus b4 \oplus \overline{b2}$
 $b3 = b4 \oplus \overline{b2} \oplus b8$
 $b1 = \overline{b2} \oplus b8 \oplus b6$

Bits de protección

DECODIFICACIÓN

\oplus : Adición o exclusiva

$\overline{b2}$: b2 invertido

$A = b8 \oplus b6 \oplus b2 \oplus b1$
 $B = b8 \oplus b4 \oplus b3 \oplus b2$
 $C = b6 \oplus b5 \oplus b4 \oplus b2$
 $D = b8 \oplus b7 \oplus b6 \oplus b5 \oplus b4 \oplus b3 \oplus b2 \oplus b1$

A	B	C	D	Interpretación	Información
1	1	1	1	Sin error	Aceptada
0	0	1	0	Error en el b8	Corregida
1	1	1	0	Error en el b7	Aceptada
0	1	0	0	Error en el b6	Corregida
1	1	0	0	Error en el b5	Aceptada
1	0	0	0	Error en el b4	Corregida
1	0	1	0	Error en el b3	Aceptada
0	0	0	0	Error en el b2	Corregida
0	1	1	0	Error en el b1	Aceptada
$A \cdot B \cdot C = 0$			1	Múltiples errores	Rechazada

ANEXO 3

AL APÉNDICE 1

Modulación

La modulación MDP-4 puede generarse, por ejemplo, por dos oscilaciones de portadoras en cuadratura de fase, A y B que se modulan en MDP-2 por trenes de bits de 10,24 Mbit/s y después se suman.

La trama principal A genera un tren de datos continuo de 10,24 Mbit/s en la señal portadora A, mientras que la trama principal B genera un tren de bits continuo de 10,24 Mbit/s en la señal portadora B. Sumando las dos señales portadoras moduladas en MDP-2, que tienen la misma amplitud, se obtiene la señal MDP-4 (Fig. 8).

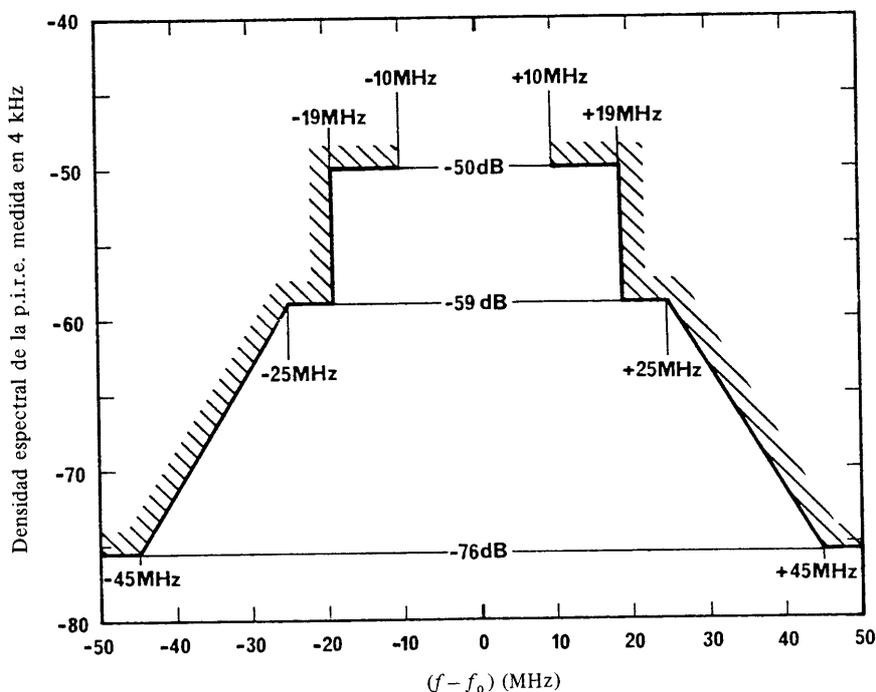
ANEXO 4

AL APÉNDICE 1

Plantilla del espectro para la estación terrena

Para evitar la interferencia de canal adyacente, el espectro de RF a la salida del amplificador de potencia de la estación terrena no deberá exceder el valor indicado en la plantilla de tolerancia de la Fig. 11.

FIGURA 11
Plantilla de la tolerancia para la estación terrena



Plantilla del espectro fuera de banda para la señal MDP-4 a la salida de la estación terrena transmisora (filtro de medición de 4 kHz), con respecto a la p.i.r.e. máxima prevista, medida con una secuencia pseudoaleatoria de $2^{15} - 1$ de longitud, que modula las dos portadoras.

0712-11

ANEXO 5

AL APÉNDICE 1

Transmisión de datos

Sin modificar su estructura, el sistema RDS (radiocomunicación digital por satélite) puede utilizarse también para transmisión de datos. Cada canal monofónico proporciona una velocidad de datos de 448 kbit/s. Cada palabra de código de 14 bits para la transmisión de señales de sonido consiste en 11 MSB («most significant bit», bit más significativo) protegidos con códigos BCH y 3 LSB («least significant bit», bit menos significativo) sin proteger (Fig. 4). Por consiguiente, la capacidad total de un canal monofónico consta de 352 kbit/s (protegidos con código BCH) más 96 kbit/s (sin proteger). Esta circunstancia debe tenerse en cuenta cuando se utilice el canal para transmisión de datos.

Para una descripción detallada del servicio de transmisión de datos pueden utilizarse los octetos de la trama (SA/PA) o (SA/SK) atribuidos al canal monofónico correspondiente. Los cuatro primeros bits de los octetos (SA/PA) pueden utilizarse para describir diferentes estructuras de transmisión de datos. Aún no se han definido los detalles:

X X X X X 0 1 P

El bit N° 5 puede utilizarse también en el futuro para identificación. Los bit N° 6 y 7 se fijan a «01» para maximizar la distancia de codificación. El bit N° 8 es el bit de paridad.

Pueden combinarse dos canales monofónicos adyacentes a fin de obtener una velocidad de datos total de 896 kbit/s (704 kbit/s protegidos, 192 kbit/s sin proteger). Entonces, la ocupación de los octetos (SA/PA) correspondientes es:

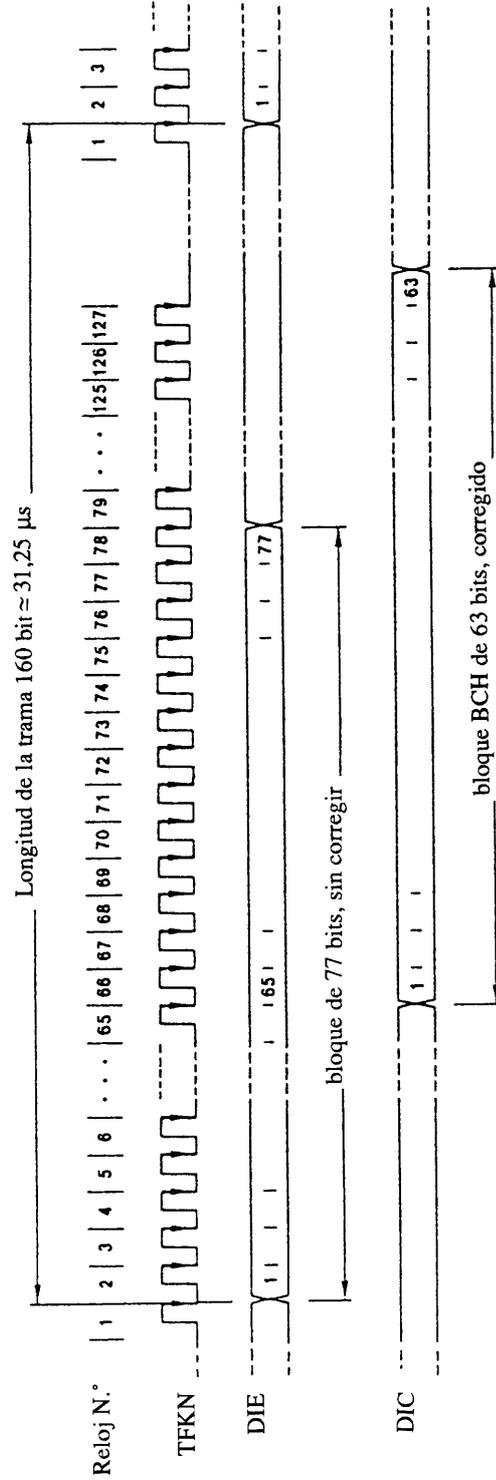
X X X X X 0 1 P	X X X X 0 1 0 P
-----------------	-----------------

En ese caso, la capacidad de identificación mediante el bit N° 5 del primer canal se refiere al par de canales.

Aún no se ha especificado la utilización de los octetos (SA/SK). Si no son necesarios para otra cosa pueden emplearse como información de la fuente de programa. La estructura será la indicada en el § 3.4.2.2.

En el extremo receptor debe contarse con una interfaz para la serie completa de bloques de 77 bits (sin corregir) así como para los bloques de 63 bits con codificación BCH (corregidos) y la ráfaga de reloj. En la Fig. 12 aparecen el formato de salida y las relaciones de tiempos de este interfaz.

FIGURA 12
Interfaz para la transmisión de datos, formato de salida y relaciones de tiempos



Existe una relación fija entre el comienzo de la ráfaga del reloj TFKN, el comienzo del bloque de 77 bits sin corregir y el comienzo del bloque BCH corregido.

Dicha relación no depende de la posición del bloque BCH seleccionado de la trama principal.

TFKN, DIE y DIC son las salidas de prueba del VALVO DECODER for DIGITAL BROADCASTING SAA 7500

APÉNDICE 2

AL ANEXO 1

Descripción técnica del modo de canal digital de los sistemas de la familia MAC/paquetes**1 Introducción**

La descripción general de la familia MAC/paquetes aparece en la Recomendación UIT-R BO.650 y en la Publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite». Cuando se reemplaza la señal de imagen MAC y su intervalo de supresión de trama por una o más ráfagas de datos, se dice que el sistema MAC/paquetes funciona en el modo de canal digital (MCD). Este funcionamiento ha sido propuesto recientemente por la UER y fue introducido en la especificación de los sistemas de la familia MAC/paquetes (véase la Publicación especial del UIT-R, «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite»).

En el presente Apéndice se describen sólo los elementos de la especificación que están concretamente relacionados con el modo del canal digital. La codificación de las señales de sonido, la señalización y los parámetros de modulación, etc., se especifican en la publicación especial y no se repiten en el presente Apéndice.

2 Estructura del múltiplex temporal

En el funcionamiento en el modo de canal digital, la estructura del múltiplex temporal (MDT) para cada línea es la que se muestra en la Fig. 13.

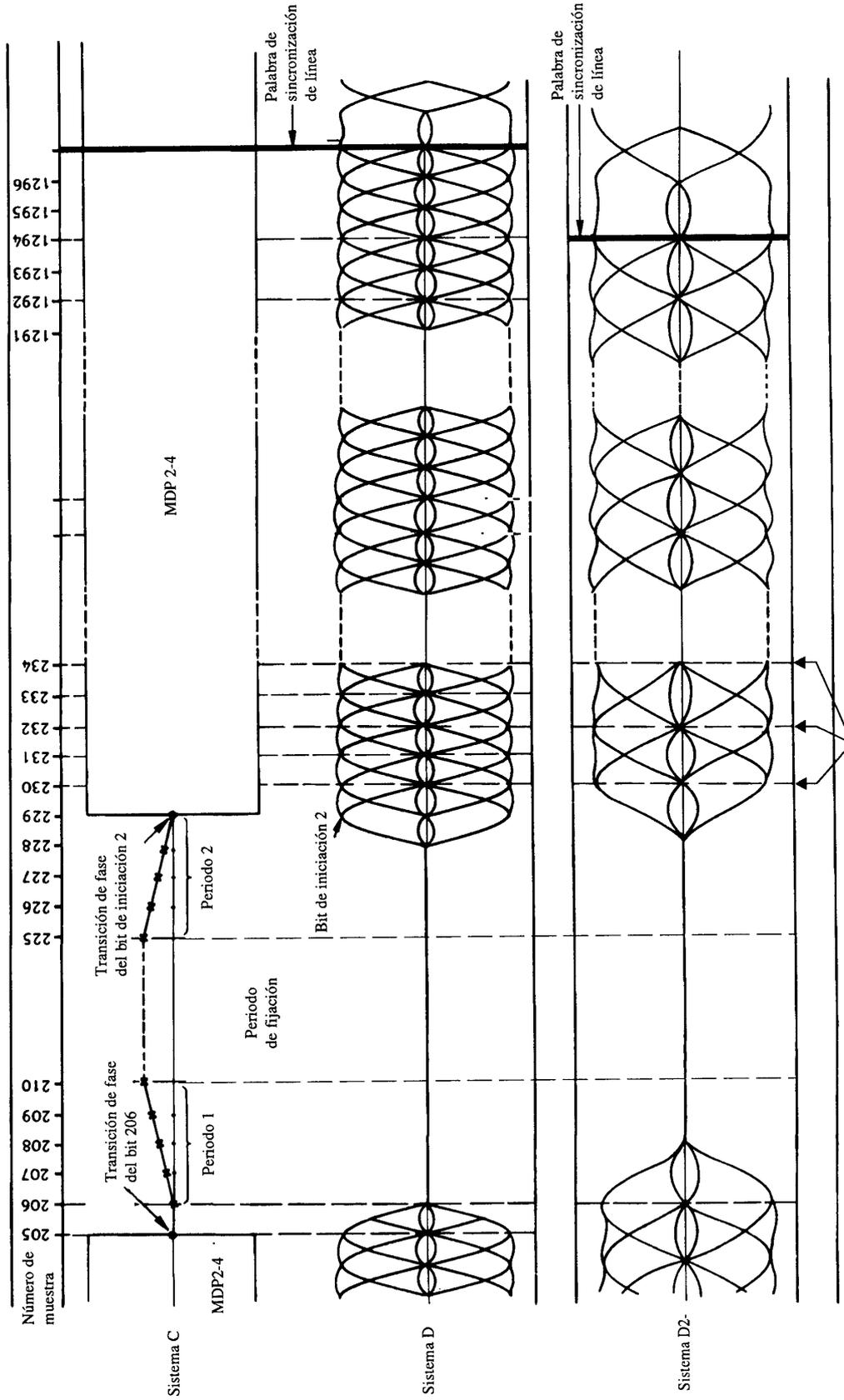
En esta figura se supone que la primera ráfaga de datos es de longitud normal. Si se reduce la longitud de la primera ráfaga de datos, se desplazará hacia adelante el periodo de fijación y el comienzo de la segunda ráfaga de datos en la medida correspondiente. La primera ráfaga de datos debe terminar no más tarde de lo que se muestra en la Figura.

En las Figs. 14 y 15 se ofrecen ejemplos de la estructura del múltiplex temporal para el MCD de los sistemas C-, D- y D2-MAC/paquetes, respectivamente. En este modo se mantiene la estructura del múltiplex temporal utilizada para las transmisiones de televisión normales, salvo que la señal de imagen analógica se reemplace por señales digitales. El tren de datos del canal digital se divide en las componentes del MDT (múltiplex por división de tiempo). Cada componente MDT puede ocupar las líneas 1 a 623* inclusive de cada cuadro, dejando libres la línea 624 para insertar un marcador de fijación y señales de referencia, y la línea 625 para insertar una palabra de sincronización de trama y las ráfagas de datos especiales (como se especifica en la publicación especial mencionada).

En principio, las componentes digitales del MDT de los sistemas C y D se dividen en dos subtramas, una de las cuales se hará pasar a un sistema D2. Esas componentes del MDT están identificadas por los códigos 01 a 0E de TDMCID.

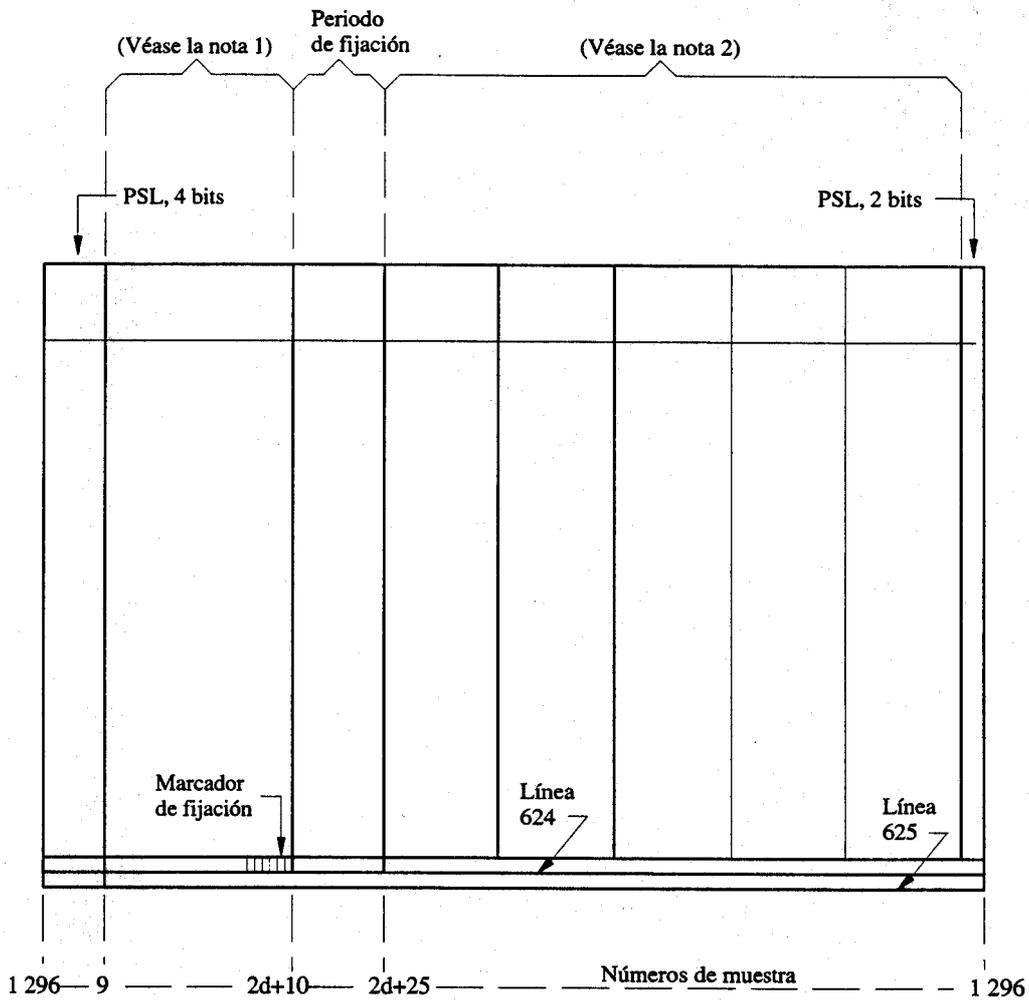
* En el MCD, deben omitirse las señales de líneas de prueba de inserción y las señales de teletexto en el intervalo de supresión de trama.

FIGURA 13
Relación entre los bits de datos y la estructura de muestreo para el MCD de los sistemas C-, D- y D2-MAC/paquetes



Los instantes de muestreo corresponden a las muestras pares del reloj de 20,25 MHz

FIGURA 15
Ejemplo de estructura del múltiplex temporal para el MCD del sistema D2
(no está a escala)



d: Duración de la primera ráfaga de datos expresada en bits
PSL: Palabra de sincronización de línea (4 + 2 bits)

Nota 1 – Esta parte de la trama consiste en los componentes MDT con los códigos 01 y 02 de TDMCID. Su duración total es de 99 bits.

Nota 2 – Esta parte de la trama consiste en las componentes MDT con códigos de TDMCID en la gama de 03 a 0E y/o 40 a 4F. La duración del componente MDT se señala en la línea 625.

0712-15

3 Datos transmitidos en la línea 625 relacionados con el modo de canal digital

La estructura general de los datos de la línea 625 se indica en la citada Publicación especial. La información específica relacionada con el MCD aparece en los apartados sobre la trama estática de datos (SDF) y la trama repetitiva de datos (RDF), como se indica en los § 3.1 y 3.2.

3.1 Trama estática de datos (SDF)

Grupo de control del multiplex y de la embrollación de señales de vídeo (MVSCG) proporciona información sobre la organización física de la señal dentro del canal por satélite. Los bits 1 a 4 constituyen el subgrupo de configuración del multiplex temporal (TDMC), y en el modo de canal digital (MCD) tienen los siguientes valores:

Bit 1: $b_j = 0$

Bit 2: b_m : formato de multiplex de sonido/datos:

- si $b_m = 1$, el multiplex de sonido/datos es compatible con los decodificadores destinados a multiplexar la ráfaga normal, definida en esta especificación;
- si $b_m = 0$, el multiplex de sonido/datos no es compatible.

Bit 3: b_T : indicación sobre la transcodificación de multiplex de sonido/datos:

- si $b_T = 1$, la subtrama caracterizada por TDMCID = 01 es la única que el organismo radiodifusor recomienda pasar del sistema C- o D-MAC/paquetes a un sistema D2-MAC/paquetes;
- si $b_T = 0$, puede pasarse cualquiera de las dos subtramas con los códigos 01 y 02 de TDMCID, a elección de los organismos que explotan los sistemas por cable.

Para la radiodifusión por satélite de la señal del sistema D2-MAC/paquetes, el bit 3 no tiene significado. *En el MCD, este bit sólo es pertinente para la primera ráfaga de datos.*

Bit 4: $b_A = 0$

En el MCD, los bit 5 a 8 de MVSCG no tienen ninguna función en el decodificador del usuario.

3.2 Trama repetitiva de datos (RDF)

La trama repetitiva de datos transmite información para el *control del multiplex temporal (TDMCTL)*, que describe los distintos componentes de ese multiplex. En particular, el parámetro TDMCID (identificación de componente del MDT) transporta un código único para cada tipo de componente MDT, como sigue (notación hexadecimal):

01 a 0E: Para los sistemas C- o D-MAC/paquetes, esos códigos se asignan a zonas reservadas para ráfagas de datos organizadas en forma de dos subtramas relacionadas; los códigos TDMCID impares se refieren a la primera subtrama de cada ráfaga de datos, y los códigos pares a la segunda subtrama. En el sistema D2-MAC/paquetes, esos códigos se asignan a zonas reservadas para ráfagas de datos.

La ráfaga de datos que sigue inmediatamente a la palabra de sincronización de línea está identificada siempre por los códigos de TDMCID 01 y 02 en los sistemas C- o D-MAC/paquetes, y por los códigos 01 ó 02 en el sistema D2-MAC/paquetes.

En los sistemas C- o D-MAC/paquetes, las ráfagas de datos que siguen al intervalo de fijación están identificadas por pares de códigos TDMCID, por ejemplo 03 y 04, ... , 0D y 0E. En el sistema D2-MAC/paquetes, esas ráfagas de datos se identifican mediante los códigos TDMCID 03 ó 04, ..., 0D ó 0E.

40 a 4F: Asignados a zonas reservadas para ráfagas de datos que no están divididas en dos subtramas relacionadas.

Parámetro TDMS (*estructura del múltiplex temporal*): define los límites horizontal y vertical de las subtramas* asignadas a una componente del MDT en términos del número de línea y periodo de reloj, respectivamente. Una componente del MDT puede comprender una o más subtramas, y cada trama TDMS puede definir dos subtramas separadas, si es necesario. Estas deben ocupar periodos de reloj idénticos (por ejemplo, en la definición de la componente de luminancia, en las tramas 1 y 2 del cuadro de televisión). El formato de la trama TDMS es el siguiente:

- (FLN1) 10 bits : número de la primera línea de la subtrama 1 de la componente del MDT
- (LLN1) 10 bits : número de la última línea de la subtrama 1 de la componente del MDT
- (FLN2) 10 bits : número de la primera línea de la subtrama 2 de la componente del MDT
- (LLN2) 10 bits : número de la última línea de la subtrama 2 de la componente del MDT
- (FCP) 11 bits : primer periodo de reloj de la(s) subtrama(s) de la componente del MDT
- (LCP) 11 bits : último periodo de reloj de la(s) subtrama(s) de la componente del MDT

El número de línea 1 se codifica como binario 0, el periodo de reloj 1 se codifica como binario 0; los números de orden superior se codifican de la manera correspondiente. Todos 1 en FLN1, FLN2, etc., representa códigos inválidos y se utiliza para señalar subtramas no definidas. De este modo, una trama TDMS que define una sola subtrama tiene todos 1 en FLN2 y LLN2.

Parámetro LINKS (*estructura enlazada*): conmutador de un bit utilizado para enlazar el grupo de trama(s) TDMS necesaria(s) para definir por completo una componente del MDT. Este bit cambia en cada repetición de la(s) trama(s) TDMS enlazada(s).

Los datos del TDMCTL para diferentes componentes MDT pueden transmitirse en cualquier orden, en sucesivos cuadros de televisión. Las estructuras enlazadas deben describirse por orden creciente de FLN1. Las tramas TDMS que tienen el mismo valor de FLN1 deben transmitirse por orden creciente de FCP. El número máximo de componentes diferentes del MDT contenido en un canal por satélite nunca deberá exceder de 128**.

Todo cambio de la configuración del MDT es sincronizado por el contador de cuadros. Los nuevos datos de TDMS, que van señalizados por el bit de EDF (bandera actualizada), se transmiten antes de que se produzca ese cambio. Los datos nuevos y antiguos de TDMS pueden intercalarse en cualquier orden en sucesivas tramas de datos. El cambio real de configuración se produce desde el comienzo de la línea 1 del segundo cuadro siguiente al cuadro en que se transmite el código 0 (módulo 128 en FCNT) (contador de cuadros).

Una componente del MDT que ha de suprimirse, se señala por el bit de UDF y los datos de TDMS se ponen todos a 1. Esta componente se suprime después del próximo cambio de configuración, de la manera expuesta más arriba. Puede repetirse este proceso varias veces para aumentar la probabilidad de que ningún receptor deje de reconocer esa supresión.

* Una subtrama es cualquier zona de forma rectangular dentro del cuadro de televisión.

** Esta cifra corresponde a un tiempo máximo de adquisición de unos 5 s para una componente concreta del MDT.

Se recomienda transmitir los nuevos datos de TDMCTL un poco antes de que se produzca un cambio de configuración a fin de demorar al mínimo la adquisición en los receptores que sean conectados durante ese proceso.

4 Canal de identificación de servicios (SI) en el modo de canal digital (MCD)

En la Parte 5 del Capítulo 3 de la Publicación especial mencionada se indica la especificación de la radiodifusión de datos en el canal de identificación de servicios. Este canal está integrado por paquetes en el múltiplex de sonido/datos con la dirección de paquetes 0. En las transmisiones de televisión normales, la información difundida por este canal permite al usuario el acceso a los diversos servicios de televisión, sonido y datos, que pueden coexistir en un canal que transporta una señal de la familia de sistemas MAC/paquetes. En el caso del MDC, cada componente MDT digital lleva su propio canal SI. El componente suministra la información necesaria para que el usuario acceda a los servicios de sonido y datos presentes en esa componente del MDT.

APÉNDICE 3

AL ANEXO 1

Especificaciones del sistema MDS

1 Introducción

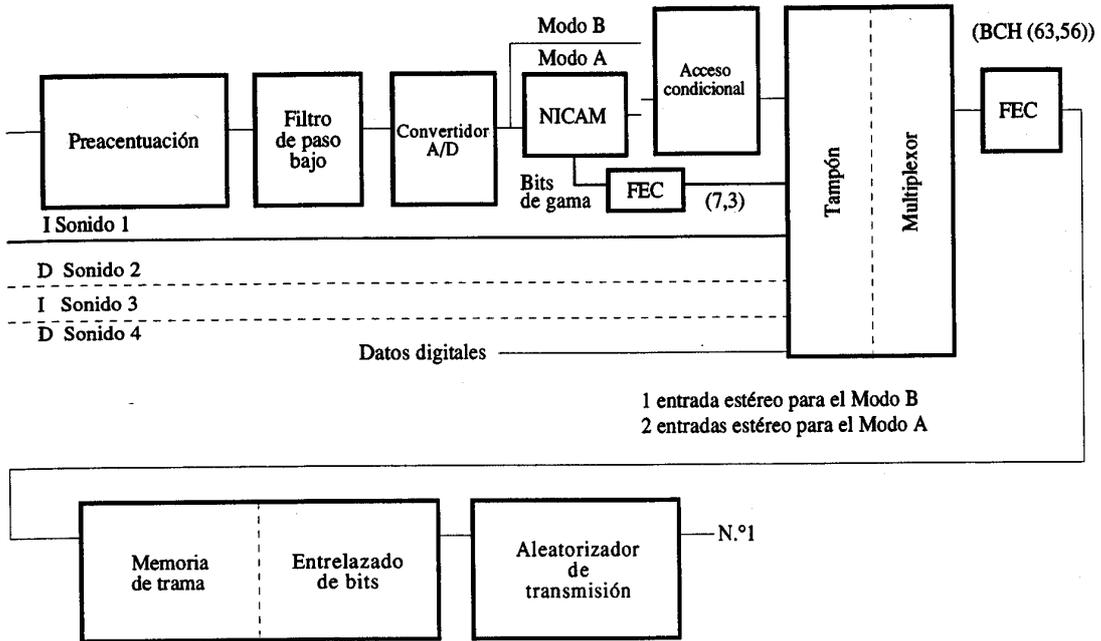
El sistema MDS (Multichannel Digital Sound/Data – radiodifusión digital multicanal de sonido y datos) está compuesto de cierto número de canales de sonido de alta calidad utilizando la técnica de multiplexión por división de tiempo. El formato de la señal se basa en el formato de canal de sonido adoptado en el sistema digital de subportadora/NTSC que se describe en la Recomendación UIT-R BO.650.

El sistema comprende dos clases de transmisión: MDS1 (que contiene 12 programas de sonido estereofónico) y MDS2 (que contiene 6 programas de sonido estereofónico con corrección de errores en recepción adicional). La velocidad binaria total es la misma en ambas clases. MDS1 está destinada a la transmisión en condiciones de p.i.r.e. normal y MDS2, en condiciones de p.i.r.e. baja.

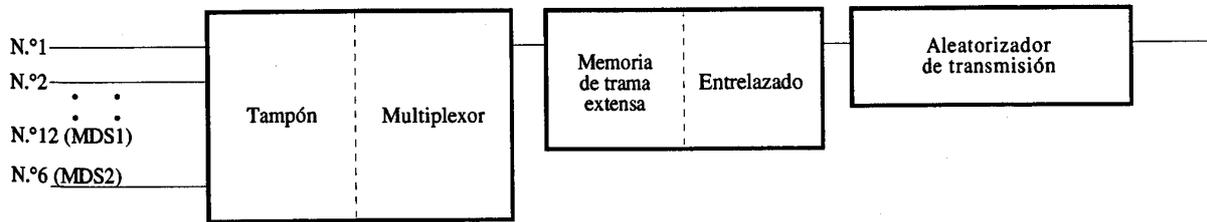
En ambas clases, puede obtenerse una calidad de sonido equivalente a la de los discos compactos cuando se utiliza el Modo B. En el Modo A se obtiene una calidad de sonido moderada. Puede transmitirse teletexto u otras señales digitales. Cuando se utiliza el Modo A el número de programas sonoros se duplica y la capacidad de señales digitales es mayor.

Dado que las técnicas adoptadas en el sistema son similares para ambas clases, la descripción siguiente se centra en el MDS1 (Modo B). En cada punto, se señalan las diferencias entre las clases y modos. La Fig. 16 es un diagrama de bloques del sistema.

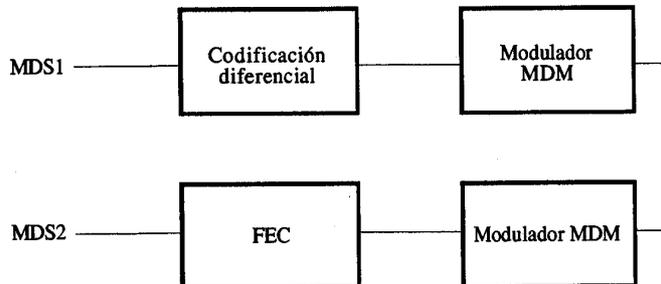
FIGURA 16
Diagrama de bloques del sistema MDS



a) Etapa de codificación y de fase de multiplexión inferior



b) Etapa de fase de multiplexión superior



c) Etapa de modulación

2 Codificación de las señales

La información que figura a continuación es común a MDS1 y MDS2. El esquema de codificación es igual al adoptado en el sistema digital de subportadora/NTSC (Fig. 16a)).

El sistema MDS utiliza dos modos de codificación del sonido, según se indica en el Cuadro 4. En el Modo B la calidad sonora es equivalente a la de los discos compactos y en el Modo A, es superior a la de la radiodifusión terrenal en frecuencia modulada.

El Modo A se basa en la Recomendación UIT-R BO.651.

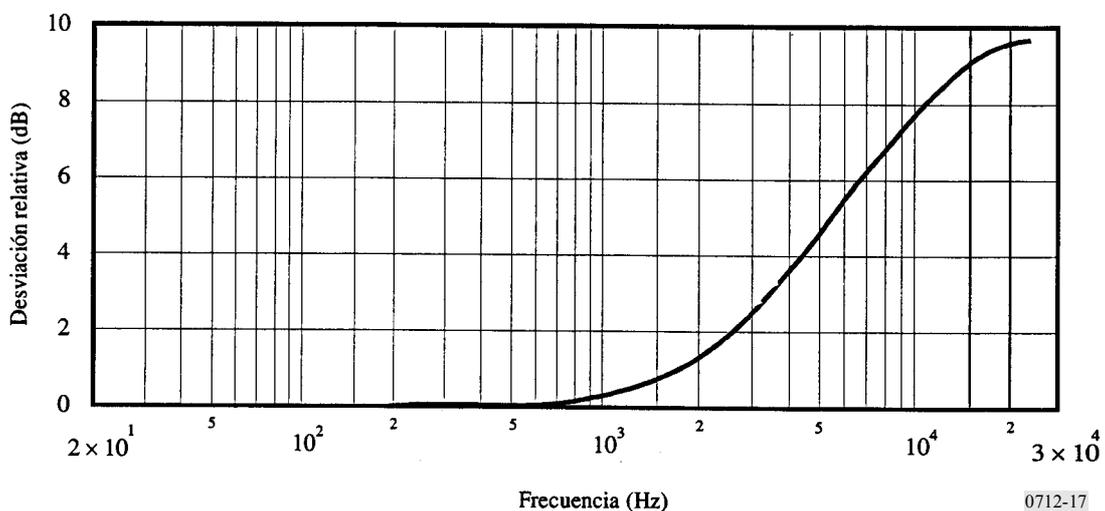
CUADRO 4
Parámetros de los Modos A y B

Modo de codificación	Modo A	Modo B
Anchura de banda de la señal de sonido (kHz)	15	20
Frecuencia de muestreo (kHz)	32	48
Codificación y compansión	Compansión casi instantánea de 14/10 bits	Lineal de 16 bits
Acentuación (μ s)	50/15 (cero a 50 μ s y polo a 15 μ s)	

2.1 Preacentuación

Para ambos modos se ha adoptado una preacentuación de 50/15 μ s (un cero a 50 μ s y un polo a 15 μ s) (Fig. 17).

FIGURA 17
Características de preacentuación (50/15 μ s)



2.2 Muestreo

Las frecuencias de muestreo son de 48 kHz y 32 kHz para el Modo B y el Modo A, respectivamente. La relación simple entre las frecuencias (3:2) permite disponer en ambos modos de una estructura de trama común.

A fin de mantener la coherencia con la modulación por impulsos codificados, los magnetófonos y otros equipos de sonido digital, se adoptó el código de complemento a 2.

2.3 Compansión 14/10

Se ha adoptado para el Modo A una compansión (compresión-expansión) casi instantánea 14/10. Se muestrea la señal de sonido a la entrada y seguidamente se cuantifica para convertirla en una señal digital de 14 bits. El codificador comprime cada muestra a 10 bits, omitiendo los bits inferiores (LSB) de acuerdo con la amplitud máxima de la señal en la sección de tiempo (1 ms) (Fig. 18). También se incluye información sobre la gama de amplitud (3 bits) para proporcionarla al receptor (Fig. 19).

Para el Modo B se ha adoptado una codificación lineal de 16 bits.

FIGURA 18
Compansión casi instantánea 14/10 (Modo A)

Amplitud máxima	Número de gama	MSB										LSB				Gama		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
$ a < 2^{13}$	0	0															000 ⁽¹⁾	
$ a < 2^{12}$	1	0	0									Bits omitidos				001 ⁽¹⁾		
$ a < 2^{11}$	2	0	0	0											010 ⁽¹⁾			
$ a < 2^{10}$	3	0	0	0	0									011 ⁽¹⁾				
$ a < 2^9$	4	0	0	0	0	0	Bits de sonido transmitidos						100 ⁽¹⁾					
$ a < 2^8$	5	0	0	0	0	0	0									101 ⁽²⁾		
$ a < 2^7$	6	0	0	0	0	0	0	0									110 ⁽²⁾	
$ a < 2^6$	7	0	0	0	0	0	0	0	0									111 ⁽²⁾

0 ó 1 consecutivos añadidos en el receptor

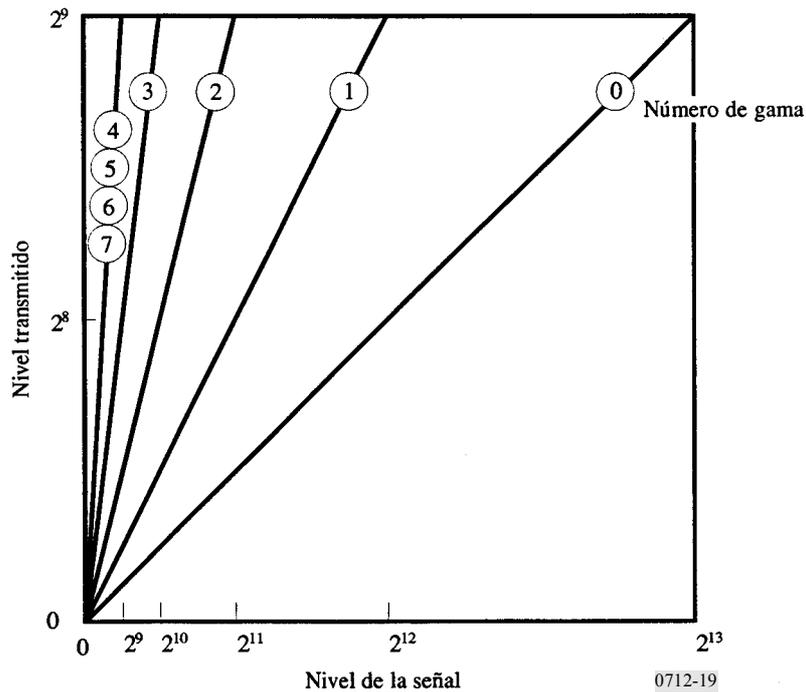
(1) Efectivos como información de gama y para la reducción de ruido.

(2) Efectivos para la reducción de ruido.

MSB: Bit más significativo.

LSB : Bit menos significativo.

FIGURA 19
Definición de gama



2.4 Bit de gama de amplitud

En el Modo A se incluye información de gama en ocho pasos a fin de mejorar la tolerancia al ruido, aunque sólo cinco de esos pasos son utilizados para la compansión. La decodificación con información de gama suprime considerablemente el chasquido utilizando la información de gama para decodificar.

También en el Modo B se incluye información de gama en ocho pasos para mejorar la tolerancia al ruido, aunque no se aplica la compansión.

Para la corrección de errores en recepción de los bits de gama se utiliza BCH (7,3) SEC-DED. El polinomio generador $G(x)$ es el siguiente:

$$G(x) = x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

2.5 Esquema de acceso condicional

La aleatorización para el acceso condicional se obtiene tomando la salida de una puerta «O exclusiva» con los datos de sonido y los datos del generador pseudo-aleatorio como entrada.

Los datos de control del desaleatorizador, los datos relacionados con los programas y los datos de los mensajes que han de visualizarse se disponen en paquetes y se transmiten en la sección de datos de formato. Los datos de control del desaleatorizador y los relacionados con el programa se transmiten cinco veces (como máximo) en formatos de paquete a fin de que puedan recibirse correctamente e incluso en condiciones de lluvia intensa.

El esquema es el mismo adoptado en el sistema digital de subportadora/NTSC, descrito en el Capítulo 1 de la Publicación especial del UIT-R «Especificaciones de los sistemas de transmisión para el servicio de radiodifusión por satélite».

3 Multiplexión

Las señales MDS se constituyen en una fase de multiplexión inferior y otra superior.

3.1 Fase de multiplexión inferior

La estructura de trama y las técnicas de la fase de multiplexión inferior son comunes al MDS1 y el MDS2.

En esta fase se multiplexan una (Modo B) o dos (Modo A) señales de sonido estereofónico y de datos (Fig. 16a), Cuadro 5). El formato de multiplexión es igual al adoptado en el sistema digital de subportadora/NTSC.

Se transmite información de gama en cada porción de tiempo (1 ms). Esto limita la longitud de una trama a 1 ms.

CUADRO 5

Parámetros de la fase de multiplexión inferior

Modo de codificación	Modo A	Modo B
Número de programas de sonido (estéreo)	2	1
Velocidad de datos (kbit/s)	480	224
Bits por trama	2 048	
Frecuencia de trama (kHz)	1	
Velocidad de transmisión (MHz)	2,048	
Entrelazado de bit (bits)	32	
Corrección de errores		
Sonido y datos	BCH (63,56) SEC-DED	
Bits de gama	BCH (7,3) SEC-DED (además del código precedente)	

3.1.1 Entrelazado de bits

En las Figs. 20a y 21a pueden verse las matrices de entrelazado de bits. Una línea de muestreo contiene 7 bits (Modo B) o 15 bits (Modo A) para datos y uno de los 7 bits (BCH (7,3)) para la información de gama así como los bits para las señales de sonido. Se utiliza codificación BCH (63,56) SEC-DED para obtener la corrección de errores sin canal de retorno. El polinomio generador $G(x)$ es el siguiente:

$$G(x) = x^7 + x^6 + x^2 + 1$$

Los errores en los canales de transmisión no sólo se producirán en forma aislada sino también en ráfagas, es decir, en varios bits consecutivos. El código de corrección de errores (BCH (63,56)) adoptado en este sistema puede corregir un bit erróneo en 63 bits o detectar dos bits erróneos. No obstante, no puede hacer frente a los errores en ráfaga. El método de entrelazado se emplea para dividir un error en ráfaga en varios bits erróneos aislados.

En el transmisor, la información codificada para la corrección de errores (BCH (63,56)) se escribe primero en la dirección de las filas en una memoria, para constituir una matriz de 32 filas y 63 columnas. Seguidamente, la matriz se lee en la dirección de las columnas, a partir de la izquierda.

En el receptor, la señal se entrelaza nuevamente del mismo modo para la reconstrucción de las tramas. Al mismo tiempo, los errores en ráfaga producidos en la transmisión se dispersan para facilitar la corrección de errores BCH. La corrección es eficaz con ráfagas de hasta 32 bits consecutivos.

3.1.2 Estructura de trama

El número de bits de salida para la matriz de entrelazado es $32 \times 63 = 2016$. Se añaden después la sincronización de trama y el código de control, cada uno de los cuales contiene 16 bits. Por consiguiente, la velocidad binaria a la salida de la etapa multiplexora inferior es de 2,048 Mbit/s.

En las Figs. 20b y 21b pueden verse las estructuras de trama para el Modo B y el Modo A, respectivamente.

FIGURA 20a

Matriz de entrelazado (Modo B)

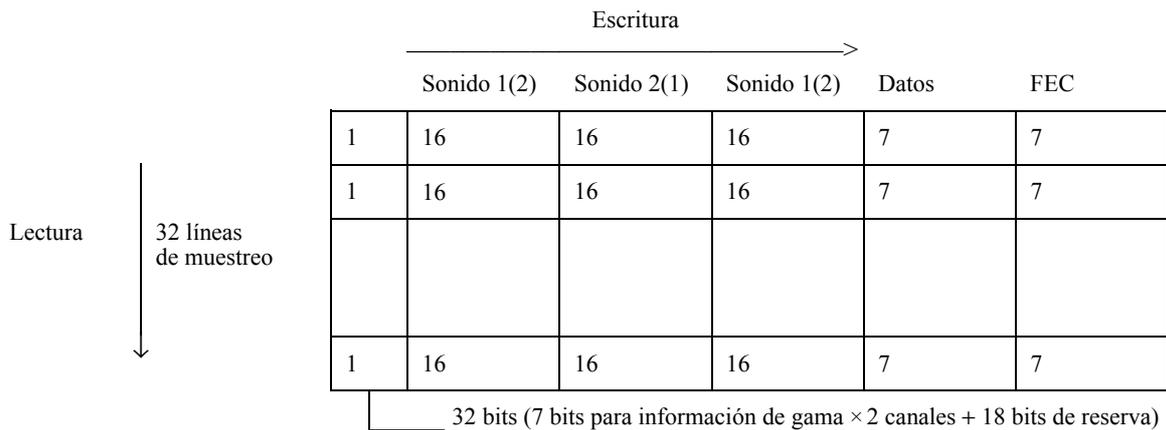


FIGURA 20b

Estructura de trama (Modo B)

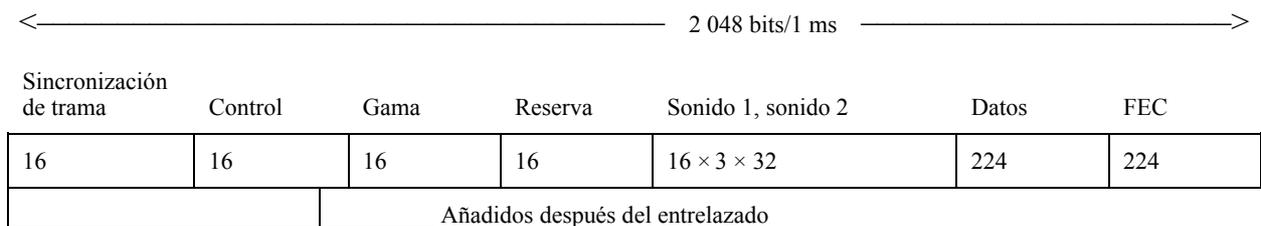


FIGURA 21a

Matriz de entrelazado (Modo A)

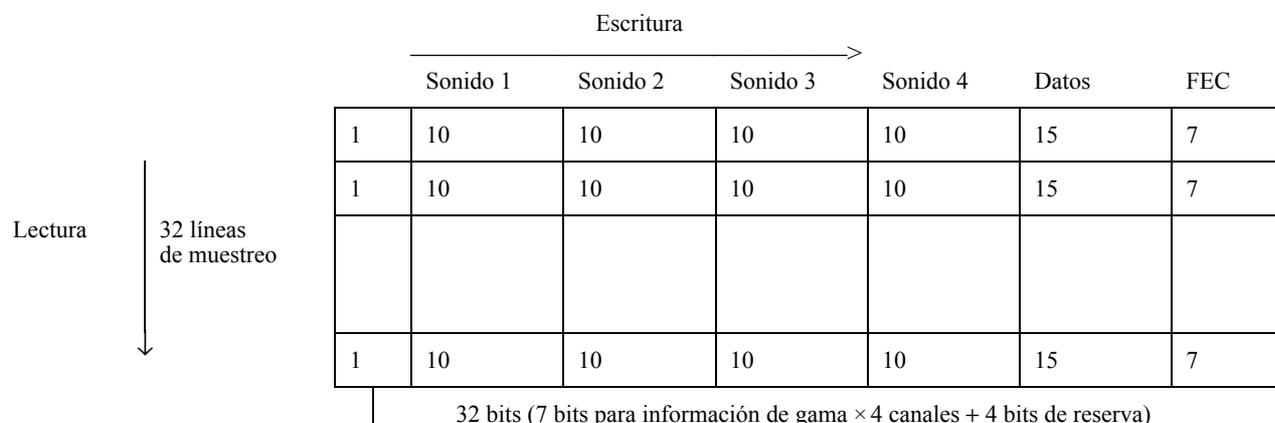
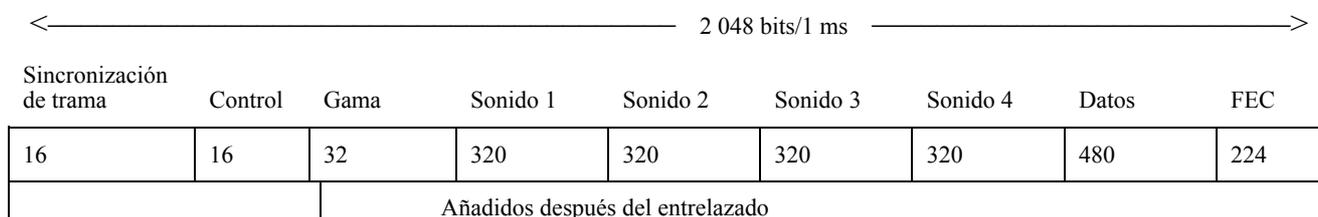


FIGURA 21b

Estructura de trama (Modo A)



3.1.3 Datos digitales

Las capacidades de datos son de 224 y 480 kbit/s para el Modo B (un programa estereofónico) y el Modo A (dos programas estereofónicos), respectivamente. La velocidad de datos puede aumentarse hasta un máximo de 1 760 kbit/s, según el modo y el número de canales de sonido. El esquema de transmisión de datos emplea la multiplexión de paquetes, lo que permite la transmisión simultánea de imágenes fijas, teletexto, facsímil, etc.

3.1.4 Código de control

En las transmisiones digitales, como la del sistema MDS, el formato empleado puede cambiarse para proporcionar diversos servicios. El código de control, que contiene 16 bits, se utiliza para indicar las variaciones de formato. Los modos de salida (Modo A o B) los tipos de salida (monofónico, estereofónico, radiodifusión en dos idiomas), y el número de programas, pueden cambiarse del modo indicado en la Fig. 22. El código de control se diseñó de modo que pueda disponerse de bits suficientes para atender a las necesidades Futuras.

Dado que el código de control se emite a intervalos de 1 ms, puede ejercerse un control fiable tomando una decisión por el método de mayoría para cada bit.

FIGURA 22
Códigos de control en la fase de multiplexión inferior

Bit de código de control N.º	①	②	③	④	⑤	⑥ ... ⑮	⑯
Contenido de control	Modo	Sonido 1, 2		Sonido 3, 4		Bit de extensión	Silenciamiento
	A/B	Estéreo Mono 1 canal Mono 2 canales		Estéreo Mono 1 canal Mono 2 canales Señales distintas del sonido			

Nota 1 – Cuando el primer bit de código de control es 1, los bits 4 y 5 deben ser bits de extensión.

a) Estructura de los códigos de control

Bit de código de control N.º	Asignación de los bits de código de control									
①	Modo A: 0 Modo B: 1									
② ③	Modo de funcionamiento con sonido 1 y 2 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">② ③</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">Estéreo</td> <td style="text-align: center;">Mono 1 canal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Mono 2 canales</td> <td style="text-align: center;">No asignado</td> </tr> </table>	② ③	0	1	0	Estéreo	Mono 1 canal	1	Mono 2 canales	No asignado
② ③	0	1								
0	Estéreo	Mono 1 canal								
1	Mono 2 canales	No asignado								
④ ⑤	Modo de funcionamiento con sonido 3 y 4 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">④ ⑤</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">Estéreo</td> <td style="text-align: center;">Mono 1 canal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">Mono 2 canales</td> <td style="text-align: center;">No asignado</td> </tr> </table>	④ ⑤	0	1	0	Estéreo	Mono 1 canal	1	Mono 2 canales	No asignado
④ ⑤	0	1								
0	Estéreo	Mono 1 canal								
1	Mono 2 canales	No asignado								
⑯	El sonido se silencia en 1 y se restablece en 0									

b) Asignación de códigos de control del sonido

Mono: Monofónico
Estéreo: Estereofónico

3.1.5 Aleatorización

Para conseguir una reproducción estable de señales de reloj en el receptor, la señal transmitida, con excepción de los bits de sincronización de trama, se mezclan con una 10ª secuencia de pseudo-ruido *M*. La secuencia proporciona bits de salida aleatorios con igual probabilidad de 1 y 0. Inmediatamente antes de la transmisión del primer bit del código de control, todo el contenido del generador de señales de pseudo-ruido de 10ª secuencia *M* se pone a 1. El polinomio generador *G(x)* es el siguiente:

$$x^{10} + x^3 + 1$$

3.2 Fase de multiplexión superior

En la base de multiplexión superior, MDS1 y MDS2 comprenden doce y seis fases multiplexoras inferiores, respectivamente (Fig. 16b). Se constituye una trama extensa que contiene doce o seis tramas de cada fase inferior. Las velocidades binarias a la salida de la fase multiplexora superior son de 24,576 Mbit/s (2,048 Mbit/s × 12 canales) ó 12,288 Mbit/s (2,048 Mbit/s × 6 canales). Los parámetros que describen ambas clases en esta fase figuran en el Cuadro 6.

Las señales de entrada a esta fase se multiplexan (Fig. 23), y las señales de sincronización de trama se reemplazan por señales de trama extensa (Fig. 24a), que comprenden códigos de control para la fase superior. Por último, la trama extensa se entrelaza del mismo modo que en la fase inferior. En la Fig. 24b puede verse una estructura de trama extensa.

FIGURA 23

Pila de tramas de fase inferior (Modo B)

Sincronización de trama	Control	Gama	Sonido 1, sonido 2	Datos	FEC
16	16	32	16 × 3 × 32	224	224
16	16	32	16 × 3 × 32	224	224
16	16	32	16 × 3 × 32	224	224

12/6 líneas en MDS1/2

FIGURA 24a

Pila de reemplazo en fase inferior (matriz de entrelazado) (Modo B)

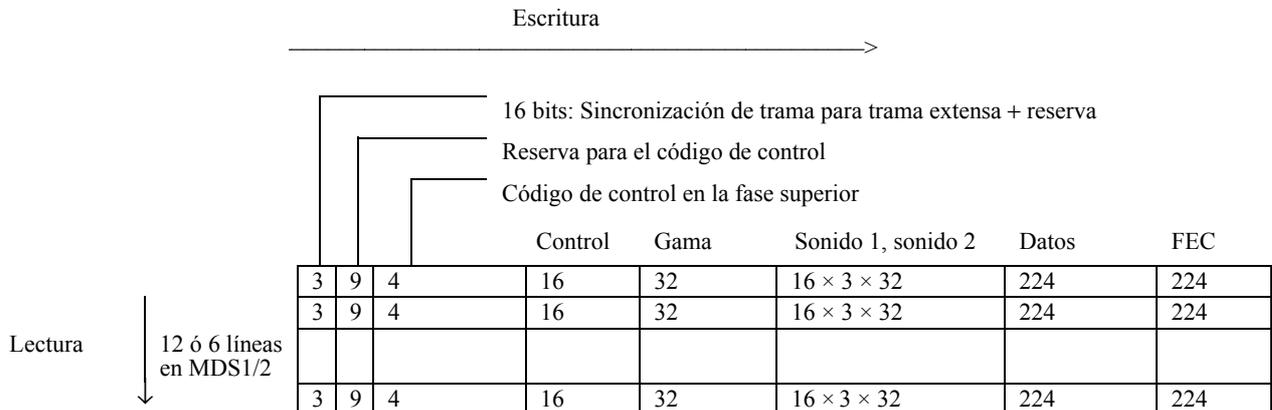
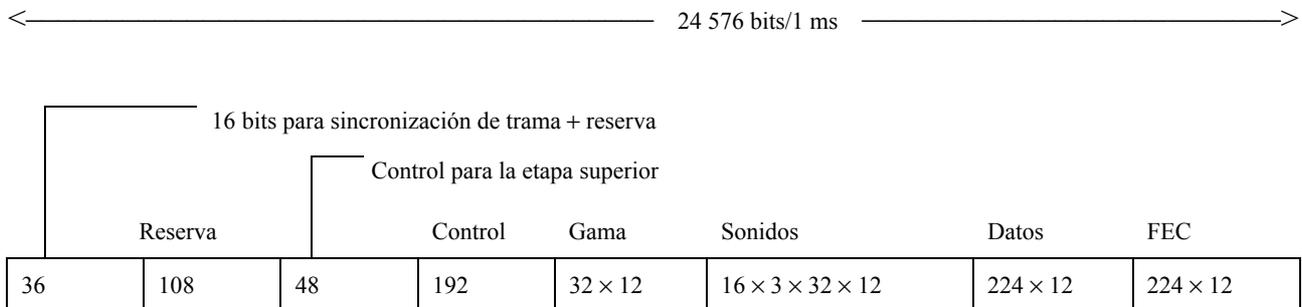


FIGURA 24b

Estructura de trama extensa (MDS1, Modo B)**3.2.1 Configuración de sincronización de trama**

Dado que la trama extensa contiene gran número de bits, es posible que aparezca en ella la misma configuración de bits que la señal de sincronización. Para solucionar este problema, se emplean dos tipos de señales de trama (Cuadro 6). Estas dos señales se añaden alternativamente al encabezamiento de la trama extensa.

CUADRO 6

Parámetros de las clases de transmisión

Clases de transmisión	MDS1	MDS2
Fases inferiores incluidas	12	6
Programas estereofónicos incluidos (Modo A/Modo B)	24/12	12/6
Bits en la trama extensa (kbits)	24,576	12,288
Frecuencia de trama extensa (kHz)	1	1
Velocidad de información (Mbit/s)	24,576	12,288
Entrelazado	12 muestras	6 muestras
FEC adicional	–	$r = 1/2$, codificación convolucional
Velocidad de transmisión total (Mbit/s)	24,576	
Bits de sincronización	(0001 0011 0101 1110) (0001 0011 1010 0001) por encima de dos alternativamente	
Aleatorización	Seudoruido, 15ª secuencia $M(x^{15} + x^{14} + 1)$	
Modulación	MDM	

3.2.2 Código de control

El código de control de la fase de multiplexión superior se utiliza para identificar los formatos empleados y diferenciarlo de los demás formatos; dicho formato está basado en el del sistema digital de subportadora/NTSC aquí descrito. Están asignados al código 13 bits, aunque sólo se utilizan efectivamente cuatro.

El código de control se ha concebido de modo que permita disponer de bits suficientes para atender a las necesidades futuras. Los controles que se requieren actualmente se indican en el Cuadro 7.

CUADRO 7

Código de control en la fase superior

Bits b13 b14 b15 b16	Control
0 0 0 0	Invalidez
0 0 0 1	Sistema digital subportadora/NTSC adoptado en el MDS
0 0 1 0	Extensión
:	(para necesidades futuras)
:	
1 1 1 1	

3.2.3 Aleatorización

La señal transmitida se aleatoriza mediante un generador de señales de pseudo ruido de 15ª secuencia M , exceptuados los 16 bits de la sincronización de trama. Inmediatamente antes de la transmisión del primer bit del código de control, todo el contenido del generador de señales de pseudo ruido de 15ª secuencia M se pone a 1.

4 Modulación y transmisión RF

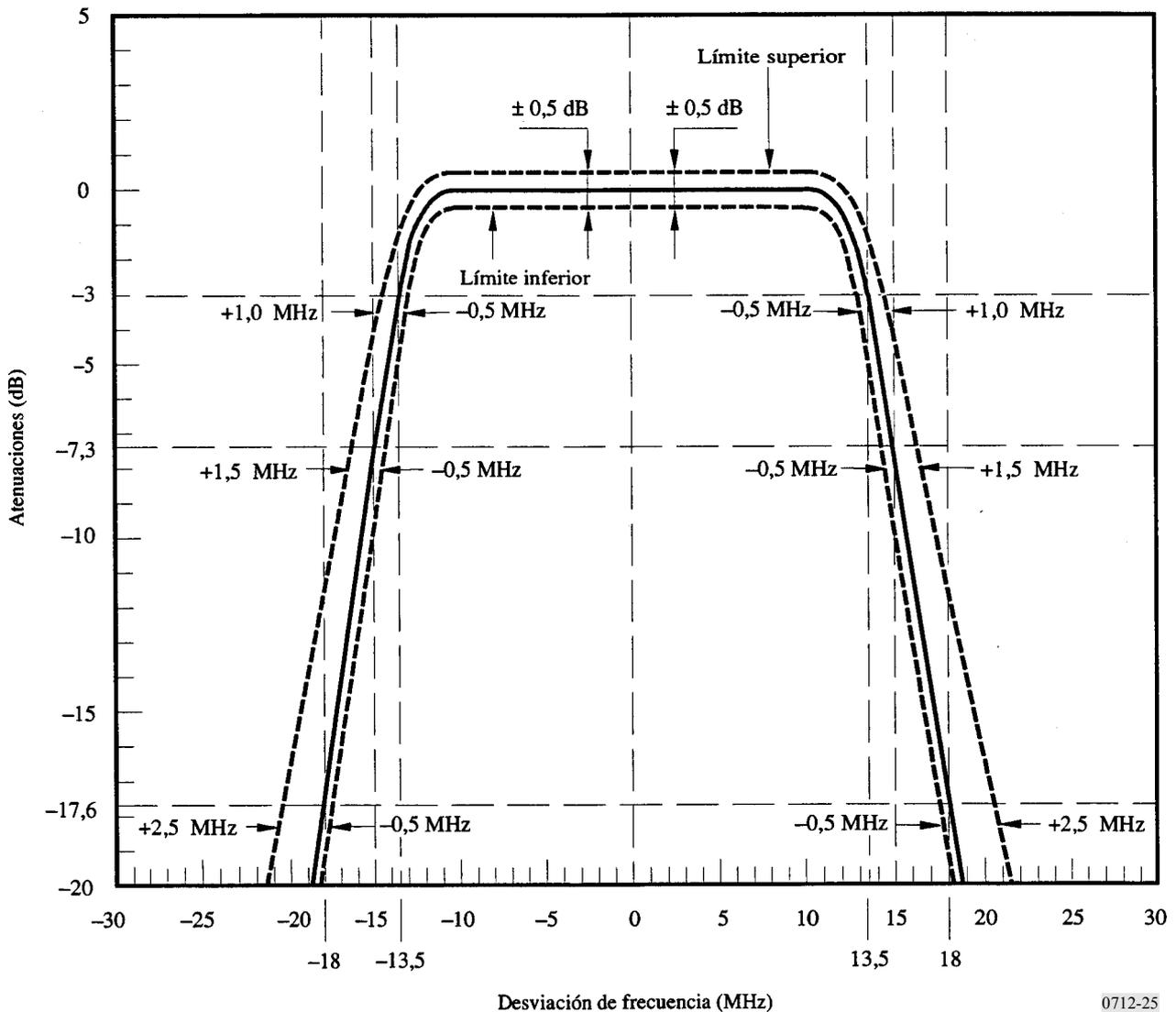
En ambas clases (MDS1 y MDS2) se utiliza la modulación MDM. No obstante, la codificación diferencial y la corrección de errores en recepción adicional son diferentes en el MDS1 y el MDS2 (Fig. 16c).

El filtro de transmisión de la estación terrena se describe en la Fig. 25.

4.1 Modulación

Dado que la señal modulada en forma digital se transmite en los satélites de radiodifusión mediante un amplificador del tipo de tubo de onda progresivas (travelling wave tube amplifier – TWTA), debe prestarse especial atención a las características no lineales del mismo. Se han estudiado para el sistema MDS tres tipos de modulación en cuadratura, la modulación por desplazamiento mínimo (MDM), la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (MDP-4) y la modulación por desplazamiento de fase en cuadratura con corrimiento de los trenes binarios (offset quaternary phase shift keying – OQPSK). Entre ellos, el sistema de modulación MDM se considera preferible. La amplitud de la señal de modulación MDM es constante y la tasa de errores apenas aumenta, incluso cuando se funciona con una amplificación no lineal en un TWTA saturado.

FIGURA 25
Características del filtro de transmisión



0712-25

4.2 Corrección de errores adicional (MDS2)

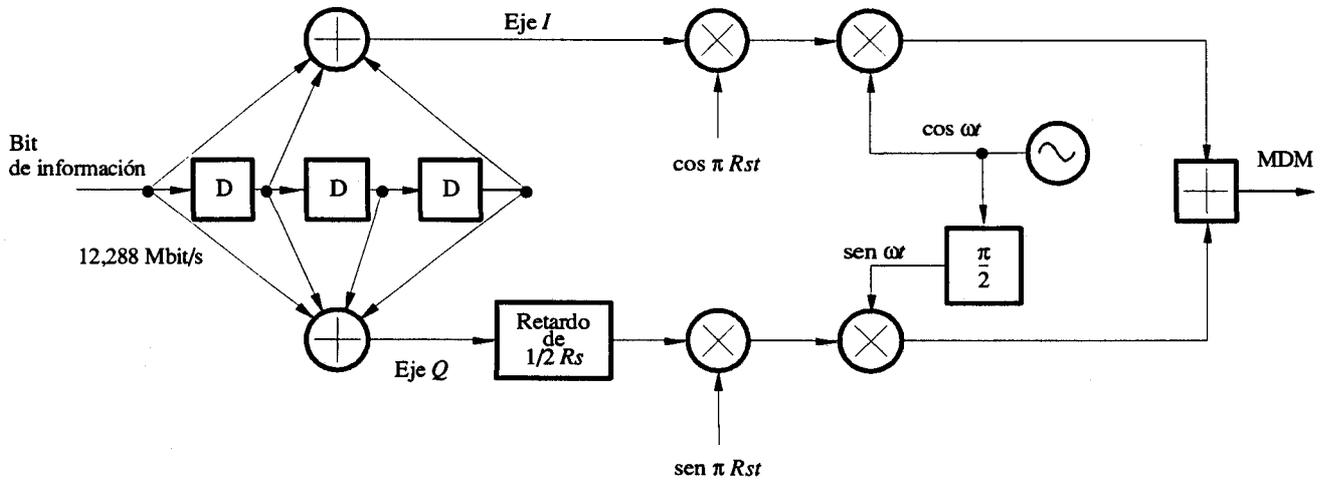
En el MDS2 se utiliza un código convolucional para conseguir una corrección de errores adicional a fin de permitir el funcionamiento en condiciones de p.i.r.e. más baja. La tasa de codificación es de $r = 1/2$ y la limitación de longitud, $k = 4$. Los polinomios generadores para los ejes Y y Q son los siguientes:

$$\text{Eje } I \quad 1 + x + x^3$$

$$\text{Eje } Q \quad 1 + x + x^2 + x^3$$

La velocidad de transmisión de información y la velocidad de transmisión total son de 12,288 Mbit/s y 24,576 Mbit/s, respectivamente. Por consiguiente, la velocidad de transmisión del MDS2 es igual al del MDS1.

FIGURA 26
 Generador de código convolucional y modulador



\oplus : Sumador de módulo 2

R_s : Velocidad de símbolos 12,288 MBd

D : Registro de desplazamiento

ω : Portadora