

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 508**

51 Int. Cl.:

**H04N 1/62** (2006.01)

**H04N 1/60** (2006.01)

**H04N 9/73** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.03.2012 PCT/US2012/029189**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2012 WO12125802**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2012 E 12711308 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2687005**

54 Título: **Método y aparato para transformación de datos de imagen**

30 Prioridad:

**15.03.2011 US 201161453107 P**

**07.12.2011 US 201161567784 P**

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

**19.04.2018**

73 Titular/es:

**DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION (100.0%)**

**100 Potrero Avenue  
San Francisco, CA 94103-4813, US**

72 Inventor/es:

**BALLESTAD, ANDERS;  
KOSTIN, ANDREY y  
WARD, GREGORY JOHN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 664 508 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**

Método y aparato para transformación de datos de imagen

**CAMPO TÉCNICO**

5 La invención se refiere a visualizar y procesar imágenes. La invención se refiere específicamente a métodos y aparato que implican la asignación de tono y/o de gama. Los métodos y aparato que se describen en el presente documento se pueden aplicar para proporcionar imágenes de calidad en pantallas de destino mientras se preserva la intención creativa. La invención puede incorporarse, por ejemplo, en pantallas electrónicas tales como televisores, monitores de ordenador, reproductores multimedia, teléfonos portátiles con capacidad de video y otros dispositivos portátiles, pantallas especializadas tales como pantallas de realidad virtual, pantallas publicitarias y similares, así como también a equipos de procesamiento de imagen de flujo ascendente tales como decodificadores, puntos de acceso y similares.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Las publicaciones de patentes en el campo general de esta invención incluyen las siguientes:

- 15 US20010050757;
- US20020075136;
- US20020080245;
- US20070127093;
- US20080094515;
- US20080170031;
- 20 US20080186707;
- US20090201309;
- US20090267876;
- US20100007599;
- US201000118008;
- 25 US7158673;
- US6989859;
- US5276779; y
- JP2002092655.

30 El creador de una producción de video u otra imagen (por ejemplo, un director, colorista o similar) puede ajustar tonos y colores de píxeles en la imagen de modo que, cuando se visualiza, la imagen tiene una apariencia deseada que coincide con la intención creativa del creador. Por ejemplo, un creador puede desear que algunas escenas tengan una sensación más oscura y opresiva que otras. El creador puede desear que ciertas características representadas en una escena se destaquen o sean menos prominentes. Ajustar tonos y colores de los píxeles en una imagen puede incluir realizar una graduación de color (o "sincronización de color") en los datos de video de origen. La graduación de color puede realizarse utilizando un sistema de hardware/software que permite a un usuario cambiar los datos de video de varias maneras para lograr la apariencia deseada.

40 Ahora hay disponibles diversas tecnologías de visualización. Por ejemplo, hay pantallas de plasma, pantallas LCD retroiluminadas por una variedad de tipos de fuentes de luz, tales como LED de diversos tipos, lámparas fluorescentes o lámparas incandescentes de alta intensidad, pantallas basadas en CRT, pantallas de cine digital, etc. Una pantalla particular combina hardware de visualización con componentes de procesamiento de señal de video que reciben señales de video y controla hardware de visualización para visualizar contenido de video de las señales de video.

Diferentes pantallas pueden variar significativamente con respecto a características tales como:

- 45 • la gama de colores que puede reproducirse por la pantalla;
- el brillo máximo alcanzable;
- relación de contraste;
- resolución;
- formatos de señal de entrada aceptables;
- profundidad del color;
- 50 • nivel de blanco;
- nivel de negro;
- punto de blanco;

- pasos grises;
- etc.

5 En consecuencia, el mismo contenido de imagen puede aparecer diferente cuando se reproduce en diferentes pantallas. El contenido de imagen que coincide con una intención creativa del creador, cuando se muestra en algunas pantallas puede apartarse de la intención creativa del creador de una o más maneras cuando se visualiza en otras pantallas.

10 Algunas pantallas actuales pueden superar a las pantallas que eran de última generación en un momento en que se creó cierto contenido en uno o más aspectos. Por ejemplo, las nuevas pantallas pueden ser capaces proporcionar imágenes con reflejos más brillantes, mayor contraste y/o gamas de colores más amplias que las pantallas más antiguas. Puede ser deseable aprovechar estas capacidades mejoradas sin apartarse significativamente de la intención creativa incorporada en el contenido que se está visualizando.

15 Puede ser deseable reproducir contenido de video creado para aprovechar las pantallas de alto rendimiento en pantallas tradicionales o pantallas que tienen capacidades inferiores. Sería deseable proporcionar métodos y aparato para adaptar la apariencia del video y otras imágenes visualizadas en diferentes pantallas para preservar lo más posible un intento creativo incorporado en los datos de imagen.

20 La percepción de color y de luminancia puede verse afectada por condiciones ambientales. Video u otras imágenes presentadas en condiciones de teatro (iluminación ambiental baja) pueden percibirse por los espectadores significativamente de manera diferente a la que se percibiría el mismo video u otras imágenes cuando se visualizan en condiciones con iluminación ambiental considerable. Además, las características (tal como la temperatura de color) de la iluminación ambiental pueden afectar a una percepción del espectador del contenido de video. Sería deseable visualizar video u otras imágenes teniendo en cuenta el entorno en el cual se está visualizando el contenido para preservar lo más posible una intención creativa incorporada en el video o en las otras imágenes.

25 Es necesario proporcionar a los espectadores de imágenes (incluyendo imágenes fijas y/o de video) con experiencias de visualización que explotan las capacidades de las pantallas en las que visualizan las imágenes. Sigue existiendo la necesidad de aparatos y métodos que puedan aplicarse para ajustar los datos de imagen de manera que el video u otro contenido de imagen codificado en los datos de imagen tenga una apariencia deseada cuando se reproduzca.

### **SUMARIO DE LA INVENCION**

30 La invención se implementa por un aparato de la reivindicación 1 y un método de la reivindicación 8 y tiene una variedad de aspectos. Éstos incluyen, sin limitación, el aparato que comprende la funcionalidad de transformación de gama; el método para la transformación de gama, los métodos para adaptar la visualización del contenido de imagen para tener en cuenta las condiciones de iluminación ambiental; los productos de programa que comprenden código legible por ordenador que, cuando se ejecuta por un procesador de datos, hace que el procesador de datos ejecute un método de acuerdo con la invención.

35 Un aspecto no limitante proporciona un aparato que comprende una unidad de asignación de coordenadas de píxel que está configurada para transformar datos de imagen de acuerdo con una función de transferencia. La función de transferencia se caracteriza por una pluralidad de puntos de anclaje y un parámetro libre. La función de transferencia tiene una pendiente de rango medio controlada por el parámetro libre. Las transformaciones en los puntos de anclaje no se ven afectadas por el parámetro libre. Tal aparato puede ser útil para transformar contenido de color graduado para visualizar en una pantalla objetivo particular, por ejemplo.

40 En algunas realizaciones, el aparato comprende o recibe una señal desde un sensor de iluminación ambiental y un circuito conectado para recibir una señal de iluminación ambiental desde el sensor de iluminación ambiental, está configurado para controlar uno o más del parámetro libre y una coordenada de uno los puntos de anclaje en base, al menos en parte, a la señal de iluminación ambiental.

45 En algunas realizaciones, los datos de imagen comprenden conjuntos de valores de píxel para píxeles en una imagen. Los conjuntos de valores de píxel comprenden valores de color para cada uno de una pluralidad de colores primarios (por ejemplo, valores correspondientes a colores primarios rojo, verde y azul). El aparato comprende una pluralidad de unidades de asignación de coordenadas de píxel, cada una conectada para transformar uno

correspondiente de los valores de color. Los parámetros para las funciones de transferencia en las diferentes unidades de asignación de coordenadas pueden ser iguales o diferentes. Con diferentes parámetros seleccionados adecuadamente, las transformaciones pueden realizar corrección de color así como también traducción de gama.

5 Otro aspecto de la invención comprende métodos para asignar datos de imagen para visualizar en una pantalla objetivo. Los métodos comprenden transformar valores de píxel de los datos de imagen a correspondientes valores de píxel transformados de acuerdo con una función de transferencia. La función de transferencia se caracteriza por una pluralidad de puntos de anclaje y un parámetro libre. La función de transferencia tiene una pendiente de rango medio controlada por el parámetro libre. Las transformaciones de valores de píxel correspondientes a los puntos de anclaje no se ven afectadas por el parámetro libre. En algunas realizaciones, uno o más de los parámetros libres y de la ubicación de un punto de anclaje de rango medio se cambian automáticamente para tener en cuenta la iluminación ambiental y/o la adaptación de los sistemas visuales de los espectadores.

Otro aspecto comprende métodos para asignar datos de imagen para visualizar en una pantalla objetivo, combinando una transformación global de asignación de tono con una operación de asignación de tonos a múltiples escalas local.

15 Otro aspecto proporciona un aparato de manipulación de color. El aparato puede comprender una estación de trabajo para modificar imágenes fijas o de video, por ejemplo. El aparato puede aplicarse para modificar valores de color en datos de imagen. El aparato de manipulación de color comprende una primera memoria o entrada para datos de imagen de origen y una segunda memoria o salida para datos de imagen modificados. Una unidad de asignación de coordenadas de píxel está conectada para acceder a la primera memoria o entrada y configurada para transformar los datos de imagen de origen de acuerdo con una función de transferencia caracterizada por una pluralidad de puntos de anclaje y un parámetro libre. La función de transferencia tiene una pendiente de rango medio controlada por el parámetro libre, en donde las transformaciones en los puntos de anclaje no se ven afectadas por el parámetro libre para producir los datos de imagen modificados y para proporcionar los datos de imagen modificados a la segunda memoria o salida. Una entrada de usuario está configurada para aceptar de un usuario un valor para el parámetro libre. Una pantalla conectada para visualizar los datos de imagen modificados. Un usuario puede ajustar el valor del parámetro libre para obtener una apariencia deseada de la imagen visualizada en la pantalla.

A continuación, se describen aspectos adicionales de la invención y características de realizaciones específicas de la invención.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

30 Los dibujos adjuntos ilustran realizaciones no limitantes de la invención.

La Figura 1 es una representación esquemática de un flujo funcional de distribución de video.

La Figura 2 muestra un aparato de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención.

La Figura 3 ilustra una función de transferencia de ejemplo.

35 La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un método que utiliza información sobre una pantalla objetivo y datos de imagen de entrada para determinar valores apropiados para parámetros que definen una función de transferencia.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método para procesar datos de imagen de acuerdo con una realización de ejemplo.

40 La Figura 6 representa un diagrama de flujo que ilustra un método que combina un operador de asignación de tono global con un operador de asignación de tono de múltiples escalas local de acuerdo con una realización de ejemplo.

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

A lo largo de la siguiente descripción, se exponen detalles específicos para proporcionar una comprensión más completa de la invención. Sin embargo, la invención puede practicarse sin estos detalles. En otros casos, elementos bien conocidos no se han mostrado o descrito en detalle para evitar ensombrecer innecesariamente la invención. En

consecuencia, la especificación y los dibujos deben considerarse en un sentido ilustrativo, en lugar de uno restrictivo.

5 La Figura 1 muestra esquemáticamente un flujo funcional de distribución de vídeo **20**. Los datos de vídeo en bruto **22** se adquieren y editan en una sala de edición **23** para proporcionar una producción de vídeo en bruto **24**. Los tonos y/o colores en la producción de vídeo en bruto se ajustan en una estación de sincronización de color **26** por un colorista (p. ej., un humano que utiliza herramientas proporcionadas por la estación de sincronización de color por medio de una interfaz de usuario adecuada) para lograr una producción de vídeo sincronizado de color **27**. La estación de sincronización de color **26** incluye un monitor profesional **30**, en el cual el colorista visualiza la producción de vídeo. Utilizando herramientas y controles proporcionados por la estación de sincronización de color **26**, el colorista ajusta tonos y/o colores de toda o partes de las imágenes que componen la producción de vídeo para lograr una apariencia general que, cuando se visualiza en la pantalla **30**, coincide con la intención artística del colorista.

15 Si todos los espectadores de la producción de vídeo sincronizada de color **27** observaran la producción de vídeo en una pantalla idéntica a la pantalla **30** en condiciones ambientales idénticas a las experimentadas por el colorista, entonces, exceptuando variaciones individuales en la percepción humana de imágenes, todos los espectadores verían la producción de vídeo exactamente como pretende el colorista (es decir, de una manera fiel a la intención artística del colorista). Dada la amplia variedad de pantallas que están en uso, no es realista esperar que los todos espectadores tengan la misma pantalla o incluso que las pantallas en las que diferentes espectadores verán una producción de vídeo tengan características similares, tal como brillo máximo, nivel de negro y gama de colores.

20 Un aspecto de la invención proporciona métodos y aparato de asignación que pueden aplicarse automáticamente para asignar tonos y/o colores a partir de datos de imagen, tales como, por ejemplo, producción de vídeo sincronizada de color **27** para visualizar en una pantalla de destino particular de una manera que reproduce cercanamente la experiencia de visualización del colorista.

25 En algunas realizaciones, los métodos y el aparato de asignación proporcionan control directo sobre uno o más de:

- brillo promedio de imagen (punto de adaptación);
- contraste de tono medio local;
- saturación de color;
- nivel en el cual se muestra el negro de entrada; y
- nivel en el cual se muestra el blanco de entrada.

30 Estos parámetros afectan la experiencia de visualización.

35 La Figura 2 muestra el aparato **40** de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención. En este ejemplo, el aparato **40** tiene una entrada **42** para recibir datos de vídeo **43** para visualizar en una pantalla **44** de una pantalla objetivo **41** para su visualización por un espectador **V**. Los datos de vídeo **43** pueden comprender datos de vídeo de color sincronizado que incorporan la intención de un creador. El aparato **40** comprende un traductor de espacio de color **46** que traduce valores de píxel para datos de vídeo **43** a un espacio de color que es nativo para la pantalla objetivo **41**. En la realización de ejemplo ilustrada, el espacio de color nativo de la pantalla objetivo **41** es un espacio de color RGB, el cual especifica colores en términos de las intensidades de colores primarios de la pantalla objetivo **41**.

40 El traductor de espacio de color **46** puede comprender, por ejemplo, un multiplicador matricial que multiplica un vector de valores de píxel en datos de vídeo **43** por una matriz de 3x3 para producir un vector de valores de espacio de color nativo de la pantalla **41** (p. ej., valores RGB). La matriz de transferencia puede especificarse teniendo en cuenta los primarios y el punto de blanco de la **pantalla objetivo 41**. En algunas realizaciones, el traductor de espacio de color **46** puede configurarse para aplicar una matriz de transformación de espacio de color no escalonada para la luminancia máxima. Como se explica a continuación, esto puede hacer la selección de parámetros para las operaciones de procesamiento de imagen subsiguientes sea más intuitiva.

45 En el siguiente ejemplo, los valores de píxel en los datos de vídeo **43** se representan en un espacio de color XYZ y el traductor de espacio de color **46** realiza una traducción desde el espacio de color XYZ a valores RGB positivos. La invención no está limitada a datos de color presentados en un espacio de color XYZ. Los datos de vídeo **43** pueden presentarse en cualquier espacio de color adecuado.

50 Los valores RGB negativos pueden resultar en traducciones de combinaciones de valores de píxel que están fuera de gama (p. ej., colores que no pueden reproducirse utilizando cualquier combinación disponible de los colores primarios utilizados por la pantalla). Cualquier valor RGB negativo generado por el traductor de espacio de color **46** puede recortarse a un valor bajo no negativo. En la alternativa, los valores de píxel fuera de gama pueden asignarse

a valores de píxel en gama antes de la traducción (p. ej., de acuerdo con un asignación dentro del espacio de color de los datos de video **43**). Esto puede realizarse por una unidad de asignación separada o por un componente del traductor de espacio de color **46**, por ejemplo.

Después de ser procesados por el traductor de espacio de color **46**, los datos de video **43** comprenden los valores **48R**, **48G** y **48B** que corresponden respectivamente a los primarios rojo, verde y azul (RGB) de la pantalla objetivo **41**.

Cada uno de los valores **48R**, **48G** y **48B** se asigna independientemente a un nuevo valor mediante una unidad de asignación **50**. Se muestran las unidades de asignación **50R**, **50G** y **50B**. Cada una de las unidades de asignación asigna un valor de entrada correspondiente recibido desde el traductor de espacio de color **46** a un valor transformado. En la realización ilustrada, los valores transformados están indicados por **48R'**, **48G'** y **48B'**, respectivamente.

Cada una de las unidades de asignación **50** asigna su valor de entrada a un valor de salida de acuerdo con una función de transferencia **55**. Ventajosamente, la(s) función(es) de transferencia **55** puede(n) caracterizarse por una pluralidad de puntos fijos, que pueden denominarse como 'puntos de anclaje' y un parámetro libre que ajusta una pendiente de la función de transferencia en una región de rango medio. Esta pendiente corresponde al contraste de rango medio. El ajuste del parámetro libre proporciona un medio para controlar el contraste de rango medio. La función de transferencia puede ser lineal o aproximarse a la linealidad en la región de rango medio.

La Figura 3 muestra una función de transferencia de ejemplo. En la Figura 3, los valores de entrada se indican en el eje horizontal y los valores de salida se indican en el eje vertical. Cada uno de los ejes tiene una escala logarítmica. La función de transferencia **55** se caracteriza por un valor máximo **56A** para valores de salida, un valor mínimo **56B** para valores de salida y una región de tono medio **56C** sustancialmente lineal. Las funciones de transferencia **55R**, **55G** y **55B** aplicadas a señales de canal rojo, azul y verde por las unidades de asignación **50A**, **50B** y **50C** pueden ser idénticas o diferentes. Las unidades de asignación **50A**, **50B** y **50C** pueden ser completamente independientes o pueden compartir componentes de hardware y/o software.

En una realización de ejemplo, la función de transferencia **55** viene dada por la siguiente ecuación:

$$V' = \frac{C_1 C_2 V^n}{1 + C_3 V^n} \quad (1)$$

donde  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$  son constantes,  $V$  es el valor de entrada para el canal de color,  $V'$  es el valor de salida para el canal de color y  $n$  es un parámetro. La función de transferencia de la Ecuación (1) es un ejemplo de una función de curva de tono sigmoidea parametrizada.

Como alternativa, se pueden utilizar otras funciones de transferencia parametrizadas. En algunas realizaciones, la función de transferencia incluye parámetros que proporcionan control sobre una o más de pendiente de extremo inferior, pendiente de extremo superior y "nitidez" de la caída en los extremos superior e inferior de la función de transferencia.

Un método para establecer valores para los parámetros en la Ecuación (1) en un caso específico, se ilustra por el método **70** de la Figura 4. El Método **70** utiliza información sobre la pantalla objetivo e información sobre una pantalla utilizada en la sincronización de color o aprobando los datos de video de entrada (una 'pantalla de sincronización de color') para determinar los valores apropiados para los parámetros de la Ecuación (1). El bloque **71** identifica tres puntos de anclaje de luminancia en la curva **55**. Un primer punto de anclaje **57A** tiene coordenadas horizontales y verticales, respectivamente, iguales a los niveles de negro de la pantalla de sincronización de color y de la pantalla objetivo. En algunas realizaciones, la información sobre la pantalla de sincronización de color se deduce de la señal de entrada. Por ejemplo, se puede inferir un nivel de negro para la pantalla de sincronización de color a partir de la señal de entrada tomando un pequeño percentil (p. ej., el percentil 0,1) del canal de luminancia en la señal de entrada. Un nivel de negro para la pantalla objetivo es el nivel de negro para la pantalla objetivo.

Un segundo punto de anclaje **57B** tiene como su coordenada horizontal un nivel de blanco para la pantalla de sincronización de color y, como una coordenada vertical, un punto de blanco para la pantalla objetivo. Por ejemplo, un punto de blanco para la pantalla de sincronización de color puede deducirse a partir de la señal de entrada como el valor máximo de cualquier canal de color en la señal de entrada.

La posición de un punto de anclaje medio **57C** afecta al brillo general de una imagen visualizada (p. ej., la 'clave' de la imagen). La selección apropiada del punto de anclaje de tono medio **57C** facilita que la imagen de entrada se perciba como adecuadamente brillante en la pantalla objetivo.

La ubicación horizontal del punto **57C** se puede ajustar de varias maneras; éstas incluyen las siguientes:

- 5
- calcular la media geométrica de la luminancia de entrada;
  - seleccionar un valor fijo que se percibiría en el entorno de graduación de color como un valor medio adecuado. Por ejemplo, en algunas realizaciones, este valor podría ajustarse a un nivel tal como 10.

El valor vertical para el punto **57C** puede ser en base a un nivel de luminancia correspondiente a gris medio para la pantalla objetivo. Por ejemplo, en una pantalla que puede producir valores de luminancia entre 1 cd/m<sup>2</sup> y 400 cd/m<sup>2</sup>, el gris medio es aproximadamente 20 cd/m<sup>2</sup> (que logarítmicamente está a mitad de camino entre 1 y 400 cd/m<sup>2</sup>). Por lo tanto, un valor apropiado para el punto 57C puede ser un valor correspondiente a gris medio (aproximadamente 20 cd/m<sup>2</sup> en este ejemplo). En realizaciones en las que el traductor de espacio de color **46** está configurado para aplicar una matriz de transformación de espacio de color no escalonada para la luminancia máxima, un valor de 20 corresponderá a un gris medio de 20 cd/m<sup>2</sup>.

- 15
- En algunas realizaciones, el punto de anclaje de tono medio **57C** se selecciona para hacer que la relación de la coordenada del punto de anclaje de tono medio con la coordenada del punto de anclaje de blanco apunte igual, dentro de un factor deseado, tanto para la entrada como para la salida de la función de transferencia.

En algunas realizaciones, pueden utilizarse diferentes funciones de transferencia para cada una de las coordenadas RGB para proporcionar una transformación de manera que el punto de blanco de los datos de video se transforma para coincidir con el punto de blanco de la pantalla objetivo y/o del entorno de visualización objetivo. Una manera de lograr esto es expresar el punto de blanco de los datos de video de entrada en términos de coordenadas de cromaticidad (tal que, por ejemplo, coordenadas de cromaticidad x,y CIE) y convertir a valores escalados XYZ dados por las siguientes ecuaciones:

25

$$X = \frac{x}{y} \quad (2)$$

$$Y = 1 \quad (3)$$

$$Z = \frac{1-x-y}{y} \quad (4)$$

Estos valores XYZ pueden convertirse posteriormente al espacio de color RGB para la pantalla objetivo para producir un punto de blanco para los datos de entrada que pueden denotarse como (R, G, B)<sub>wp.in</sub>. En casos donde los puntos de blanco de origen y de destino son los mismos, ambos puntos de blanco deben ser (111) en las coordenadas RGB normalizadas. Las coordenadas para los puntos de anclaje **57A**, **57B**, **57C** para los canales rojo, verde y azul pueden obtenerse multiplicando los valores de anclaje de luminancia por los valores de puntos de blanco de como sigue:

35

$$(R, G, B)_{min,in} = Y_{min,in}(R, G, B)_{wp.in} \quad (5)$$

$$(R, G, B)_{max,in} = Y_{max,in}(R, G, B)_{wp.in} \quad (6)$$

$$(R, G, B)_{mid,in} = Y_{mid,in}(R, G, B)_{wp.in} \quad (7)$$

$$(R, G, B)_{min,out} = Y_{min,out}(R, G, B)_{wp.out} \quad (8)$$

$$(R, G, B)_{mid,out} = Y_{mid,out}(R, G, B)_{wp.out} \quad (9)$$

$$(R, G, B)_{max,out} = Y_{max,out}(R, G, B)_{wp.out} \quad (10)$$

donde el subíndice 'in' denota los datos de la imagen de entrada, el subíndice 'out' denota los datos de salida (es decir, los datos que se transmiten para la visualización); (Y<sub>max,in</sub>, Y<sub>max,out</sub>) son las coordenadas no ajustadas para el punto de anclaje **57B**; (Y<sub>min,in</sub>, Y<sub>min,out</sub>) son las coordenadas no ajustadas para el punto de anclaje **57A**; y (Y<sub>mid,in</sub>, Y<sub>mid,out</sub>) son las coordenadas no ajustadas para el punto de anclaje **57C**; y (R, G, B)<sub>wp.out</sub> son las coordenadas RGB del punto de blanco de la pantalla objetivo.

Las Ecuaciones (5) a (10) proporcionan un conjunto de tres puntos de anclaje para cada uno de los canales de color. Por ejemplo, el punto de anclaje **57A** para el canal de color rojo viene dado por (R<sub>max,in</sub>, R<sub>max,out</sub>); el punto de anclaje **57B** para el canal de color rojo viene dado por (R<sub>min,in</sub>, R<sub>min,out</sub>); y el punto de anclaje **57C** para el canal de color rojo viene dado por (R<sub>mid,in</sub>, R<sub>mid,out</sub>). Donde los puntos de blanco para los datos de video de entrada y la pantalla objetivo no son los mismos, los conjuntos de puntos de anclaje serán diferentes, esto resulta en una función de transferencia diferente para cada uno de los canales de color.

La función de transferencia para cada uno de los canales de color de la forma proporcionada por la Ecuación (1) se puede obtener a partir de las coordenadas de los correspondientes puntos de anclaje al realizar el cálculo:

$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{pmatrix} = \frac{1}{x_3y_3(x_1-x_2)+x_2y_2(x_3-x_1)+x_1y_1(x_2-x_3)} \begin{pmatrix} x_2x_3(y_2-y_3) & x_1x_3(y_3-y_1) & x_1x_2(y_1-y_2) \\ (x_3y_3-x_2y_2) & (x_1y_1-x_3y_3) & (x_2y_2-x_1y_1) \\ (x_3-x_2) & (x_1-x_3) & (x_2-x_1) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} \quad (11)$$

en donde  $x_1$ ,  $x_2$  y  $x_3$  vienen dadas por:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{min,in}^n \\ V_{mid,in}^n \\ V_{max,in}^n \end{pmatrix} \quad (12)$$

e  $y_1$ ,  $y_2$  e  $y_3$  vienen dadas por:

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{min,out} \\ V_{mid,out} \\ V_{max,out} \end{pmatrix} \quad (13)$$

Una característica de las funciones de transferencia descritas anteriormente es que  $n$  sigue siendo un parámetro libre. Esto permite ajustar el contraste de tono medio a cualquier nivel deseado. Cabe destacar que la pendiente de log-log en el punto de anclaje de tono medio diferirá ligeramente del valor de  $n$  si el punto de anclaje de tono medio no está centrado en los rangos de entrada y de salida. Sin embargo, el contraste de tono medio puede ajustarse ajustando el valor de  $n$ . Un buen punto de inicio para el parámetro de contraste de tono medio,  $n$ , es 1. Este valor para  $n$  garantiza que la escena asignada tenga un contraste local de rango medio sustancialmente similar en la pantalla objetivo y en la escena original.

Con las funciones de transferencia indicadas anteriormente, los valores de luminancia lineal de visualización para cada uno de los canales de color rojo, verde y azul se pueden expresar de la siguiente manera:

$$R_{out} = \frac{c_{1R}+c_{2R}R_{in}^n}{1+c_{3R}R_{in}^n} \quad (14)$$

$$G_{out} = \frac{c_{1G}+c_{2G}G_{in}^n}{1+c_{3G}G_{in}^n} \quad (15)$$

$$B_{out} = \frac{c_{1B}+c_{2B}B_{in}^n}{1+c_{3B}B_{in}^n} \quad (16)$$

Estos valores pueden utilizarse para controlar la pantalla objetivo para visualizar la imagen. En algunas realizaciones, estos valores pueden corregirse para la respuesta de la pantalla objetivo a valores de entrada lineales (p. ej., normalizados) antes de utilizarse para controlar la pantalla objetivo.

En algunas realizaciones, los valores de control normalizados ( $R_{norm}$ ,  $G_{norm}$ ,  $B_{norm}$ ) para la pantalla objetivo se calculan utilizando las siguientes relaciones:

$$R_{norm} = \frac{R_{out}-R_{out,min}}{R_{out,max}-R_{out,min}} \quad (17)$$

$$G_{norm} = \frac{G_{out}-G_{out,min}}{G_{out,max}-G_{out,min}} \quad (18)$$

$$B_{norm} = \frac{B_{out}-B_{out,min}}{B_{out,max}-B_{out,min}} \quad (19)$$

Los valores normalizados se pueden escalar al rango de señales de control para la pantalla objetivo (p. ej., hasta el rango 0-255 para una pantalla objetivo de 8 bits).

Opcionalmente, los colores de la imagen se pueden mejorar aumentando la saturación del color. Esto puede hacerse, por ejemplo, utilizando las siguientes relaciones:

$$R' = \frac{aR_{norm}+bG_{norm}+cB_{norm}}{a+b\left(\frac{G_{norm}}{R_{norm}}\right)^S+c\left(\frac{B_{norm}}{R_{norm}}\right)^S} \quad (20)$$

$$G' = R' \left(\frac{G_{norm}}{R_{norm}}\right)^S \quad (21)$$

$$B' = R' \left(\frac{B_{norm}}{R_{norm}}\right)^S \quad (22)$$

Los valores para  $a$ ,  $b$  y  $c$  en la Ecuación (20) pueden definirse con referencia a los elementos de una matriz transformada inversa  $M$  correspondiente al traductor de espacio de color inverso **46** ( $[X, Y, Z]^T = M * [R, G, B]$ ),

específicamente  $a$  puede venir dada por:  $a = M(2,1)$ ,  $b$  puede venir dado por:  $b = M(2,2)$ , y  $c$  puede venir dado por:  $c = M(2,3)$  En las Ecuaciones (20), (21) y (22),  $S$  es un parámetro libre. Los valores para  $S$  mayores que 1 harán que aumente la saturación del color. Los valores para  $S$  menores que 1 harán que la saturación del color disminuya (es decir, hará que los colores se vuelvan más desaturados).

5 Donde sea necesario o deseado, los valores de control normalizados pueden corregirse en gamma. Esto puede hacerse, por ejemplo, de acuerdo con las siguientes relaciones:

$$R_{\text{corregido}} = R_{\text{norm}}^{1/\gamma} \quad (23)$$

$$G_{\text{corregido}} = G_{\text{norm}}^{1/\gamma} \quad (24)$$

$$B_{\text{corregido}} = B_{\text{norm}}^{1/\gamma} \quad (25)$$

10 donde  $\gamma$  es la respuesta de pantalla.  $\gamma$  es aproximadamente 2,2 en algunas pantallas objetivo. Donde los valores de control normalizados se resaturan, la corrección en gamma se puede realizar sobre los valores de control resaturados ( $R'$ ,  $G'$  y  $B'$ ).

15 En algunas realizaciones, los colores de imagen se resaturan para restaurar, al menos aproximadamente, la saturación perdida como resultado de la compresión tonal. Cuando la compresión tonal no es constante en toda la gama de tonos de una imagen, diferentes niveles de compresión tonal aplicados a diferentes tonos resultan en diferentes colores que se desaturan en diferentes grados. En general, cuanto mayor es la cantidad de compresión tonal, mayor es la cantidad de desaturación. La cantidad de compresión tonal se puede cuantificar por la pendiente de log-log de la curva tonal. Como un ejemplo ilustrativo, la función de curva de tono sigmoidea trazada como curva **55** en la Figura 3 tiene una pendiente de log-log más pronunciada sustancialmente en la región de tono medio **56C** sustancialmente lineal que en la proximidad del valor máximo **56A** y el valor mínimo **56B**. En consecuencia, la compresión tonal que va desde la entrada (coordenada horizontal) a la salida (coordenada vertical) es mayor en la proximidad de los valores **56A** y **56B** en comparación con la región de tono medio **56C** sustancialmente lineal.

25 La aplicación de una técnica de resaturación global puede resaturar todos los píxeles sin tener en cuenta la cantidad de desaturación causada por la compresión tonal. Algunas realizaciones resaturan píxeles de datos de imagen transformados de acuerdo con la cantidad de compresión tonal de los píxeles de datos de imagen transformados. Dado que la cantidad de compresión tonal corresponde a la pendiente de log-log de la curva tonal, la cantidad de compresión tonal para un valor de entrada  $L_{in}$  puede determinarse como la derivada de la función de transferencia  $L_{out} = f(L_{in})$  en el valor de entrada  $L_{in}$ . La pendiente de log-log de esta función de transferencia puede determinarse ajustando  $L_{in} = e^x$  y  $L_{out} = e^y$  y resolviendo para  $dy/dx$ , lo cual representa la pendiente de log-log. Para una curva de

30 tono de acuerdo con la Ecuación (1) anterior, y se puede expresar como:

$$y = \log(c_1 + c_2 e^{nx}) - \log(1 + c_3 e^{nx}) \quad (26)$$

y la pendiente de log-log  $c(L_{in})$  en cualquier punto de la curva de tono puede calcularse como la derivada de y con respecto a x en  $L_{in}$ :

$$35 \quad c(L_{in}) = \frac{dy}{dx} = \frac{nL_{in}^n (c_2 - c_1 c_3)}{(c_1 + c_2 L_{in}^n)(1 + c_3 L_{in}^n)} \quad (27)$$

Para los canales de color R, G y B, los valores de control resaturados ( $R_{resat}$ ,  $G_{resat}$ ,  $B_{resat}$ ) pueden determinarse en términos de los valores de control normalizados como sigue:

$$R_{resat} = R_{norm} \left( \frac{C_{in}}{L_{in}} \right)^{f(c)-c} \quad (28)$$

$$G_{resat} = G_{norm} \left( \frac{C_{in}}{L_{in}} \right)^{f(c)-c} \quad (29)$$

$$40 \quad B_{resat} = B_{norm} \left( \frac{C_{in}}{L_{in}} \right)^{f(c)-c} \quad (30)$$

donde  $f(c)$  se da como:

$$f(c) = \frac{(1+k_1)c^{k_2}}{1+k_1c^{k_2}} \quad (31)$$

45 y  $k_1$  y  $k_2$  son constantes. En algunas realizaciones  $k_1 = 1,6774$ . En algunas realizaciones,  $k_1 = 1,677$ . En algunas realizaciones,  $k_1 = 1,68$ . En algunas realizaciones (incluyendo sin limitación algunas realizaciones en las que  $k_1 = 1,6774$ ,  $k_1 = 1,677$  o  $k_1 = 1,68$ )  $k_2 = 0,9925$ . En algunas realizaciones (incluyendo sin limitación algunas realizaciones en las que  $k_1 = 1,6774$ ,  $k_1 = 1,677$  o  $k_1 = 1,68$ )  $k_2 = 0,992$ . En algunas realizaciones (incluyendo sin limitación algunas realizaciones en las que  $k_1 = 1,6774$ ,  $k_1 = 1,677$  o  $k_1 = 1,68$ )  $k_2 = 0,99$ . Se apreciará que pueden obtenerse resultados aceptables utilizando otros valores de  $k_1$  y  $k_2$ . También se apreciará que los valores de control

resaturados,  $R_{resat}$ ,  $G_{resat}$  y  $B_{resat}$ , podrían calcularse en base a los valores de luminancia lineal de visualización para cada uno de los canales de color rojo, verde y azul ( $R_{out}$ ,  $G_{out}$  y  $B_{out}$ ).

Se apreciará que la técnica descrita anteriormente para la resaturación dependiente de la compresión tonal puede practicarse de una manera que es libre de parámetros (automática).

5 La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método **80** de acuerdo con otra realización de ejemplo. El método **80** incorpora una serie de pasos opcionales. En el bloque **81**, el método **80** convierte los datos de imagen a un espacio de color de la pantalla objetivo. En el ejemplo ilustrado, la pantalla objetivo tiene los primarios rojo, verde y azul, y el espacio de color es un espacio de color RGB. El bloque **81** puede comprender realizar una transformación que tenga en cuenta el punto de blanco y los primarios de la pantalla objetivo. El bloque **81** es opcional en el caso de  
10 que los datos de imagen ya estén en el espacio de color nativo de la pantalla objetivo.

El bloque **82** determina puntos de blanco cromáticos para el origen y el objetivo. Los puntos de blanco pueden, por ejemplo, representarse como coordenadas de cromaticidad en cualquier espacio de color adecuado y convertirse al espacio de color nativo de la pantalla objetivo.

15 El bloque **83** establece el nivel de negro inicial y los puntos de anclaje de nivel de blanco para una función de transferencia. Los puntos de anclaje iniciales pueden ajustarse en base a los niveles de blanco y de negro para el origen y para la pantalla objetivo.

20 El bloque **84** establece un punto de anclaje de tono medio inicial para la función de transferencia. El punto de anclaje de tono medio puede determinarse mediante análisis de los datos de imagen de origen (p. ej., determinando la media geométrica de la luminancia de los datos de imagen de origen) y determinando las características de la pantalla objetivo (o características de la pantalla objetivo y del entorno de visualización actual en la pantalla objetivo).

El bloque **85** ajusta los puntos de anclaje en base a los puntos de blanco determinados en el bloque **82** (aplicando, por ejemplo, las Ecuaciones (5) a (10)).

25 El bloque **86** asigna los datos de imagen utilizando funciones de transferencia especificadas por los puntos de anclaje ajustados determinados en el bloque **85**.

El bloque **87** calcula valores de control para la pantalla objetivo en base a los datos de imagen asignados del bloque **86**.

El bloque **88** opcional ajusta la saturación de color (el bloque **88** puede, por ejemplo, aplicar las Ecuaciones (20) a (22) o (28) a (30)).

30 El bloque **89** corrige en gamma los valores de control.

Los valores de control producidos mediante la aplicación del método **80** se pueden aplicar para controlar la pantalla objetivo para visualizar imágenes y/o almacenadas o transmitidas para la visualización posterior en la pantalla objetivo.

35 El aparato y los métodos como se describen en el presente documento pueden utilizarse para optimizar una pantalla objetivo para condiciones de visualización ambiente específicas. Las funciones de transferencia del tipo general descrito anteriormente pueden cambiarse dinámicamente para adaptarse a los cambios en la iluminación ambiental y el resultante cambio del nivel de adaptación del sistema visual humano (HVS). El punto medio de luminancia ideal para la pantalla objetivo puede ser una función de la iluminación ambiental. La componente vertical del punto de anclaje de tono medio se puede seleccionar en base a las condiciones de iluminación ambiental.

40 En algunas realizaciones, la fijación del punto de anclaje medio **57C** se realiza en base en parte a la iluminación ambiental o a una adaptación estimada de los ojos de los espectadores (que en sí puede ser en base, al menos en parte, a la iluminación ambiental medida o a una combinación de la iluminación ambiental medida y del contenido de visualización anterior) así como las características de la pantalla objetivo. Por ejemplo, la coordenada vertical del punto **57C** se puede ajustar en base a la iluminación ambiental en las proximidades de la pantalla objetivo. Por  
45 ejemplo, la coordenada vertical podría reducirse a un valor de luminancia más bajo si la pantalla está en condiciones de iluminación ambiental oscura (o se estima que los ojos del espectador están adaptados a la oscuridad) y el valor

podría aumentarse a un valor más alto, donde la pantalla objetivo está en un entorno que tiene iluminación ambiental alta (o se estima que los ojos de los espectadores están adaptados a condiciones más luminosas).

5 En algunas realizaciones, la cantidad de ajuste de saturación (p. ej., de acuerdo con las Ecuaciones (20), (21) y (22) y las Ecuaciones (28), (29) y (30)) se basa en parte en la iluminación ambiental o en una adaptación estimada de los  
 10 ojos de los espectadores (que a su vez puede ser en base, al menos en parte, a la iluminación ambiental medida o a una combinación de la iluminación ambiental medida y del contenido de visualización anterior), así como en las características de la pantalla objetivo. Por ejemplo, el parámetro  $S$  puede ajustarse en base a la iluminación ambiental en la proximidad de la pantalla objetivo o una combinación de la iluminación ambiental medida y del contenido visualizado anteriormente. Por ejemplo, el valor del parámetro  $S$  podría ajustarse relativamente más bajo  
 15 si la pantalla está en condiciones de iluminación ambiental oscura (o si se estima que los ojos del espectador están adaptados a la oscuridad) y el valor podría ajustarse relativamente más alto cuando la pantalla objetivo está en un entorno que tiene iluminación ambiental alta (o se estima que los ojos de los espectadores están adaptados a condiciones más luminosas). Algunas realizaciones proporcionan una unidad de control de resaturación que recibe una señal de un sensor de iluminación ambiental y/o señales que contienen un contenido de imagen anterior y/o señales indicativas de la luminosidad total del contenido visualizado anterior. La unidad de control de resaturación puede configurarse para ajustar nuevos valores para un parámetro (por ejemplo, el parámetro  $S$ ) que afecta a una cantidad de resaturación en base a la(s) señal(es) recibida(s).

20 En algunas realizaciones se tienen en cuenta las características espectrales de la iluminación ambiental. Por ejemplo, la ubicación de los puntos **57C** en las funciones de transferencia para cada uno de los canales de color se puede ajustar por separado en base en parte a la cantidad de iluminación ambiental en un rango espectral correspondiente al canal de color.

Además, o como alternativa, la pendiente de las funciones de transferencia puede controlarse en base a la iluminación ambiental (o estimaciones de la adaptación de los ojos de los espectadores). Donde la iluminación ambiental es más brillante, los reflejos de una superficie de visualización tienden a elevar el nivel de negro. Esto reduce eficazmente el rango de la pantalla objetivo. En condiciones de iluminación ambiental alta (se estima que los ojos de los espectadores están adaptados a la luz), la pendiente de la curva de transferencia en la región de tono medio puede reducirse para proporcionar una experiencia de visualización mejorada en las condiciones ambientales. Por ejemplo, para condiciones de iluminación ambiental baja (oscura), la percepción del contraste disminuye. Esto puede resultar en una imagen que parece "plana". Por lo tanto, la pendiente de la parte de tono medio de la función de transferencia puede aumentar desde una pendiente de 1:1 a una pendiente mayor, tal como una pendiente de hasta 1:1,5 o más (por ejemplo, una pendiente de 1,3) para aumentar el nivel de contraste para los ojos adaptados a la oscuridad. Esto se puede hacer cambiando el valor del parámetro libre  $n$  donde se aplican las funciones de transferencia del tipo ilustrado por la Ecuación (1). La pendiente puede controlarse en respuesta a una entrada de un sensor de iluminación ambiental.

35 En algunas realizaciones, se proporciona un circuito de adaptación de luz que estima un nivel de adaptación del sistema visual humano en respuesta a entradas que pueden incluir una señal desde el sensor de iluminación ambiental, una señal que representa una media ponderada u otro indicador del brillo del contenido de imagen histórico o similares. El circuito de adaptación a la luz puede basarse en un modelo del sistema visual humano, por ejemplo. En la técnica se conocen diversos algoritmos para estimar el nivel de adaptación del sistema visual humano. El circuito de adaptación de luz puede implementar tales algoritmos de cualquier manera adecuada, incluyendo software que se ejecuta en uno o más procesadores de datos programables, circuitos lógicos fijos o combinaciones de los mismos. Los valores para el contraste de tono medio y/o las ubicaciones de los puntos **57C** en las funciones de transferencia pueden controlarse automáticamente en respuesta a una salida del circuito de adaptación de luz.

45 En algunas realizaciones, las funciones de transferencia se ajustan una vez para una pantalla objetivo. Las funciones de transferencia pueden, por ejemplo, integrarse en la pantalla objetivo e incorporarse en la forma de uno o más procesadores programables que ejecutan firmware u otro software que realiza la asignación de acuerdo con las funciones de transferencia como se ha descrito anteriormente; tablas de búsqueda que implementan las funciones de transferencia descritas anteriormente; circuitos lógicos cableados o configurables que están configurados para proporcionar salida en base a las funciones de transferencia descritas anteriormente; o similares.

55 En algunas realizaciones, los valores de control para los canales rojo, verde y azul de la pantalla objetivo se convierten a una profundidad de bits que coincide con el de la pantalla. Por ejemplo, la pantalla puede utilizar valores de control de 8 bits. Si las funciones de transferencia se aplican utilizando cálculos de coma flotante u otros cálculos de mayor precisión, entonces, la conversión puede implicar, por ejemplo, redondear los valores de control a un valor de 8 bits correspondiente más cercano.

En las realizaciones anteriores, los valores mínimos y máximos de luminancia para los datos de vídeo de entrada pueden hacerse para asignar respectivamente a los valores mínimo y máximo de brillo de los píxeles de la pantalla. Además, un punto de tono medio seleccionado de la señal de vídeo de entrada puede hacerse para asignar a un punto de tono medio seleccionado para la pantalla. El contraste de tono medio sigue siendo un parámetro libre. Otra característica de las funciones de transferencia descritas anteriormente es que proporcionan compresión o expansión tanto para valores bajos como altos, a la vez que preservan el contraste local en un rango de tono medio.

En algunas realizaciones, las imágenes particulares (un fotograma de vídeo particular o secuencia de fotogramas de vídeo, por ejemplo), son de luminancia promedio relativamente baja (clave baja), mientras que otras imágenes (p. ej., fotogramas o grupos de fotogramas) pueden hacerse deliberadamente para tener una luminancia promedio relativamente alta (clave alta). En algunas realizaciones, la información sobre la clave prevista de la imagen se proporciona en forma de metadatos. Los metadatos pueden, por ejemplo, crearse y asociarse con los datos de imagen durante una operación de graduación de color. Por ejemplo, los metadatos pueden estar incrustados en o asociados de otra manera con una señal que transporta datos de vídeo de color graduado. En tales realizaciones, la clave de la imagen, como se indica por los metadatos, puede utilizarse para determinar el(los) punto(s) de anclaje de tono medio utilizados en las funciones de transferencia. Cuando los metadatos indican una imagen de clave baja, la coordenada vertical del punto de anclaje se puede mover a un valor menor, recreando así la clave en la pantalla objetivo.

El diferente contenido de vídeo puede estar graduado de color para diferentes pantallas de referencia. Cuando se sigue el enfoque descrito anteriormente, puede ser deseable asignar el contenido de manera diferente en cualquier pantalla objetivo particular dependiendo de las características de la pantalla de referencia en la que se realizó la graduación de color. La información que identifica la pantalla de referencia o sus características puede, por ejemplo, transportarse en metadatos incrustados en, o asociados de otra manera con los datos de imagen. Una pantalla objetivo puede almacenar parámetros para una pluralidad de diferentes conjuntos de funciones de transferencia. Los diferentes conjuntos de funciones de transferencia pueden corresponder a y utilizarse para datos de vídeo que han sido sincronizados de color utilizando diferentes pantallas de referencia.

Otra característica de las funciones de transferencia de ejemplo que tienen la forma proporcionada por la Ecuación (1), es que la misma función de transferencia puede proporcionar bien compresión o expansión en los extremos superior e inferior del rango, dependiendo de los parámetros elegidos. Por ejemplo, en un caso en el que la pantalla objetivo tiene un rango de luminancia mayor que los datos de entrada, entonces la pantalla objetivo puede configurarse con funciones de transferencia que expanden el rango de los datos de imagen para coincidir o aproximarse más cercanamente a los de la pantalla objetivo.

Una ventaja de los métodos y el aparato de acuerdo con algunas realizaciones descritas en el presente documento son que la asignación se realiza en el espacio de color RGB de la pantalla objetivo. Esto puede ahorrar cantidades muy importantes de computación y/o reducir la complejidad del hardware requerido para realizar la asignación.

La asignación puede realizarse en tiempo real.

Los métodos de acuerdo con algunas realizaciones proporcionan control directo sobre cada uno de: 1) el brillo promedio de la imagen ("punto de adaptación"), 2) el contraste de tono medio local (ajustado por la pendiente de la curva tonal), 3) el negro de entrada se asigna a la luminancia mínima de la pantalla, y 4) el blanco de entrada se asigna a la luminancia máxima de la pantalla. Se ha encontrado que estas variables son fundamentales para proporcionar imágenes que recrean la intención creativa tal como se incorpora en los datos de imagen originales. En las realizaciones de ejemplo, estas variables corresponden explícitamente a parámetros separados. Tales métodos proporcionan consecuentemente una manera simple y eficaz de realizar la asignación de color que toma datos de imagen originales (que pueden, por ejemplo, comprender datos de alto rango dinámico (HDR) y/o datos de imagen de color graduado) y asigna los datos de imagen originales en gama tridimensional limitada de una pantalla de salida especificada.

Los métodos y el aparato tal como se describen en el presente documento también pueden, o como alternativa, utilizarse en la graduación de color/creación de contenido. Un colorista puede estar provisto con un filtro que implementa transformaciones como se ha descrito anteriormente. El filtro puede tener controles que permiten al colorista ajustar directamente los parámetros de las funciones de transferencia. El colorista puede utilizar estos controles, por ejemplo, para ajustar el nivel de negro, etc. En algunas realizaciones, los controles incluyen controles que permiten el ajuste directo de uno o más de: una o más coordenadas para uno o más de un punto de anclaje de nivel de blanco, un punto de anclaje de nivel de negro y un punto de anclaje de nivel medio (p. ej., los puntos **57A**, **57B** y **57C** respectivamente) y un contraste de nivel medio (p. ej., el parámetro  $n$ ). Tales controles pueden permitir

que el colorista ajuste el nivel de blanco, el nivel de negro y la clave sin afectar significativamente a la pendiente de tono medio y viceversa.

5 En algunas realizaciones, el aparato está configurado para determinar automáticamente un conjunto inicial de parámetros que pueden estar cerca de la intención del colorista. Estos parámetros iniciales pueden generarse, por ejemplo, en base a información que caracteriza el contenido de video de entrada (p. ej., valores mínimo y máximo para coordenadas de color/de luminancia de píxel) e información que caracteriza una pantalla objetivo (p. ej., nivel de blanco, nivel de negro y opcionalmente metadatos (p. ej. metadatos que indican una clave de los datos de imagen que se procesan).

10 La producción de vídeo implica la creación de diferentes versiones para pantallas que tienen capacidades mayores y menores. Por ejemplo, la graduación del Rango Dinámico Estándar (SDR) se puede realizar para producir video para visualizar en pantallas tradicionales. Se puede aplicar una herramienta como se describe en el presente documento para crear una versión SDR de video automáticamente. Un colorista puede guiar la operación de la herramienta para producir resultados optimizados.

15 Además, cuando un colorista ha ajustado los parámetros para proporcionar una versión para visualizar en una pantalla de capacidad inferior que parámetros para la utilización en la realización de asignación para pantallas que tienen capacidades intermedias, puede determinarse a partir de los valores de los parámetros seleccionados por el colorista para la pantalla de capacidad inferior. Esto puede hacerse, por ejemplo, interpolando los valores de parámetros ajustados por el colorista para pantallas que tienen capacidades superiores e inferiores que la pantalla que tiene capacidades intermedias.

20 Los métodos y el aparato descritos en el presente documento no están restringidos para utilizar en conexión con la sincronización de color a nivel profesional. Las herramientas para la sincronización de color están disponibles para aficionados, e incluso cuando la sincronización de color se realiza en un monitor no calibrado (p. ej., pantalla de un ordenador en el hogar, televisión, etc.), los métodos y el aparato descritos en el presente documento pueden utilizarse para traducir contenido creado en el monitor no calibrado a otra pantalla (p. ej., estimando las capacidades de la pantalla de sincronización de color no calibrada). La tecnología como se describe en el presente documento también tiene aplicación a señales que no están sincronizadas de color.

**Combinación De Un Operador De Asignación De Tono Global Con Un Operador De Asignación De Tono De Múltiples Escalas Local**

30 Los métodos y el aparato de asignación de color como se describen en el presente documento también se pueden combinar con otras técnicas de asignación de tono, p. ej., operadores de asignación de tono (TMO) locales. La Figura 6 representa una realización de ejemplo, en la que un operador de asignación de tono global como se describe en el presente documento se combina con un operador de asignación de tono de múltiples escalas local como el descrito por G. J. Ward en la Solicitud Provisional de los EE.UU. 61/448,606, "Un Operador De Asignación De Tonos De Múltiples Escalas Local," (en el presente documento se denominará como la referencia "Ward"), presentada también como Solicitud de Patente Internacional N° PCT/US2012/027267, presentada el 1 de marzo de 35 2012, incorporada en el presente documento como referencia en su totalidad. La realización de ejemplo combina la predictibilidad y la estabilidad de la TMO global con la capacidad de conservar reflejos y fidelidad de color cuando se utiliza un operador de múltiples escalas (MS TMO) local.

40 Como se muestra en la Figura 6, el método 60 se inicia en el paso 62 accediendo a los datos de imagen o de vídeo de entrada. Estos datos pueden almacenarse o transmitirse en una variedad de formatos de color, tales como YCbCr, RGB, XYZ y similares. En el paso 63, uno puede extraer la componente de luminancia, p. ej. Y, de los datos de entrada. Dependiendo del formato de los datos de entrada (p. ej., RGB), este paso puede requerir una transformación de color (p. ej., de RGB a XYZ). El paso 64 puede aplicar un operador de asignación de tono global 45 55, como se describe por la ecuación (1), a la componente de color Y de los datos de entrada. En una realización de ejemplo, los puntos de anclaje del TMO global 55 pueden seleccionarse de modo que el rango de luminancia de los datos de entrada se asigna al rango  $[4 * L_{dMin}, 1/2 * L_{dMax}]$ , donde  $L_{dMin}$  y  $L_{dMax}$  indican la luminancia mínima y máxima de la pantalla objetivo. Los factores de escala de 4 y 1/2 son típicos, pero ajustables.

50 En una realización de ejemplo, la salida del paso 64 puede indicarse como los datos de luminancia de tono asignado globalmente  $Y_{TM}$ . En el paso 65, se puede aplicar a los datos  $Y_{TM}$  un operador de asignación de tono de múltiples escalas local (MS TMO) como se describe por "Ward". Por ejemplo, primero, uno puede calcular una imagen global de relación de Log

$$R_L = \log \frac{Y_{TM}}{Y} \quad , \quad (32)$$

definida como el logaritmo de los datos de luminancia de tono asignado global, dividido por los píxeles de luminancia originales. Dada la imagen de relación de Log  $R_L$ , global como se describe por Ward, la salida del MS TMO (p. ej., el paso 65) puede ser una imagen de luminancia de tono asignado local, indicada como  $Y_{MS}$ . Utilizando  $Y_{MS}$ , uno puede calcular

5 
$$X_{MS} = \frac{X * Y_{MS}}{Y}, \quad (33)$$

y

$$Z_{MS} = \frac{Z * Y_{MS}}{Y} . \quad (34)$$

10 En el paso 66, los datos  $X_{MS}$ ,  $Y_{MS}$ , y  $Z_{MS}$  pueden convertirse de nuevo a datos de  $R_{MS}$ ,  $G_{MS}$ , y  $B_{MS}$  ( $RGB_{MS}$ ) con niveles de primarios, de blanco y de negro determinados por la pantalla objetivo. Los valores de  $RGB_{MS}$  negativos o fuera de gama se pueden recortar a valores positivos muy pequeños o se pueden reasignar a valores RGB en la gama utilizando cualquiera de los algoritmos de asignación de gama conocidos.

15 Dados los datos de  $RGB_{MS}$  en gama del paso 66, el paso 67, puede volver a aplicar el operador de asignación de tono global 55 a todas las componentes de color para dar salida a los datos corregidos de tono asignado globalmente  $RGB_{G-MS}$ . La aplicación de la segunda operación global de asignación de tono garantiza que la salida del MS TMO está en el rango de la pantalla objetivo. Finalmente, en el paso 68, antes de visualizar los datos de imagen (paso 69), los datos  $RGB_{G-MS}$  pueden corregirse en gamma según sea necesario para la pantalla de salida.

20 Ciertas implementaciones de la invención comprenden procesadores de computadora que ejecutan instrucciones de software que hacen que los procesadores realicen un método de la invención. Por ejemplo, uno o más procesadores en una pantalla, una estación de graduación de color, un decodificador, un transcodificador o similares, pueden implementar métodos de transformación de datos de imagen como se ha descrito anteriormente ejecutando instrucciones de software en una memoria de programa accesible para los procesadores. La invención también puede proporcionarse en forma de un producto de programa. El producto de programa puede comprender cualquier medio que transporte un conjunto de señales legibles por computadora, que comprenden instrucciones que, cuando se ejecutan mediante un procesador de datos, hacen que el procesador de datos ejecute un método de la invención.

25 Los productos del programa de acuerdo con la invención pueden estar en cualquiera de una amplia variedad de formas. El producto de programa puede comprender, por ejemplo, medios físicos tales como medios de almacenamiento de datos magnéticos que incluyen disquetes, unidades de disco duro, medios ópticos de almacenamiento de datos que incluyen CD ROM, DVD, medios de almacenamiento de datos electrónicos que incluyen ROM, flash RAM o similares. Las señales legibles por ordenador en el producto del programa pueden

30 opcionalmente comprimirse o encriptarse.

35 Donde un componente (p. ej. un módulo de software, procesador, conjunto, dispositivo, circuito, etc.) se hace referencia a lo anterior, a menos que se indique lo contrario, la referencia a ese componente (incluyendo una referencia a un "medio") debe interpretarse como incluyendo como equivalentes de esa componente cualquier componente que realice la función del componente descrito (es decir, que es funcionalmente equivalente), que incluye componentes que no son estructuralmente equivalentes a la estructura dada a conocer que realiza la función en las realizaciones de ejemplo ilustradas de la invención.

Algunas realizaciones no limitantes pueden (p. ej., dependiendo de las circunstancias) proporcionar una o más de las siguientes ventajas:

- 40 • la asignación de acuerdo con una curva de asignación de tono con un punto de anclaje de negro puede evitar una compresión tonal excesiva del contenido de entrada oscuro;
- la asignación de acuerdo con una curva de asignación de tono con puntos de negro y/o puntos de blanco puede utilizar más del rango de luminancia de una pantalla objetivo que una asignación de tonos de acuerdo con una curva sin uno o ambos de tales puntos de anclaje;
- 45 • las funciones de asignación específica de canal de color que maximizan el rango de luminancia pueden aplicarse al espacio de color RGB de una pantalla objetivo (p. ej., después de la conversión desde un espacio de color de entrada al espacio de color RGB de pantalla objetivo); y
- el punto de blanco, el brillo y/o el contraste medio de los datos de video de salida para una pantalla objetivo pueden ajustarse en la función de transferencia (p. ej., en lugar de antes o después de la asignación de acuerdo con una función de transferencia).

50 Algunas realizaciones pueden no proporcionar ninguna de las ventajas anteriores; algunas realizaciones pueden proporcionar diferentes ventajas (p. ej., en lugar de o complementarias a las ventajas anteriores).

REIVINDICACIONES

1. Aparato que comprende:  
 una unidad de asignación de coordenadas de píxel configurada para transformar datos de imagen de acuerdo con una función de transferencia parametrizada, caracterizada por una pluralidad de puntos de anclaje y un parámetro libre, la función de transferencia parametrizada que tiene una pendiente de rango medio controlada por el parámetro libre,  
 en donde las transformaciones en los puntos de anclaje no se ven afectadas por el parámetro libre;  
 en donde los puntos de anclaje comprenden puntos de anclaje de nivel de negro y de nivel de blanco y un punto de anclaje de tono medio, el punto de anclaje de nivel de negro corresponde a una transformación desde un nivel de negro de una pantalla de sincronización de color utilizada en la sincronización de color o en la aprobación de los datos de imagen a un nivel de negro de la pantalla objetivo utilizada para visualizar los datos de imagen transformados, el punto de anclaje de nivel de blanco correspondiente a una transformación de un nivel de blanco de la pantalla de sincronización de color a un nivel de blanco de la pantalla objetivo;  
 en donde el punto de anclaje de tono medio afecta a un brillo objetivo de los datos de imagen en la pantalla objetivo;  
 en donde el nivel de negro de la pantalla de sincronización de color difiere del nivel de negro de la pantalla objetivo y/o en donde el nivel de blanco de la pantalla de sincronización de color difiere del nivel de blanco de la pantalla objetivo;  
 en donde el aparato está configurado para recibir metadatos asociados con los datos de imagen, los metadatos que transportan información sobre la pantalla de sincronización de color;  
 en donde el aparato está configurado para determinar valores para la pluralidad de puntos de anclaje de la función de transferencia parametrizada utilizando la información sobre la pantalla de sincronización de color transportada en los metadatos recibidos y la información sobre la pantalla objetivo;  
 en donde el punto de anclaje de nivel de negro se determina para tener el nivel de negro de la pantalla de sincronización de color como su coordenada horizontal y el nivel de negro de la pantalla objetivo como su coordenada vertical; y  
 en donde el punto de anclaje de nivel de blanco se determina para tener el nivel de blanco de la pantalla de sincronización de color como su coordenada horizontal y el nivel de blanco de la pantalla objetivo como su coordenada vertical.
2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los datos de imagen comprenden conjuntos de valores de píxel para píxeles en una imagen, los conjuntos de valores de píxel que comprenden valores de color para cada uno de una pluralidad de colores primarios y el aparato comprende una pluralidad de unidades de asignación de coordenadas de píxel cada una conectada para transformar uno correspondiente de los valores de color.
3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2 que comprende una pantalla electrónica de imagen, en donde los valores de color cada uno corresponde a un color primario que es nativo para la pantalla electrónica de imagen.
4. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 que comprende un sensor de iluminación ambiental y un circuito conectado para recibir una señal de iluminación ambiental del sensor de iluminación ambiental y configurado para controlar uno o más de los parámetros libres y una coordenada de uno de los puntos de anclaje en base, al menos en parte, a la señal de iluminación ambiental.
5. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, el punto de anclaje de tono medio que transforma un valor medio representativo de los datos de imagen a un valor medio para la pantalla objetivo.
6. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la unidad de asignación de coordenadas de píxel está configurada para realizar una transformación de acuerdo con:
- $$V' = \frac{C_1 + C_2 V^n}{1 + C_3 V^n}$$
- donde V es un valor de coordenadas de entrada, V' es un valor de coordenadas de salida, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub> son parámetros correspondientes a los puntos de anclaje y n es el parámetro libre.
7. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el aparato está configurado para resaturar píxeles de datos de imagen transformada de acuerdo con la cantidad de compresión tonal de los píxeles de datos de imagen transformada.
8. Un método para asignar datos de imagen para visualizar en una pantalla objetivo, el método que comprende transformar valores de píxel de los datos de imagen a correspondientes valores de píxel transformados de acuerdo

con una función de transferencia parametrizada caracterizada por una pluralidad de puntos de anclaje y un parámetro libre, la función de transferencia parametrizada que tiene una pendiente de rango medio controlada por el parámetro libre,

5 en donde las transformaciones de los valores de píxel correspondientes a los puntos de anclaje no se ven afectadas por el parámetro libre;

en donde los puntos de anclaje comprenden puntos de anclaje de nivel de negro y de nivel de blanco y un punto de anclaje de tono medio, el punto de anclaje de nivel de negro correspondiente a una transformación desde un nivel de negro de una pantalla de sincronización de color utilizada en la sincronización de color o en la aprobación de los datos de imagen a un nivel de negro de la pantalla objetivo, el punto de anclaje de nivel de blanco correspondiente a una transformación desde un nivel de blanco de la pantalla de sincronización de color a un nivel de blanco de la pantalla objetivo;

10 en donde el punto de anclaje de tono medio afecta a un brillo objetivo de los datos de imagen en la pantalla objetivo;

15 en donde el nivel de negro de la pantalla de sincronización de color difiere del nivel de negro de la pantalla objetivo y/o en donde el nivel de blanco de la pantalla de sincronización de color difiere del nivel de blanco de la pantalla objetivo;

en donde se reciben metadatos asociados con los datos de imagen, los metadatos que transportan información sobre la pantalla de sincronización de color;

20 en donde los valores para la pluralidad de puntos de anclaje de la función de transferencia parametrizada se determinan utilizando la información sobre la pantalla de sincronización de color transportada en los metadatos recibidos y la información sobre la pantalla objetivo;

en donde el punto de anclaje de nivel de negro se determina para tener el nivel de negro de la pantalla de sincronización de color como su coordenada horizontal y el nivel de negro de la pantalla objetivo como su coordenada vertical; y

25 en donde el punto de anclaje de nivel de blanco se determina para tener el nivel de blanco de la pantalla de sincronización de color como su coordenada horizontal y el nivel de blanco de la pantalla de objetivo como su coordenada vertical.

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los datos de imagen comprenden contenido de color graduado.

30 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en donde los valores de píxel comprenden, para cada uno de los píxeles, un conjunto de una pluralidad de valores correspondientes respectivamente a una pluralidad de colores primarios y el método comprende transformar por separado el valor de píxel correspondiente a cada uno de la pluralidad de colores primarios.

35 11. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde la función de transferencia viene dada por:

$$V' = \frac{C_1 + C_2 V^n}{1 + C_3 V^n}$$

donde V es un valor de píxel de entrada, V' es un valor de píxel transformado, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub> son parámetros correspondientes a puntos de anclaje y n es el parámetro libre.

40 12. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11 que comprende resaturar los valores de píxel transformados de acuerdo con la cantidad de compresión tonal de los valores de píxel transformados.

13. Aparato de manipulación de color para modificar valores de color en datos de imagen, el aparato de manipulación de color que comprende:

una primera memoria o entrada para datos de imagen de origen;

una segunda memoria o salida para datos de imagen modificados;

45 un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 que comprende una unidad de asignación de coordenadas de píxel conectada para acceder a la primera memoria o entrada y configurada para transformar los datos de imagen de origen de acuerdo con una función de transferencia caracterizada por una pluralidad de puntos de anclaje y un parámetro libre, la función de transferencia que tiene una pendiente de rango medio controlada por el parámetro libre, en donde las transformaciones en los puntos de anclaje no se ven afectadas por el parámetro libre para producir los datos de imagen modificados y para proporcionar los datos de imagen modificados a la segunda memoria o salida;

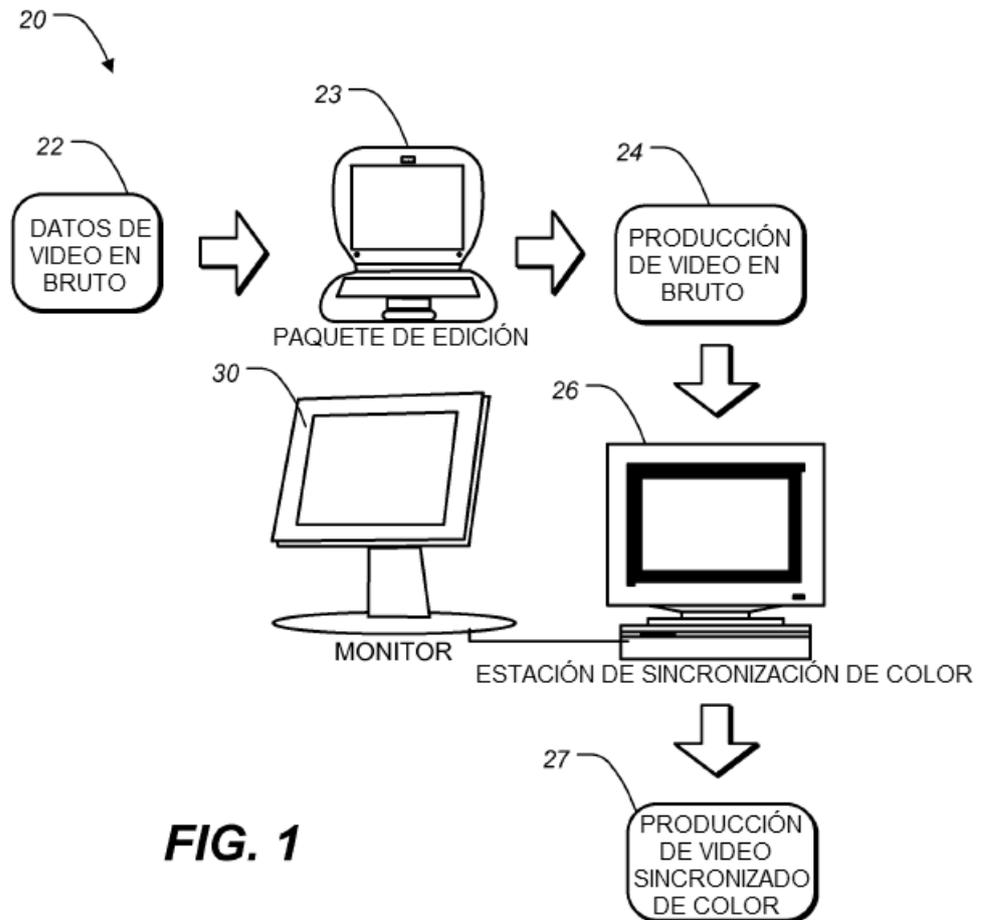
una entrada de usuario configurada para aceptar de un usuario un valor para el parámetro libre; y

una pantalla conectada para visualizar los datos de imagen modificados.

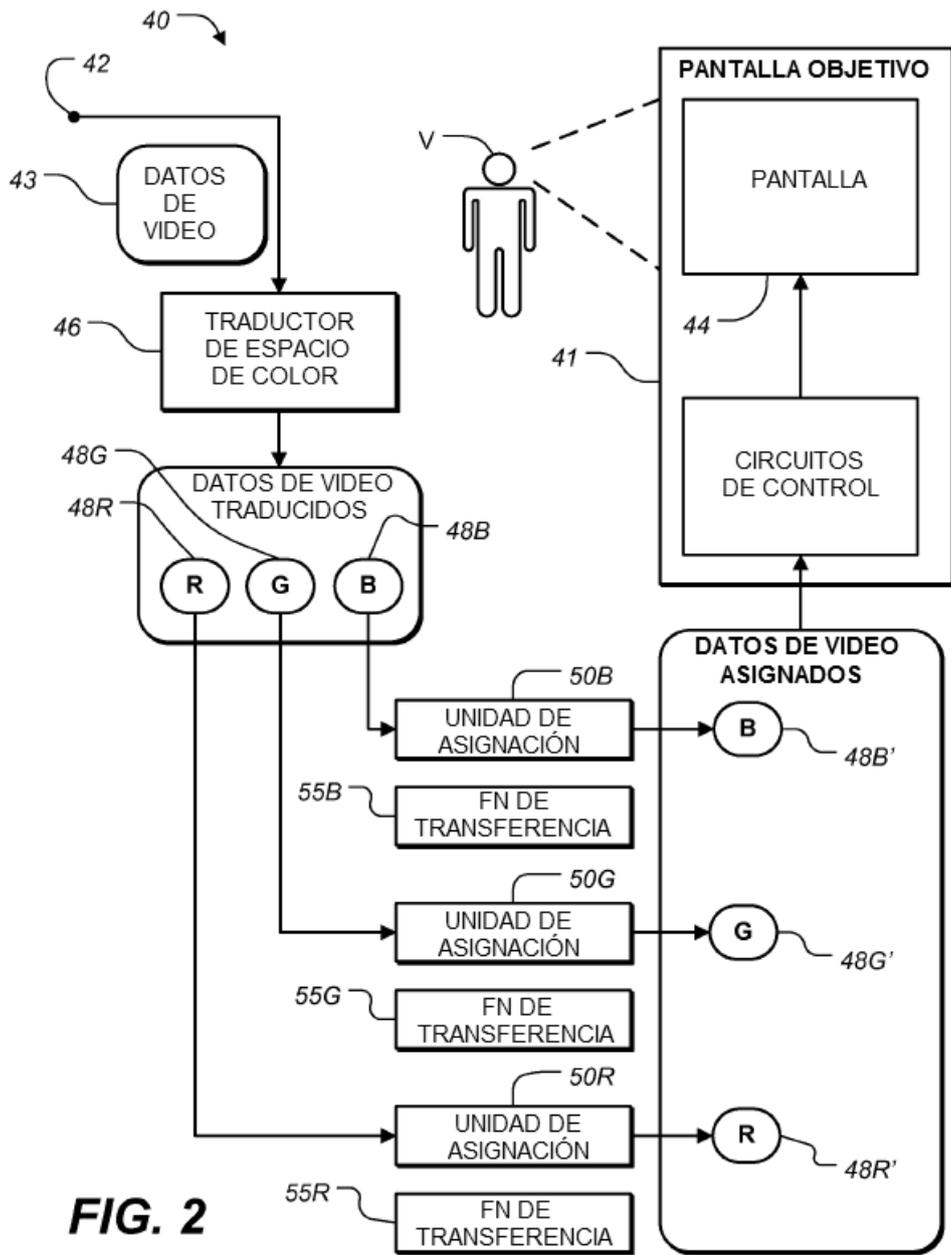
14. Aparato de manipulación de color de acuerdo con la reivindicación 13, en donde los datos de imagen comprenden una pluralidad de canales de color, el aparato comprende una pluralidad de unidades de asignación de píxel, una para cada uno de los canales de color y la entrada de usuario está configurada para aceptar del usuario una valor separado del parámetro libre para cada uno de los canales de color.

- 5 15. Un método para asignar datos de imagen para visualizar en una pantalla objetivo, el método que comprende:  
transformar los valores de píxel de los datos de imagen a primeros valores de píxel de tono asignados globalmente de acuerdo con el método de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12; y  
transformar los valores de píxel asignados globalmente a los valores de píxel asignados localmente de acuerdo con un método de asignación de tonos a múltiples escalas local.

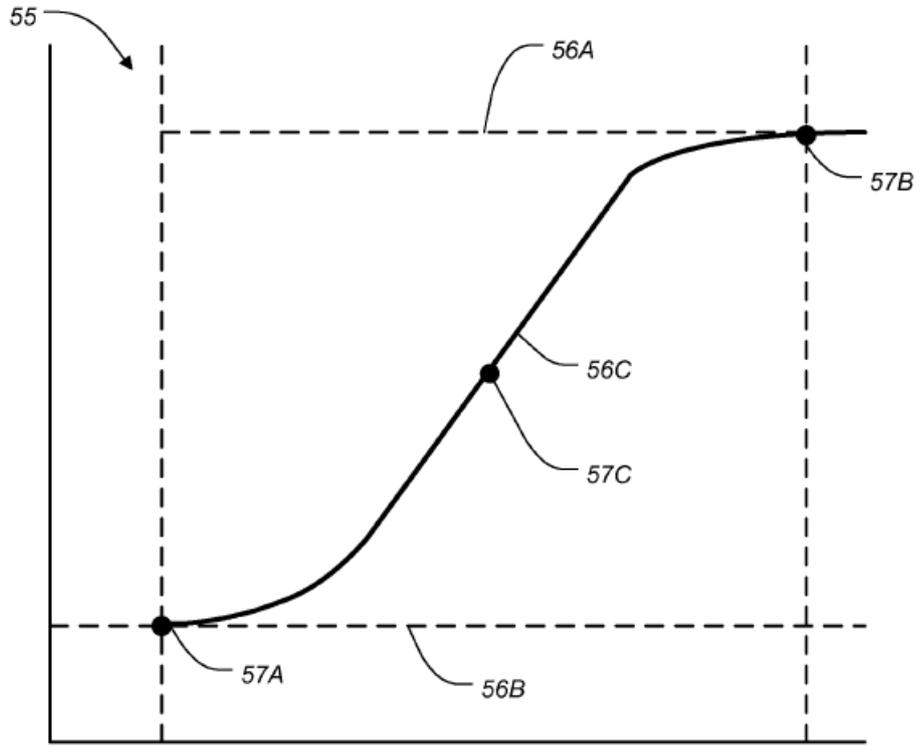
10



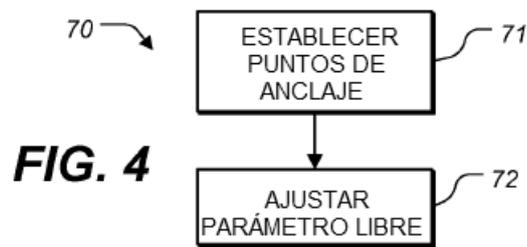
**FIG. 1**



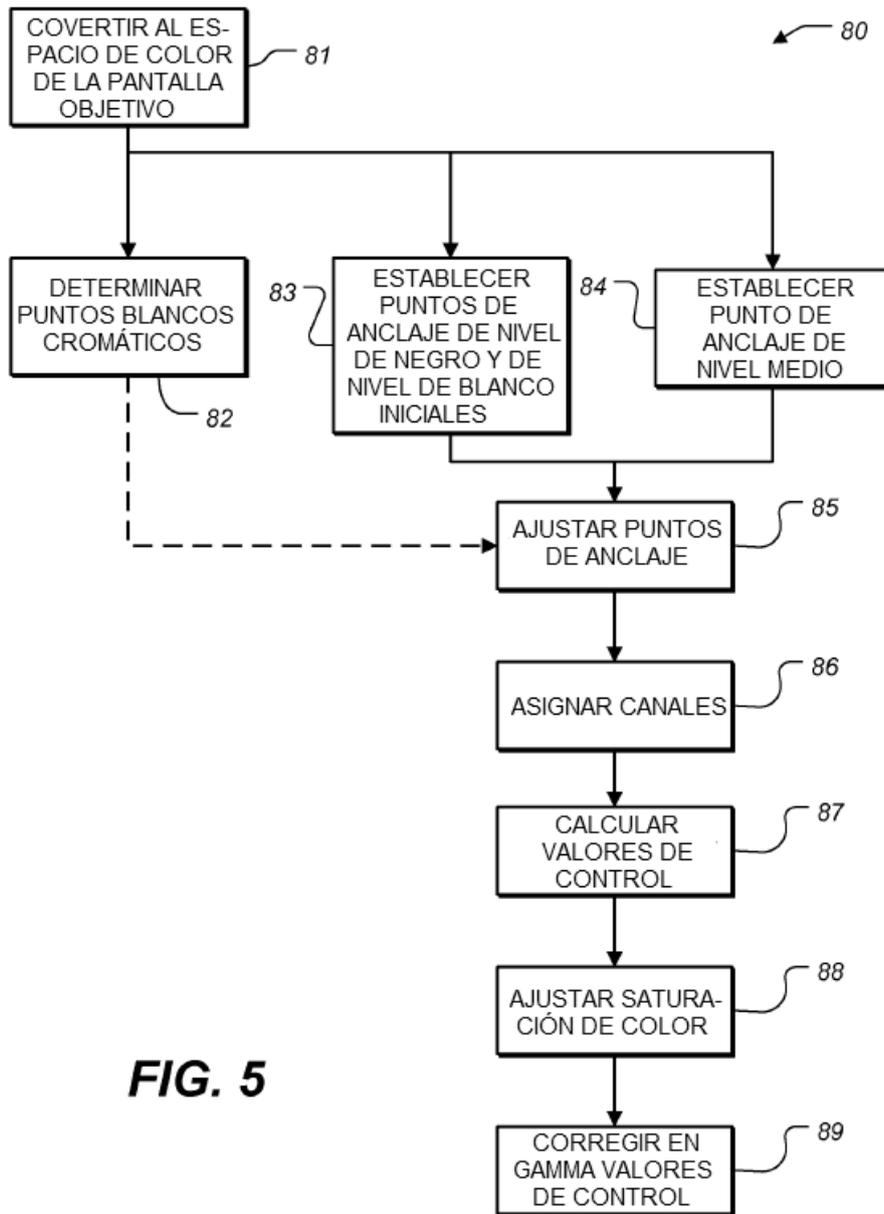
**FIG. 2**



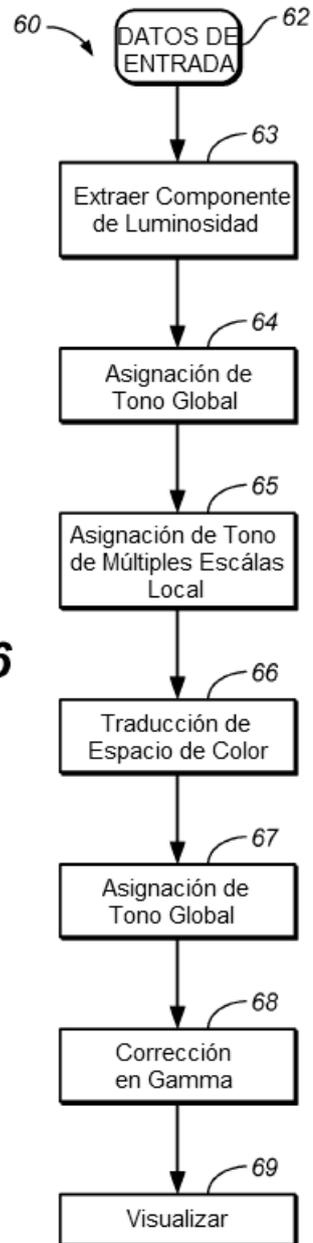
**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**