

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 788 687**

51 Int. Cl.:

G06T 7/12 (2007.01)

G06T 3/40 (2006.01)

G01C 11/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2009 PCT/US2009/052776**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.02.2010 WO10017255**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2009 E 09805478 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 2321792**

54 Título: **Procedimientos de dirección de línea de corte para formar una imagen de mosaico de un área geográfica**

30 Prioridad:

05.08.2008 US 221571

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

22.10.2020

73 Titular/es:

**PICTOMETRY INTERNATIONAL CORP. (100.0%)
25 Methodist Hill Drive
Rochester, NY 14623, US**

72 Inventor/es:

**GIUFFRIDA, FRANK;
SCHULTZ, STEPHEN;
GRAY, ROBERT y
BRADACS, ROBERT**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 788 687 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

Procedimientos de dirección de línea de corte para formar una imagen de mosaico de un área geográfica

La presente invención se refiere a procedimientos de dirección de línea de corte automatizados para formar una imagen de mosaico de salida de un área geográfica. De manera más particular, la presente invención se refiere a un procedimiento de dirección de línea de corte automatizado mediante el cual unas imágenes fuente separadas, superpuestas, se cortan a lo largo de las rutas preferidas y luego se combinan en al menos una imagen de mosaico de salida única sin requerir intervención humana. Además, se describe un procedimiento que forma un mapa de confianza del terreno, útil en la dirección de línea de corte, formado mediante el análisis de porciones superpuestas de imágenes fuente de georreferencia. El mapa de confianza del terreno proporciona una indicación de dónde las partes superpuestas de las imágenes fuente muestran ubicaciones del terreno. El mapa de confianza del terreno tiene una variedad de usos, como determinar rutas preferidas en que se van a cortar imágenes fuente individuales o corregir la detección de luz y los datos de alcance (comúnmente conocidos en la técnica como LIDAR). Cuando se usa para determinar rutas preferidas, el mapa de confianza del terreno mantiene un alto nivel de precisión visual cuando las imágenes fuente se combinan para formar al menos una imagen de mosaico de salida única. La al menos una imagen de mosaico de salida única es visualmente agradable y precisa geográficamente.

2. Antecedentes de la técnica

En la industria de formación de imágenes aéreas/detección remota, las imágenes se usan para capturar vistas de un área geográfica y para poder medir objetos y estructuras dentro de las imágenes, así como para poder determinar ubicaciones geográficas de puntos dentro de la imagen. En general, estas se denominan "imágenes georreferenciadas" y se dividen en dos categorías básicas:

1. Imágenes capturadas - estas imágenes tienen la apariencia de que fueron capturadas por la cámara o el sensor empleado.
2. Imágenes proyectadas - estas imágenes se han procesado y convertido de modo que se ajusten a una proyección matemática.

Todas las imágenes comienzan como imágenes capturadas, pero como la mayoría del software no puede georreferenciar imágenes capturadas, esas imágenes se reprocesan para crear las imágenes proyectadas. La forma más común de imágenes proyectadas es la imagen ortorrectificada. Este procedimiento alinea la imagen a una cuadrícula ortogonal o rectilínea (compuesta de rectángulos). La imagen de entrada utilizada para crear una imagen ortorrectificada es una imagen nadir, es decir, una imagen capturada con la cámara apuntando hacia abajo.

A menudo es bastante deseable combinar varias imágenes en una imagen compuesta más grande de modo que la imagen cubra un área geográfica más grande en el suelo. La forma más común de esta imagen compuesta es la "imagen de ortomosaico", que es una imagen creada a partir de una serie de imágenes nadir superpuestas o adyacentes que se combinan matemáticamente en una sola imagen ortorrectificada.

Cada imagen nadir de entrada, así como la imagen de salida de ortomosaico, se compone de píxeles discretos (elementos de imagen individuales) de información o datos. Como parte del procedimiento para crear una imagen ortorrectificada y, por lo tanto, una imagen de ortomosaico, se intenta reproyectar (mover dentro de un modelo matemático) cada píxel dentro de la imagen de modo que la imagen resultante aparezca como si cada píxel de la imagen fuera un píxel nadir, es decir, que la cámara está directamente encima de cada píxel en la imagen.

La razón por la que se necesita este procedimiento de ortorrectificación es que actualmente no es posible capturar una imagen en que cada píxel se encuentra en nadir respecto a (directamente debajo) de la cámara a menos que: (1) la cámara utilizada sea tan grande como el área de captura, o (2) la cámara se coloque a una distancia infinita sobre el área de captura de tal manera que el ángulo de la cámara al píxel esté tan cerca de estar hacia abajo que pueda considerarse nadir. El procedimiento de ortorrectificación crea una imagen que se aproxima a la apariencia de capturar con una cámara en que el área en el terreno que captura cada píxel se considera nadir a ese píxel, es decir, directamente debajo de ese píxel. Este procedimiento se realiza creando un modelo matemático del terreno, generalmente en una cuadrícula rectilínea (una cuadrícula formada por rectángulos), y reproyectando desde la imagen de la cámara capturada individual a esta cuadrícula rectilínea. Este procedimiento mueve los píxeles desde su ubicación relativa no nadir dentro de las imágenes individuales a sus posiciones nadir dentro de la cuadrícula rectilínea, es decir, la imagen se deforma para alinearse con la cuadrícula.

Al crear un ortomosaico, se usa este mismo procedimiento de ortorrectificación, sin embargo, en lugar de usar solo una imagen de entrada nadir, se utiliza una colección de imágenes nadir superpuestas o adyacentes y se combinan para formar una única imagen compuesta ortorrectificada conocida como ortomosaico. En general, el procedimiento de orto-mosaico implica las siguientes etapas:

- Se crea una cuadrícula rectilínea, lo que da como resultado una imagen de ortomosaico en que cada píxel de la cuadrícula cubre la misma cantidad de área en el terreno.

• La ubicación de cada píxel de la cuadrícula se determina a partir de la definición matemática de la cuadrícula. Generalmente, esto significa que a la cuadrícula se le da una ubicación de inicio o de origen X e Y y un tamaño X e Y para los píxeles de la cuadrícula. De este modo, la ubicación de cualquier píxel es simplemente la ubicación de origen más el número de píxeles multiplicado por el tamaño de cada píxel. En términos matemáticos: $X_{\text{píxel}} = X_{\text{origen}} + X_{\text{tamaño}} \times \text{Columna}_{\text{píxel}}$ e $Y_{\text{píxel}} = Y_{\text{origen}} + Y_{\text{tamaño}} \times \text{Fila}_{\text{píxel}}$.

• Las imágenes de nadir disponibles se verifican para ver si cubren el mismo punto en el terreno que el píxel de la cuadrícula que se está rellenando. Si es así, se utiliza una fórmula matemática para determinar dónde se proyecta ese punto en el suelo en el mapa de imágenes de píxeles de la cámara y ese valor de píxel resultante se transfiere al píxel de la cuadrícula. Durante este procedimiento de selección, se toman dos etapas importantes:

• Al seleccionar la imagen que se utilizará para proporcionar el valor de píxel, se utiliza una fórmula matemática para seleccionar una imagen que minimiza la inclinación del edificio - el efecto en el que los edificios parecen alejarse de la cámara. Esto se logra de varias maneras, pero lo más común es elegir la imagen en que el píxel de la cuadrícula se vuelve a proyectar tan cerca del centro de la cámara y, por lo tanto, tan cerca del punto de nadir de la cámara, como sea posible.

• Al determinar el valor de píxel fuente a utilizar, la elevación del terreno se tiene en cuenta para garantizar que se seleccione el valor de píxel correcto. Los cambios en la elevación causan que la ubicación aparente del píxel cambie cuando se captura por la cámara. Un punto en el terreno que está más arriba aparecerá más lejos del centro de la imagen que un punto en el terreno en la misma ubicación que está más abajo. Por ejemplo, la parte superior de un edificio aparecerá más lejos del centro de una imagen que la parte inferior de un edificio. Al tener en cuenta la elevación del terreno al determinar el valor de píxel fuente, el efecto neto es "aplanar" la imagen de tal manera que se eliminen los cambios en la ubicación de los píxeles debido a la elevación del terreno.

Debido a que las cuadrículas rectilíneas utilizadas para el ortomosaico son generalmente las mismas cuadrículas utilizadas para crear mapas, las imágenes de ortomosaico tienen una sorprendente similitud con los mapas y, como tal, son generalmente muy fáciles de usar desde un punto de vista de dirección y orientación. Sin embargo, dado que tienen una apariencia dictada por proyecciones matemáticas en lugar de la apariencia normal que captura una sola cámara y porque se capturan mirando hacia abajo, esto crea una visión del mundo a la que no estamos acostumbrados. Como resultado, muchas personas tienen dificultades para determinar qué es lo que están mirando en la imagen. Por ejemplo, es posible que vean un rectángulo amarillo en la imagen y no se den cuenta de que lo que están viendo es la parte superior de un autobús escolar. O pueden tener dificultades para distinguir entre dos propiedades comerciales, ya que lo único que pueden ver de las propiedades en el ortomosaico son sus tejados, en que la mayoría de las propiedades distintivas están a los lados de los edificios. Toda una profesión, el intérprete de fotos, ha surgido para abordar estas dificultades, ya que estas personas tienen años de capacitación y experiencia específicamente en la interpretación de lo que están viendo en imágenes de nadir u ortomosaico.

Ya que una imagen oblicua, por definición, se captura en ángulo, presenta una apariencia más natural porque muestra los lados de los objetos y las estructuras, a lo que estamos más acostumbrados a ver. Además, ya que las imágenes oblicuas generalmente no están ortorrectificadas, todavía están en la apariencia natural que captura la cámara en oposición a la construcción matemática de la imagen de ortomosaico. Esta combinación hace que sea muy fácil para las personas mirar algo en una imagen oblicua y darse cuenta de qué es ese objeto. No se requieren habilidades de interpretación fotográfica cuando se trabaja con imágenes oblicuas.

Las imágenes oblicuas, sin embargo, presentan otro problema. Debido a que las personas han aprendido habilidades de navegación en mapas, el hecho de que las imágenes oblicuas no están alineadas con una cuadrícula de mapa, como imágenes de ortomosaico, las hace mucho menos intuitivas al intentar navegar o determinar la dirección en una imagen. Cuando se crea un ortomosaico, ya que se crea en una cuadrícula rectilínea que generalmente es una cuadrícula de mapa, la parte superior de la imagen de ortomosaico es el norte, el lado derecho es este, la parte inferior es sur, y el lado izquierdo es oeste. Así es como las personas generalmente están acostumbradas a orientarse y navegar en un mapa. Pero una imagen oblicua se puede capturar desde cualquier dirección y la parte superior de la imagen generalmente está "hacia arriba y hacia atrás", lo que significa que las estructuras verticales apuntan hacia la parte superior de la imagen, pero que la parte superior de la imagen también está más cerca del horizonte. Sin embargo, ya que la imagen se puede capturar desde cualquier dirección, el horizonte puede estar en cualquier dirección, norte, sur, este, oeste, o cualquier punto intermedio. Si la imagen se captura de manera que la cámara apunte hacia el norte, entonces el lado derecho de la imagen es este y el lado izquierdo de la imagen es oeste. Sin embargo, si la imagen se captura de manera que la cámara apunte hacia el sur, entonces el lado derecho de la imagen es oeste y el lado izquierdo de la imagen es este. Esto puede causar confusión para alguien que intenta navegar dentro de la imagen.

Asimismo, ya que la cuadrícula de ortomosaico es generalmente una cuadrícula rectilínea, por definición matemática, las cuatro direcciones cardinales de la brújula se encuentran en ángulo recto (90 grados). Pero con una imagen oblicua, ya que todavía está en la forma original que capturó la cámara y no se ha vuelto a proyectar en un modelo matemático, no es necesariamente cierto que las direcciones de la brújula se encuentren en ángulo recto dentro de la imagen. Ya que, en la perspectiva oblicua, hay movimiento hacia el horizonte a medida que se avanza en la imagen, la imagen cubre un área más amplia en el terreno cerca de la parte superior de la imagen en comparación con el área del terreno

cubierta cerca de la parte inferior de la imagen. Si hubiera que pintar una cuadrícula rectangular en el terreno y capturarla con una imagen oblicua, las líneas a lo largo de la dirección en que apunta la cámara parecerían converger en la distancia y las líneas en la dirección en que apunta la cámara parecerían estar más espaciadas en el frente de la imagen que en la parte posterior de la imagen. Esta es la vista en perspectiva que todos estamos acostumbrados a ver: las cosas son más pequeñas en la distancia que las cercanas y las líneas paralelas, como las vías del ferrocarril, parecen converger en la distancia. Por el contrario, si se creó una imagen de ortomosaico sobre esta misma cuadrícula rectangular pintada, aparecería como una cuadrícula rectangular en la imagen de ortomosaico ya que toda la perspectiva se elimina como una parte incidental del procedimiento de ortomosaico.

Debido a estas diferencias fundamentales en perspectiva y apariencia, la creación de una imagen de ortomosaico mediante el procedimiento descrito anteriormente no funciona bien para las imágenes oblicuas. Debido a que el eje óptico de la cámara (una línea imaginaria a través del centro de la lente o la óptica que sigue el objetivo de la cámara) generalmente apunta en un ángulo de 45 grados o más desde el nadir (apunta 45 grados o más hacia arriba desde abajo), los efectos de la inclinación de edificios, las diferencias de elevación y los píxeles no cuadrados son todos exagerados, y son efectos que se consideran cualidades negativas en una imagen de ortomosaico. En la industria del ortomosaico, los requisitos generalmente se colocan en el procedimiento de captura de imágenes de modo que limitan la cantidad de oblicuidad a tan solo 5 grados desde el nadir para minimizar cada uno de estos efectos negativos.

Además, si se deben mantener las propiedades admirables de una imagen oblicua, es decir, viendo los lados de las estructuras y la apariencia natural de las imágenes, entonces claramente un procedimiento que intenta eliminar los desplazamientos verticales, y por lo tanto los lados de los edificios, y uno que deforma la imagen para que se ajuste a una cuadrícula rectilínea no es una opción viable. Para mantener las cualidades admirables de la imagen oblicua, puede ser necesario que el procedimiento:

- Si se debe mantener la perspectiva oblicua, los píxeles no se pueden alinear a una cuadrícula rectilínea, ni siquiera a una cuadrícula trapezoidal. En su lugar, los píxeles se alinean preferentemente a la perspectiva natural que captura una cámara.
- Como parte de la perspectiva oblicua, los píxeles de la imagen no pueden medir el mismo tamaño en el terreno, dado que los píxeles en primer plano de la imagen cubren un área mucho más pequeña en el terreno que los píxeles en el fondo de la imagen; eso es, por definición, parte de la perspectiva natural de una cámara.
- Debido a que los píxeles están muy lejos del nadir, los efectos de la inclinación de edificios se vuelven extremos y las soluciones estándar empleadas en el procedimiento de ortomosaico no hacen un trabajo lo suficientemente adecuado para compensar este efecto; se deben desarrollar nuevas técnicas para compensar mejor este efecto.
- Si los efectos de los cambios en la elevación se retiran, la imagen resultante tiene una apariencia muy poco natural; los lados verticales de los edificios pueden deformarse y torcerse, que es algo que no estamos acostumbrados a ver y, por lo tanto, al mirar una imagen así, tenemos una tendencia a "rechazarla". De este modo, para mantener los edificios, estructuras y objetos dentro de una imagen que parece natural, es preferente dejar los efectos de elevación en la perspectiva de la imagen y, en su lugar, explicarlo de otra manera.

Debido a estos problemas, la práctica común en la industria es proporcionar imágenes oblicuas como una serie de imágenes individuales. Sin embargo, algunos de los mismos beneficios del ortomosaico también se aplican a un oblicuomosaico (una imagen creada a partir de una colección de imágenes oblicuas superpuestas o adyacentes), en concreto, el hecho de que el mosaico cubre un área geográfica más grande que cada una de las imágenes individuales que se usaron para crearlo.

El documento EP-A-0979487 desvela un procedimiento que comprende la etapa de combinar imágenes en un mosaico de imágenes extendido alineando inicialmente las imágenes fuente y registrando las porciones correspondientes de imágenes vecinas (es decir, puntos de coincidencia en el área de superposición de las imágenes) deformando las imágenes. Luego, el procedimiento establece un sistema de coordenadas a partir de una imagen fuente y alinea las otras imágenes fuente con el sistema de coordenadas. Esto crea subregiones de las imágenes fuente alineadas superpuestas para su inclusión en el mosaico. El procedimiento bien dibuja líneas de corte manualmente o selecciona automáticamente líneas de corte en función de la distancia al centro de cada imagen fuente o en la calidad de la imagen fuente o en el grado de alineación de los píxeles en el área superpuesta. El procedimiento combina las imágenes fuente en una única imagen de mosaico.

La presente invención permite la creación de una imagen de mosaico de salida que tiene una apariencia natural y preferentemente está georreferenciada para mantener la capacidad de medir y determinar coordenadas geográficas. Si bien la realización preferida aplica la presente invención a las imágenes oblicuas aéreas, la invención también funcionará con imágenes oblicuas no aéreas capturadas de varias maneras, incluidas, entre otras, cámaras montadas oblicuamente en un poste vertical, cámaras de mano apuntadas oblicuamente y cámaras montadas en ángulos oblicuos en una sonda submarina. Si bien la realización preferida se usa para la dirección de línea de corte al crear mosaicos oblicuos, este procedimiento también funcionará para la dirección de línea de corte para ortomosaicos, así como para usar imágenes de nadir de entrada. En el procedimiento, especialmente cuando se utiliza el mapa de confianza del terreno, también se puede aplicar a imágenes del "lado de la calle" (imágenes capturadas

horizontalmente ~ típicamente desde un vehículo en movimiento o por peatones), con la ligera modificación de usar los frentes de los edificios de una manera similar a la del terreno cuando la presente invención se usa junto con imágenes aéreas.

5 Un primer aspecto de la presente invención proporciona un procedimiento ejecutado en un sistema informático sin requerir intervención humana para dirigir automáticamente líneas de corte de mosaico a lo largo de rutas preferidas para formar una imagen de mosaico de salida de acuerdo con la reivindicación 1.

Un segundo aspecto de la presente invención proporciona un sistema informático para dirigir automáticamente líneas de corte de mosaico a lo largo de rutas preferidas para formar una imagen de mosaico de salida de acuerdo con la reivindicación 5.

10 **Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos**

La figura 1 es una imagen de mosaico de salida ejemplar construida de acuerdo con una realización de la presente invención y formada a partir de once imágenes fuente separadas.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar para crear la imagen de mosaico de salida de acuerdo con la presente invención.

15 La figura 3 es una ilustración de un mapa de asignación ejemplar para la imagen de mosaico de salida que se ha marcado con rutas preferidas para cortar las imágenes fuente que tiene el efecto de dividir el mapa de asignación en una o más regiones que están delimitadas por las rutas preferidas o el borde del mapa de asignación.

La figura 4 es una vista esquemática del mapa de asignación de la figura 3 que muestra la cobertura de ciertas regiones por tres imágenes fuente.

20 La figura 5 es un mapa de confianza del terreno ejemplar construido de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 6 es una representación esquemática de captura de imágenes fuente georreferenciadas, digital y en color, que destacan una pluralidad de núcleos ubicados en el terreno de un área geográfica.

25 La figura 7 representa imágenes fuente ejemplares capturadas desde diferentes puntos de vista que muestran la pluralidad de núcleos representados en la figura 6.

La figura 8 es una imagen de píxeles ejemplar de uno de los núcleos capturados desde los diferentes puntos de vista de la figura 6.

La figura 9 es una imagen de píxeles ejemplar de otro núcleo capturado desde los diferentes puntos de vista de la figura 6.

30 **Descripción detallada de la invención actualmente desvelada y reivindicada**

Antes de explicar al menos una realización de la invención en detalle, debe entenderse que la invención no está limitada en su aplicación a los detalles de construcción, experimentos, datos ejemplares, y/o la disposición de los componentes establecidos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención es capaz de otras realizaciones o de ser practicada o llevada a cabo de varias maneras. Asimismo, debe entenderse que la fraseología y la terminología empleadas en el presente documento tienen fines descriptivos y no deben considerarse limitantes.

35 La(s) invención(es) actualmente reivindicada(s) y desvelada(s) se refieren a imágenes de mosaico y procedimientos para hacer y usar las mismas. De manera más particular, la(s) invención(es) desvelada(s) y reivindicada(s) actualmente utilizan una metodología para dirigir automáticamente las líneas de corte de mosaico a lo largo de rutas preferidas para formar una imagen de mosaico de salida mediante la cual las imágenes capturadas por separado (denominadas en lo sucesivo "imágenes fuente") se combinan automáticamente en al menos una única imagen de mosaico. La al menos una única imagen de mosaico es visualmente agradable y geográficamente precisa. Las imágenes fuente son preferentemente imágenes aéreas y pueden ser imágenes nadir, imágenes ortogonales o imágenes oblicuas.

45 En referencia ahora a las figuras y en particular a la figura 1, allí mostrado y designado por un número de referencia 10 es una imagen de mosaico de salida ejemplar construida de acuerdo con una realización de la presente invención y formada a partir de píxeles contribuyentes de once imágenes fuente georreferenciadas capturadas por separado, designadas por los números de referencia 16a-16k. Mientras que la figura 1 representa las imágenes 16 fuente como siendo principalmente nadir (vertical) en su orientación, debe entenderse que las imágenes 16 fuente pueden orientarse de varias maneras diferentes, incluyendo, pero sin limitarse a, orientaciones oblicuas y horizontales.

50 Preferentemente, cada píxel de las imágenes 16 fuente georreferenciadas está asociado con una ubicación geográfica de un punto dentro de la imagen. Las imágenes 16 fuente pueden ser georreferenciadas utilizando cualquier tecnología adecuada. Por ejemplo, un procedimiento de georreferencia de las imágenes fuente se describe en la Publicación de Solicitud de Patente de los Estados Unidos N.º US 2004/105090, presentada el 5 de noviembre de 2003 y titulada

"PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA CAPTURAR, GEOLOCALIZAR Y MEDIR IMÁGENES OBLICUAS". Las líneas discontinuas en la imagen 10 de mosaico de salida ilustran las transiciones de los píxeles contribuyentes de las imágenes 16 fuente.

5 En la imagen 10 de mosaico de salida se muestran las "rutas preferidas" 24 para "cortar" las imágenes 16 fuente para formar la imagen 10 de mosaico de salida. Las rutas 24 preferidas se seleccionan para minimizar cualquier efecto adverso cuando se realiza la transición entre imágenes 16 fuente adyacentes. Preferentemente, las rutas 24 preferidas se seleccionan en áreas en que no hay estructuras encima o debajo del modelo de elevación del terreno. Esto se puede lograr colocando la ruta 24 preferida en el medio de una calle, o usando un mapa de confianza del terreno como se describe a continuación. En el ejemplo de la figura 1, las rutas 24 preferidas se generan a partir de la información de la línea central de la calle porque las calles generalmente están cerca del nivel del suelo y normalmente no atraviesan estructuras verticales como edificios o árboles. De este modo, si hay una calle en el área en que se superponen dos imágenes 16 fuente, entonces la transición de píxeles contribuyentes de una imagen 16 fuente a píxeles contribuyentes de una imagen 16 fuente adyacente puede ocurrir a lo largo de esta calle, minimizando así los efectos adversos asociados con la transición entre los píxeles contribuyentes de las imágenes 16 fuente en la imagen 10 de mosaico de salida. Las líneas centrales de la calle se pueden obtener, por ejemplo, de archivos de datos vectoriales como archivos TIGER u otros archivos del Sistema de Información Geográfica. Debe entenderse que las rutas 24 preferidas pueden generarse a partir de otras fuentes además de las líneas centrales de las calles.

20 Las rutas 24 preferidas y las líneas 28 de transición se muestran en la imagen 10 de mosaico de salida de la figura 1 con el fin de mostrar cómo se construyó la imagen 10 de mosaico de salida. Debe entenderse que las rutas 24 preferidas y las líneas 28 de transición generalmente no se mostrarán en la imagen 10 de mosaico de salida construida de acuerdo con la presente invención.

25 La figura 2 es un diagrama 30 de flujo lógico de un algoritmo de dirección de línea de corte automatizado construido de acuerdo con la presente invención y almacenado en un medio legible por ordenador. El algoritmo de dirección de línea de corte automatizado está adaptado para ejecutarse en un sistema o sistemas informáticos y crear la imagen 10 de mosaico de salida sin ninguna intervención manual.

30 Las figuras 3 y 4 cooperan para mostrar ciertas etapas en la formación de la imagen 10 de mosaico de salida, y proporcionan representaciones visuales del flujo lógico proporcionado en la figura 2. En general, como lo indica un bloque 32, se selecciona un área deseada para ser representada por una o más imágenes 10 de mosaico de salida. El área deseada se selecciona preferentemente manualmente, aunque también se contempla la selección automatizada del área deseada. Una vez que se selecciona el área deseada, se puede seleccionar un número de imágenes 10 de mosaico de salida para representar el área deseada o un tamaño de cada imagen 10 de mosaico de salida. Por ejemplo, el área deseada podría ser el condado de Los Ángeles, y el tamaño de cada imagen 10 de mosaico de salida podría especificarse como 1,6 km cuadrados. En este ejemplo, el algoritmo de dirección de línea de corte automatizado procedería a crear una imagen 10 de mosaico de salida por cada 1,6 km cuadrados del condado de Los Ángeles. Generalmente, el área a representar por una o más imágenes 10 de mosaico de salida sería una ubicación geográfica específica. Sin embargo, también se pueden seleccionar otras áreas para obtener imágenes en la imagen 10 de mosaico de salida, como los lados de edificios, paredes, paisajes, laderas de montañas y similares.

40 Como se muestra en el diagrama 30 de flujo lógico, una vez que se selecciona el área deseada, las imágenes 16 fuente se obtienen como se indica en el bloque 36. Sin embargo, debe entenderse que las imágenes 16 fuente pueden obtenerse antes de la selección del área deseada, almacenarse en uno o más medios legibles por computadora y luego acceder a ellas. En general, las imágenes 16 fuente se obtienen preferentemente utilizando una o más cámaras reales que capturan las imágenes 16 fuente de porciones del área deseada y luego se georreferencian como se discutió anteriormente y opcionalmente se balancea su color.

45 La imagen 10 de mosaico de salida se forma inicialmente creando un mapa 41 de asignación correspondiente a la imagen 10 de mosaico de salida. Un mapa 41 de asignación ejemplar se muestra en la figura 3. El mapa 41 de asignación está provisto de bordes 42 de salida que rodean un área 43 de asignación con una pluralidad de píxeles, denotado por las líneas discontinuas y dispuesto en un formato de cuadrícula rectilínea que cubre el área 43 de asignación.

50 Inicialmente, cada píxel del mapa 41 de asignación tiene preferentemente una designación inicial de no asignado. A continuación, como se muestra en el bloque 44 del diagrama 30 de flujo lógico, los píxeles, como cada píxel, del mapa 41 de asignación que cruza una ruta 24 preferida está marcado como un "píxel de línea de corte preferido", que tiene el efecto de dividir el mapa 41 de asignación en una o más regiones 45 que están delimitadas por los píxeles 46 de línea de corte preferidos o los bordes 42 de salida del mapa 41 de asignación. A modo de ejemplo, seis regiones 45 se representan en la figura 3 y se etiquetan con los números de referencia 45a-f. Como se indica en el bloque 48, las etapas restantes del diagrama 30 de flujo lógico se deben realizar en cada región 45. Los píxeles 46 de línea de corte preferidos cubren las áreas de línea de corte representadas por las rutas 24 preferidas y dichas áreas de línea de corte tienen una longitud y un ancho. Cabe señalar que el ancho de las rutas 24 preferidas puede variar dependiendo de factores de diseño, como la cantidad de difuminado que se debe realizar entre las transiciones de imágenes fuente adyacentes.

Una región 45 es un conjunto contiguo de píxeles delimitados por los píxeles 46 de línea de corte preferidos o los bordes 42 de salida. En el mapa 41 de asignación ejemplar representado en la figura 3, el mapa 41 de asignación está dividido en seis regiones que están designadas con los números de referencia 45a-45f. El marcado de las rutas 24 preferidas puede realizarse de cualquier manera adecuada, tal como dibujando una representación vectorial de las líneas centrales de la calle en el mapa 41 de asignación, convirtiendo así la representación vectorial de las líneas centrales de la calle en una representación de rastreo. O, estos píxeles 46 de línea de corte preferidos pueden generarse a partir de forma de rastreo de datos, tal como mediante el uso de esos píxeles en una imagen de confianza de terreno cuyo valor de confianza de terreno cumple o excede un umbral particular.

Generalmente es deseable crear una imagen 10 de mosaico de salida continua. Con el fin de hacerlo, debe haber imágenes 16 fuente para toda el área 43 de asignación que se representa en la imagen 10 de mosaico de salida. Más específicamente, para crear una realización preferida de la imagen 10 de salida de mosaico, todas las regiones 45 preferentemente tienen asignada al menos una imagen fuente como se indica en el bloque 52. Esto significa que si se combinan varias imágenes 16 fuente para crear la imagen 10 de mosaico de salida, las imágenes 16 fuente deben ser adyacentes o más comúnmente, superpuestas. La figura 4 muestra la realización ejemplar del mapa 41 de asignación de la figura 3 con dos imágenes fuente superpuestas (designadas con los números de referencia 16l-16m) asignadas a una porción de las regiones 45. Mientras que las imágenes 16l-16m fuente superpuestas se representan en la figura 4 como imágenes 16 fuente nadir superpuestas, debe entenderse que las imágenes 16 fuente pueden estar en una variedad de orientaciones, incluyendo, pero sin limitarse a, orientaciones oblicuas y ortogonales y/o nadir. Además, el uso de dos imágenes 16 fuente en la figura 4 es solo para acentuar la asignación superpuesta de imágenes 16 fuente al mapa 41 de asignación. Como se describió anteriormente en relación con la figura 1, el número de imágenes 16 fuente utilizadas en la asignación puede ser de cualquier número.

Como resultado de esta superposición, es común que haya múltiples imágenes 16 fuente que cubran la misma área en el suelo. Si hay varias imágenes 16 fuente capturadas disponibles para su selección, se elige una imagen 16 fuente capturada preferida de acuerdo con los criterios de selección descritos a continuación. En general, el procedimiento intenta minimizar el número de imágenes 16 fuente asignadas a una región 45 dada para minimizar el número de líneas de corte dentro de la región 45 particular. De este modo, para cada región 45 (como se señaló anteriormente con referencia al bloque 48 del flujo lógico), una o más imágenes 16 fuente se ubican preferentemente en una orientación que permite que las imágenes 16 fuente cubran completamente la región 45, como lo indica el bloque 56 de decisión de ramificación. Cuando las imágenes 16 fuente son imágenes aéreas, se determina la ubicación del terreno para los límites de la región 45, que luego puede usarse para determinar y seleccionar qué imágenes 16 fuente contienen datos de imagen para esa ubicación de terreno identificada particular. Esto generalmente se realiza verificando si la ubicación del terreno se encuentra dentro de los límites de imagen de una imagen 16 fuente previamente capturada. En el ejemplo que se muestra en la figura 4, la imagen 16l fuente cubre completamente la región 45b, y la imagen 16m fuente cubre completamente las regiones 45e y 45f. Si no se encuentra una imagen 16 fuente que cubra completamente la una o más regiones 45, entonces el algoritmo de dirección de línea de corte automatizado determina si dos o más de las imágenes 16 fuente se combinan para cubrir completamente la región 45 particular, como lo indica el bloque 60 de decisión de ramificación.

Como se indica en el bloque 64 y bloque 68 de decisión de ramificación, si se encuentra más de una imagen 16 fuente para una región 45 particular, entonces se puede utilizar opcionalmente una Heurística de Selección para que la calidad de cobertura pueda determinar qué imagen 16 fuente seleccionar para contribuir píxeles a la región 45. Se puede utilizar una variedad de Heurísticas de Selección y a continuación se analizan a continuación a modo de ejemplo. La Heurística de Selección se puede seleccionar del grupo que comprende (1) qué imagen 16 fuente está más cerca del nadir en el área que cubre la región 45, (2) la primera imagen 16 fuente ubicada dentro de una región 45, (3) una imagen 16 fuente que cubre la mayor cantidad de píxeles 46 de línea de corte preferidos que la rodean, y (4) una imagen 16 fuente que cubre la mayor cantidad de otras regiones 45. Como se muestra en el cuadro 72, una vez que una Heurística de Selección selecciona una imagen 16 fuente particular para la región 45, los píxeles en la región 45 se designan como asignados a píxeles particulares o grupos de píxeles de la imagen 16 fuente seleccionada.

Como se muestra en el bloque 70, si se determina que una imagen 16 fuente cubre completamente una región 45 (bloque 56 de decisión ramificado), entonces se selecciona la imagen 16 fuente única y los píxeles en la región 45 se designan como asignados a píxeles particulares o grupos de píxeles de la imagen 16 fuente seleccionada.

Como se discutió anteriormente y se muestra en el bloque 60 de decisión de ramificación, si no se encuentra una imagen 16 fuente que cubra completamente la región 45, como la región 45d que se muestra en la figura 4, entonces el algoritmo de dirección de línea de corte automatizado determina si dos o más de las imágenes 16 fuente se combinan para cubrir completamente la región 45 particular que en el ejemplo mostrado son imágenes 16l-m fuente. Si dos o más imágenes 16 fuente se combinan para cubrir la región 45, luego, el algoritmo de dirección de línea de corte automatizado utiliza una Heurística de Emparejamiento para intentar mejorar la calidad de la cobertura de la región 45 como se muestra en el bloque 76. Se puede utilizar una variedad de Heurísticas de Emparejamiento y las siguientes se analizan a continuación a modo de ejemplo. Los siguientes son ejemplos de Heurística de Emparejamiento que se pueden utilizar.

1. Encontrar la imagen 16 fuente que cubre la mayor cantidad de píxeles en la región 45; entonces, encontrar la imagen 16 fuente que cubre la mayor cantidad de píxeles restantes sin cubrir en la región 45; Continuar hasta que

todos los píxeles estén cubiertos.

2. Encontrar la imagen 16 fuente más cercana al nadir en el punto central de la región 45. Marcar todos los píxeles en la región 45 cubiertos por esta imagen 16 fuente como "cubiertos". Para cada subregión descubierta, encontrar la imagen 16 fuente más cercana al nadir y marcar los píxeles de la región 45 cubiertos por esa imagen 16 fuente como "cubiertos". Preferentemente, este procedimiento se repite hasta que todos los píxeles se hayan designado como "cubiertos".

3. Revisar la lista de posibles imágenes 16 fuente en orden encontrado, marcando la cobertura hasta que todos los píxeles estén cubiertos.

4. Expandir las líneas de corte preferidas hasta que se creen subregiones que sean lo suficientemente pequeñas como para cubrir las con una única imagen 16 fuente. Utilizar un procedimiento de asignación de única imagen 16 fuente para seleccionar la imagen 16 fuente para cada una de las nuevas regiones 45.

5. Al seleccionar imágenes 16 fuente, la orientación relativa de la cámara que capturó las imágenes 16 fuente puede tenerse en cuenta, por ejemplo, para lograr una imagen 10 de mosaico de salida más deseable, las imágenes 16 fuente que fueron capturadas en la misma, o casi la misma, orientación relativa de la cámara virtual, en términos de ángulo oblicuo hacia abajo y la dirección de la brújula del eje óptico serán más compatibles.

6. El tipo de cámara también se puede tener en cuenta al seleccionar imágenes 16 fuente. Es decir, si el tipo de cámara utilizada para capturar las imágenes 16 fuente es radicalmente diferente (por ejemplo, un escáner de línea frente a un dispositivo de captura de fotograma completo), puede dar como resultado una imagen 10 de mosaico de salida resultante no deseada.

Una vez que la Heurística de Emparejamiento determina la cobertura de la región utilizando múltiples imágenes 10 fuente, el algoritmo de dirección de línea de corte automatizado luego designa partes particulares de las imágenes 16 fuente a los píxeles en el mapa 41 de asignación, como se indica en el bloque 80. Esto se puede lograr de varias maneras y los siguientes son ejemplos de cómo se puede implementar esto.

1. A medida que se seleccionan las imágenes 16 fuente, asignar todos los píxeles no asignados en la región 45 que están cubiertos por la imagen 16 fuente actual a esa imagen 16 fuente.

2. Asignar píxeles de las imágenes 16 fuente en función de la proximidad de cada píxel al nadir.

3. Asignar píxeles de las imágenes 16 fuente en función del número de píxeles 46 de línea de corte preferidos circundantes cubiertos por la imagen 16 fuente.

Como se muestra en el bloque 82, si dos o más imágenes 16 fuente no se combinan para cubrir completamente una región 45 del mapa 41 de asignación, entonces se pueden obtener imágenes fuente adicionales para cada región designada como no asignada o los límites del mapa 41 de asignación se pueden ajustar.

Como se muestra en el bloque 84, una vez que los píxeles de las regiones 45 han sido designados o asignados a píxeles particulares o grupos de píxeles de las imágenes 16 fuente, los píxeles 46 de línea de corte preferidos se vuelven a designar para que coincidan con las asignaciones de la imagen 16 fuente de sus regiones 45 delimitadas. Como se discutirá a continuación, esto se puede lograr de varias maneras y el procedimiento utilizado para dicha redesignación puede depender de si una única imagen 16 fuente cubre o no regiones 45 adyacentes separadas por los píxeles 46 de línea de corte preferidos. Los siguientes son ejemplos de cómo se puede lograr esto.

1. Si el área de la línea de corte tiene un espesor de un único píxel (como se muestra a modo de ejemplo en las figuras 3 y 4), la asignación del área de la línea de corte podría combinarse con la asignación de la región 45 adyacente.

2. Reducir el área de línea de corte a un espesor de un píxel y luego combinar con la asignación de la región 45 adyacente.

3. Trabajar hacia afuera desde las regiones 45 asignadas en el área de línea de corte preferida, asignando la imagen 16 fuente de la región 45 al píxel de línea de corte preferido si está cubierto por la imagen 16 fuente.

4. Para cada píxel 46 de línea de corte preferido, asignar píxeles de la imagen 16 fuente que está más cerca del nadir, eligiendo entre las imágenes 16 fuente que se asignan a una de las regiones 45 adyacentes si es posible.

Como se indica en el bloque 96, una vez que todos los píxeles en el mapa 41 de asignación son píxeles designados o asignados particulares o grupos de píxeles de las imágenes 16 fuente, la imagen 10 de mosaico de salida se crea contribuyendo los valores de píxel designados o asignados a la imagen 10 de mosaico de salida. Esto se puede lograr de varias maneras y los siguientes son simplemente ejemplos de cómo se puede lograr esto.

1. Esto podría hacerse con o sin difuminado (se muestra en el bloque 92). El difuminado hace que los cambios bruscos que se producen en la línea de corte parezcan más graduales al alterar los valores de píxeles en la línea de corte con una combinación de los valores de píxeles de cada una de las imágenes fuente. Por ejemplo, si una región de difuminado a lo largo de una línea de corte entre la imagen 16l fuente, por ejemplo, y la imagen 16m fuente tiene 4 píxeles de ancho, entonces el primer píxel en la región de difuminado podría estar compuesto por el 20 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16l fuente y el 80 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16m fuente, el segundo píxel en la región de difuminado podría estar compuesto por el 40 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16l fuente y el 60 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16m fuente, el tercer píxel en la región de difuminado podría estar compuesto por el 60 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16l fuente y el 40 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16m fuente, y

el cuarto píxel en la región de difuminado podría estar compuesto del 80 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16l fuente y del 20 % del valor del píxel correspondiente en la imagen 16m fuente.

2. La contribución de una imagen 16 fuente a un píxel de mosaico dado podría determinarse utilizando un procedimiento vecino más cercano, o en función de promediar o interpolar valores de píxeles de imagen 16 fuente.

- 5 Preferentemente, se asigna una ubicación de superficie a cada píxel incluido en el mapa 41 de asignación para que la imagen 10 de mosaico de salida sea georreferenciada.

En la práctica, la metodología desvelada y reivindicada en el presente documento, consiste en múltiples etapas y transformaciones de datos que puede realizar un experto en la materia dada la presente memoria descriptiva. Además, el trabajo de seguimiento podría crear nuevos algoritmos diseñados específicamente para lidiar con las complejidades de las imágenes 16 fuente, incluyendo, pero sin limitarse a, imágenes 16 fuente ortogonales, oblicuas y/o nadir.

La presente invención también contempla un procedimiento de dirección de línea de corte mediante la creación de un mapa 100 de confianza del terreno (que se muestra en la figura 5) de un área geográfica. El mapa 100 de confianza del terreno muestra qué áreas de las imágenes 16 fuente superpuestas son representativas de una ubicación del terreno y cuáles no. En el mapa 100 ejemplar, las áreas 101 sombreadas son indicativas de ubicaciones del terreno, mientras que los otros píxeles no lo son. En general, el procedimiento de dirección de línea de corte que utiliza el mapa 100 de confianza del terreno aumenta la probabilidad estadística de que las rutas 24 preferidas utilizadas para la transición entre varias imágenes 16 fuente para formar la imagen 10 de mosaico de salida se ubiquen en el terreno en lugar de hacerlo a través de un objeto tridimensional, tales como, pero sin limitarse a, un automóvil, edificio o árbol. Esto se logra principalmente mediante el uso de al menos un núcleo 104 (que se muestra como 104a y 104b) para comparar los valores de píxeles de las imágenes 16 fuente superpuestas para establecer la probabilidad estadística de que la ubicación geográfica representada por los píxeles en las imágenes 16 fuente represente realmente el terreno. Mientras que los núcleos 104 se muestran de forma circular en las figuras 5-9, debe entenderse que los núcleos pueden tener cualquier forma imaginativa, incluyendo, pero no limitado a cuadrada, rectangular, ovalar o triangular.

Con referencia ahora a la figura 6, allí se muestra un diagrama esquemático que representa la captura de imágenes 16 fuente georreferenciadas desde una pluralidad de puntos de vista diferentes. Mientras que la figura 6 muestra el uso de dos cámaras 105a y 105b para capturar las imágenes 16 fuente georreferenciadas desde diferentes puntos de vista, debe entenderse que la captura se puede realizar desde una o más cámaras 108 siempre que la cámara 108 capture las imágenes 16 fuente desde una variedad de puntos de vista diferentes. Las cámaras 105a y 105b utilizan diferentes puntos 106a, 106b, 107a y 107b de vista para capturar imágenes 16 fuente que están asociadas con los núcleos 104a y 104b comunes. Mientras que las Figuras indican la identificación de dos núcleos 104a y 104b, debe entenderse que la invención contempla la identificación de al menos un núcleo 104 y no se limita a un número específico de núcleos 104 identificados dentro de las imágenes 16 fuente.

Cuando se intenta combinar imágenes 16 fuente, surge un problema cuando las porciones superpuestas de las imágenes 16 fuente capturadas desde diferentes puntos 106a, 106b, 107a y 107b de vista representan estructuras que no están en el terreno real. Este problema está ilustrado por la cámara 105a en la que los puntos de vista de la cámara 105a para una pluralidad de píxeles están bloqueados o sombreados por un edificio 112. El efecto de este sombreado es la captura de una imagen 16 fuente en la que se muestra el edificio, pero al georreferenciar las imágenes 16 fuente, los píxeles que representan la ubicación del terreno muestran en realidad el techo del edificio 112 como se muestra en la figura 7. Es decir, la figura 7 muestra dos imágenes 16 fuente que han sido capturadas desde dos puntos de vista diferentes. En la imagen 16 fuente a la izquierda, el núcleo 104a está representado en el techo del edificio 112, mientras que en la imagen 16 fuente a la derecha, el núcleo 104a está representado en el terreno y los píxeles son muy diferentes en apariencia. Por el contrario, el núcleo 104b en ambas imágenes fuente está representado en el terreno y los píxeles dentro de dicho núcleo 104b son similares en apariencia. Esto tiene efectos perjudiciales cuando se establecen rutas 24 preferidas para combinar imágenes 16 fuente en una imagen 10 de mosaico de salida, ya que no es deseable que las rutas 24 preferidas atraviesen el edificio 112 (u otra estructura tridimensional).

En un aspecto, la presente invención está dirigida a resolver este problema creando el mapa 100 de confianza del terreno en el que se muestra la confianza del terreno en la figura 5. Después de crear el mapa 100 de confianza del terreno de una región geográfica, a cada píxel del mapa 100 de confianza del terreno se le puede asignar un valor de píxel indicativo de una puntuación de confianza del terreno determinando si varios puntos de porciones superpuestas de las imágenes 16 fuente representan el mismo objeto físico. Esto se puede lograr calculando una puntuación de confianza del terreno para valores de píxel de píxeles ubicados dentro del núcleo 104 dentro de las imágenes 16 fuente superpuestas correspondientes a una ubicación geográfica particular del píxel dentro de las imágenes 16 fuente. El núcleo 104 es una pequeña matriz de píxeles, generalmente no más grande que 9x9, que se utiliza como operador durante la comparación de las imágenes 16 fuente superpuestas. La puntuación de confianza del terreno se indica analizando la puntuación de píxeles para cada píxel ubicado dentro del núcleo 104 para desarrollar una puntuación de píxeles compuesta. Por ejemplo, las puntuaciones de píxeles se pueden sumar o promediar para desarrollar la puntuación de píxeles compuesta para el núcleo 104. La puntuación de píxel asociada con un píxel particular ubicado dentro del núcleo 104 se puede calcular de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_s = |P_a - P_b| / (P_a + P_b) \quad (1)$$

en que P_s es la puntuación de píxel asociada con un píxel ubicado dentro del núcleo 104, P_a es el valor de píxel de un píxel ubicado dentro del núcleo 104 capturado por la cámara 105a (Cámara A) e indicativo de un color particular, y P_b es el valor de píxel del mismo píxel ubicado dentro del mismo núcleo 104 capturado por la cámara 105b (Cámara B) e indicativo de un color particular. Entonces, por ejemplo, si se está utilizando un núcleo 3x3, la fórmula sería:

$$Ps[r, c] = \sum_{i=\pm 1} \sum_{j=\pm 1} |Pa[r+i, c'+j] - Pb[r''+i', c''+j']| \div (Pa[r'+i, c'+j] + Pb[r''+i, c''+j]) \quad (2)$$

- 5
- En que Σ denota suma,
 r = número de fila, c = número de columna,
 $Ps[r,c]$ indica la puntuación de píxeles en esa fila y columna en particular
 $Pa[r',c']$ indica el píxel A de imagen de entrada que corresponde a la ubicación de $Ps[r,c]$,
 $Pb[r'',c'']$ indica el píxel B de imagen de entrada que corresponde a la ubicación de $Ps[r,c]$,
 10 Debe tenerse en cuenta que $r \neq r' \neq r''$ y $c \neq c' \neq c''$ (\neq significa que no es igual) pero que las tres ubicaciones $[r,c]$, $[r',c']$ y $[r'',c'']$ se asignan a la misma ubicación en el mapa de asignación.
 $Pa[r'+i, c'+j]$ indica el píxel A de imagen de entrada que está desplazado del píxel correspondiente $Pa[r',c']$
 $Pb[r''+i, c''+j]$ indica el píxel A de imagen de entrada que está desplazado del píxel correspondiente $Pb[r'',c'']$.
- 15 El tamaño del núcleo 104 (3x3, 3x4, 4x4, 5x5, 4x7, 12x14 o similar) determina la cantidad de un patrón que se observa al determinar qué tan bien coinciden las imágenes 16 fuente superpuestas para un píxel en particular. Cuanto más grande es el núcleo, más precisa es la coincidencia de patrones. Sin embargo, cuanto más grande es el núcleo, más tarda en ejecutarse el algoritmo.
- 20 Como entenderá un experto en la materia, los píxeles de las imágenes 16 fuente superpuestas georreferenciadas pueden no estar perfectamente alineados, pero generalmente están dentro de uno o dos píxeles de alineación. Para dar cuenta de esto, el algoritmo del núcleo anterior (Ecuación 2) se ejecuta en el píxel correspondiente directo y también en los píxeles circundantes cercanos, por ejemplo, dentro de 1-3 píxeles del píxel correspondiente directo. Los píxeles que representan ubicaciones en el terreno generalmente solo se compensarán con uno o dos píxeles. Sin embargo, los píxeles que representan estructuras que están por encima del terreno se compensarán con un número
- 25 significativo de píxeles, o serán ocluidos, y de cualquier manera, no obtendrá una buena coincidencia y, por lo tanto, una mala puntuación de confianza del terreno, ya que serán dos características diferentes (cuando están ocluidas) o serán dos partes diferentes de características (cuando estén demasiado lejos para probar el mismo punto en cada una).
- 30 De este modo, el algoritmo del núcleo de la Ecuación 2 se ejecuta en el píxel correspondiente directo y también en los píxeles circundantes cercanos y la puntuación de píxeles para cada ejecución del algoritmo del núcleo se almacena inicialmente, y luego se comparan las puntuaciones de los píxeles almacenados inicialmente para determinar la mejor puntuación. En la realización de la Ecuación 2, la mejor puntuación será la puntuación más baja. Sin embargo, la Ecuación 2 se puede modificar para hacer que la mejor puntuación sea la más alta.
- 35 El píxel correspondiente directo se encuentra calculando la ubicación geográfica del píxel en el mapa 100 de confianza del terreno para el que se genera una puntuación de confianza del terreno (utilizando las fórmulas de origen y tamaño de píxel desde el principio) y luego determinando a qué píxel(es) corresponde esa ubicación en las imágenes 16 fuente superpuestas, utilizando las ecuaciones proyectivas de las imágenes 16 fuente. De nuevo, debido a la falta de datos perfectamente precisos, la fila y la columna resultantes calculadas pueden no corresponder a la ubicación real, por lo que también se comprueban los píxeles circundantes. Esto normalmente se realiza en un radio de 1 píxel o de 2
- 40 píxeles desde la ubicación del píxel correspondiente. Este radio debe ser lo suficientemente grande como para tener en cuenta el error de ubicación de píxeles más común. Sin embargo, cuanto mayor es el radio, más tiempo de computadora es necesario. Además, si se usa un radio demasiado grande, entonces comenzará a coincidir con algunas cosas fuera del terreno por una pequeña cantidad, como automóviles o edificios de un piso.
- 45 La figura 8 representa una porción ampliada de las imágenes 16 fuente dentro del núcleo 104a tomadas desde el punto 106a de vista de la cámara 105a y el punto 107a de vista de la cámara 105b. Cada píxel dentro del núcleo 104a tiene una puntuación de píxel compuesta calculada de acuerdo con la Ecuación 2 anterior. Una comparación de los píxeles y las puntuaciones de píxeles compuestas ubicados dentro del núcleo 104a revela que, dependiendo de qué punto (106a o 107a) de vista capturó la imagen 16 fuente, los píxeles están asociados con colores sustancialmente diferentes y, por lo tanto, valores de píxeles. Como se dijo anteriormente, esta diferencia de color es indicativa de que,
- 50 mientras que la ubicación georreferenciada de los píxeles es la misma dentro del núcleo 104a identificado, el mismo objeto no se captura ni se representa dentro de cada imagen 16 fuente. Como se mostró anteriormente en la figura 6, la diferencia de color se debe a que la cámara 105a captura el techo del edificio 112 con el punto 106a de vista en lugar del terreno como se proyectó inicialmente. Al comparar las puntuaciones de píxeles compuestas asociadas con cada píxel ubicado dentro del núcleo 104 tomado de los puntos 106a y 107a de vista, unos objetos tridimensionales, como el edificio 112 (o un árbol o un automóvil), pueden identificarse. Por consiguiente, la puntuación de confianza del terreno para el núcleo 104a indica que los píxeles de ambas imágenes 16 fuente dentro del núcleo 104a no representan el terreno. En consecuencia, el píxel en el mapa 100 de confianza del terreno no sería un candidato viable
- 55

para designar ya que las rutas 24 preferidas, como la probabilidad estadística de cortar un objeto tridimensional, como el edificio 112, se elevan como lo indica la diferencia de colores de los píxeles en función de la variación de las puntuaciones de píxeles.

La figura 9 representa una imagen 116 de píxel de una pluralidad de píxeles ubicados dentro del núcleo 104b tomada desde el punto 106b de vista de la cámara 105a y el punto 107b de vista de la cámara 105b. Como se discutió anteriormente con referencia a la figura 8, una comparación de los píxeles asociados con el núcleo 104b que utiliza la Ecuación 2 indica que tales píxeles representan el terreno. Esto se puede discernir por la similitud en las puntuaciones de píxeles y los colores de los píxeles dentro del núcleo 104b. En consecuencia, el píxel en el mapa de confianza del terreno que representa el centro del núcleo 104b es un candidato viable para ser designado como ruta 24 preferida ya que la probabilidad estadística de cortar un objeto tridimensional, como el edificio 112, es mínima.

Un aspecto importante de la invención es el establecimiento de un valor umbral que es un margen de error aceptable asociado con las puntuaciones de píxeles compuestas de píxeles dentro de un núcleo 104 particular. Si bien la captura de imágenes 16 fuente es extremadamente precisa, la captura no es exacta. Es preferible crear un valor umbral para comparar las puntuaciones de píxeles compuestas, en el que las puntuaciones de píxeles compuestas se considerarán similares, suponiendo que el píxel no se desvíe por encima o por debajo del valor umbral predeterminado.

Después de determinar la puntuación de píxeles compuesta para cada píxel dentro del mapa 100 de confianza del terreno, cada píxel se marca en el mapa 100 de confianza del terreno almacenando un valor de píxel indicativo de la puntuación de confianza del terreno calculada para el píxel particular. Una vez que se ha construido el mapa 100 de confianza del terreno, el procedimiento de dirección de línea de corte se puede lograr de la misma manera que se describió anteriormente, excepto que las rutas 24 preferidas están determinadas por píxeles contiguos indicativos de estar en el terreno según lo determinado por el procedimiento descrito anteriormente.

Si bien la presente invención discute el uso de imágenes capturadas como imágenes 16 fuente para la entrada a la imagen 10 de mosaico de salida, no es realmente requerido. Es posible usar una imagen proyectada como entrada para este procedimiento o incluso usar otra imagen 10 de mosaico de salida como entrada para este procedimiento.

El uno o más mapas 41 de asignación, los mapas 100 de confianza del terreno y las imágenes 10 de mosaico de salida y sus datos correspondientes se almacenan así en uno o más medios legibles por computadora. El uno o más mapas 41 de asignación, mapas 100 de confianza del terreno, y la imagen 10 de mosaico de salida se puede almacenar en cualquier formato, incluyendo uno de los muchos formatos de imagen estándar de la industria, como TIFF, JFIF, TARGA, Archivo de mapa de bits de Windows, PNG o cualquier otro formato estándar de la industria. La información de georreferencia sobre la imagen 10 de mosaico de salida también podría almacenarse, ya sea en un archivo de georreferencia separado, como un archivo mundial de ESRI o en el mismo archivo. Por ejemplo, la información de georreferencia se puede almacenar en el mismo archivo mediante el uso de etiquetas de metadatos dentro del formato de archivo, como las etiquetas GeoTIFF estándar de la industria utilizadas en el formato TIFF estándar.

Debe entenderse que los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse con la ayuda de un sistema informático que ejecuta un software de procesamiento de imágenes adaptado para realizar las funciones descritas anteriormente, y un hardware o software que incorpora la lógica de los procedimientos descritos en el presente documento, así como las imágenes y datos resultantes se almacenan en uno o más medios legibles por computadora. Los ejemplos de un medio legible por computadora incluyen un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento magnético, un dispositivo de almacenamiento electrónico o similar. El término "Sistema Informático", como se usa en el presente documento, significa un sistema o sistemas que pueden incorporar y/o ejecutar la lógica de los procedimientos descritos en el presente documento. La lógica incorporada en forma de instrucciones de software o firmware para dirigir las líneas de corte o crear el mapa 100 de confianza del terreno puede ejecutarse en cualquier hardware apropiado que puede ser un sistema o sistemas dedicados, o un sistema informático de fin general, o sistema informático de procesamiento distribuido, todo lo cual se entiende bien en la técnica, y una descripción detallada de cómo hacer o usar tales computadoras no se considera necesaria en el presente documento. Cuando el sistema informático se utiliza para ejecutar la lógica de los procedimientos descritos en el presente documento, dichas computadoras y/o ejecución pueden realizarse en una misma ubicación geográfica o en múltiples ubicaciones geográficas diferentes. Por otro lado, la ejecución de la lógica se puede realizar de forma continua o en múltiples momentos discretos. Además, dicha lógica se puede realizar de forma simultánea con la captura de las imágenes, o posteriormente o combinaciones de las mismas.

Aunque la invención anterior se ha descrito con cierto detalle a modo de ilustración y ejemplo con fines de claridad de la comprensión, será obvio para los expertos en la materia que se pueden practicar ciertos cambios y modificaciones sin apartarse del espíritu y ámbito de la misma, como se describe en esta memoria descriptiva y como se define en las reivindicaciones adjuntas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento ejecutado en un sistema informático sin requerir intervención humana para dirigir automáticamente líneas de corte de mosaico a lo largo de rutas preferidas para formar una imagen (10) de mosaico de salida, que comprende las etapas de:

5 crear un Mapa (41) de asignación correspondiente a la imagen (10) de mosaico de salida en el que cada píxel en el Mapa (41) de asignación tiene una designación inicial de no asignado;
 marcar píxeles del Mapa (41) de asignación que cruzan las rutas preferidas para las líneas (24) de corte como píxeles (46) de Línea de corte preferidos para dividir el Mapa (41) de asignación en una pluralidad de regiones (45) que están delimitadas por píxeles (46) de Línea de corte preferidos o el borde (42) del Mapa (41) de asignación,
 10 en el que las rutas preferidas para las líneas de corte se determinan utilizando información de la línea central de la calle o un mapa (100) de confianza del terreno formado analizando porciones superpuestas de imágenes fuente georreferenciadas y que proporciona una indicación de dónde las porciones superpuestas de las imágenes fuente muestran ubicaciones del terreno;
 para cada región (45) de la pluralidad de regiones, determinar ubicaciones del terreno para los límites de la región,
 15 buscar una o más imágenes (16) fuente de orientación oblicua que contienen datos de imagen para una ubicación de terreno identificada en particular dentro de la región, de modo que una o más imágenes de terreno de orientación oblicua cubran completamente toda esa región (45) y respondan a múltiples imágenes (45) fuente de orientación oblicua que cubren completamente toda la región (45), usando una Heurística de Selección para determinar la calidad de la cobertura y luego designar cada píxel en esa región (45) como asignado a la imagen (16) fuente de orientación oblicua que la Heurística de Selección determina que es la mejor, en el que la Heurística de Selección se selecciona del grupo que comprende: determinar qué imagen fuente está más cerca del nadir en un área que cubre la región, determinar una primera imagen fuente ubicada dentro de la región, determinar una imagen fuente que cubre la mayor cantidad de píxeles de línea de corte preferidos circundantes y determinar una imagen fuente que cubra la mayor cantidad de otras regiones contiguas;
 20 para cualquier región (45) restante no asignada, buscar dos o más imágenes (16) fuente de orientación oblicua cuya huella combinada cubre por completo toda la región (45) no asignada, y para cada conjunto de dos o más imágenes (16) de orientación oblicua combinadas, utilizar una Heurística de Emparejamiento para determinar la calidad de la cobertura y luego designar cada píxel en la región (45) como asignado a las dos o más imágenes (16) de orientación oblicua combinadas que se determinan como mejores por la Heurística de Emparejamiento, en el que la Heurística de Emparejamiento se selecciona del grupo que comprende:
 25 determinar una imagen fuente que cubra la mayor cantidad de píxeles en la región, luego encontrar una imagen fuente que cubra la mayor cantidad de píxeles restantes sin cubrir en la región;
 determinar una imagen fuente que esté más cerca del nadir en el punto central de la región, determinar qué subregiones no están cubiertas por la imagen fuente que está más cerca del nadir en el punto central de la región, y luego determinar qué imagen fuente está más cerca del nadir con respecto a cada subregión;
 30 35 revisar una lista de imágenes fuente en el orden encontrado, marcando la cobertura hasta que todos los píxeles estén cubiertos;
 expandir las líneas de corte preferidas hasta que las regiones que se crean sean lo suficientemente pequeñas como para ser cubiertas por una única imagen fuente, usando un procedimiento de asignación de única imagen fuente para seleccionar la imagen fuente para cada una de las regiones lo suficientemente pequeñas como para ser cubiertas por una única imagen fuente;
 40 seleccionar imágenes fuente usando la orientación relativa de una cámara que capturó las imágenes fuente; y seleccionar imágenes fuente en base a un tipo de cámara utilizada en la captura de las imágenes fuente;
 45 designar los píxeles (46) de la Línea de corte preferidos para que coincidan con las asignaciones de imágenes de sus regiones delimitadas; y formar la imagen (10) de mosaico de salida contribuyendo con valores de píxeles de las imágenes (16) fuente de orientación oblicua en base a las designaciones de los píxeles establecidos en el Mapa (41) de asignación.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de formar la imagen (10) de mosaico de salida se define además como pasar sucesivamente a través de cada píxel en el Mapa (41) de asignación y usar la asignación de imagen almacenada allí para determinar qué valores de píxel de la imagen o imágenes (16) fuente de orientación oblicua usar para el contenido de imagen real de la imagen (10) de mosaico de salida.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de formar la imagen (10) de mosaico de salida se define además como la contribución de valores de píxeles de las imágenes (16) fuente de orientación oblicua en base a las designaciones establecidas en el Mapa (41) de asignación y difuminar el valor de los píxeles a lo largo de las rutas preferidas para líneas (24) de corte que separan valores de píxeles de diferentes imágenes (16) fuente de orientación oblicua.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que se utiliza el mapa (100) de confianza del terreno y en el que el mapa de confianza del terreno se crea mediante un procedimiento que comprende las etapas de:

seleccionar una pluralidad de imágenes (16) fuente digitales georreferenciadas capturadas desde diferentes puntos

- (106a, 106b, 107a, 107b) de vista y que cooperan para cubrir el área geográfica, teniendo las imágenes (16) fuente porciones superpuestas que representan una porción del área geográfica;
- 5 crear el mapa (100) de confianza del terreno de la región geográfica, teniendo el mapa (100) de confianza del terreno una pluralidad de píxeles, correspondiendo cada píxel a una ubicación geográfica particular;
- asignar los píxeles en el mapa (100) de confianza del terreno con un valor de píxel indicativo de la puntuación de confianza del terreno al:
- 10 calcular una puntuación de confianza de terreno compuesta para los valores de píxeles de regiones geográficas comunes dentro de las porciones superpuestas de las imágenes (16) fuente dentro de un núcleo (104) correspondiente a la ubicación geográfica particular del píxel, en el que el núcleo compara los valores de píxeles dentro de las porciones superpuestas de las imágenes fuente para establecer la probabilidad estadística de que la ubicación geográfica particular representada por el píxel realmente representa el terreno; y
- almacenar un valor de píxel indicativo de la puntuación de confianza del terreno compuesta calculada para el píxel en particular.
- 15 5. Un sistema informático para dirigir automáticamente líneas de corte de mosaico a lo largo de rutas preferidas para formar una imagen (10) de mosaico de salida que comprende:
- uno o más medios legibles por computadora que almacenan una lógica que cuando se ejecuta realiza el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4; y
- hardware para ejecutar la lógica.

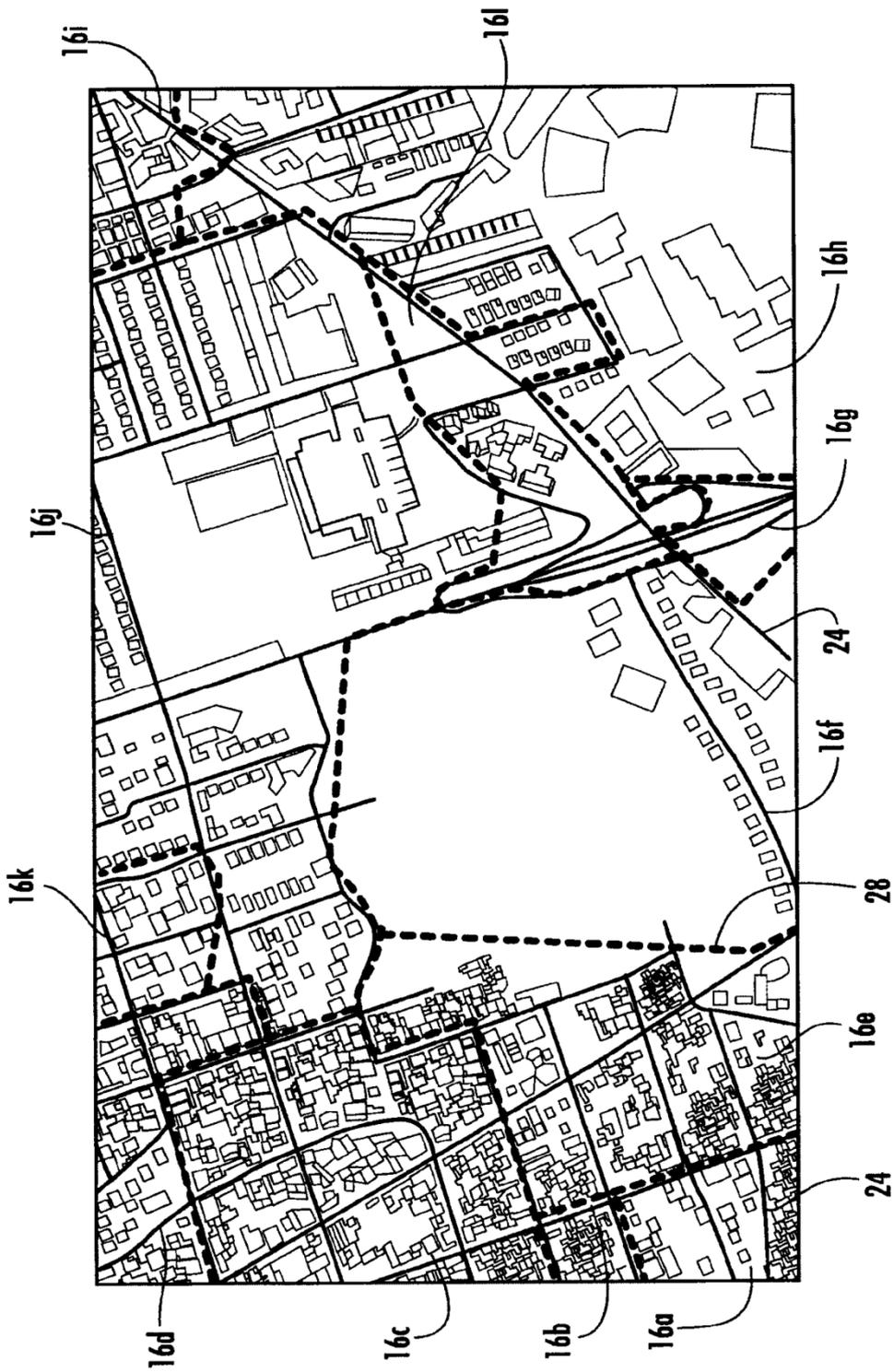
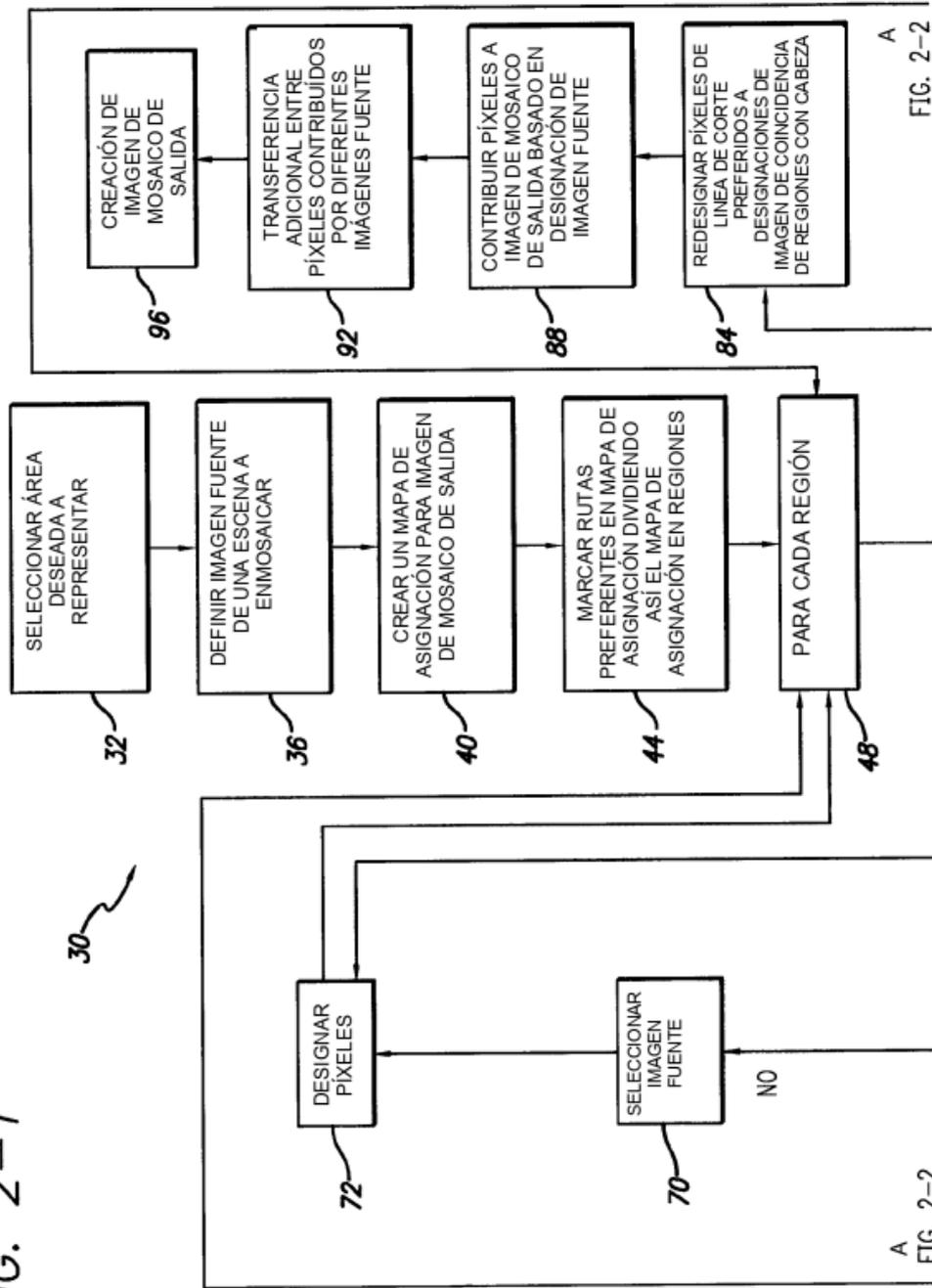


FIG. 1

FIG. 2-1



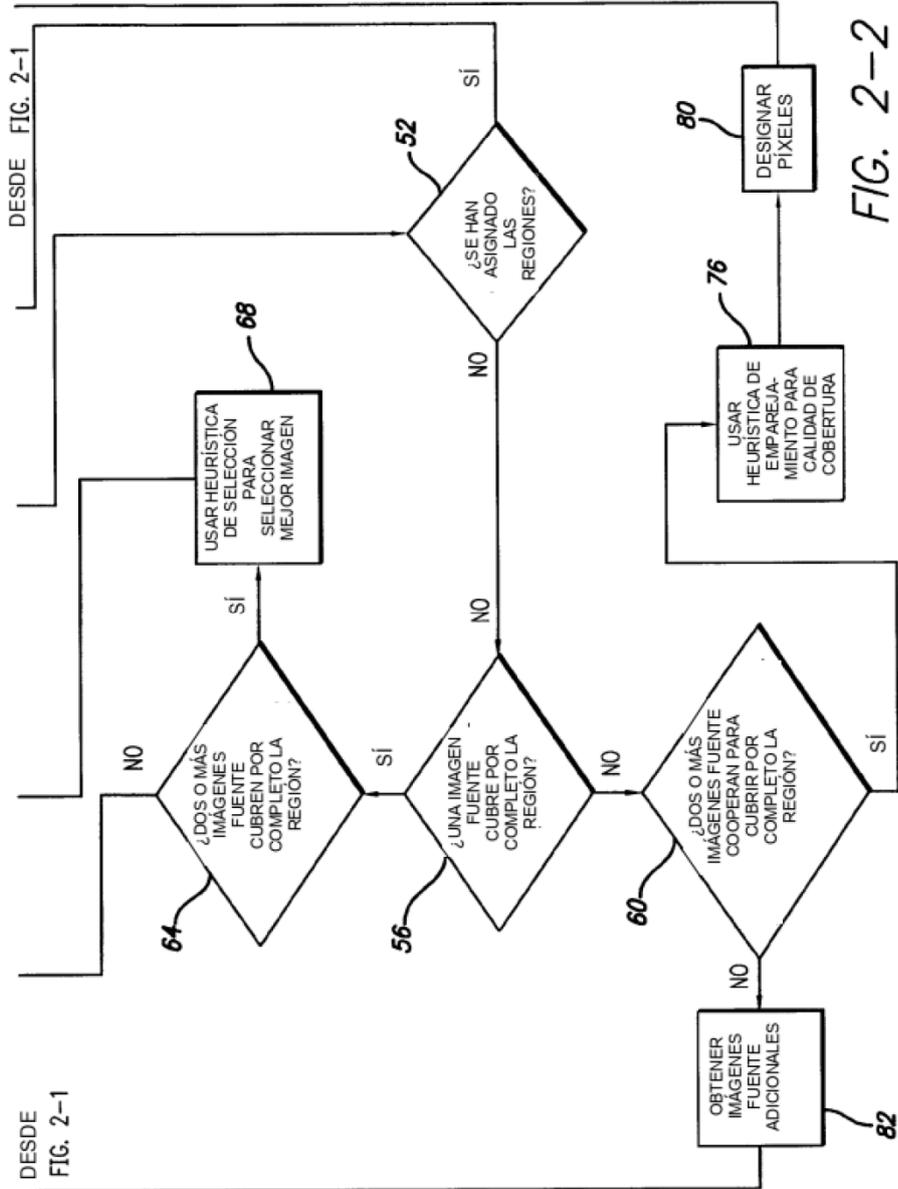


FIG. 2-2

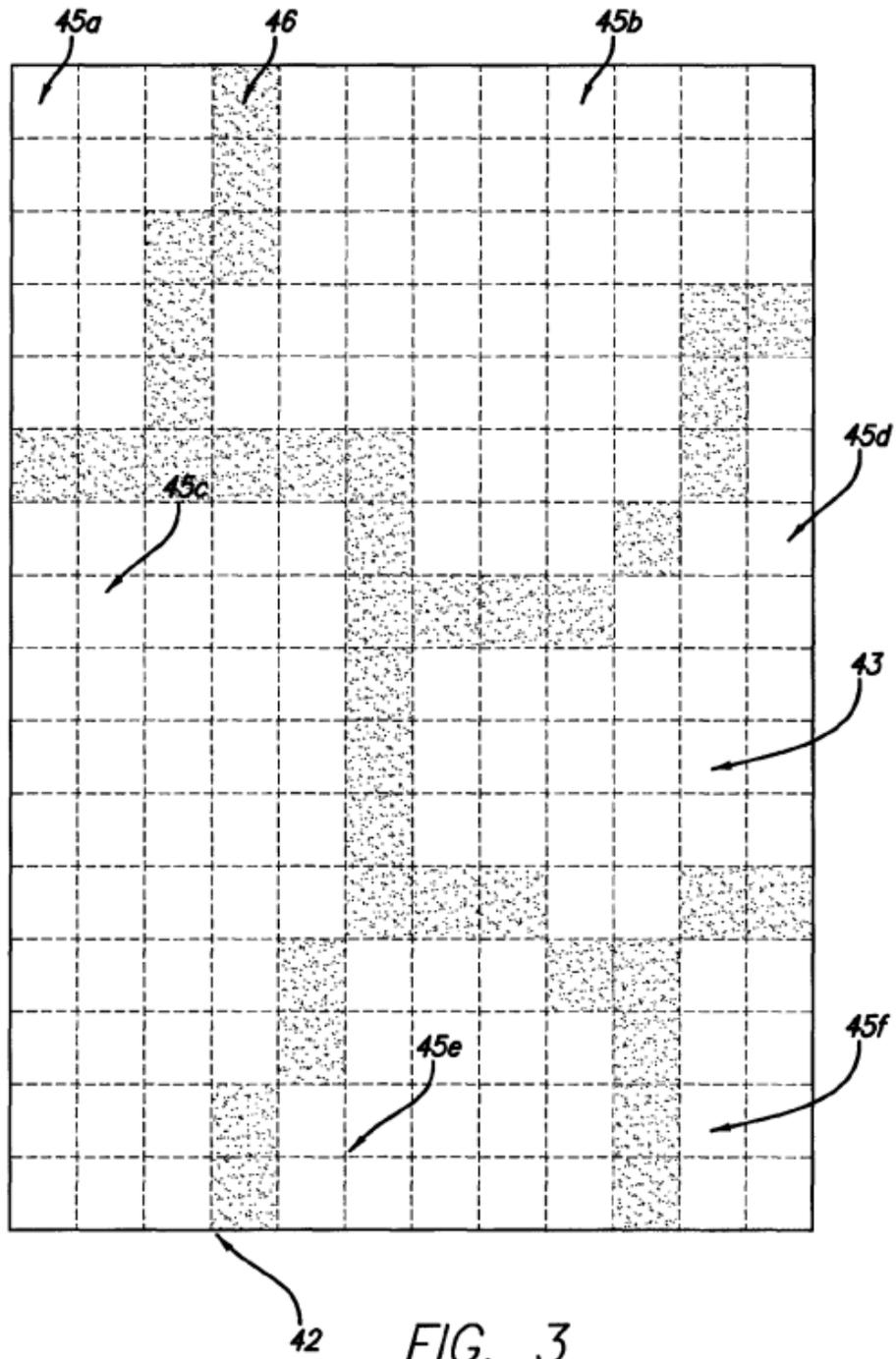
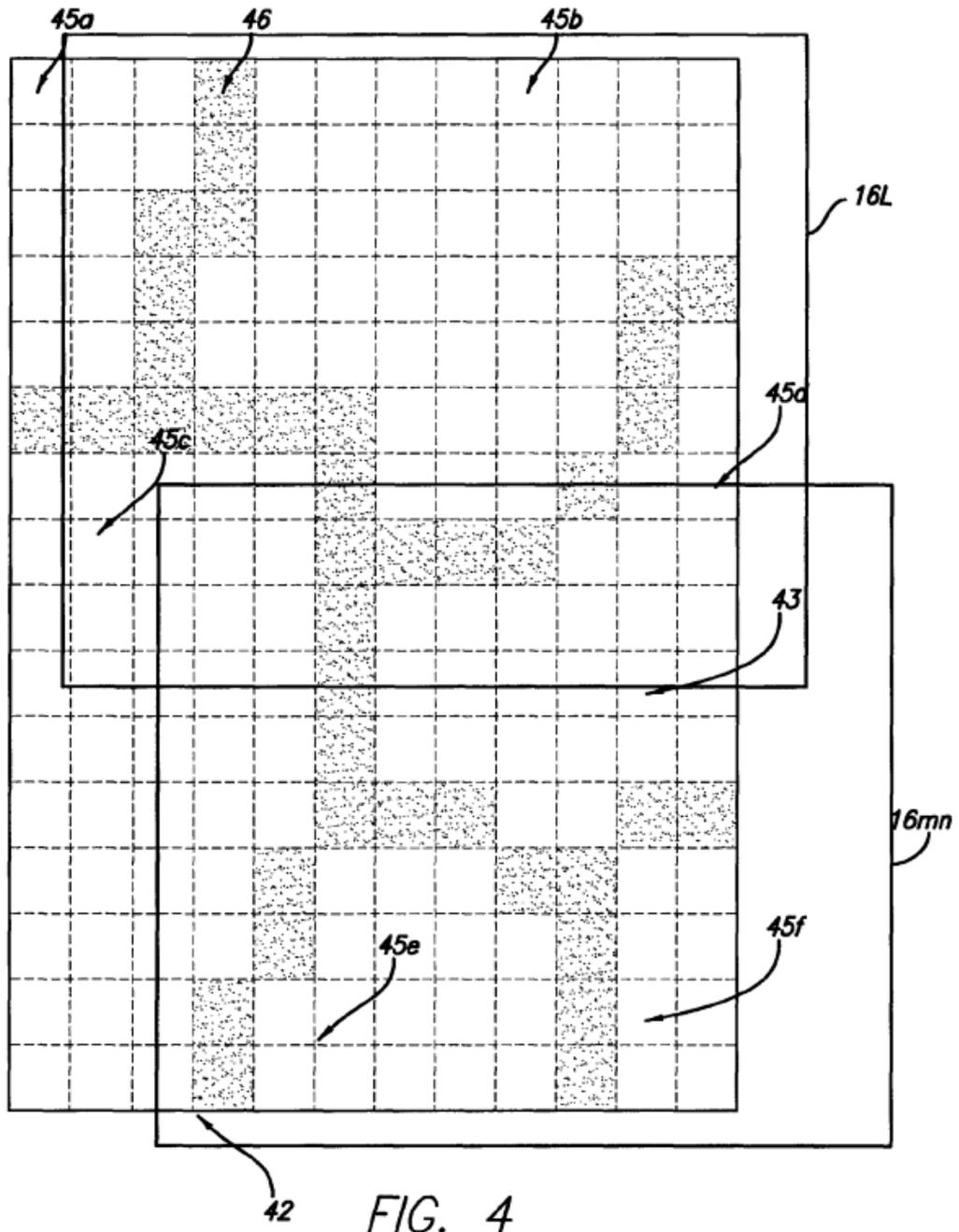


FIG. 3



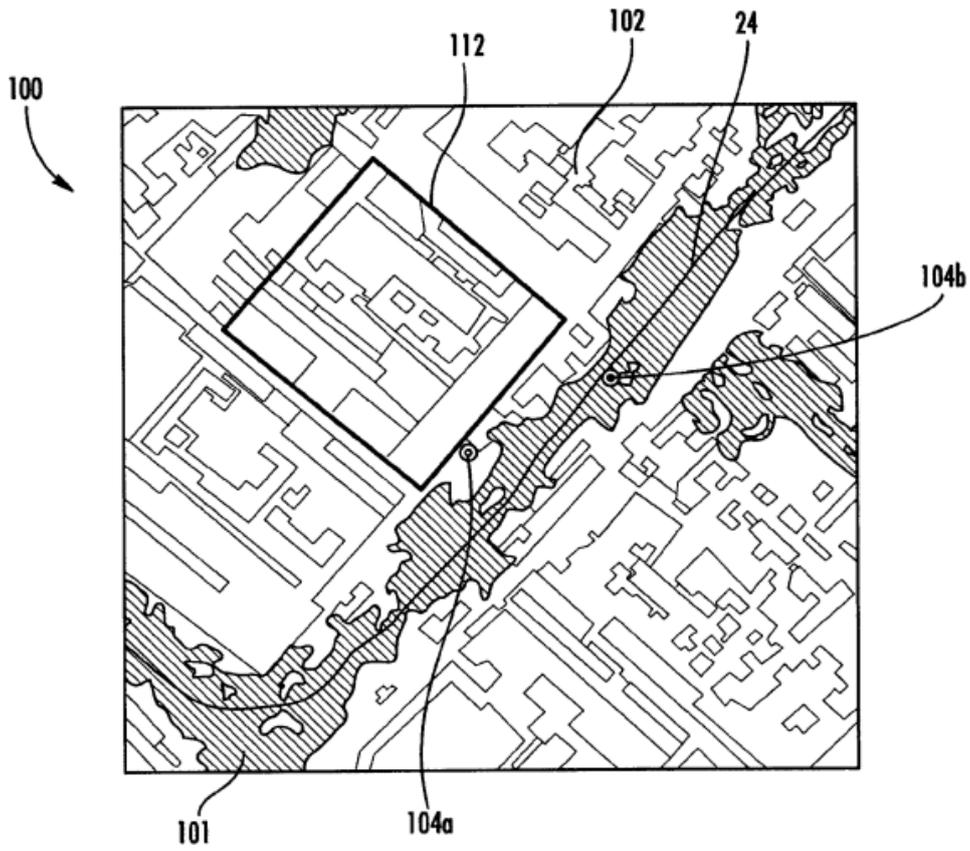


FIG. 5

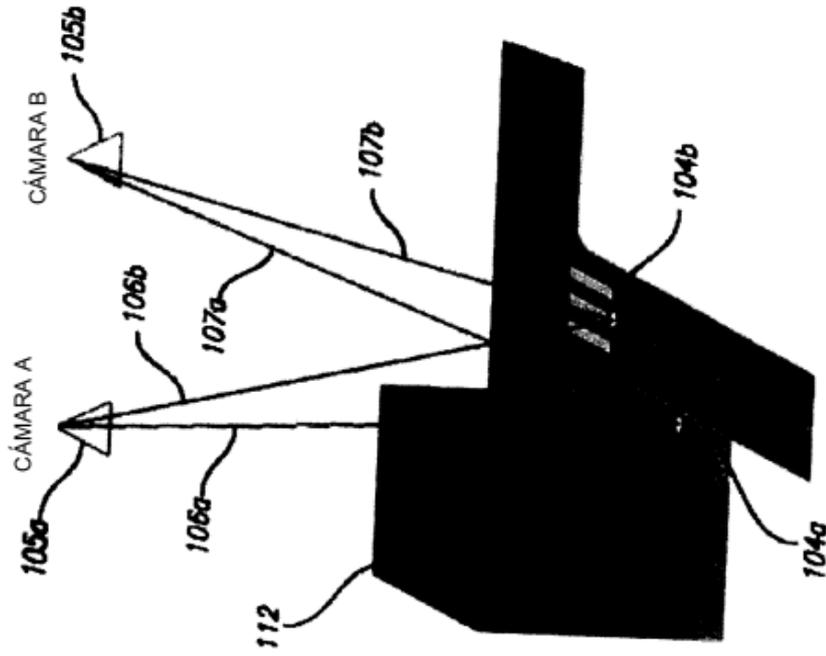


FIG. 6

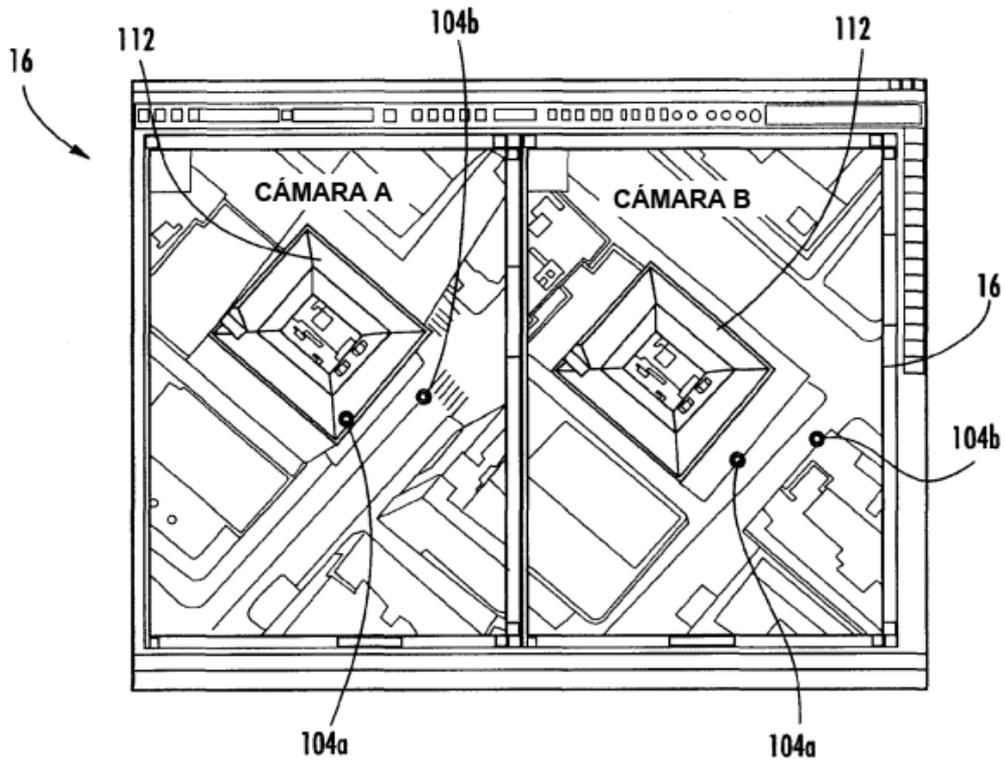


FIG. 7

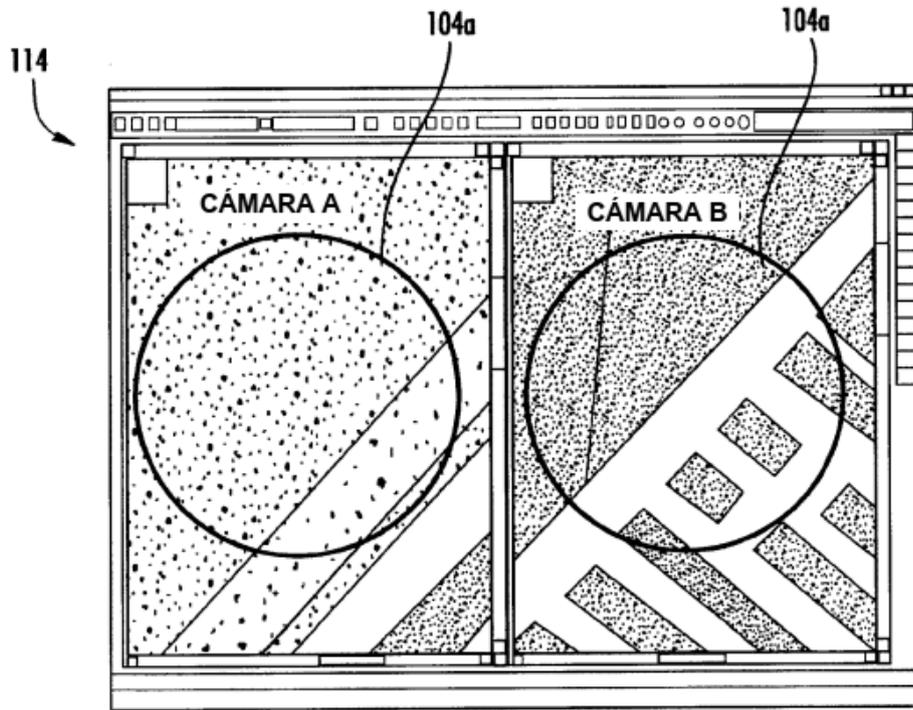


FIG. 8

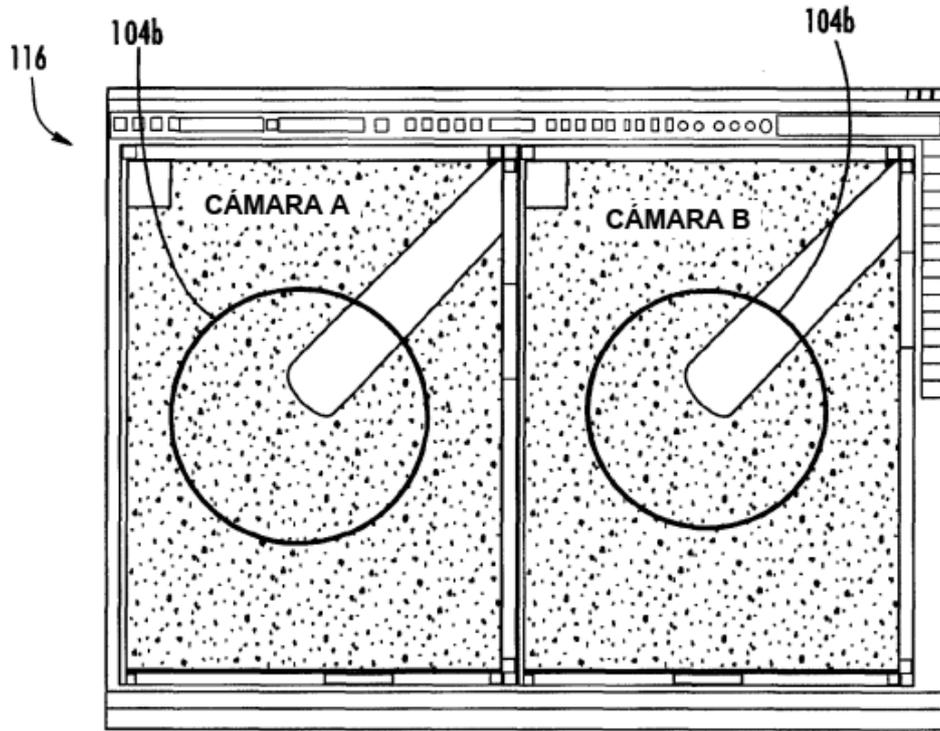


FIG. 9