

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 299**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/34** (2006.01)  
**H04L 1/00** (2006.01)  
**H03M 13/25** (2006.01)  
**H03M 13/11** (2006.01)  
**H03M 13/27** (2006.01)  
**H03M 13/35** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2009 E 09785943 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2013 EP 2294738**

54 Título: **Permutación de bits codificados con LDPC para ser aplicados antes del establecimiento de correspondencias de una constelación QAM**

30 Prioridad:

**16.06.2008 IT TO20080472**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**18.02.2014**

73 Titular/es:

**RAI RADIOTELEVISIONE ITALIANA S.P.A.  
(100.0%)  
Viale Mazzini No 14  
00195 Roma (RM), IT**

72 Inventor/es:

**VITALE, GIOVANNI y  
MIGNONE, VITTORIA**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 443 299 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Permutación de bits codificados con LDPC para ser aplicados antes del establecimiento de correspondencias de una constelación QAM.

5 La presente invención se refiere a un método para procesar señales digitales y a un sistema de transmisión/recepción que implementa dicho método.

10 La invención está destinada principalmente, aunque no forma exclusiva, a recibir y transmitir señales digitales de audio y vídeo, en particular aquellas implicadas en la difusión general de señales digitales de televisión de segunda generación a través de redes por cable. Para proteger las señales con respecto a las distorsiones del canal de transmisión, el sistema de segunda generación para la difusión general por satélite de banda ancha (DVB-S2) utiliza la codificación LDPC (Comprobación de Paridad de Baja Densidad) asociada a las modulaciones QPSK, 8PSK, 16APSK y 32APSK, mostradas respectivamente de forma secuencial en la figura 1 desde arriba abajo y de izquierda a derecha, las cuales son adecuadas para la transmisión a través de un canal no lineal tal como el de satélite. Se puede encontrar una descripción de la normativa DVB-S2 y los códigos LDPC, por ejemplo, en "DVB-S2: The Second Generation Standard for Satellite Broad-band Services", de A. Morello, V. Mignone, *Proceedings of the IEEE*, volumen 94, Edición 1, enero de 2006, páginas 210 a 227.

20 Con el fin de aprovechar mejor la potencialidad de los códigos, la normativa DVB-S2 prevé la interposición de un entrelazador entre el codificador de LDPC y el módulo de establecimiento de correspondencias de la constelación 8PSK, 16APSK y 32APSK con el fin de lograr una asociación mejorada entre los bits de la palabra codificada y los bits transportados por los puntos de la constelación.

25 En el entrelazador definido en la normativa DVB-S2, mostrado en la figura 2, el paquete codificado proporcionado por el codificador de LDPC (formado por un número de bits igual a 16200 o 64800, número al que se hace referencia en general con el símbolo "N<sub>FRAME</sub>") se escribe por columnas en una matriz que tiene N columnas, en la que N es el número de bits transportados por la constelación (N es 3 para la 8PSK, 4 para la 16APSK, 5 para la 32APSK), y N<sub>FRAME</sub>/N filas, y se lee por filas; la lectura tiene lugar de izquierda a derecha para todas las velocidades de código proporcionadas por la normativa, con la excepción de la velocidad de 3/5, en la que la lectura tiene lugar de derecha a izquierda en el caso de la modulación 8PSK. La asociación con los puntos o coordenadas de la constelación tiene lugar tal como se muestra en la figura 1.

35 Siguiendo la tendencia actual en la difusión general de señales digitales de televisión terrestre de segunda generación, recientemente se ha considerado el uso del mismo esquema de codificación que el utilizado en la normativa DVB-S2, es decir, los mismos códigos LDPC, también para la recepción y la transmisión de señales numéricas de audio y vídeo implicadas en la difusión general de señales digitales de televisión de segunda generación a través de redes por cable, aunque asociadas a modulaciones QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura); en particular, la difusión general de redes por cable hace uso de las modulaciones 1024QAM y 4096QAM (figura 3b).

40 El solicitante ha observado que, con modulaciones QAM, el rendimiento ofrecido por los códigos LDPC de la normativa DVB-S2 es bueno pero no totalmente satisfactorio en cuanto a la relación señal/ruido (SNR) requerida para alcanzar la condición QEF (Casi Sin Errores); como es sabido, dicha condición se corresponde con el caso en el que se recibe menos de un error por cada hora de programa recibido.

50 El documento de la técnica anterior US 2006/156169 (13 de julio de 2006) da a conocer un método para procesar los bits que van a ser enviados a un modulador de 64QAM, siendo dichos bits codificados de acuerdo con un código LDPC y siendo sometidos a un entrelazado de filas-columnas con el uso de una matriz de entrelazado, en la que se lleva a cabo una permutación de bits antes de la función de establecimiento de correspondencias de la constelación (en inglés, "mapping").

55 El objetivo general de la presente invención es dar solución al problema antes mencionado y, en particular, mejorar la asociación entre los bits proporcionados por el codificador de LDPC y las coordenadas de la constelación de modulaciones QAM; más particularmente, la presente invención trata sobre la codificación LDPC de acuerdo con la normativa DVB-S2 y sobre las modulaciones 1024QAM y 4096QAM.

60 Dichos objetivos se logran a través del método para procesar señales digitales y el sistema de transmisión/recepción que presenta las características expuestas en las reivindicaciones adjuntas.

A continuación, se describirá la invención detalladamente en algunas de sus formas de realización preferidas, que se proporcionan en la presente a título de ejemplo no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

65 - la figura 1 es una representación esquemática de las constelaciones QPSK, 8PSK, 16APSK y 32APSK incluidas, entre otras, en la normativa DVB-S2;

- la figura 2 es un diagrama explicativo de un entrelazador proporcionado por la normativa DVB-S2, en referencia a la modulación 8PSK;
- 5 - la figura 3 es una representación esquemática de las constelaciones QPSK, 16QAM, 64QAM y 256QAM aplicables a la recepción y transmisión de señales de audio y vídeo implicadas en la difusión general de señales digitales de televisión de segunda generación a través de redes por cable;
- 10 - la figura 3b es una representación esquemática de las constelaciones 1024QAM y 4096QAM aplicables a la recepción y transmisión de señales de audio y vídeo implicadas en la difusión general de señales digitales de televisión de segunda generación a través de redes por cable;
- la figura 4 es un diagrama de bloques altamente simplificado de un sistema para procesar una señal digital moduladora de acuerdo con la presente invención;
- 15 - la figura 5 es un diagrama general explicativo del entrelazador de la figura 4;
- las figuras 6a a 6d muestran esquemáticamente la función que lleva a cabo el bloque "Demux" de la figura 4 en relación con la modulación 1024QAM;
- 20 - las figuras 7a a 7d muestran esquemáticamente la función que lleva a cabo el bloque "Demux" de la figura 4 en relación con la modulación 4096QAM;
- las figuras 8a a 8d muestran el método usado para obtener la función que lleva a cabo el bloque "Demux" de la figura 4 de acuerdo con el diagrama mostrado en la figura 6a;
- 25 - las figuras 9a a 9d muestran el método usado para obtener la función que lleva a cabo el bloque "Demux" de la figura 4 de acuerdo con el diagrama mostrado en la figura 7a;
- 30 - las figuras 10a a 10m muestran el establecimiento de correspondencias de las partes reales e imaginarias de los puntos de las constelaciones QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM y 4096QAM aplicables a la recepción y transmisión de señales de audio y vídeo implicadas en la difusión general de señales digitales de televisión de segunda generación a través de redes por cable, designando  $z_q$  el vector que identifica el punto de la constelación en el plano complejo, con una parte real  $\text{Re}(z_q)$  y una parte imaginaria  $\text{Im}(z_q)$ , mientras que  $y_{i,q}$  designa el bit  $i^{\text{ésimo}}$  del grupo de N bits del cual se establece una correspondencia con el punto de constelación identificado por  $z_q$  (para 4096QAM, por ejemplo,  $N=12$  e  $i=0, 1, 2, \dots, 10, 11$ ).

En referencia a continuación a la figura 4, se muestra un diagrama de bloques altamente simplificado de un sistema para precisar una señal digital moduladora, recibiendo un bloque "Codificador" un flujo continuo de información de modulación y proporciona un flujo continuo de información codificado, organizado en paquetes que constan de  $N_{\text{FRAME}}$  bits, los cuales pueden ser o bien 64800 o bien 16200; el código utilizado es el código LDPC de la normativa DVB-S2.

En un bloque "Entrelazador", dichos paquetes se escriben en una matriz de entrelazado que tiene un tamaño total  $N_{\text{FRAME}}$ ; dicha matriz está constituida por  $m \times N$  columnas y  $N_{\text{FRAME}}/m \times N$  filas.

Un bloque "Demux" lleva a cabo una permutación de los bits recibidos desde el bloque "entrelazador"; dichos bits son recibidos por la matriz de entrelazado en grupos de  $m \times N$  bits cada vez, donde N es el número de bits transportados por la constelación ( $N=10$  para 1024QAM,  $N=12$  para 4096QAM), y "m" es un entero superior o igual a 1. El bloque "Demux" los asocia en m grupos de N bits y los permuta de acuerdo con esquemas predeterminados teniendo en cuenta el tipo de modulación (es decir, el nivel de QAM), el código y el tipo de canal de transmisión, y a continuación proporciona los mismos.

Un bloque "Módulo de establecimiento de correspondencias" asocia las N-tuplas de bits proporcionadas por el bloque "Demux" con los puntos o coordenadas de la constelación, por ejemplo, según se muestra en las figuras 3a y 3b y en las figuras 10a a 10m para modulaciones QAM.

Merece la pena indicar que los bloques mostrados en la figura 4 son únicamente aquellos que son esenciales para entender la presente invención; por lo tanto, no se debería excluir la presencia de bloques intermedios, por ejemplo, ubicados entre el bloque ("Demux") y el bloque "Módulo de establecimiento de correspondencias", adaptados para llevar a cabo funciones específicas del procesado de la señal.

La presente exposición propone esquemas particulares de permutación que se pueden adoptar para las modulaciones QAM y los códigos LDPC que presentan diferentes velocidades de código proporcionados, por ejemplo, por la normativa DVB-S2 en asociación con diferentes tipos de entrelazado.

La forma de realización preferida de la presente invención se refiere a la modulación 1024QAM y al código LDPC de la normativa DVB-S2.

5 La forma de realización preferida de la presente invención utiliza un entrelazador que es igual o similar al de la normativa DVB-S2 que se muestra en la figura 2, con un número de bits/columnas en función del tipo de nivel de modulación QAM.

10 La presente invención prevé el uso de un entrelazador de matriz en forma de una matriz que tiene  $2 \times N$  columnas y  $N_{FRAME}/(2 \times N)$  filas, que se escribe por columnas de arriba abajo y se lee por filas de izquierda a derecha. En este caso, el bloque "Demux" funciona con  $m$  igual a 2.

Para la modulación 1024QAM, los  $2 \times N$  bits proporcionados al bloque "Demux" se permutan tal como se especifica en cualquiera de las figuras 6a a 6d, y se asocian a 2 símbolos consecutivos de la modulación 1024QAM.

15 Dados los  $2 \times N$  bits  $b_0$  a  $b_{19}$ , los  $2 \times N$  bits transportados por la constelación 1024QAM  $y_0$  a  $y_{19}$  se determinan aplicando el método que se describe de forma detallada abajo.

20 Un primer símbolo consta de los bits  $b_0, b_2, b_4, b_6, b_8, b_{10}, b_{12}, b_{14}, b_{16}, b_{18}$ , y un segundo símbolo consta de los bits  $b_1, b_3, b_5, b_7, b_9, b_{11}, b_{13}, b_{15}, b_{17}, b_{19}$ . Se establece una correspondencia individualmente de cada símbolo disponiendo los bits primero en la parte en fase (I) desde el bit menos significativo (LSB) al bit más significativo (MSB), y posteriormente en la parte en cuadratura (Q) desde el MSB al LSB, tal como se muestra en la figura 8a.  $I_{b,1}$  y  $Q_{b,1}$  designan respectivamente las series de bits asociados a los bits  $I_{y1}$  transportados por el componente en fase y a los bits  $Q_{y1}$  transportados por el componente en cuadratura del primer símbolo;  $I_{b,2}, Q_{b,2}, I_{y,2}, Q_{y,2}$  tienen el mismo significado para el segundo símbolo.

25 Como alternativa, los bits se pueden asociar a los símbolos QAM de la manera siguiente:  $I_{y,1}=I_{b,2}, Q_{y,1}=Q_{b,2}, I_{y,2}=I_{b,1}, Q_{y,2}=Q_{b,1}$ .

30 A continuación, los bits pertenecientes a los pares  $(b_1, b_3)$  y  $(b_{11}, b_{19})$  se intercambian; de este modo, se obtendrá la figura 8b a partir del ejemplo mostrado en la figura 8a.

A continuación, los dos símbolos se entrelazan en términos de partes en fase y en cuadratura, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 8c, que se obtiene a partir del ejemplo de la figura 8b.

35 Como alternativa, los bits se pueden asociar a los símbolos QAM de la manera siguiente:  $I_{y,1}=I_{b,2}, Q_{y,1}=Q_{b,1}, I_{y,2}=I_{b,1}, Q_{y,2}=Q_{b,2}$ .

40 Después de esto, los bits asociados a las ubicaciones pares  $y_2, y_6, y_{10}, y_{14}, y_{18}$  o las ubicaciones impares  $y_0, y_4, y_8, y_{12}, y_{16}$  en la parte en fase se intercambian respectivamente con los correspondientes asociados a las ubicaciones pares  $y_3, y_7, y_{11}, y_{15}, y_{19}$  o las posiciones impares  $y_1, y_5, y_9, y_{13}, y_{17}$  en la parte en cuadratura. De este modo, se obtendrá la figura 8d a partir del ejemplo mostrado en la figura 8c.

45 Una forma de realización preferida referente a la constelación 1024QAM es la enumerada en la figura 8d e ilustrada en la figura 6a, según la cual, dados los  $2 \times N$  bits  $b_0$  a  $b_{19}$ , los  $2 \times N$  bits transportados por la constelación 1024QAM  $y_0$  a  $y_{19}$  se determinan de la manera siguiente:

$$y_0=b_8, y_1=b_{19}, y_2=b_{13}, y_3=b_6, y_4=b_4, y_5=b_{15}, y_6=b_{17}, y_7=b_2, y_8=b_0, y_9=b_{11}, y_{10}=b_{10}, y_{11}=b_9, y_{12}=b_7, y_{13}=b_{12}, y_{14}=b_{14}, y_{15}=b_5, y_{16}=b_1, y_{17}=b_{16}, y_{18}=b_{18}, y_{19}=b_3$$

50 en las que  $b_0$  e  $y_0$  son los bits más significativos [MSB], y  $b_{19}$  e  $y_{19}$  son los bits menos significativos [LSB].

En particular, el bloque "Módulo de establecimiento de correspondencias" recibe los bits  $y_0$  a  $y_9$  primero, seguidos por los bits  $y_{10}$  a  $y_{19}$ .

55 Usando las alternativas antes mencionadas, se pueden obtener tres métodos relacionados.

En la figura 6b se muestra un método relacionado, en el que los bits  $y_0$  a  $y_{19}$  se determinan de la manera siguiente:

60  $y_0=b_{19}, y_1=b_8, y_2=b_6, y_3=b_{13}, y_4=b_{15}, y_5=b_4, y_6=b_2, y_7=b_{17}, y_8=b_{11}, y_9=b_0, y_{10}=b_9, y_{11}=b_{10}, y_{12}=b_{12}, y_{13}=b_7, y_{14}=b_5, y_{15}=b_{14}, y_{16}=b_{16}, y_{17}=b_1, y_{18}=b_3, y_{19}=b_{18}$ .

En la figura 6c se muestra otro método relacionado, en el que los bits  $y_0$  a  $y_{19}$  se determinan de la manera siguiente:

65  $y_0=b_9, y_1=b_{10}, y_2=b_{12}, y_3=b_7, y_4=b_5, y_5=b_{14}, y_6=b_{16}, y_7=b_1,$

$y_8=b_3, y_9=b_{18}, y_{10}=b_{19}, y_{11}=b_8, y_{12}=b_6, y_{13}=b_{13}, y_{14}=b_{15}, y_{15}=b_4,$   
 $y_{16}=b_2, y_{17}=b_{17}, y_{18}=b_{11}, y_{19}=b_0.$

5 En la figura 6d se muestra todavía otro método relacionado, en el que los bits  $y_0$  a  $y_{19}$  se determinan de la manera siguiente:

$y_0=b_{10}, y_1=b_9, y_2=b_7, y_3=b_{12}, y_4=b_{14}, y_5=b_5, y_6=b_1, y_7=b_{16},$   
 $y_8=b_{18}, y_9=b_3, y_{10}=b_8, y_{11}=b_{19}, y_{12}=b_{13}, y_{13}=b_6, y_{14}=b_4, y_{15}=b_{15},$   
 $y_{16}=b_{17}, y_{17}=b_2, y_{18}=b_0, y_{19}=b_{11}.$

10 Todavía en referencia al caso en el que el bloque "Demux" funciona con  $m$  igual a 2, se producen algunas permutaciones que han resultado ser ventajosas para la constelación 4096QAM; los  $2 \times N$  bits proporcionados al bloque "Demux" se permutan tal como se especifica en cualquiera de las figuras 7a a 7d, para la modulación 4096QAM codificada de acuerdo con el código LDPC de la normativa DVB-S2, y se asocian a dos símbolos consecutivos de la modulación 4096QAM. A continuación se describirá detalladamente el método para obtener las configuraciones mostradas en las figuras 7a a 7d.

15 Dados los  $2 \times N$  bits  $b_0$  a  $b_{23}$ , un primer símbolo consta de los bits  $b_0, b_2, b_4, b_6, b_8, b_{10}, b_{12}, b_{14}, b_{16}, b_{18}, b_{20}, b_{22}$ , y un segundo símbolo consta de los bits  $b_1, b_3, b_5, b_7, b_9, b_{11}, b_{13}, b_{15}, b_{17}, b_{19}, b_{21}, b_{23}$ . Se establece una correspondencia individualmente de cada símbolo disponiendo los bits primero en la parte en fase (I) desde el LSB al MSB, y posteriormente en la parte en cuadratura (Q) desde el MSB al LSB, tal como se muestra en la figura 9a.

20 Como alternativa, los bits se pueden asociar a los símbolos QAM de la manera siguiente:  $I_{y,1}=I_{b,2}, Q_{y,1}=Q_{b,2}, I_{y,2}=I_{b,1}, Q_{y,2}=Q_{b,1}.$

25 A continuación los bits pertenecientes a los pares  $b_1, b_3$  y  $b_{13}, b_{23}$  se intercambian; de este modo se obtendrá la figura 9b a partir del ejemplo mostrado en la figura 9a.

30 A continuación, los dos símbolos se entrelazan en términos de partes en fase y en cuadratura; por ejemplo, se obtendrá así la tabla de la figura 9c a partir de la figura 9b.

35 Como alternativa, los bits se pueden asociar al símbolo QAM de la manera siguiente:  $I_{y,1}=I_{b,2}, Q_{y,1}=Q_{b,1}, I_{y,2}=I_{b,1}, Q_{y,2}=Q_{b,2}.$

Después de esto, los bits asociados a las ubicaciones pares  $y_2, y_6, y_{10}, y_{14}, y_{18}, y_{22}$  o las ubicaciones impares  $y_0, y_4, y_8, y_{12}, y_{16}, y_{20}$  en la parte en fase se intercambian respectivamente con los correspondientes asociados a las ubicaciones pares  $y_3, y_7, y_{11}, y_{15}, y_{19}, y_{23}$  o las ubicaciones impares  $y_1, y_5, y_9, y_{13}, y_{17}, y_{21}$  en la parte en cuadratura. Por ejemplo, se obtendrá así la tabla de la figura 9d a partir de la figura 9c.

40 Un primer método relacionado referente a la constelación 4096QAM es el numerado en la figura 9d e ilustrado en la figura 7a, según el cual, dados los  $2 \times N$  bits  $b_0$  a  $b_{23}$ , los  $2 \times N$  bits transportados por la constelación 4096QAM  $y_0$  a  $y_{23}$  se determinan de la manera siguiente:

45  $y_0=b_{10}, y_1=b_{23}, y_2=b_{15}, y_3=b_8, y_4=b_6, y_5=b_{17}, y_6=b_{19}, y_7=b_4,$   
 $y_8=b_2, y_9=b_{21}, y_{10}=b_{13}, y_{11}=b_0, y_{12}=b_{11}, y_{13}=b_{12}, y_{14}=b_{14}, y_{15}=b_9,$   
 $y_{16}=b_7, y_{17}=b_{16}, y_{18}=b_{18}, y_{19}=b_5, y_{20}=b_1, y_{21}=b_{20}, y_{22}=b_{22}, y_{23}=b_3$

50 Usando las alternativas antes mencionadas, se pueden obtener tres métodos relacionados más. En la figura 7b se muestra el segundo método relacionado, en el que los bits  $y_0$  a  $y_{23}$  se determinan de la manera siguiente:

$y_0=b_{23}, y_1=b_{10}, y_2=b_8, y_3=b_{15}, y_4=b_{17}, y_5=b_6, y_6=b_4, y_7=b_{19},$   
 $y_8=b_{21}, y_9=b_2, y_{10}=b_0, y_{11}=b_{13}, y_{12}=b_{12}, y_{13}=b_{11}, y_{14}=b_9, y_{15}=b_{14},$   
 $y_{16}=b_{16}, y_{17}=b_7, y_{18}=b_5, y_{19}=b_{18}, y_{20}=b_{20}, y_{21}=b_1, y_{22}=b_3, y_{23}=b_{22}$

55 El tercer método relacionado es el que se muestra en la figura 7c, en el que los bits  $y_0$  a  $y_{23}$  se determinan de la manera siguiente:

60  $y_0=b_{11}, y_1=b_{12}, y_2=b_{14}, y_3=b_9, y_4=b_7, y_5=b_{16}, y_6=b_{18}, y_7=b_5,$   
 $y_8=b_1, y_9=b_{20}, y_{10}=b_{22}, y_{11}=b_3, y_{12}=b_{10}, y_{13}=b_{23}, y_{14}=b_{15}, y_{15}=b_8,$   
 $y_{16}=b_6, y_{17}=b_{17}, y_{18}=b_{19}, y_{19}=b_4, y_{20}=b_2, y_{21}=b_{21}, y_{22}=b_{13}, y_{23}=b_0$

El cuarto método relacionado es el que se muestra en la figura 7d, en el que los bits  $y_0$  a  $y_{23}$  se determinan de la manera siguiente:

65  $y_0=b_{12}, y_1=b_{11}, y_2=b_9, y_3=b_{14}, y_4=b_{16}, y_5=b_7, y_6=b_5, y_7=b_{18},$   
 $y_8=b_{20}, y_9=b_1, y_{10}=b_3, y_{11}=b_{22}, y_{12}=b_{23}, y_{13}=b_{10}, y_{14}=b_8, y_{15}=b_{15},$

## ES 2 443 299 T3

$y_{16}=b_{17}$ ,  $y_{17}=b_6$ ,  $y_{18}=b_4$ ,  $y_{19}=b_{19}$ ,  $y_{20}=b_{21}$ ,  $y_{21}=b_2$ ,  $y_{22}=b_0$ ,  $y_{23}=b_{13}$

5 Los métodos antes descritos se pueden usar de forma ventajosa en un sistema para transmitir señales digitales sobre la base de un modulador de 1024QAM o 4096QAM, y particularmente en un transmisor de señales digitales de audio/vídeo para la difusión general de señales de televisión digitales a través de redes por cable.

Tal como resulta evidente para los expertos en la materia, si el método antes descrito se aplica en la transmisión, en la recepción tendrá que aplicarse un método inverso.

10 Como es sabido, la transmisión de señales de televisión la llevan a cabo transmisores de radiofrecuencia, mientras que la recepción de señales de televisión se produce a través de receptores de televisión típicamente instalados en los hogares de los usuarios del servicio de televisión.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Método para procesar bits que van a ser enviados a un modulador de QAM, siendo dichos bits codificados por medio de un codificador según un código LDPC y siendo sometidos a un entrelazado de filas-columnas utilizando una matriz de entrelazado, en el que se lleva a cabo una permutación de bits antes de la función de establecimiento de correspondencias de la constelación, caracterizado porque
- dicho modulador es del tipo 1024QAM,
  - 10 - dicha matriz de entrelazado tiene  $2*N$  columnas y  $N_{FRAME}/(2*N)$  filas, dependiendo N del tipo de modulación y  $N=10$  para el tipo de modulación 1024QAM, y representando  $N_{FRAME}$  el número de bits de un paquete codificado proporcionado por el codificador, y
  - 15 - dicha permutación de bits se lleva a cabo sobre palabras de 20 bits de los bits entrelazados de filas-columnas y consiste en generar una palabra Y que comprende los bits  $y_0 y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 y_7 y_8 y_9 y_{10} y_{11} y_{12} y_{13} y_{14} y_{15} y_{16} y_{17} y_{18} y_{19}$ , en este orden, partiendo de una palabra B, que comprende los bits  $b_0 b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 b_8 b_9 b_{10} b_{11} b_{12} b_{13} b_{14} b_{15} b_{16} b_{17} b_{18} b_{19}$ , en este orden, siendo respectivamente los bits  $y_0$  y  $b_0$  los bits más significativos de las palabras Y y B, y siendo respectivamente los bits  $y_{19}$  y  $b_{19}$  los bits menos significativos de las palabras Y y B, y en el que:
    - 20  $y_0=b_8, y_1=b_{19}, y_2=b_{13}, y_3=b_6, y_4=b_4, y_5=b_{15}, y_6=b_{17}, y_7=b_2,$
    - $y_8=b_0, y_9=b_{11}, y_{10}=b_{10}, y_{11}=b_9, y_{12}=b_7, y_{13}=b_{12}, y_{14}=b_{14}, y_{15}=b_5,$
    - $y_{16}=b_1, y_{17}=b_{16}, y_{18}=b_{18}, y_{19}=b_3.$
- 25 2. Sistema para transmitir señales digitales que comprende un modulador de QAM, caracterizado porque comprende unos medios para llevar a cabo el método según la reivindicación 1.
- 30 3. Método para procesar bits recibidos por un demodulador de QAM, en el que se lleva a cabo una permutación de bits después de la función de desasignación de correspondencias de la constelación, siendo los bits permutados sometidos a un desentrelazado de filas-columnas utilizando una matriz de desentrelazado y siendo decodificados por medio de un decodificador según un código LDPC, caracterizado porque
- dicho demodulador es del tipo 1024QAM,
  - 35 - dicha matriz de desentrelazado tiene  $2*N$  columnas y  $N_{FRAME}/(2*N)$  filas, dependiendo N del tipo de demodulación y  $N=10$  para el tipo de demodulación 1024QAM, y representando  $N_{FRAME}$  el número de bits de un paquete demodulado proporcionado al decodificador, y porque
  - 40 - dicha permutación de bits se lleva a cabo sobre palabras de 20 bits de los bits recibidos y consiste en generar una palabra B que comprende los bits  $b_0 b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 b_8 b_9 b_{10} b_{11} b_{12} b_{13} b_{14} b_{15} b_{16} b_{17} b_{18} b_{19}$ , en este orden, partiendo de una palabra Y que comprende los bits  $y_0 y_1 y_2 y_3 y_4 y_5 y_6 y_7 y_8 y_9 y_{10} y_{11} y_{12} y_{13} y_{14} y_{15} y_{16} y_{17} y_{18} y_{19}$ , en este orden, siendo respectivamente los bits  $y_0$  y  $b_0$  los bits más significativos de las palabras Y y B, y siendo respectivamente los bits  $y_{19}$  y  $b_{19}$  los bits menos significativos de las palabras Y y B, en el que:
    - 45  $y_0=b_8, y_1=b_{19}, y_2=b_{13}, y_3=b_6, y_4=b_4, y_5=b_{15}, y_6=b_{17}, y_7=b_2,$
    - $y_8=b_0, y_9=b_{11}, y_{10}=b_{10}, y_{11}=b_9, y_{12}=b_7, y_{13}=b_{12}, y_{14}=b_{14}, y_{15}=b_5,$
    - $y_{16}=b_1, y_{17}=b_{16}, y_{18}=b_{18}, y_{19}=b_3.$
- 50 4. Sistema para recibir señales digitales que comprende un demodulador de QAM, caracterizado porque comprende unos medios para llevar a cabo el método según la reivindicación 3.

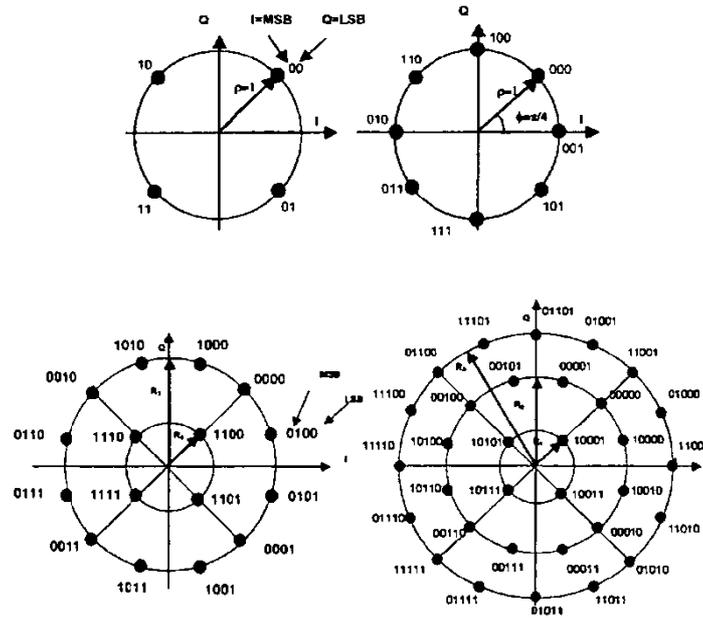


Fig. 1

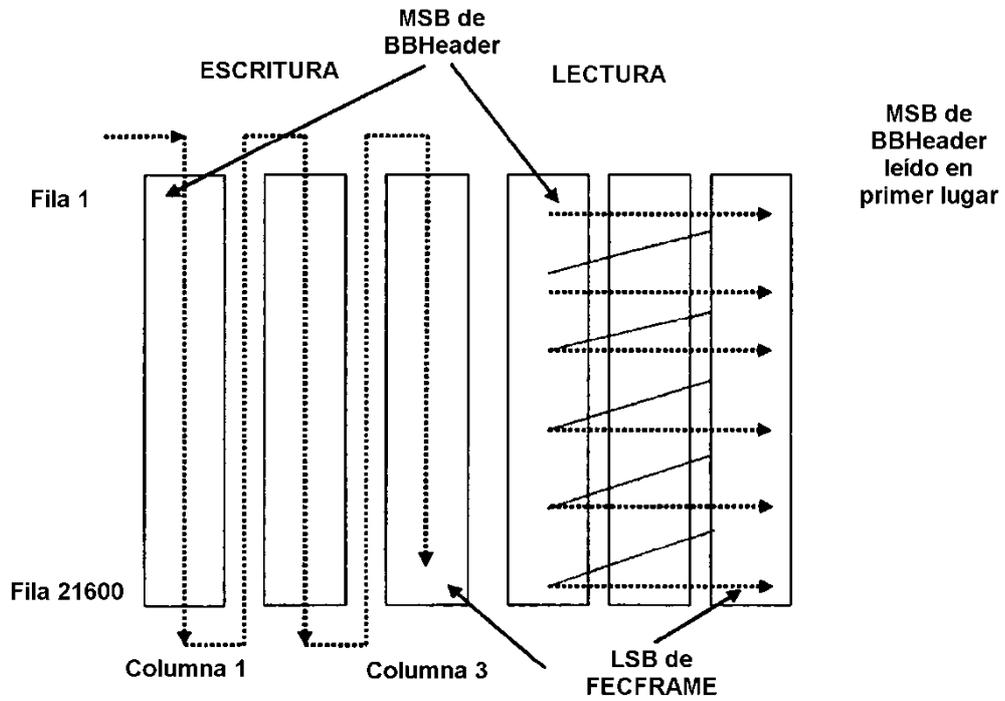


Fig. 2

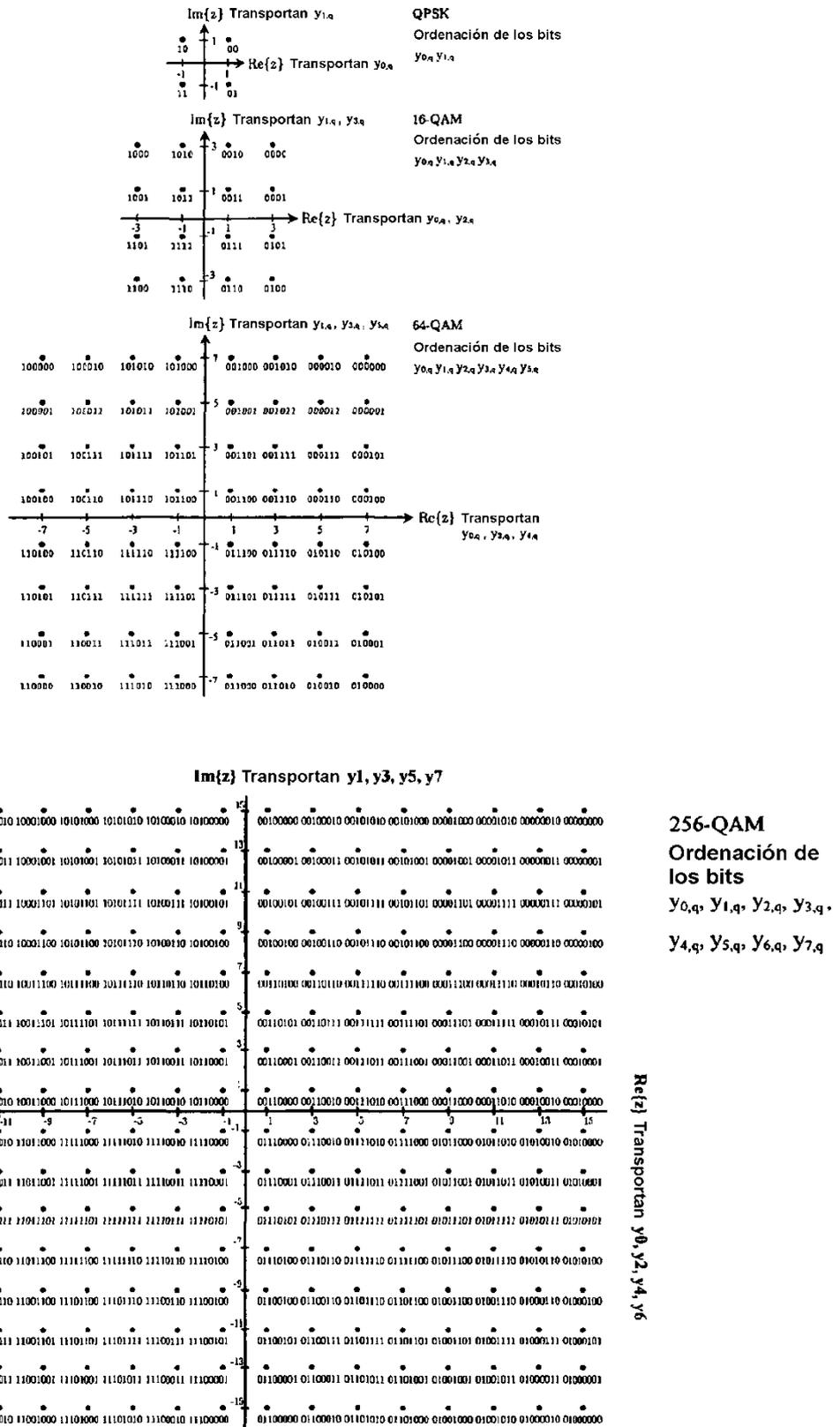
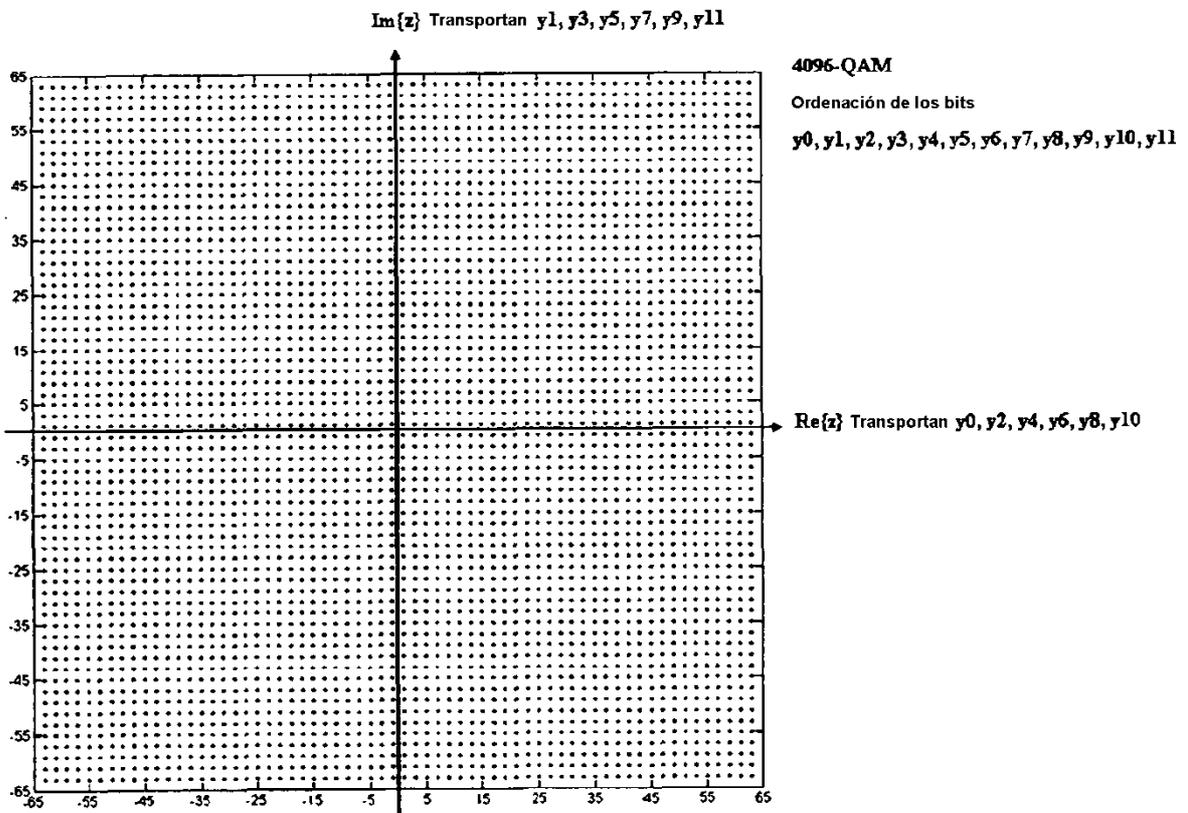
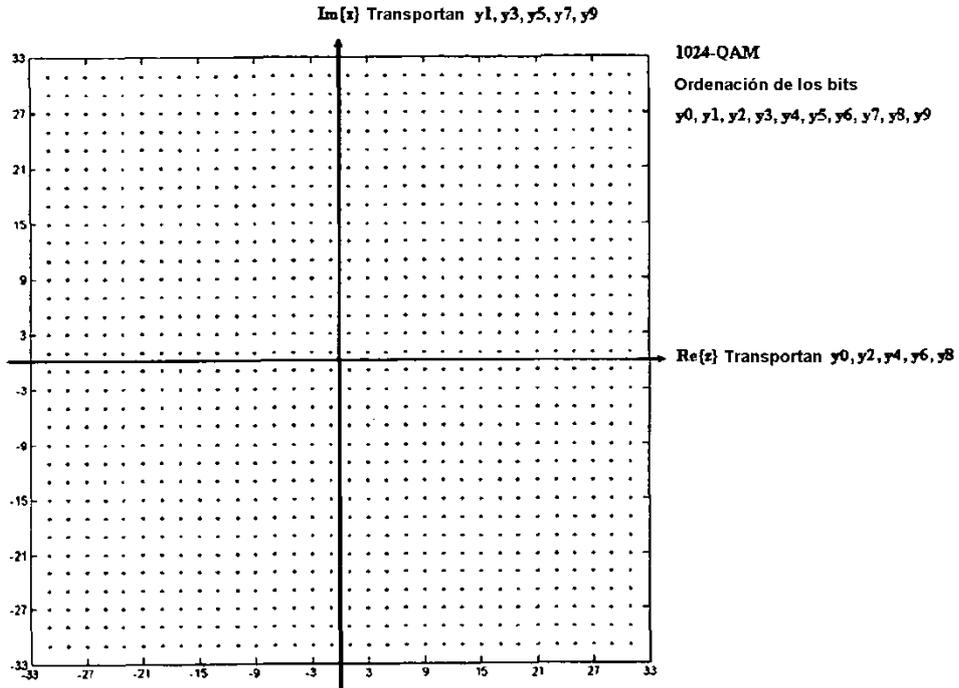


Fig. 3a



**Fig. 3b**

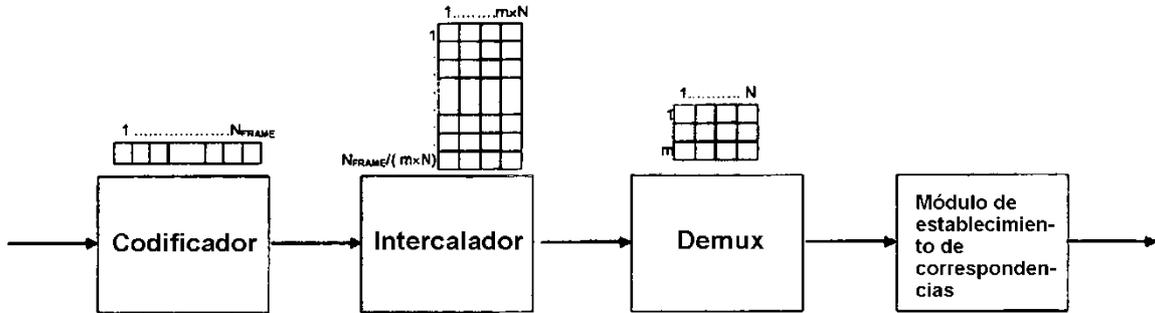


Fig. 4

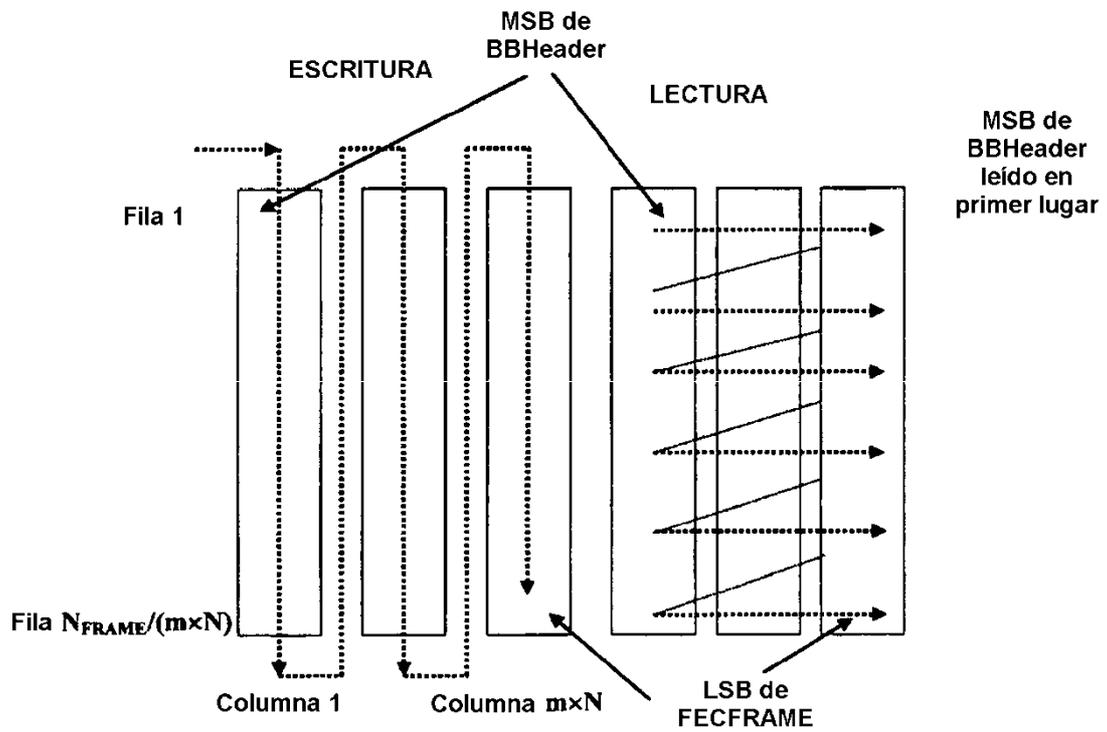


Fig. 5



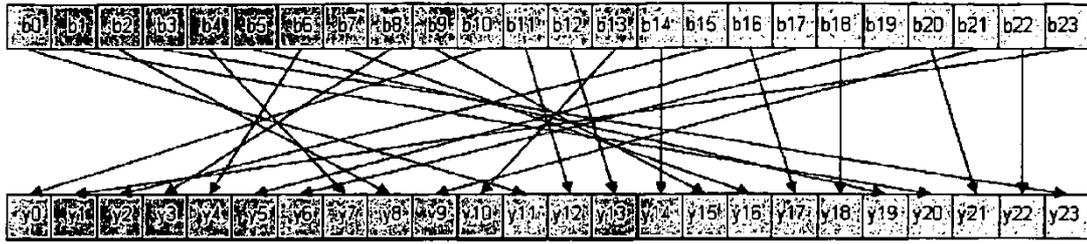


Fig. 7a

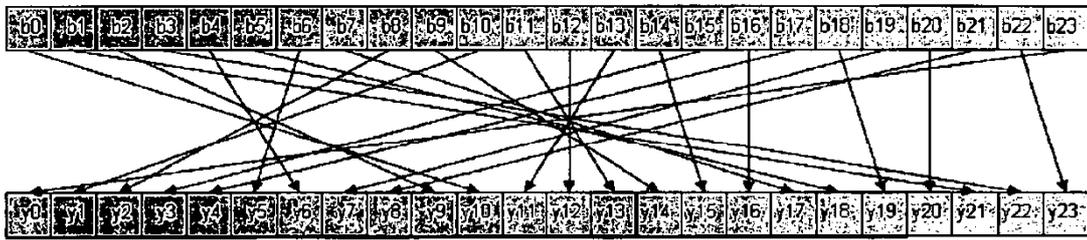


Fig. 7b

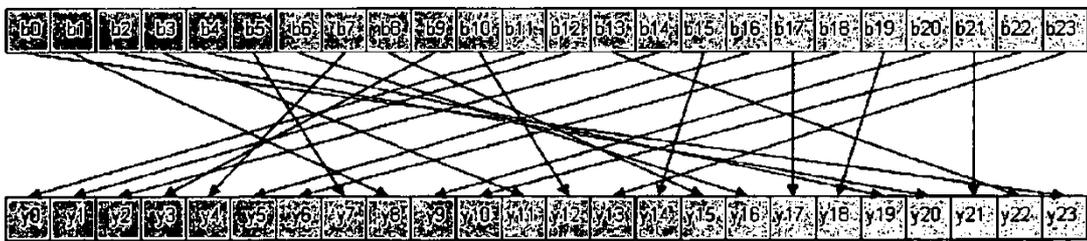


Fig. 7c

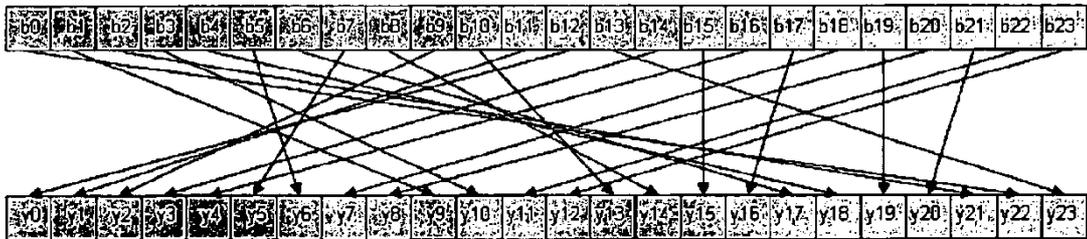


Fig. 7d

**Fig. 8a**

	Símbolo 1						Símbolo 2				
$l_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	$l_{y,2}$	y10	y12	y14	y16	y18
$l_{b,1}$	b8	b6	b4	b2	b0	$l_{b,2}$	b9	b7	b5	b3	b1
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	$Q_{y,2}$	y11	y13	y15	y17	y19
$Q_{b,1}$	b10	b12	b14	b16	b18	$Q_{b,2}$	b11	b13	b15	b17	b19

**Fig. 8b**

	Símbolo 1						Símbolo 2				
$l_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	$l_{y,2}$	y10	y12	y14	y16	y18
$l_{b,1}$	b8	b6	b4	b2	b0	$l_{b,2}$	b9	b7	b5	b1	b3
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	$Q_{y,2}$	y11	y13	y15	y17	y19
$Q_{b,1}$	b10	b12	b14	b16	B18	$Q_{b,2}$	b19	b13	b15	b17	b11

**Fig. 8c**

	Símbolo 1						Símbolo 2				
$l_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	$l_{y,2}$	y10	y12	y14	y16	y18
$l_{b,1}$	b8	b6	b4	b2	b0	$l_{b,2}$	b9	b7	b5	b1	b3
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	$Q_{y,2}$	y11	y13	y15	y17	y19
$Q_{b,2}$	b19	b13	b15	b17	b11	$Q_{b,1}$	b10	b12	b14	b16	b18

**Fig. 8d**

	Símbolo 1						Símbolo 2				
$l_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	$l_{y,2}$	y10	y12	y14	y16	y18
$l_{b,1}$	b8	b13	b4	b17	b0	$l_{b,2}$	b10	b7	b14	b1	b18
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	$Q_{y,2}$	y11	y13	y15	y17	y19
$Q_{b,1}$	b19	b6	b15	b2	b11	$Q_{b,2}$	b9	b12	b5	b16	b3

**Fig. 9a**

	Símbolo 1							Símbolo 2					
$I_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	y10	$I_{y,2}$	y12	y14	y16	y18	y20	y22
$I_{b,1}$	b10	b8	b6	b4	b2	b0	$I_{b,2}$	b11	b9	b7	b5	b3	b1
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	y11	$Q_{y,2}$	y13	y15	y17	y19	y21	y23
$Q_{b,1}$	b12	b14	b16	b18	b20	b22	$Q_{b,2}$	b13	b15	b17	b19	b21	b23

**Fig. 9b**

	Símbolo 1							Símbolo 2					
$I_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	y10	$I_{y,2}$	y12	y14	y16	y18	y20	y22
$I_{b,1}$	b10	b8	b6	b4	b2	b0	$I_{b,2}$	b11	b9	b7	b5	b1	b3
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	y11	$Q_{y,2}$	y13	y15	y17	y19	y21	y23
$Q_{b,1}$	b12	b14	b16	b18	b20	b22	$Q_{b,2}$	b23	b15	b17	b19	b21	b13

**Fig. 9c**

	Símbolo 1							Símbolo 2					
$I_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	y10	$I_{y,2}$	y12	y14	y16	y18	y20	y22
$I_{b,1}$	b10	b8	b6	b4	b2	b0	$I_{b,2}$	b11	b9	b7	b5	b1	b3
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	y11	$Q_{y,2}$	y13	y15	y17	y19	y21	y23
$Q_{b,2}$	b23	b15	b17	b19	b21	b13	$Q_{b,1}$	b12	b14	b16	b18	b20	b22

**Fig. 9d**

	Símbolo 1							Símbolo 2					
$I_{y,1}$	y0	y2	y4	y6	y8	y10	$I_{y,2}$	y12	y14	y16	y18	y20	y22
$I_{b,1}$	b10	b15	b6	b19	b2	b13	$I_{b,2}$	b11	b14	b7	b18	b1	b22
$Q_{y,1}$	y1	y3	y5	y7	y9	y11	$Q_{y,2}$	y13	y15	y17	y19	y21	y23
$Q_{b,2}$	b23	b8	b17	b4	b21	b0	$Q_{b,1}$	b12	b9	b16	b5	b20	b3

Fig. 10a: Establecimiento de correspondencias de los puntos de la constelación BPSK

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1
$\text{Im}(z_q)$	0	0

Fig. 10b: Establecimiento de correspondencias de la parte real de los puntos de la constelación QPSK

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1

Fig. 10c: Establecimiento de correspondencias de la parte imaginaria de los puntos de la constelación QPSK

$y_{1,q}$	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-1	1

Fig. 10d: Establecimiento de correspondencias de la parte real de los puntos de la constelación 16-QAM

$y_{0,q}$	1	1	0	0
$y_{2,q}$	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-3	-1	1	3

Fig. 10e: Establecimiento de correspondencias de la parte imaginaria de los puntos de la constelación 16-QAM

$y_{1,q}$	1	1	0	0
$y_{3,q}$	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-3	-1	1	3

Fig. 10f: Establecimiento de correspondencias de la parte real de los puntos de la constelación 64-QAM

$y_{0,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{4,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

Fig. 10g: Establecimiento de correspondencias de la parte imaginaria de los puntos de la constelación 64-QAM

$y_{1,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{5,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

Fig. 10h: Establecimiento de correspondencias de la parte real de los puntos de la constelación 256-QAM

$y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
$y_{6,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

Fig. 10i: Establecimiento de correspondencias de la parte imaginaria de los puntos de la constelación 256-QAM

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{7,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

Fig. 10j: Establecimiento de correspondencias de la parte real de los puntos de la constelación 1024-QAM

$y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{4,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

Fig. 10k: Establecimiento de correspondencias de la parte imaginaria de los puntos de la constelación 1024-QAM

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

Fig. 10l: Establecimiento de correspondencias de la parte real de los puntos de la constelación 4096-QAM

$y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Re(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Re(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Re(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Re(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63

Fig. 10m: Establecimiento de correspondencias de la parte imaginaria de los puntos de la constelación 4096-QAM

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Im(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Im(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Im(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Im(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63