

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R BO.2098-0
(12/2016)

**Sistema de transmisión para
la radiodifusión de TVUAD por satélite**

Serie BO
Distribución por satélite



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión (sonora)
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2017

© UIT 2017

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R BO.2098-0

Sistema de transmisión para la radiodifusión de TVUAD por satélite

(Cuestión UIT-R 292/4)

(2016)

Cometido

La radiodifusión de televisión de ultra alta definición (TVUAD) requiere una capacidad de transmisión que rebasa la de la radiodifusión de TVAD convencional.

En esta Recomendación se define un sistema de transmisión para la radiodifusión de TVUAD por satélite.

Palabras clave

TVUAD, radiodifusión por satélite, capacidad de transmisión, ISDB-S3

Abreviaturas/Glosario

ATOP	Amplificador de tubo de ondas progresivas
AWGN	Ruido gaussiano blanco aditivo
Bucle de FI	Bucle de frecuencia intermedia
Código BCH	Código Bose-Chaudhuri-Hocquenghem
Código LDPC	Código de verificación de paridad de baja densidad
C/N	Relación portadora/ruido
EWS	Sistema de alerta de emergencia
FEC	Corrección de errores en recepción
GF	Campo de Galois
IP	Protocolo Internet
IPv4	Protocolo Internet versión 4
IPv6	Protocolo Internet versión 6
ISDB-S	Radiodifusión digital de servicios integrados por satélite
ISDB-S3	Radiodifusión digital de servicios integrados por satélite de 3ª generación
LSB	Bit menos significativo
MPEG	Grupo de expertos en imágenes en movimiento
MMT	Transporte de medios MPEG
MSB	Bit más significativo
OBO	Reducción de la potencia de salida
MDP	Modulación por desplazamiento de fase
MDP-2	Modulación binaria por desplazamiento de fase
MDPA	Modulación por desplazamiento de fase y amplitud
MDP-4	Modulación por desplazamiento de fase cuadrática
PRBS	Secuencia binaria pseudoaleatoria

TDM	Multiplexación por división en el tiempo
TLV	Tipo, longitud, valor
TMCC	Control de configuración de la transmisión y la multiplexación
TS	Tren de transporte
TS_ID	Identificador de tren de transporte
TVUAD	Televisión de ultra alta definición

Recomendaciones e Informes de la UIT relacionados

Recomendación UIT-R BO.1408-1	Sistema de transmisión para servicios multimedia avanzados de la radiodifusión digital de servicios integrados en un canal de radiodifusión por satélite
Recomendación UIT-R BO.1516-1	Sistemas de televisión digital multiprograma para utilización por satélites que funcionan en la gama de frecuencias 11/12 GHz
Recomendación UIT-R BO/BT.1774-2	Utilización de las infraestructuras de radiodifusión por satélite y terrenal para alertar a la población, reducir los efectos de las catástrofes y facilitar las operaciones de socorro
Recomendación UIT-R BO.1784-0	Sistema de radiodifusión digital por satélite (televisión, sonido, datos) con configuración flexible
Recomendación UIT-R BT.2020-2	Valores de los parámetros de los sistemas de televisión de extremadamente alta definición para la producción y el intercambio internacional de programas
Recomendación UIT-R BT.2073-0	Utilización de la norma de codificación de vídeo de gran eficacia para radiodifusión de TVUAD y TVAD
Recomendación UIT-R BT.2100-0	Valores de los parámetros de imagen para los sistemas de televisión de elevada gama dinámica para uso en la producción y el intercambio de programas internacionales
Informe UIT-R BO.2397-0	Sistema de transmisión para la radiodifusión de TVUAD por satélite

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que se prevé que la radiodifusión de televisión de ultra alta definición (TVUAD)¹ sea uno de los principales servicios de medios en el futuro próximo;
- b) que es necesario un aumento de la capacidad de transmisión para conseguir la radiodifusión de TVUAD a través de un único transpondedor de satélite;
- c) que los recientes avances de las tecnologías digitales permiten un factor de corte muy bajo, una corrección de errores en recepción (FEC) muy eficiente en cuanto a ancho de banda y esquemas de modulación como el código de verificación de paridad de baja intensidad (LDPC) y la modulación por desplazamiento de fase y amplitud (MDPA);

¹ La TVUAD está definida en la Recomendación UIT-R BT.2020.

- d) que debe tenerse en cuenta, en los sistemas de radiodifusión por satélite, la atenuación causada por la lluvia que difiere según las zonas climáticas;
- e) que es adecuado que un sistema sea robusto frente a la falta de linealidad de un transpondedor de satélite;
- f) que es preferible que un sistema pueda soportar tanto paquetes de tren de transporte MPEG (Grupo de expertos de imágenes en movimiento) como paquetes IP;
- g) que conviene también que un sistema permita configuraciones de transmisión y multiplexación flexibles;
- h) que conviene que un sistema de radiodifusión soporte un sistema de alerta de emergencias (EWS), en particular para su utilización en las regiones más expuestas a los terremotos,

reconociendo

- a) que los sistemas de televisión digital multiprograma para utilización por satélites están descritos en las Recomendaciones UIT-R BO.1408 y UIT-R BO.1516;
- b) que el sistema de radiodifusión digital por satélite (televisión, sonido, datos) con configuración flexible está descrito en la Recomendación UIT-R BO.1784;
- c) que las velocidades binarias de las emisiones de radiodifusión de TVUAD y TVAD que utilizan la norma de codificación de vídeo de gran eficacia (HEVC) están definidas en la Recomendación UIT-R BT.2073;
- d) que la utilización de las infraestructuras de radiodifusión por satélite y terrenal para alertar a la población, reducir los efectos de las catástrofes y facilitar las operaciones de socorro está descrita en la Recomendación UIT-R BO/BT.1774,

recomienda

que el sistema ISDB-S3 especificado en la norma ARIB STD-B44² debe utilizarse para la radiodifusión de TVUAD por satélite (véase la Nota 1 y la Nota 2).

NOTA 1 – El Anexo 1 contiene un resumen de la descripción del sistema recomendado (Sistema F), mientras que en el Anexo 2 se proporciona un cuadro comparativo de los sistemas de transmisión para la radiodifusión de TVUAD por satélite.

NOTA 2 – La velocidad de símbolo especificada en ARIB STD-B44 es un ejemplo. La velocidad de símbolo del ISDB-S3 puede establecerse de manera flexible de acuerdo con los diferentes tipos de ancho de banda de los transpondedores de satélite.

² ARIB STD-B44 (http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B44v2_0-E1.pdf).

Anexo 1

Características técnicas del sistema ISDB-S3 para la radiodifusión de TVUAD por satélite (denominado Sistema F)

Índice

Página

Anexo 1 – Características técnicas del sistema ISDB-S3 para la radiodifusión de TVUAD por satélite (denominado Sistema F)	4
1 Resumen del sistema ISDB-S3 para la radiodifusión de TVUAD por satélite	4
2 Especificaciones técnicas del sistema ISDB-S3 para la radiodifusión de TVUAD por satélite	6
2.1 Definición de bloques	6
2.2 Trama	7
2.3 Configuración de trama de la señal modulada.....	8
2.4 Corrección de errores en recepción	10
2.5 Método de corrección de error para TMCC	11
2.6 Dispersión de energía	11
2.7 Entrelazador de bits	11
2.8 Esquemas de modulación	11
2.9 Señal piloto	13
2.10 Factor de corte	13
2.11 Señal TMCC	14
Anexo 2 – Cuadro de comparación de los sistemas de transmisión para la radiodifusión de TVUAD por satélite.....	20

1 Resumen del sistema ISDB-S3 para la radiodifusión de TVUAD por satélite

El sistema ISDB-S3 se desarrolló en Japón para la radiodifusión de TVUAD por satélite. Las características técnicas de este sistema se describen a continuación:

- Recepción de TVUAD en el hogar: Teniendo en cuenta que las antenas parabólicas para satélite de 45 cm se utilizan ampliamente en Japón, este sistema proporciona unos 100 Mbit/s a través de un transpondedor de satélite de 34,5 MHz, utilizando MDPA-16 con una velocidad de codificación interior de 7/9 y logra una disponibilidad del servicio de 99,5%.
- Amplia capacidad de transmisión: La utilización de un factor de corte de 0,03, un código LDPC y una modulación MDPA aumenta la capacidad de transmisión.
- Sobrevivencia al desvanecimiento debido a la lluvia: Una transmisión jerárquica, en la cual múltiples señales con diferentes esquemas de modulación y codificaciones internas se transmiten de manera TDM, permite la recepción de las señales en condiciones de desvanecimiento fuerte causado por la lluvia.

- Recepción estable incluso en condiciones de baja relación de señal ruido (C/N): La transmisión periódica de una señal en ráfaga de referencia en modulación binaria por desplazamiento de fase (MDP-2) de fase $\pi/2$ proporciona una robustez de recuperación de fase de portadora en situación de 0,0 dB de C/N. Además, la utilización de la señal de ráfaga de referencia de fase como cabida útil de TMCC contribuye a aumentar la capacidad de transmisión.
- Robustez frente a la falta de linealidad del transpondedor de satélite: La utilización de una señal piloto proporciona una decodificación LDPC óptima incluso en presencia de efectos no lineales.
- Transmisión de paquetes de longitud variable: La utilización de tipo-longitud-valor (TLV) como formato de señal de entrada permite el envío de paquetes como IPv4 e IPv6 a través de los canales de satélite.
- Control funcional de la transmisión: La utilización de una asignación de control de configuración de la transmisión y la multiplexación (TMCC) de 9 422 bits permite un control versátil de la transmisión. El control de configuración de la transmisión y la multiplexación puede enviar varias señales de control de la transmisión, incluidas las que controlan el esquema de modulación, la velocidad de codificación y el formato de la señal de entrada (TS MPEG2 o TLV) así como las que identifican y gestionan múltiples señales de entrada, inician el sistema de aviso de emergencia (EWS) e informan al punto de operaciones del transpondedor del satélite.

Las especificaciones técnicas del ISDB-S3 se describen en el Cuadro 1. Este sistema utiliza un código LDPC como código interno, pues este código tiene una excelente corrección de errores. Las modulaciones MDP-2- $\pi/2$, MDP-4 y MDP-8 se utilizan principalmente para el amplificador de tubo de ondas progresivas (ATOP) saturado en el transpondedor del satélite. Se soportan las modulaciones MDPA-16 y MDPA-32 como vías para ampliar la capacidad del canal. Además, se ha introducido una señal piloto para permitir una decodificación LDPC óptima incluso en presencia de efectos no lineales, en especial cuando se considera que puede producirse fácilmente un deterioro en MDPA debido a las características no lineales del ATOP. Además, se utiliza un factor de corte de 0,03 para conseguir unas características del filtro abruptas y permitir la utilización de velocidades de símbolo incluso mayores. Este sistema soporta múltiples combinaciones TDM (Multiplexación por división en el tiempo) de modulaciones y codificaciones internas y puede ofrecer un amplio rango de capacidades de transmisión y disponibilidades de servicio. Además el TMCC puede transmitir señales para identificar los límites de los paquetes TLV, que pueden utilizarse para enviar paquetes IP de longitud variable.

CUADRO 1

Especificaciones técnicas del sistema ISDB-S3

Punto		Descripción
Formato de la señal de entrada		TS MPEG-2, TLV
Esquema de modulación		MDP-2- $\pi/2$, MDP-4, MDP-8, MDPA-16 y MDPA-32
Control de la transmisión		TMCC
Corrección de errores en recepción	Código interno	Código LDPC (longitud de código: 44880)
	Velocidad de codificación	1/3 (41/120), 2/5 (49/120), 1/2 (61/120), 3/5 (73/120), 2/3 (81/120), 3/4 (89/120), 7/9 (93/120), 4/5 (97/120), 5/6 (101/120), 7/8 (105/120), 9/10 (109/120) (valor nominal (valor real))
	Código externo	Código BCH (65535, 65343, $T = 12$) acortado
TMCC	Esquema de modulación	MDP-2- $\pi/2$
	Código interno	Código LDPC (31680,9614) LDPC (44880, 22184) acortado
	Código externo	Código BCH (9614,9422), BCH (65535,65343) acortado
	Unidad de control	Control de la transmisión en unidades de intervalos
Estructura de la trama TDM		120 intervalos de tiempo por trama
Velocidad de símbolo		No especificada. La velocidad de símbolo de ISDB-S3 puede establecerse de acuerdo con la flexibilidad del ancho de banda de los diferentes tipos de transpondedores de satélite.
Factor de corte		0,03
Señal de compensación no lineal		Señal piloto, que puede transmitir una secuencia de una única palabra utilizando el mismo esquema de modulación que el de la señal de entrada. Se utiliza la señal piloto promediada en el lado del receptor como punto de referencia para la decodificación LDPC

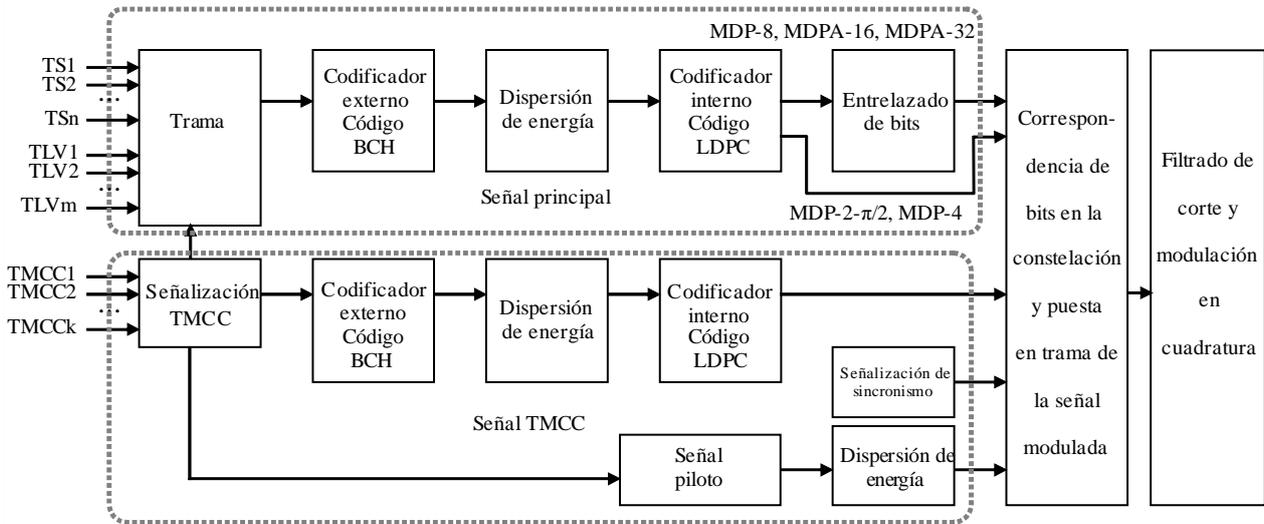
2 Especificaciones técnicas del sistema ISDB-S3 para la radiodifusión de TVUAD por satélite

2.1 Definición de bloques

La configuración general de ISDB-S3 se muestra en la Fig. 1. El sistema trata trenes de transporte (TS) MPEG-2 y TLV (Tipo-Longitud-Valor) (TS1, TS2,..., TSn, TLV1, TLV2,..., TLVm) como señales principales (parte superior de la Fig. 1), así como parámetros de transmisión (TMCC1, TMCC2,..., TMCCk) para transmitir cada tren de transmisión, y genera una señal TMCC en base a esos parámetros de transmisión (parte inferior de la Fig. 1). Las tramas se configuran en función de la señal TMCC, y la señal principal y la señal TMCC se procesan en unidades de trama. Cada trama tiene 120 intervalos, y cada intervalo tiene la misma longitud que el código LDPC. Después de la configuración de trama, la señal principal se procesa en diferentes etapas que incluyen la codificación con el código externo, la dispersión de energía y la codificación con el código interno y, en el caso de los esquemas de modulación MDP-8, MDPA-16 y MDPA-32, el entrelazado de bits. Excepto el entrelazado de bits, la señal TMCC se procesa de la misma manera. Además de estas señales, se genera una señal de sincronización (para la sincronización de trama y sincronización de intervalos) y una señal piloto con dispersión de energía, con el mismo esquema de modulación que la señal

principal. A estas señales se aplica la correspondencia de bits para la constelación definida y se procesa la configuración de trama de la señal modulada de manera TDM.

FIGURA 1
Configuración general del sistema ISDB-S3



BO.2098-01

2.2 Trama

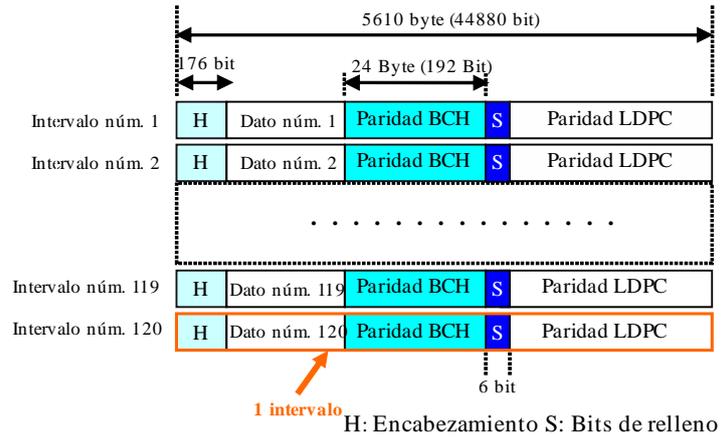
2.2.1 Configuración de trama de la señal principal

En la Fig. 2 se muestra la configuración de trama de la señal principal. Esta trama multiplexada consiste en 120 intervalos, cada uno con un encabezamiento, datos, bits de paridad BCH, bits de relleno y bits de paridad LDPC.

En este caso, los paquetes MPEG-2 o TLV están ordenados en la zona de datos y, en el caso de los paquetes TS MPEG-2, se ordenan secuencialmente paquetes de 187 bits, excluido el byte de sincronización (0x47) al inicio de cada paquete, en la zona de datos de cada intervalo.

Los bits de paridad BCH se calculan para el encabezamiento y los datos y se sitúan después de la zona de datos. Seis bits de relleno (0x3F) siguen a la zona de paridad BCH, y después de realizar la dispersión de energía del encabezamiento, datos, bits de paridad BCH y bits de relleno, se calculan los bits de paridad LDPC y se sitúan a continuación de los bits de relleno.

FIGURA 2
Configuración de trama de la señal principal

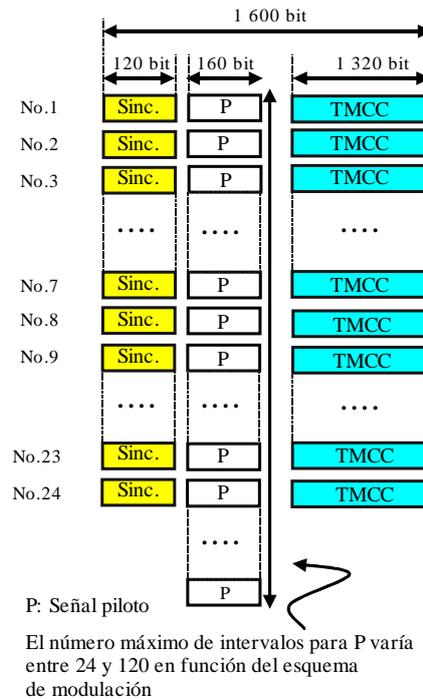


BO.2098-02

2.2.2 Configuración de trama de las señales de control

En la Fig. 3 se muestra la configuración de trama de las señales de control. Esta trama multiplexada consiste en 2 880 bits de señales de sincronización, entre 3 840 y 19 200 bits de señales piloto y 31 680 bits de señales TMCC.

FIGURA 3
Configuración de trama de las señales de control



BO 2098-0

2.3 Configuración de trama de la señal modulada

En la Fig. 4, se muestra un diagrama de bloques que representa la generación de una señal modulada a partir de las señales multiplexadas con las configuraciones de trama anteriores y, en la Fig. 5, se muestra la configuración de trama de la señal modulada.

FIGURA 4
Generación de la señal modulada

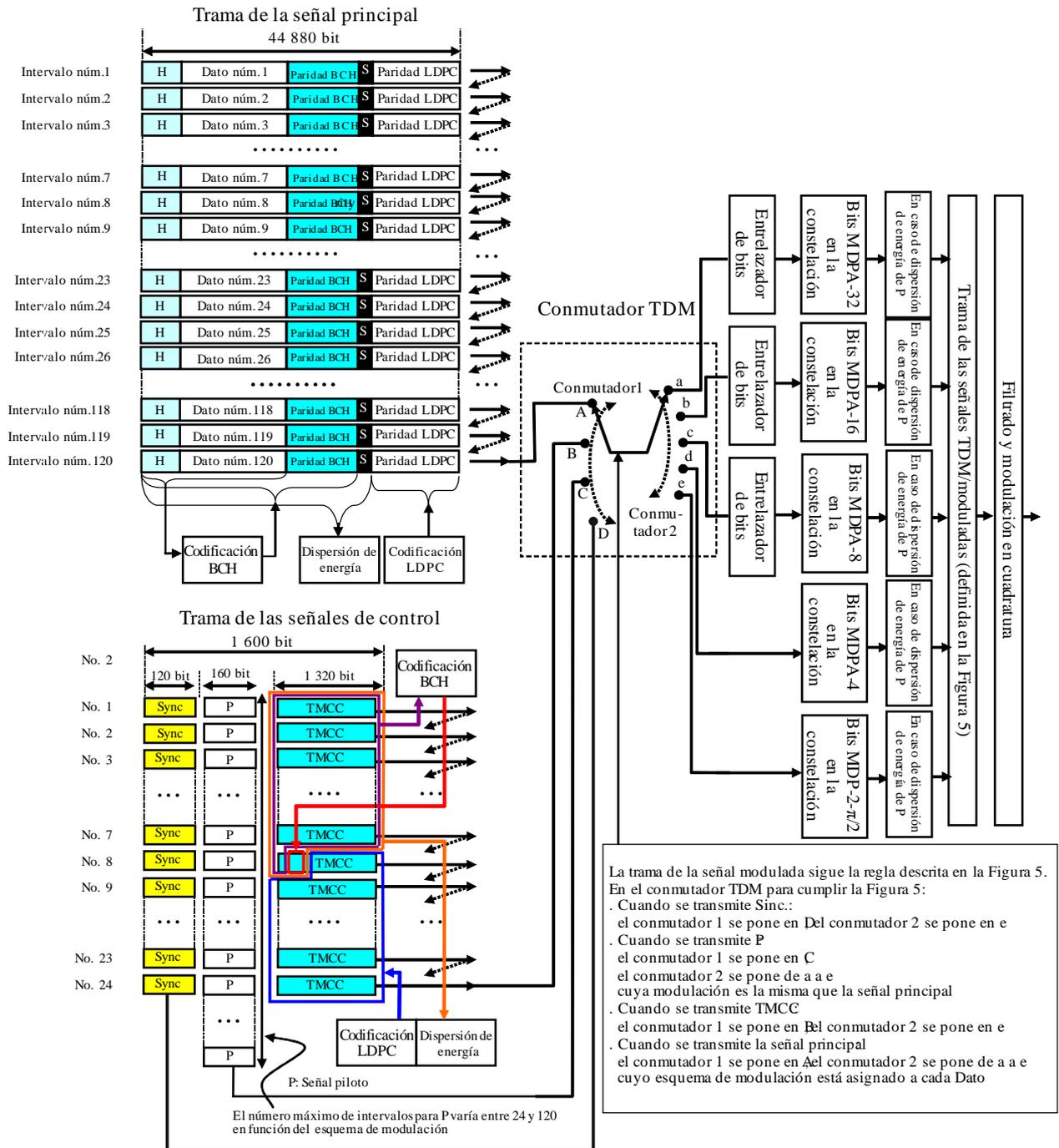
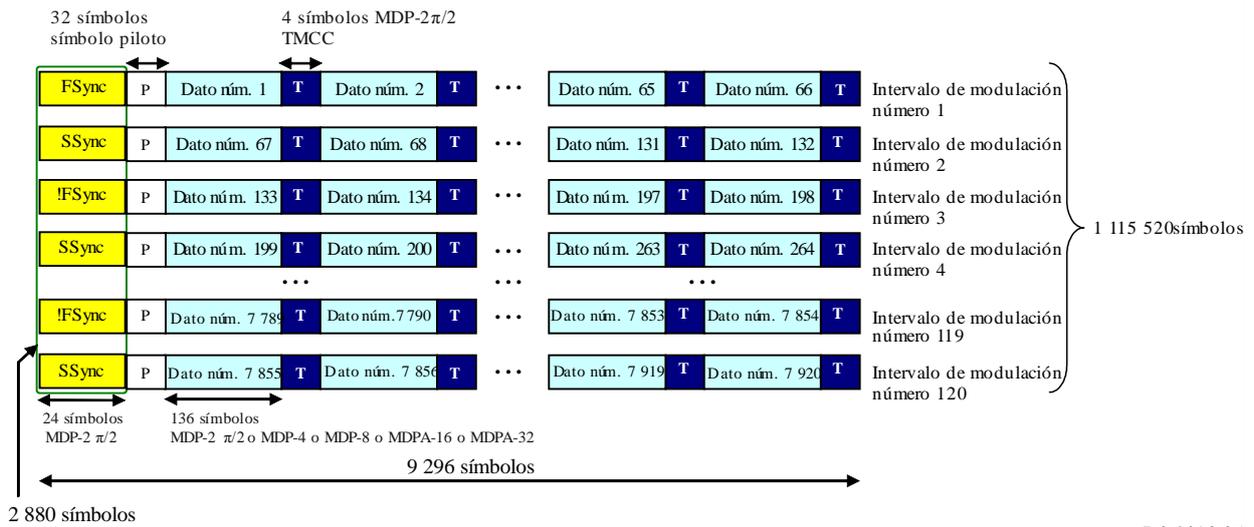


FIGURA 5
Configuración de trama de la señal modulada



BO.2098-05

2.4 Corrección de errores en recepción

2.4.1 Método de codificación externa

El método de codificación externa es un código BCH (65535, 65343) acortado con capacidad de corrección $T = 12$.

2.4.2 Método de codificación interna

El método de codificación interna es un código LDPC con una longitud de 44 880 bits y 11 velocidades como se indica en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Velocidades de código interno

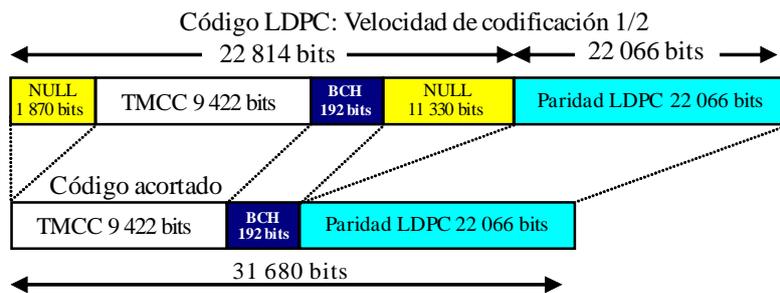
Velocidad de codificación interna (Valor nominal)	Valor real
1/3	41/120
2/5	49/120
1/2	61/120
3/5	73/120
2/3	81/120
3/4	89/120
7/9	93/120
4/5	97/120
5/6	101/120
7/8	105/120
9/10	109/120

En este caso, el «valor real» del Cuadro anterior es la velocidad de codificación real y el «valor nominal» se aproxima al valor real con una simple fracción.

2.5 Método de corrección de error para TMCC

Para el código externo, se utiliza el método de codificación externa utilizado para la señal principal. Para el código interno, se utiliza una versión acortada de la codificación LDPC (velocidad 1/2) de la señal principal (véase la Fig. 6). Los datos del código LDPC consisten en una secuencia NULL (1 870 bits, todos ceros), datos TMCC (9 422 bits), la paridad del código Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH) (192 bits), otra secuencia NULL (11 330 bits, todos ceros) y la paridad LDPC (22 066 bits). Después de la codificación LDPC y la eliminación de los datos NULL, se transmiten los datos TMCC, la paridad BCH y la paridad LDPC como símbolos TMCC. En la recepción, se insertan en la sección de datos NULL los símbolos de secuencia NULL, que corresponde con ceros, y se realiza la descodificación a velocidad de codificación 1/2.

FIGURA 6
Codificación TMCC



BO.2098-06

2.6 Dispersión de energía

La dispersión de energía se realiza para el encabezamiento, los datos, los datos BCH y los bits de relleno.

También se realiza la dispersión de energía para las señales TMCC y la señal piloto.

2.7 Entrelazador de bits

En el caso de MDP-8, MDP-16 y MDP-32 se realiza un entrelazado de bits de la señal de salida de la codificación LDPC.

2.8 Esquemas de modulación

Los esquemas de modulación aplicables se muestran en el Cuadro 3 y los diagramas de constelación para cada esquema de modulación están descritos en la Fig. 7. La modulación MDP- $2-\pi/2$ utiliza la constelación descrita a continuación. Para los símbolos con numeración impar, incluido el primer símbolo al principio de la trama, el símbolo 0 y el símbolo 1 se sitúan respectivamente en puntos del primer y tercer cuadrante y, en el caso del segundo símbolo y de los siguientes símbolos pares, se rotan los puntos indicados 90° en sentido contrario a las agujas del reloj. La relación entre radios γ ($=R_2/R_1$) para MDP-16 y las relaciones γ_1 ($=R_2/R_1$) y γ_2 ($=R_3/R_1$) para MDP-32, se muestran en los Cuadros 4 y 5 en función de la velocidad de codificación interna. Mientras se toma un radio de 1 y la potencia está normalizada a 1 en los esquemas de modulación (a) y (c), se utiliza $4R_1^2+12R_2^2=16$ y $4R_1^2+12R_2^2+16R_3^2=32$ para los esquemas de modulación (d) y (e) respectivamente, con una potencia normalizada a 1.

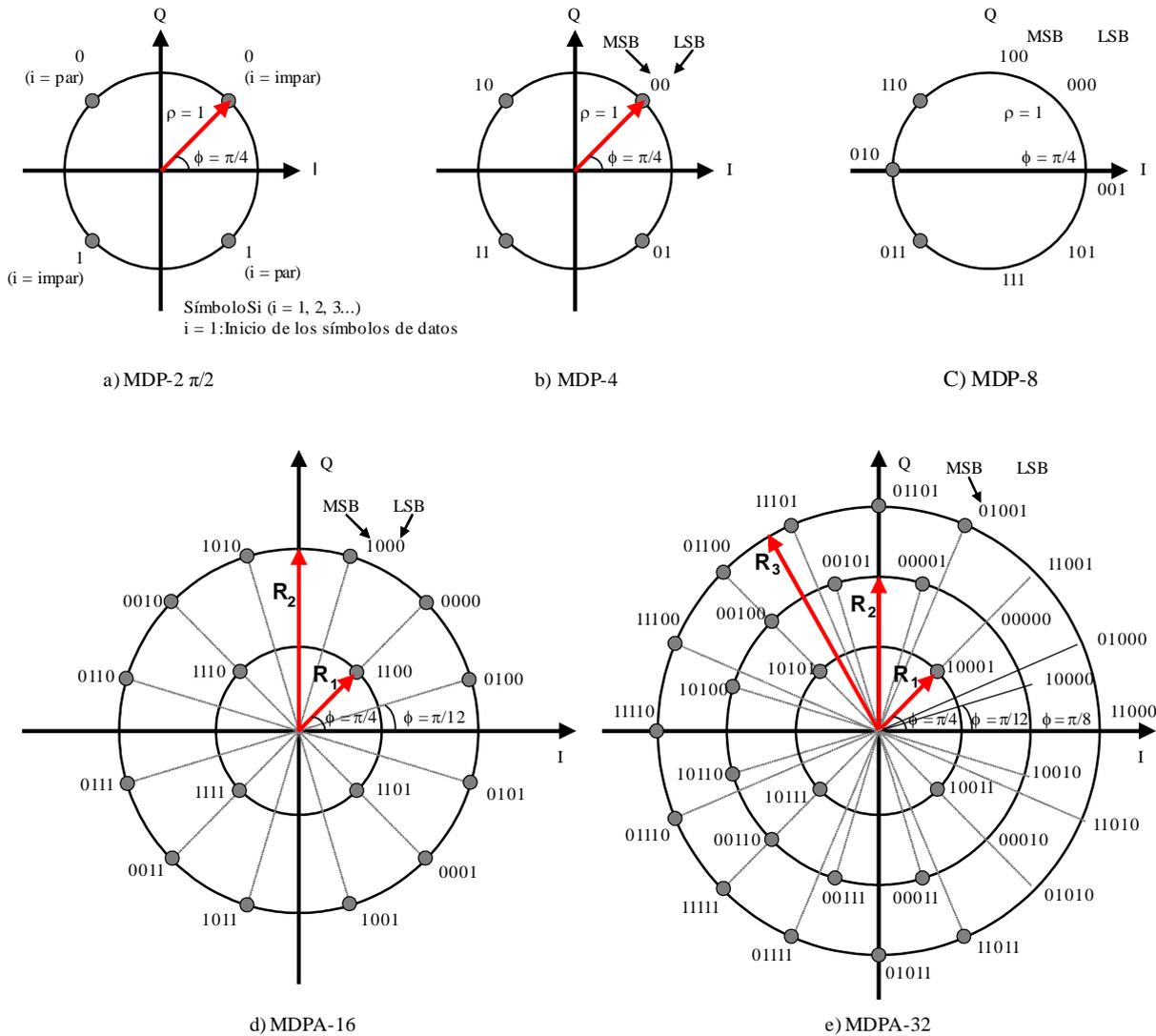
CUADRO 3

Esquemas de modulación

Esquema de modulación	Aplicación
MDP-2- $\pi/2$	Sincronización de trama Sincronización de intervalo Señal TMCC Señal principal (incluida la señal piloto)
MDP-4	Señal principal (incluida la señal piloto)
MDP-8	Señal principal (incluida la señal piloto)
MDPA-16	Señal principal (incluida la señal piloto)
MDPA-32	Señal principal (incluida la señal piloto)

FIGURA 7

Diagramas de constelación para cada esquema de modulación



CUADRO 4

Relación entre radios en MDPA-16

Velocidad de codificación interna	Relación de radios γ
1/3	3,09
2/5	2,97
1/2	3,93
3/5	2,87
2/3	2,92
3/4	2,97
7/9	2,87
4/5	2,73
5/6	2,67
7/8	2,76
9/10	2,69

CUADRO 5

Relaciones entre radios en MDPA-32

Velocidad de codificación interna	Relación de radios γ_1	Relación de radios γ_2
1/3	3,09	6,53
2/5	2,97	7,17
1/2	3,93	8,03
3/5	2,87	5,61
2/3	2,92	5,68
3/4	2,97	5,57
7/9	2,87	5,33
4/5	2,73	5,05
5/6	2,67	4,80
7/8	2,76	4,82
9/10	2,69	4,66

2.9 Señal piloto

La señal piloto transmite secuencialmente puntos de señal para el esquema de modulación especificado para ese intervalo por la señal TMCC. Por ejemplo, la señal piloto transmitirá los puntos de señal 00000, 00001, 00010, 00011, ...11111 en este orden para MDPA-32, puntos de señal 0000, 0001, 0010, 0011, ...1111 en este orden dos veces para MDPA-16, puntos de señal 000, 001, 010, 011, ...111 en este orden cuatro veces para MDP-8, y puntos de señal 00, 01, 10 y 11 en este orden ocho veces para MDP-4 y puntos de señal 0 y 1 en este orden 16 veces para MDP-2- $\pi/2$.

2.10 Factor de corte

Las características del filtro para limitar la banda de la onda portadora están definidas como características de coseno alzado, como se define en la siguiente función de transferencia de frecuencias:

$$\begin{cases} 1 & |F| \leq F_n \times (1 - \alpha) \\ \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2F_n} \left[\frac{F_n - |F|}{\alpha} \right]} & F_n(1 - \alpha) \leq |F| \leq F_n(1 + \alpha) \\ 0 & |F| \geq F_n(1 + \alpha) \end{cases}$$

donde:

- F_n : frecuencia de Nyquist
- α : factor de corte = 0,03

2.11 Señal TMCC

La señal TMCC transmite información de control relativa a la transmisión sobre la posición asignada al tren de transmisión, la relación entre flujos y los esquemas de modulación, etc., para cada intervalo. El tamaño del espacio que puede utilizarse para transmitir las señales TMCC es de 9 244 bits por trama. Cuando se conmuta, por ejemplo, entre esquemas de modulación, la señal TMCC transmite la información de conmutación dos tramas antes de la conmutación efectiva. El mínimo intervalo de actualización de la señal TMCC es de una trama. El receptor debe observar continuamente la información de la señal TMCC para asegurar que recibe esta información de control. La configuración a nivel de bits de la información de control de la señal TMCC se muestra en la Fig. 8.

FIGURA 8
Configuración de los bits de la señal TMCC

Orden de cambio	Información de modo de transmisión/ intervalo	Información de tipo de tren/ número relativo	Información de tipo de tren/ número relativo	Información de formato de paquete/ número de tren relativo	Información de número de tren relativo/ intervalo	Correspondencia entre la Id. del tren relativo y la Id. del tren de transmisión	Información de control de transmisión/ recepción	Información de extensión
8 bits	192 bits	128 bits	896 bits	3 840 bits	480 bits	256 bits	8 bits	3 614 bits

BO.2098-08

2.11.1 Orden de cambio

La orden de cambio es un número de 8 bit que se incrementa en una unidad cada vez que se cambia información en la señal TMCC. Su valor pasa a «0000000» después de «1111111».

2.11.2 Información de modo de transmisión e intervalo

Esta información indica el esquema de modulación utilizado en la señal principal (4 bits), la velocidad de codificación interna (4 bits), el número de intervalos asignados (8 bits) y el valor de la reducción de la potencia de salida (OBO, Output back off) del satélite. Estos parámetros se definen como el modo de transmisión. El número máximo de modos de transmisión es 8. La configuración de los bits de esta información se muestra en la Fig. 9 y la correspondencia entre los valores de este campo y los parámetros de transmisión viene indicada en los Cuadros 6 a 8.

Los modos de transmisión 1-8 están asignados en el orden de los esquemas de modulación y las velocidades de codificación que aparecen en la trama de transmisión, empezando con el intervalo 1 (los esquemas con mayor número de puntos de constelación aparecen primero, y en el caso de los esquemas de modulación idénticos, los que tiene una velocidad de codificación mayor aparecen primero).

Si el número de esquemas de modulación que se utiliza es menor de 8, entonces el valor establecido para los esquemas de modulación y las velocidades de codificación no utilizados es «1111» y el valor del número de intervalos asignados y la reducción de la potencia de salida es «00000000».

El número de intervalos asignados indica el número de intervalos, incluidos los intervalos ficticios, asignados a la combinación del esquema de modulación y la velocidad de codificación interna, indicada en el campo inmediatamente anterior. El número de intervalos asignados a cada modo de transmisión debe ser un múltiplo de 5 y el número total de intervalos asignados a los modos de transmisión debe ser igual a 120, que es el número de intervalos de una trama de transmisión.

FIGURA 9

Configuración de bits de la información de modo/intervalo de transmisión



BO.2098-05

CUADRO 6

Esquemas de modulación para los modos de transmisión

Valor	Esquema de modulación
0000	Reservado
0001	MDP-2- $\pi/2$
0010	MDP-4
0011	MDP-8
0100	MDPA-16
0101	MDPA-32
0110 – 1110	Reservado
1111	Esquema no asignado

CUADRO 7

Velocidades de codificación interna para los modos de transmisión

Valor	Velocidad de codificación interna
0000	Reservado
0001	1/3
0010	2/5
0011	1/2
0100	3/5
0101	2/3
0110	3/4
0111	7/9
1000	4/5
1001	5/6
1010	7/8
1011	9/10
1100 – 1110	Reservado
1111	Esquema no asignado

CUADRO 8

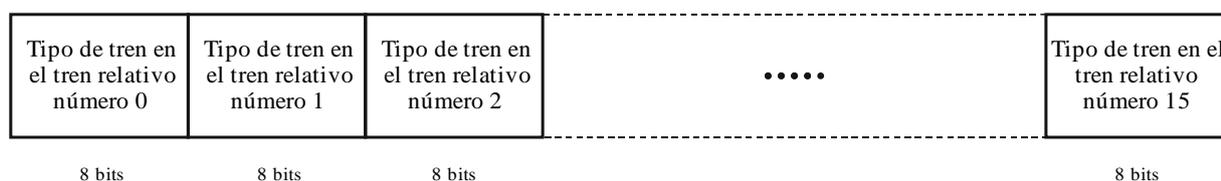
Reducción de la potencia de salida (OBO) del satélite para los modos de transmisión

Valor	OBO del satélite
00000000	0,0 dB
00000001	0,1 dB
00000010	0,2 dB
00000011	0,3 dB
00000100	0,4 dB
00000101	0,5 dB
00000110	0,6 dB
00000111	0,7 dB
.
11111010	25,0 dB
11111011	25,1 dB
11111100	25,2 dB
11111101	25,3 dB
11111110	25,4 dB
11111111	25,5 dB

2.11.3 Información de tipo de tren/número de tren relativo

La información de tipo de tren/número de tren relativo (8 bits) indica el tipo de tren de paquetes de cada uno de los trenes relativos numerados de 0 a 15 y asignados a los intervalos en la forma indicada en el § 2.11.6 a continuación. La configuración de la información de tipo tren/número de tren relativo se muestra en la Fig. 10 y la correspondencia entre los valores de este campo y el tipo de flujos viene indicada en el Cuadro 9.

FIGURA 10
Configuración de los bits de la información de tipo de tren/número de tren relativo



BO.2098-10

CUADRO 9

Tipo de tren

Valor	Tipo de tren
00000000	Reservado
00000001	TS MPEG-2
00000010	TLV
00000011 – 11111110	Reservado
11111111	Tipo no asignado

2.11.4 Información de formato de paquete/número de tren relativo

La información de formato de paquete/número de tren relativo indica el formato de paquete de cada uno de los trenes relativos numerados de 0 a 15 asignados a los intervalos en la forma indicada a continuación en el párrafo § 2.11.6. La configuración de la información de formato de paquete/número de tren relativo se muestra en la Fig. 11.

«Longitud de paquete» (16 bits) hace referencia a la longitud de cada paquete en bytes; se indica para cada tren relativo de 0 a 15.

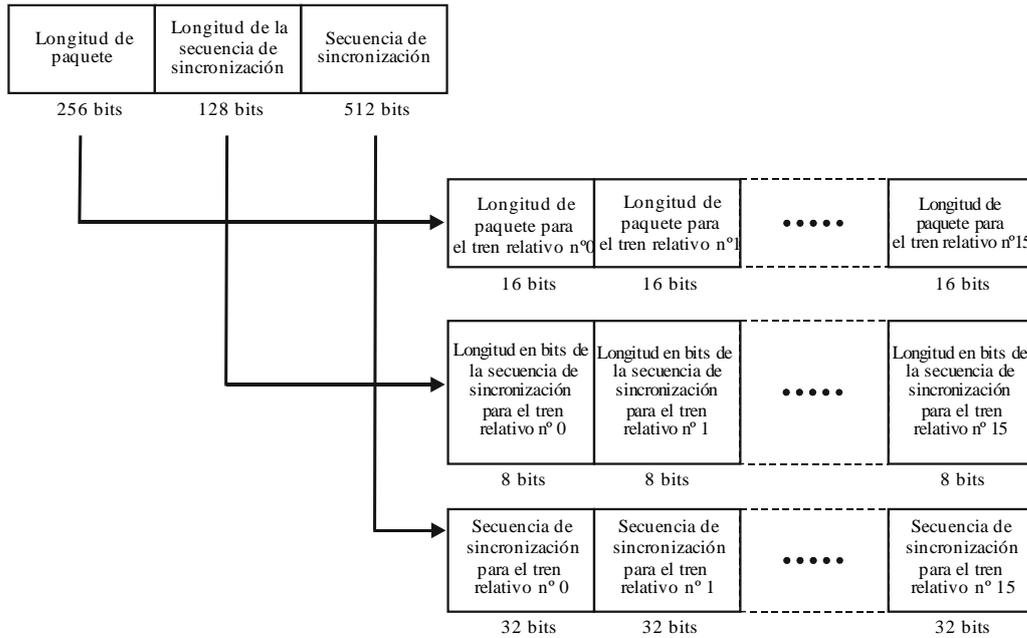
«Longitud de bits de la secuencia de sincronización» (8 bits) hace referencia a la longitud en bits de la secuencia de sincronización añadida al inicio de cada paquete; se indica para cada uno de los trenes relativos de 0 a 15.

«Secuencia de sincronización» (32 bits) hace referencia a la secuencia añadida al inicio de cada paquete; se indica para cada uno de los trenes relativos de 0 a 15.

Si la longitud de bits de la secuencia de sincronización es menor de 32 bits, la secuencia de sincronización para ese paquete de transmisión debe escribirse desde el principio de ese campo y los bits restantes deben rellenarse con ceros.

FIGURA 11

Configuración de los bits de la información de formato de paquete/número de tren relativo



BO.2098-11

2.11.5 Información de puntero/intervalo

La información de puntero/intervalo indica el inicio (primer puntero) del primer paquete y el final (último puntero) del paquete final en cada intervalo de 1 a 120. La configuración de la información de puntero/intervalo se muestra en la Fig. 12.

El primer puntero (16 bits) indica la posición del byte de inicio del primer paquete en un intervalo en función del número de bytes desde el inicio del intervalo excluyendo la cabecera. En este caso, el valor 0xFFFF indica que no existe byte de inicio.

El último puntero (16 bits) indica la posición del byte final del último paquete más 1, dentro del intervalo y en función del número de bytes desde el inicio del intervalo excluyendo la cabecera. En este caso, el valor 0xFFFF indica que no existe byte final.

FIGURA 12

Configuración de los bits de la información de puntero/intervalo



BO.2098-12

2.11.6 Información de número de tren relativo/intervalo

La información de número de tren relativo/intervalo (4 bits) indica el número de trenes relativos que debe transmitirse en cada intervalo por orden desde el intervalo 1. Puede transmitirse un máximo de 16 trenes en un intervalo, lo que significa que el número de trenes relativos puede indicarse con cuatro bits. El mismo número también puede asignarse a intervalos ficticios. La configuración de la información de número de tren relativo/intervalo se muestra en la Fig. 13.

FIGURA 13

Configuración de los bits de la información de número de tren relativo/intervalo



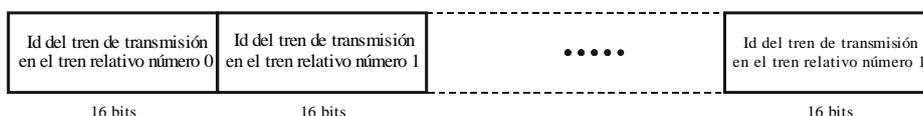
BO.2098-13

2.11.7 Cuadro de correspondencia entre el número de tren relativo y la identidad del tren de transmisión

En la Fig. 14 se indica la correspondencia entre el número de tren relativo y el «identificador de tren de transmisión (16 bits)», que es el identificador del tren de transporte (TS_ID) en el caso de un tren MPEG-2 y el ID del tren TLV en el caso de un tren TLV.

FIGURA 14

Configuración de bits del Cuadro de correspondencia entre el número de tren relativo y la identidad del tren de transmisión



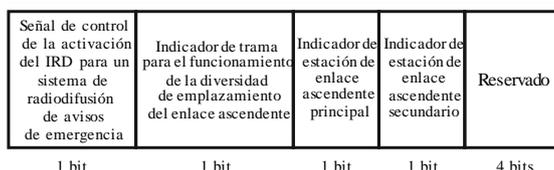
BO.2098-14

2.11.8 Información de control de transmisión/recepción

La información de control de transmisión/recepción transmite varias señales de control, como una para controlar el encendido del receptor para un sistema de radiodifusión de alertas de emergencia (EWS) y una señal de control para cambiar la estación del enlace ascendente en el caso de desvanecimiento del enlace ascendente por la lluvia. La configuración de los bits de la información de control de transmisión/recepción se muestra en la Fig. 15.

FIGURA 15

Configuración de los bits de la información de control de transmisión/recepción

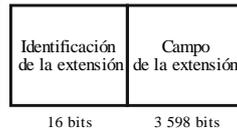


BO.2098-15

2.11.9 Información de extensión

La Información de extensión (3 614 bits) es un campo reservado para futuras extensiones de la señal TMCC. La configuración de la información de extensión se muestra en la Fig. 16. Cuando se realiza una extensión de la señal TMCC, la identificación de la extensión (16 bits) adopta un valor diferente del valor prescrito «0000000000000000» y el valor indica la validez del campo de extensión (3 598 bits) a partir de ese punto.

FIGURA 16

Configuración de los bits de información de extensión

BO.2098-16

Anexo 2**Cuadro de comparación de los sistemas de transmisión
para la radiodifusión de TVUAD por satélite**

En los Cuadros 10 y 11, se muestra una comparación de los sistemas de transmisión para la radiodifusión de TVUAD por satélite. Se ha elegido como sistema de referencia en esta Recomendación UIT-R, el sistema DVB-S2X (cuya parte de radiodifusión se denomina Sistema E2) descrito en la Recomendación [UIT-R BO.1784]. Estos Cuadros comparan el Sistema E2 con el sistema de radiodifusión de servicios integrados por satélite de 3ª generación (ISDB-S3) descrito en el Anexo 1, denominado Sistema F.

CUADRO 10

**Comparación de las características técnicas del sistema de transmisión E2 de la Recomendación UIT-R BO.1784
y el sistema del Anexo 1 de la presente Recomendación (Sistema F)**

a) Función

	Sistema E2	Sistema F
Servicios entregados	SDTV, TVAD y TVUAD, aplicaciones de sonido, datos y datos interactivos ⁽¹⁾	SDTV, TVAD y TVUAD, aplicaciones de sonido, datos y datos interactivos
Formato de señal de entrada	TS MPEG/tren genérico (por ejemplo IP)	MPEG-TS, TLV
Capacidad de múltiples señales de entrada	Sí: máximo 255	Sí: máximo 16
Supervivencia al desvanecimiento debido a la lluvia	Para radiodifusión: se dispone de codificación y modulación variables, además de la potencia de transmisión y la velocidad de codificación interna.	Se dispone de transmisión jerárquica además de la potencia de transmisión y la velocidad de codificación interna. La señal TMCC proporciona un indicador de la estación de enlace ascendente para el funcionamiento de la diversidad de emplazamiento.
Agrupación de canales	Hasta tres canales	Sí MMT/TLV permite la agrupación de los datos transmitidos hasta un máximo de 256 canales.
Recepción móvil	Modos VL-SNR adecuados para aplicaciones móviles y otros servicios en zonas con SNR hasta -10 dB	No disponible y para consideración futura
Asignación flexible de la velocidad binaria de los servicios	Disponible	Disponible
Diseño de receptor común con otros sistemas de receptor	Son posibles los Sistemas A, B, C, D, E1 y E2	Son posibles los Sistemas A, B, C, D, E1, E2 y F
Puntos comunes con otros medios (es decir, terrenal, cable, etc.)	Base de TS MPEG Base de GSE, GSE-Lite	Base de TS MPEG e IP
Equipo de estación de radiodifusión	Disponible en el mercado	Disponible en el mercado
EWS	-	Sí

Rec. UIT-R BO.2098-0

CUADRO 10 (continuación)

b) Funcionamiento

	Sistema E2	Sistema F
Velocidad de datos neta (velocidad transmisible sin paridad)	La velocidad de símbolos no está especificada. Las siguientes velocidades de datos netas resultan de un ejemplo de velocidad de símbolo de 27,776 MBd, longitud de trama FEC normal y sin señales piloto: MDP-4 1/2: 27,467 Mbit/s MDP-4 3/4: 41,316 Mbit/s MDP-8 2/3: 55,014 Mbit/s MDPA-16 3/4: 82,404 Mbit/s ^{(6) (7)} MDP-8 25/36: 57,278 MDPA-16 2/3 L: 91,437 MDPA-64 5/6: 137,120 ⁽⁷⁾	La velocidad de símbolos no está especificada. Las siguientes velocidades de datos netas resultan de un ejemplo de velocidad de símbolo de 33,7561 MBd. MPEG-TS TLV MDP-2 $\pi/2$ 1/2: 16,3842 Mbit/s 16,2971 Mbit/s MDP-4 1/2: 32,7684 Mbit/s 32,5941 Mbit/s MDP-8 3/4: 72,0905 Mbit/s 71,7070 Mbit/s MDPA-16 7/9: 100,4898 Mbit/s 99,9552 Mbit/s MDPA-32 4/5: 131,0736 Mbit/s 130,3764 Mbit/s
Extensibilidad ascendente	Sí	Sí
Capacidad de TVAD	Sí	Sí
Capacidad de TVUAD	Sí	Sí
Acceso condicional seleccionable	Sí	Sí

c) Características técnicas (transmisión)

	Sistema E2	Sistema F
Esquemas de modulación para radiodifusión	MDP-4/MDP-8/MDP-8-L/MDPA-16/MDPA-16-L/MDPA-32/MDPA-32-L/MDPA-64/MDPA-64-L/ ⁽⁷⁾	MDP-2- $\pi/2$ /MDP-4/MDP-8/MDPA-16/MDPA-32
Velocidad de símbolos	Sin especificar	Sin especificar
Ancho de banda necesario (a -3 dB)	Sin especificar	Sin especificar
Factor de corte	0,35; 0,25; 0,2; 0,15; 0,10; 0,05 (coseno alzado)	0,03
Código externo	Código BCH (N, K, T) con parámetros dependientes de la configuración de codificación interna y la longitud de trama	Código BCH (65535, 65343, $T = 12$) acortado T indica los bits corregibles en cada palabra de código
Generador del código externo	Código BCH (N, K, T) con parámetros dependientes de la configuración de codificación interna y la longitud de trama	Código BCH (65535, 65343, $T = 12$) acortado T indica los bits corregibles en cada palabra de código

CUADRO 10 (continuación)

c) Características técnicas (transmisión) (continuación)

	Sistema E2	Sistema F
Polinomio generado del código externo	Diferentes en función de la configuración de la codificación interna y la longitud de trama	Polinomios del código BCH: $g_1(x)=1+x+x^3+x^{12}+x^{16}$ $g_2(x)=1+x^2+x^3+x^4+x^8+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$ $g_3(x)=1+x^2+x^3+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{16}$ $g_4(x)=1+x+x^3+x^6+x^7+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$ $g_5(x)=1+x+x^2+x^3+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{16}$ $g_6(x)=1+x+x^6+x^7+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$ $g_7(x)=1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$ $g_8(x)=1+x+x^3+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{15}+x^{16}$ $g_9(x)=1+x+x^4+x^6+x^8+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$ $g_{10}(x)=1+x+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$ $g_{11}(x)=1+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$ $g_{12}(x)=1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{15}+x^{16}$
Polinomio generador de campo	Diferentes en función de la configuración de la codificación interna y la longitud de trama	$1+x+x^3+x^{12}+x^{16}$
Aleatorización para la dispersión de energía	Secuencias binarias pseudoaleatorias (PRBS) n Gold derivadas de la combinación de dos secuencias obtenidas con los polinomios primitivos (sobre GF(2)): $1+x^7+x^{18}$ y $1+y^5+y^7+y^{10}+y^{18}$ con $n \in [0, 262\ 141]$ La n -ésima secuencia Gold de código z_n con $n = 0, 1, 2, \dots, 2^{18}-2$, se define pues como: - $z_n(i) = [x((i+n) \text{ modulo } (2^{18}-1)) + y(i)] \text{ modulo } 2$, para $i = 0, \dots, 2^{18} - 2$.	PRBS para los datos de los intervalos: $1+x^{22}+x^{25}$ PRBS para la señal TMCC: $1+x^{14}+x^{15}$ PRBS para la señal piloto: $1+x^{14}+x^{15}$
Carga de secuencia en registro de secuencia binaria pseudoaleatoria (PRBS)	$n = i \times 10\ 949$, con $i \in [0, 6]$ para los servicios de radiodifusión para reducir la interferencia	Datos de los intervalos: 1010000000000000000011010 Señal TMCC: 100000000001110 Señal piloto: 100000000101100

CUADRO 10 (continuación)

c) Características técnicas (transmisión) (continuación)

	Sistema E2 ⁽⁴⁾	Sistema F
Punto de aleatorización	Antes de la modulación/después de la correspondencia de los bits en la trama de la capa física y la inserción opcional del piloto	Después del codificador BCH
Entrelazado de los códigos interno y externo	⁽²⁾	⁽³⁾
Codificación interna	Código LDPC	Código LDPC
Longitud de bloque del código interno	Trama FEC normal = 64 800 bits Trama FEC corta = 16 200 bits Trama FEC media = 32 400 bits	44 880 bits
Velocidad de codificación interna	MDP-4: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 13/45, 9/20, 11/20, 11/45, 4/15, 14/45, 7/15, 8/15, 32/45 MDP-8: 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10, 23/36, 25/36, 13/18, 7/15, 8/15, 26/45, 32/45 MDPA-8-L: 5/9, 26/45 MDPA-16: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 26/45, 3/5, 28/45, 23/36, 25/36, 13/18, 7/9, 77/90, 7/15, 8/15, 26/45, 3/5, 32/45 MDPA-16-L: 5/9, 8/15, 1/2, 3/5, 2/3 MDPA-32: 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10, 2/3, 32/45 MDPA-64: 11/15, 7/9, 4/5, 5/6 MDPA-64-L: 32/45	1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 7/9, 4/5, 5/6, 7/8, 9/10
Control de transmisión	Banda base y estructura de trama de capa física; pilotos opcionales	TMCC
Estructura de trama	Trama FEC normal = 64 800 bits Trama FEC corta = 16 200 bits Trama FEC media = 32 400 bits	120 intervalos/trama
Estructura de supertrama	Sí	No
Tamaño de paquete (bytes)	188 para TS MPEG Sin especificar para GS	188 para TS MPEG Sin especificar para TLV
Capa de transporte	Sin especificar	Sin especificar
Gama de frecuencias de enlace descendente de satélite (GHz)	Diseñada para 11/12 GHz y 17/21 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite	Diseñada para 11/12 GHz y 17/21 GHz, sin excluir otras gamas de frecuencias de satélite

CUADRO 10 (continuación)

d) Características técnicas (codificación de fuente)

		Sistema E2	Sistema F
Codificación de la fuente de vídeo	Sintaxis	MPEG-4 AVC MPEG-2 genérica HEVC ⁽⁵⁾ Sin restringir	HEVC ⁽⁵⁾
	Niveles	Nivel 3 y 4 Sin restringir, aplicable a todos los niveles	Niveles 4.1, 5.1, 5.2, 6.1 y 6.2
	Perfiles	Perfil principal Sin restringir, todos los perfiles pueden usarse	Perfil principal para el nivel 4.1, 10 perfiles principales para todos los niveles
Ratios de imagen		4:3 16:9 (2,12:1 opcionalmente) Sin restringir	16:9
Formatos de imagen soportados		Recomendados para MPEG-2: 720 × 576 704 × 576 544 × 576 480 × 576 352 × 576 352 × 288 Recomendados para MPEG-4 AVC: 720 × 480 640 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × 480 352 × 240 1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 1 080 960 × 1 080 1 280 × 720 960 × 720 640 × 720 Recomendados para HEVC ⁽⁵⁾ Sin restringir	Nivel 6.2: 7 680 × 4 320/120/P 7 680 × 4 320/100/P Nivel 6.1: 7 680 × 4 320/60/P 7 680 × 4 320/50/P Nivel 5.2: 3 840 × 2 160/120/P 3 840 × 2 160/100/P Nivel 5.1: 3 840 × 2 160/60/P 3 840 × 2 160/50/P Nivel 4.1: 1 920 × 1 080/60/P 1 920 × 1 080/50/P 1 920 × 1 080/60/I 1 920 × 1 080/50/I
Velocidades de trama en el monitor (por s)		25, 50 ó 100, 24, 30, 60 ó 120	30 (entrelazado), 60, 120 y los divididos por 1,001 25 (entrelazado), 50, 100

CUADRO 10 (*fin*)*d) Características técnicas (codificación de fuente)*

	Sistema E2	Sistema F
Decodificación de la fuente audio	Audio compatible con versiones anteriores MPEG-1 capa I, MPEG-1 capa II o MPEG-2 capa II MPEG-4 AAC, MPEG-4 ALS	MEPG-4 AAC, MPEG-4 ALS
Información de servicio	Soportado	Soportado
EPG	Soportado	Soportado
Teletexto	Soportado	Soportado
Subtitulado	Soportado	Soportado
Subtitulado para personas con deficiencias	Sin especificar	Sin especificar

- (1) También se aplica al periodismo electrónico, a los servicios interactivos y a otras aplicaciones por satélite.
- (2) Aunque los sistemas E2 no utilizan entrelazador entre el codificador externo y el codificador interno, existe un entrelazador antes del dispositivo de correspondencia de símbolos (excepto para MDP-4).
- (3) Aunque el Sistema F no utiliza entrelazador entre el codificador externo y el codificador interno, existe un entrelazador antes del dispositivo de correspondencia de símbolos (excepto para MDP-2- $\pi/2$ y MDP-4).
- (4) No todas las velocidades de codificación se pueden aplicar a todos los tamaños de trama FEC.
- (5) Recomendación UIT-T H.265 (2013) | ISO/CEI 23008-2:2013: Codificación de vídeo muy eficiente.
- (6) MDP-4 y MDP-8 son obligatorios, MDPA-16 y MDPA-32 son opcionales para las aplicaciones de radiodifusión en DVB-S2.
- (7) MDP-4, MDP-8, MDP-8-L, MDPA-16, MDPA-16-L, MDPA-32 y MDPA-32-L son obligatorios para radiodifusión, MDPA-64 y MDPA-64-L son opcionales para radiodifusión en DVB-S2X. Además, MDPA-128, MDPA-256 y MDPA-256-L están disponibles en DVB-S2X y no se aplican a radiodifusión. L indica modos optimizados para canales casi lineales.

CUADRO 11

Cuadro de comparación de características

Modulación y codificación		Sistema E2 ⁽⁵⁾		Sistema F	
Modos de modulación soportados individualmente y en la misma portadora		MDP-4, MDP-8, MDPA-16, MDPA-32 ^{(6) (7)} , MDPA-8-L, MDPA-16-L, MDPA-32-L MDPA-64, MDPA-64-L ⁽⁷⁾		MDP-2- $\pi/2$, MDP-4, MDP-8, MDPA-16, MDPA-32	
Calidad de funcionamiento (requiere definir <i>C/N</i> casi sin errores (QEF) (bit/s/Hz))		Eficacia espectral ⁽¹⁾	<i>C/N</i> para QEF ⁽²⁾	Eficacia espectral ⁽³⁾	<i>C/N</i> para QEF ⁽⁴⁾
Modos	Código interno				
MDP-2- $\pi/2$	1/3	No utilizado		0,32	-4,0
	2/5	No utilizado		0,39	-3,0
	1/2	No utilizado		0,48	-1,8
	3/5	No utilizado		0,58	-0,5
	2/3	No utilizado		0,64	0,3
	3/4	No utilizado		0,71	1,0
	7/9	No utilizado		0,74	1,5
	4/5	No utilizado		0,77	2,0
	5/6	No utilizado		0,80	2,5
	7/8	No utilizado		0,84	2,9
9/10	No utilizado		0,86	3,8	

CUADRO 11 (continuación)

Modulación y codificación		Sistema E2		Sistema F	
MDP-4	1/4	0,49	-2,3	No utilizado	
	13/45	0,57	-2,03	No utilizado	
	1/3	0,66	-1,2	0,64	-1,0
	2/5	0,79	-0,3	0,77	0,0
	9/20	0,89	0,22	No utilizado	
	1/2	0,99	1,0	0,97	1,2
	11/20	1,09	1,45	No utilizado	
	3/5	1,19	2,2	1,16	2,5
	2/3	1,32	3,1	1,29	3,3
	3/4	1,49	4,0	1,42	4,0
	7/9	No utilizado		1,48	4,5
	4/5	1,59	4,7	1,54	5,0
	5/6	1,65	5,2	1,61	5,5
	7/8	No utilizado		1,67	5,9
	8/9	1,77	6,2	No utilizado	
	9/10	1,79	6,4	1,73	6,8
MDPA-8-L	5/9	1,65	4,73	No utilizado	
	26/45	1,71	5,13	No utilizado	
MDP-8	1/3	No utilizado		0,97	2,2
	2/5	No utilizado		1,16	3,1
	1/2	No utilizado		1,45	4,4
	3/5	1,78	5,5	1,74	5,7
	23/36	1,90	6,12	No utilizado	
	2/3	1,98	6,6	1,93	6,7
	25/36	2,06	7,02	No utilizado	

CUADRO 11 (continuación)

Modulación y codificación		Sistema E2		Sistema F	
MDP-8	13/18	2,15	7,49	No utilizado	
	3/4	2,23	7,9	2,12	7,9
	7/9	No utilizado		2,22	8,6
	4/5	No utilizado		2,32	9,1
	5/6	2,48	9,3	2,41	9,7
	7/8	No utilizado		2,51	10,4
	8/9	2,65	10,7	No utilizado	
	9/10	2,68	11,0	2,59	11,4
MDPA-16-L	1/2	1,97	5,97	No utilizado	
	8/15	2,10	6,55	No utilizado	
	5/9	2,19	6,84	No utilizado	
	3/5	2,37	7,41	No utilizado	
	2/3	2,64	8,43	No utilizado	
MDPA-16	1/3	No utilizado		1,29	4,1
	2/5	No utilizado		1,54	5,1
	1/2	No utilizado		1,93	6,6
	26/45	2,28	7,51	No utilizado	
	3/5	2,37	7,80	2,32	8,0
	28/45	2,46	8,10	No utilizado	
	23/36	2,52	8,38	No utilizado	
	2/3	2,64	9,0	2,57	9,1
	25/36	2,75	9,27	No utilizado	

CUADRO 11 (continuación)

Modulación y codificación		Sistema E2		Sistema F	
MDPA-16	13/18	2,86	9,71	No utilizado	
	3/4	2,97	10,2	2,83	10,2
	7/9	3,08	10,65	2,96	10,8
	4/5	3,17	11,0	3,09	11,3
	5/6	3,30	11,6	3,22	11,9
	77/90	3,39	11,99	No utilizado	
	7/8	No utilizado		3,35	12,5
	8/9	3,52	12,9	No utilizado	
	9/10	3,57	13,1	3,46	13,5
MDPA-32-L	2/3	3,29	11,10	No utilizado	
MDPA-32	1/3	No utilizado		1,61	6,4
	2/5	No utilizado		1,93	7,2
	1/2	No utilizado		2,41	9,2
	3/5	No utilizado		2,90	10,6
	2/3	No utilizado		3,22	11,7
	32/45	3,51	11,75	No utilizado	
	11/15	3,62	12,17	No utilizado	
	3/4	3,70	12,7	3,54	12,8
	7/9	3,84	13,05	3,70	13,4
	4/5	3,95	13,6	3,86	14,0
	5/6	4,12	14,3	4,02	14,5
	7/8	No utilizado		4,18	15,3
	8/9	4,40	15,7	No utilizado	
	9/10	4,46	16,0	4,32	16,3

CUADRO 11 (continuación)

Modulación y codificación		Sistema E2		Sistema F
MDPA-64-L	32/45	4,21	13,98	No utilizado
MDPA-64	11/15	4,34	14,81	No utilizado
	7/9	4,60	15,47	No utilizado
	4/5	4,74	15,87	No utilizado
	5/6	4,93	16,55	No utilizado
Capacidad de control de la modulación jerárquica		Sí		Sí
Característica de la velocidad de símbolo		Continuamente variable		Continuamente variable

CUADRO 11 (*fin*)

Transporte y multiplexación	Sistema E2	Sistema F
Longitud de paquete (bytes)	188 para trenes de transporte (TS), definible por el usuario hasta 64K para tren genérico (GS). Son posibles: trenes de paquetes de longitud variable, trenes no empaquetados y paquetes de longitud superior a 64K, tratados como trenes continuos.	188 para trenes de transporte (TS), definible por el usuario hasta 64K para TLV. Los trenes de paquetes de longitud variable con IPv4 e IPv6 se encapsulan en paquetes TLV. La información de señalización también se encapsula en paquetes TLV.
Trenes de transporte soportados	MPEG-2 y tren genérico (GS), todo-IP	MPEG-2 y TLV
Correspondencia de trenes de transporte con canales de satélite	1 a 255 trenes/canal	1 a 16 trenes/canal
Soporte para múltiplex estadístico de trenes de vídeo	Sin limitación dentro de un tren de transporte. Sin limitación para trenes genéricos.	Sin limitación dentro de un tren de transporte. Sin limitación para trenes TLV.

- (1) Definida como la relación entre la velocidad binaria útil y la velocidad por símbolo, sin símbolos piloto.
- (2) Estos valores provienen de simulaciones por ordenador con 50 iteraciones de decodificación LDPC, portadora perfecta y recuperación de sincronismo, sin ruido de fase y canal AWGN. La longitud de la trama FEC es de 64 800 bits. Los valores son válidos para FER = 10⁻⁵, donde FER (tasa de error de trama) es la relación, calculada después de la corrección de errores en recepción, entre el número de tramas FEC con error y el total de tramas recibidas. No incluye el margen de realización del hardware ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite.
- (3) Definida como la velocidad binaria útil de la entrada TLV para la velocidad de símbolo 33,7561 MBd.
- (4) Estos valores provienen de simulaciones por ordenador con 50 iteraciones de decodificación de punto fijo LDPC, portadora perfecta y recuperación de sincronismo, sin ruido de fase y canal AWGN. La longitud de la trama FEC es de 44 880 bits. Los valores son válidos para BER = 10⁻¹¹, donde BER es la relación, calculada después de la corrección de errores en recepción (FEC) entre las secuencias binarias pseudoaleatorias (PRBS) de 1+ x22+x25 transmitidas y el tren descodificado de FEC. No incluye el margen de realización del hardware ni el margen de pérdida del transpondedor del satélite.
- (5) Las configuraciones de modulación y codificación indicadas corresponden a la trama de FEC normal.
- (6) MDP-4 y MDP-8 son obligatorias, MDPA-16 y MDPA-32 son opcionales para las aplicaciones de radiodifusión en DVB-S2.
- (7) MDP-4, MDP-8, MDP-8-L, MDPA-16, MDPA-16-L, MDPA-32 y MDPA-32-L son obligatorios para radiodifusión, MDPA-64 y MDPA-64-L son opcionales para radiodifusión en DVB-S2X. Además, MDPA-128, MDPA-256 y MDPA-256-L están disponibles en DVB-S2X y no se aplican a aplicaciones de radiodifusión. L indica modos optimizados para canales casi lineales.