

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 976 049**

(51) Int. Cl.:

G01N 21/25 (2006.01)
G01N 21/27 (2006.01)
G01N 33/483 (2006.01)
H04N 23/70 (2013.01)
H04N 23/73 (2013.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2015 E 21159681 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2024 EP 3851832**

(54) Título: **Sistema y método para la adquisición de imágenes utilizando la formación de imágenes de alta calidad supervisada**

(30) Prioridad:

30.01.2014 US 201461933426 P

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

22.07.2024

(73) Titular/es:

BD KIESTRA B.V. (100.0%)
Marconilaan 6
9207 JC Drachten, NL

(72) Inventor/es:

MARCELPOIL, RAPHAEL R.;
ORNY, CEDRICK y
MOREL, DIDIER

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 976 049 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

Sistema y método para la adquisición de imágenes utilizando la formación de imágenes de alta calidad supervisada

5 REFERENCIA CRUZADA CON UNA SOLICITUD RELACIONADA

La presente solicitud reivindica el beneficio de la fecha de presentación de la solicitud provisional estadounidense con n.º 61/933.426, presentada el 30 de enero de 2014.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La obtención de imágenes de alto intervalo dinámico (HDR) es una técnica de obtención de imágenes digitales que capta un intervalo dinámico mayor entre las áreas más claras y más oscuras de una imagen. Un proceso para optimizar automáticamente un intervalo dinámico de intensidad de píxeles obtenido de una imagen digital se describe en la 15 patente de los Estados Unidos n.º 7.978.258 de Christiansen, *et al.* La HDR toma varias imágenes a diferentes niveles de exposición y usa un algoritmo para unirlas para crear una imagen que tiene puntos oscuros y claros, sin comprometer la calidad de ninguno de los dos. Sin embargo, la HDR puede presentar una distorsión de la realidad porque distorsiona la intensidad de la imagen en general. Por consiguiente, se siguen buscando técnicas de HDR que 20 mejoren el contraste sin distorsionar la intensidad de la imagen.

20 Las técnicas para mejorar una imagen de una muestra biológica se describen en el documento WO 2012/152769 de Allano, *et al.* Entre los problemas con la obtención de imágenes de dichas muestras identificados en Allano *et al.* están:

- 25 i) el tamaño de las colonias que se están viendo;
- ii) la proximidad de una colonia a otra;
- iii) la mezcla de colores de las colonias;
- iv) la naturaleza de la placa de Petri; y
- v) la naturaleza del medio de cultivo; así como otros factores.

30 La solución propuesta en Allano *et al.* al problema de la obtención de imágenes de una muestra biológica es preparar una imagen fuente creada a partir de imágenes obtenidas en cada color, eliminar los efectos de absorción predeterminados para el medio de cultivo y el recipiente de cultivo y determinar un valor para el flujo de fotones y el tiempo de exposición usando una exposición predeterminada para obtener una imagen que luego se disecciona en 35 zonas de luminosidad. A partir de eso, la luminosidad de la imagen se obtiene y se utiliza para determinar si el valor del flujo de fotones y el tiempo de exposición utilizados fue correcto o si se debe utilizar un nuevo valor para el flujo de fotones y el tiempo de exposición para la captación de imágenes.

40 El problema con las técnicas anteriores es que no proporcionan un sistema con la capacidad de proporcionar condiciones de formación de imágenes que puedan detectar cambios muy sutiles en el contraste que se requieren para la detección/identificación basada en imágenes de microbios en medios de crecimiento. Debido a que la evidencia de microbios basada en imágenes y/o su crecimiento en los medios es (o al menos puede ser) difícil de detectar, se buscan técnicas más sólidas para obtener imágenes de dichas muestras.

45 El documento US 2010/0136549 A1 describe un método para la cuantificación reproducible de la expresión de biomarcadores en una muestra de tejido.

BREVE COMPENDIO DE LA INVENCIÓN

50 En el presente documento, se describe un sistema y un método que mejoran la captación de imágenes para imágenes con contraste bajo o variable. Un ejemplo de un entorno de imágenes tan desafiante es el de las colonias bacterianas que crecen en placas de crecimiento de agar. Las colonias bacterianas reflejan la luz de manera diferente al agar. Adicionalmente, las colonias bacterianas pueden variar de colores claros a oscuros y reflejan la luz de manera diferente que el agar. El tiempo para captar una imagen de una colonia es corto (aproximadamente un segundo). Normalmente, se toma una imagen de la placa de crecimiento cada 3 a 6 horas.

55 Una imagen se adquiere en una serie de N adquisiciones de imágenes en cada intervalo de tiempo "x" (es decir, t_0, t_1, \dots, t_x). La primera adquisición ($N = 1$) utiliza valores por defecto para la intensidad de la luz y el tiempo de exposición, lo que se denomina en el presente documento "flujo de fotones y tiempo de exposición". El valor del flujo de fotones define el número de fotones que llegan a la escena por unidad de tiempo y unidad de área ($(\text{cantidad de fotones}) \cdot (\text{tiempo}^{-1}) \cdot (\text{área}^{-1})$). El momento es el tiempo de integración en el sensor de la cámara. El tiempo de exposición determina el número de fotones captados por el sensor para la adquisición de un cuadro. Dicho de otra manera, el flujo de fotones es el caudal de fotones de la fuente de luz y el tiempo de exposición influye en la cantidad de fotones recibidos por el sensor para la adquisición de imágenes. Para un flujo de fotones dado, el tiempo de exposición controla la intensidad de la imagen.

65 Un experto en la técnica conoce muchas formas diferentes de controlar el flujo de fotones para influir en la intensidad

de la imagen. Como se ha indicado anteriormente, una técnica controla el tiempo de exposición de la imagen. Existen otras técnicas que se pueden utilizar para controlar la intensidad de la luz transmitida al sensor. Por ejemplo, filtros, aberturas, etc. se utilizan para controlar el flujo de fotones, que a su vez, controlan la intensidad. Dichas técnicas son sobradamente conocidas por el experto en la técnica y no se describen en detalle en el presente documento. Para los 5 propósitos de las realizaciones de la invención descritas en el presente documento, la intensidad de la luz se establece constante y el tiempo de exposición es la variable utilizada para controlar la integración del flujo de fotones.

En las realizaciones en las que el flujo de fotones se controla controlando el tiempo de exposición, los valores del 10 tiempo de exposición inicial se obtienen de la calibración del sistema. El sistema se calibra mediante una biblioteca de placas de calibración. La calibración de referencia se obtiene en función del tipo de placa y el tipo de medio. Cuando el sistema se utiliza para interrogar nuevas placas de crecimiento, se seleccionan los datos de calibración para un tipo 15 de placa y de medio en particular. A este respecto, las placas de crecimiento pueden ser: monoplacas (es decir, para un medio); biplacas (dos medios); triplacas (tres medios), etc. Cada tipo de placa de crecimiento presenta desafíos de imagen únicos. La calibración proporciona un tiempo de exposición predeterminado para captar la primera imagen (imagen N = 1) de la placa de crecimiento. La calibración también hace posible que el sistema (o el operador del sistema) determine qué partes de la imagen son la placa (es decir, no el fondo) y, de las partes de la placa de la imagen, qué porciones son medios (los nutrientes utilizados para cultivar las colonias) y qué porciones son, al menos potencialmente, colonias.

20 La imagen N = 1 de una placa de crecimiento se capta utilizando los valores por defecto obtenidos de la calibración. Si se utiliza una técnica de promediado para captar las imágenes digitales de la placa de crecimiento, los píxeles brillantes tendrán una mejor relación señal/ruido (SNR) que los píxeles oscuros. En el método descrito en el presente documento, las señales están aisladas para píxeles individuales, independientemente de si los píxeles son claros u oscuros. Para un número predeterminado de píxeles, se determinan la intensidad, el tiempo de exposición y la SNR. 25 Se prepara un "mapa" de estos valores en el contexto de la imagen. De este mapa, se selecciona un nuevo tiempo de exposición que preferiblemente no saturará más de una fracción predeterminada de píxeles para la adquisición de imágenes N+1. Preferiblemente, se determina un tiempo de exposición en el que solo una fracción muy pequeña de píxeles (o menos) está saturada y se utiliza para captar la imagen final.

30 A partir de esto, se genera un mapa de la SNR para cada píxel donde se actualiza la SNR (es decir, se refina el valor de gris y se mejora la SNR para los píxeles no saturados) para cada píxel no saturado. Se simula una imagen basada en este mapa.

35 Se utiliza un algoritmo de función de optimización para asignar cada intensidad de valor de gris para cada píxel al tiempo de exposición requerido correspondiente a la SNR óptima para el píxel. El algoritmo de optimización comienza mirando la imagen inicial (N=1), que se captó utilizando el tiempo de exposición por defecto predeterminado. Se genera un mapa de intensidad, exposición, y SNR para toda la imagen. El tiempo de exposición para cada píxel se ajusta en función de la imagen N y se capta otra imagen (N+1). Como se indicó anteriormente, se elige el nuevo tiempo de exposición que saturará las señales de las partes oscuras, resultando en una sobreexposición de las partes claras. El 40 mapa de intensidad, el mapa de exposición y el mapa de SNR se actualizan para cada píxel. Este es un proceso iterativo y las imágenes se adquieren hasta que se alcanza la SNR máxima para cada píxel de la imagen, o se alcanza el número máximo de imágenes, o se alcanza el tiempo máximo asignado.

45 Esencialmente, los puntos oscuros permanecen oscuros, los puntos brillantes permanecen brillantes y se mejora la SNR. El medio de cultivo de agar actúa como fondo para las imágenes digitales. Un píxel en la imagen que es diferente de alguna manera (es decir, una intensidad diferente) de las imágenes anteriores indica que la colonia está creciendo o que hay contaminación (p. ej., polvo) en la placa. Esta técnica se puede utilizar para mirar varias placas a la vez.

50 Como la SNR se mejora significativamente, se pueden revelar detalles (con confianza) que no se podrían ver o en los que no se podría confiar, lo que permite la detección de colonias pequeñas muy tempranas en imágenes de placas cronometradas. Los sistemas y métodos también proporcionan imágenes correspondientes a un tiempo de exposición óptimo que corresponde a una saturación específica y controlada sobre la escena u objeto de interés.

55 Una vez que la adquisición de la imagen en el momento t_0 ha finalizado, el proceso de adquisición de imágenes iterativa se detiene durante ese intervalo de tiempo. Cuando el intervalo de tiempo predeterminado de t_0 a t_1 ha transcurrido, el proceso iterativo de adquisición de imágenes se repite hasta que se obtiene la confianza deseada en la integridad de la imagen adquirida de este modo. La relación señal/ruido es inversamente proporcional a la desviación estándar (es decir, $SNR = gv'/desviación\ estándar$). Por lo tanto, una adquisición de imagen que produce una SNR máxima por píxel (es decir, una desviación estándar mínima por píxel) proporcionará una imagen con una alta 60 confianza asociada con un tiempo "Tx". Por ejemplo, si se obtiene una imagen de SNR alta para una placa que se ha incubado durante cuatro horas ($T_1 = 4$ horas). Se obtiene otra imagen de SNR alta de la misma placa después de que la placa se haya incubado durante cuatro horas más ($T_x = 8$ horas).

65 Una vez se obtiene una imagen asociada con un tiempo posterior (T_{x+1}), esa imagen (o al menos los píxeles seleccionados de la imagen asociada con un objeto de interés) se puede comparar con la imagen asociada con el tiempo anterior (T_x) para determinar si la imagen posterior proporciona evidencia de crecimiento microbiano y para

determinar el procesamiento posterior de la placa.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

- 5 La Figura 1 es una descripción esquemática de un sistema de tres módulos para la adquisición y presentación de imágenes de acuerdo con una realización de la presente invención;
 la Figura 2 es un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema para el sistema de tres módulos ilustrado en la Figura 1;
 10 la Figura 3 es una descripción de las funciones del módulo de calibración ilustrado en la Figura 1 para calibración de iluminación, calibración de la óptica y calibración de la cámara de acuerdo con una realización de la presente invención;
 la Figura 4 es una ilustración de los datos determinados a partir de las placas de calibración para calibrar el sistema de la Figura 1 de acuerdo con una realización;
 15 la Figura 5 es una descripción de las funciones del módulo de adquisición de imágenes ilustrado en la Figura 1 de acuerdo con una realización de la presente invención;
 la Figura 6 es un esquema del método de adquisición de imágenes usando el sistema de la Figura 1 de acuerdo con una realización;
 la Figura 7 es una descripción más detallada de las funciones realizadas por el módulo de adquisición de imágenes ilustrado en la Figura 5,
 20 la Figura 8 ilustra el método para elegir el siguiente tiempo de adquisición de imágenes de acuerdo con una realización;
 la Figura 9 es una descripción de las etapas dadas para finalizar la adquisición de imágenes; y
 la Figura 10 es un esquema de flujo de proceso de cómo determinar la integridad del sistema.

25 DESCRIPCIÓN DETALLADA

El sistema descrito en el presente documento puede implementarse en sistemas ópticos para obtener imágenes de muestras de microbiología para la identificación de microbios y la detección del crecimiento microbiano de dichos microbios. Hay muchos de estos sistemas disponibles comercialmente, que no se describen en detalle en este 30 documento. Un ejemplo es el sistema de imágenes e incubación inteligente BD Kiestra™ ReadA Compact (incubador de 2^a generación BD Kiestra™). Dichas plataformas de formación de imágenes ópticas han estado disponibles comercialmente durante muchos años (originalmente CamerA PrimerA de Kiestra® Lab Automation) y, por lo tanto, son sobradamente conocidas por los expertos en la técnica y no se describen en detalle en este documento. En una 35 realización, el sistema es un medio legible por ordenador no transitorio (p. ej., un programa de *software*) que coopera con un dispositivo de adquisición de imágenes (p. ej., una cámara), que proporciona imágenes de alta calidad de una imagen al interactuar para proporcionar una relación señal/ruido (SNR) máxima para cada píxel de la imagen. Para cada píxel y cada color (p. ej., canal), la intensidad y el tiempo de exposición se registran y el sistema predice el siguiente mejor tiempo de exposición para mejorar la SNR de toda la escena o de los objetos de interés en la escena. Un experto en la técnica apreciará que los múltiples valores obtenidos por píxel dependerán de los píxeles y del 40 sistema de formación de imágenes. Por ejemplo, en un sistema de imágenes RGB, se obtienen valores para cada canal (es decir, rojo, verde o azul). En otros sistemas, los valores se obtienen para diferentes bandas espectrales o longitudes de onda.

Inicialmente, el sistema está calibrado. El experto en la técnica conoce bien la calibración de sistemas de formación 45 de imágenes como el que se describe en este documento. Se conocen varios enfoques de calibración. En este documento se describen ejemplos de calibración del sistema que proporcionan una línea de base contra la cual se evalúan las imágenes captadas. Durante la calibración, se utilizan placas de calibración (p. ej., placas con medio pero sin colonias) y la adquisición de imágenes del sistema se calibra frente a la entrada conocida. Se crea una biblioteca de valores de calibración para cada tipo de medio de placa y los datos de calibración utilizados para una placa en particular se seleccionan en función del medio en la placa de prueba. Tanto el sistema como los datos están calibrados. Para la calibración de datos, se determina la SNR, la linealidad, nivel de negro, etc. para cada píxel de la imagen captada de la placa de calibración. La calibración del sistema incluye, pero sin limitación, distorsión de la lente, 50 aberraciones cromáticas, resolución espacial, etc.

55 Después de la calibración, se adquieren imágenes de nuevas placas. Los píxeles de la imagen se analizan en tiempo real para estimar el tiempo de exposición que mejorará la SNR de los píxeles con una SNR que esté por debajo de un umbral predeterminado o para aquellos píxeles con la SNR más baja. Los sistemas de obtención de imágenes típicos solo conservan los valores de intensidad de los píxeles de la imagen. En las realizaciones descritas en este documento, la intensidad y el tiempo de exposición se registran para cada píxel. Se obtienen imágenes del mismo píxel en diferentes tiempos de exposición y la información de intensidad se combina para generar datos de alta SNR. A partir de esta información, se puede generar una imagen para cualquier tiempo de exposición especificado, o se puede extraer el mejor tiempo de exposición para controlar la saturación de píxeles.

65 Desde un aspecto cuantitativo, debido a una alta SNR, la confianza en variaciones sutiles de intensidad, los colores y la textura se mejoran enormemente, lo que permite un mejor rendimiento del reconocimiento de objetos posterior o la comparación de bases de datos. El análisis se realiza en una escala de grises con comparación tanto con el valor de

gris del píxel en una imagen anterior (es decir, para la imagen N, el valor del píxel en la imagen N-1). Además de la comparación del mismo valor de gris de píxeles en la imagen anterior, el valor de gris de píxel de los píxeles adyacentes también se compara con el valor de gris de píxel para determinar las diferencias (p. ej., la interfaz de colonia/medios).

- 5 La SNR de los objetos de colores oscuros es desigual en los diferentes canales o muy pobre en comparación con los objetos brillantes. Para mejorar esto, el sistema y el método descritos en este documento implementan un módulo de detección de imágenes en el que la detección de objetos se basa en el contraste, la SNR y el tamaño/resolución. La SNR se mejora tanto en las regiones oscuras como en las brillantes. La desviación estándar se reduce y, por lo tanto, el contraste local se vuelve significativo en las regiones brillantes y oscuras. El objetivo aquí es proporcionar un sistema
- 10 que detecte incluso diferencias sutiles entre las imágenes de intervalo de tiempo x y x+1 de una placa que se sospecha que contiene un cultivo en crecimiento. Esas diferencias deben distinguirse del "ruido" que resulta de las variaciones de la señal, pero no de los cambios en la muestra atribuibles a un cultivo en crecimiento. Los sistemas y métodos descritos en el presente documento son especialmente valiosos cuando los objetos de interés en la escena pueden exhibir colores e intensidades muy diferentes (reflectancia o absorbancia).
- 15 Específicamente, el sistema y el método proporcionan una adaptación automática del intervalo dinámico (intervalo dinámico extendido) para adaptarse a la escena. El sistema y el método proporcionan tanto el tiempo de exposición mínimo para saturar el píxel más brillante como el tiempo de exposición máximo para saturar el píxel más oscuro (dentro de las limitaciones físicas y electrónicas del equipo de adquisición de imágenes (p. ej., la cámara)). El sistema y el método proporcionan una convergencia más rápida hacia una SNR mínima por píxel en comparación con el promedio de imágenes. El sistema y el método proporcionan una mayor confianza en los colores. Específicamente, la SNR para rojo, los valores de verde y azul se homogeneizan independientemente de las disparidades de intensidad en los colores rojo, verde y azul.
- 20 Los intervalos de confianza de intensidad se conocen por píxel, lo cual es muy valioso para cualquier esfuerzo de clasificación posterior. La optimización de SNR proporcionada por el sistema y el método se puede supervisar (ponderación de los objetos de interés detectados para calcular los tiempos de exposición de la siguiente adquisición de imágenes).
- 25 Los intervalos de confianza de intensidad se conocen por píxel, lo cual es muy valioso para cualquier esfuerzo de clasificación posterior. La optimización de SNR proporcionada por el sistema y el método se puede supervisar (ponderación de los objetos de interés detectados para calcular los tiempos de exposición de la siguiente adquisición de imágenes).
- 30 La intensidad, el tiempo de exposición y la SNR estimada se determinan a partir de la teoría de la física y la calibración para cada píxel. Para mejorar aún más la calidad de la imagen, la aberración cromática y la distorsión de la lente también se calibran y corrigen para hacer una imagen libre de dichos defectos.
- 35 El sistema y el método pueden controlar la SNR de píxeles para la imagen en un modo automático o en un modo supervisado donde ciertas partes de la imagen son de particular interés. En el modo automático, se optimiza toda la imagen de la escena y todos los píxeles se tratan por igual. En el modo supervisado, la escena se analiza más a fondo cuando se adquiere para detectar los objetos de interés. El aumento al máximo de la SNR favorece a los objetos de las regiones de interés.
- 40 En modo automático, la adquisición de imágenes se detendrá después de que ocurra la primera de las tres condiciones siguientes: (1) se alcanza un nivel mínimo de SNR para todos y cada uno de los píxeles; (2) se ha realizado un número predeterminado de adquisiciones en esta escena; o (3) se ha alcanzado el tiempo máximo de adquisición permitido.
- 45 En lo que respecta a la Figura 1, se ilustra un esquema del sistema de una realización. El sistema 100 tiene tres módulos. El primero es un módulo 110 de calibración del sistema. El módulo de calibración calibra la iluminación de la imagen, la óptica utilizada para recopilar la imagen y los datos de referencia para la nueva placa que está siendo evaluada por el sistema.
- 50 El módulo 120 de adquisición de imágenes está en comunicación con el módulo 110 de calibración del sistema. El módulo de adquisición de imágenes capta una imagen del objeto bajo análisis. La imagen se capta utilizando el tiempo de exposición y otros criterios determinados de la manera que se describe en detalle a continuación en el contexto de ejemplos específicos. Como se ha expuesto anteriormente, la adquisición de imágenes procede de manera iterativa hasta que se alcanza un umbral de SNR predeterminado para cada píxel o hasta que se ha captado un número predeterminado de imágenes. El módulo de presentación de imágenes proporciona la imagen con el mejor intervalo dinámico (es decir, los píxeles no saturados más brillantes que están justo por debajo de la saturación), ya sea globalmente (es decir, en modo automático) o de forma restringida a los objetos de interés (es decir, en modo supervisado).
- 55 En lo que respecta a la Figura 2, tanto los datos externos como las placas de calibración (es decir, el intervalo de combinaciones de placas de prueba y medios de cultivo) se utilizan para calibrar el sistema. A partir de la calibración, se determinan tanto la calibración del sistema como la calibración de los datos. Los valores de calibración del sistema y de los datos se utilizan en la adquisición de imágenes para una nueva placa. La calibración se utiliza para validar la nueva imagen en términos del mapa de imagen (es decir, qué píxeles son regiones fuera de la placa, cuáles están dentro de la placa pero medios sin colonias y qué regiones revelan colonias).
- 60 La Figura 3 ilustra, además, los aspectos específicos del equipo del sistema que se calibran. Para los uno o más
- 65

componentes de iluminación 111, se determina el tiempo de calentamiento, la intensidad (λ) = f (potencia de entrada) y la homogeneidad del campo. De nuevo, para las placas de prueba, el medio debe ser homogéneo para la región aplicable (es decir, toda la placa para una monoplaca, la mitad de la placa para una biplaca y un tercio de placa para una triplaca). Para la calibración de la óptica 112, se determina la alineación, las aberraciones cromáticas y las

5 distorsiones geométricas. Para la calibración de la cámara 113, se determinan los niveles de referencia. Dichos datos de referencia son: tiempo de calentamiento; linealidad (relación fija de valores de gris y número de fotones que llegan al sensor) y nivel de negro en función del tiempo de exposición, la SNR en función de la intensidad de los píxeles; homogeneidad de campo; aberraciones cromáticas; y las distorsiones geométricas se determinan todas como una referencia frente a la cual se evalúa la imagen adquirida. Dichos datos de referencia son sobradamente conocidos por el experto en la técnica y no se describen con más detalle.

10 La Figura 4 hay más detalles sobre las entradas en el sistema de calibración (es decir, información del sistema, la biblioteca de placas de calibración y otras entradas). Para cada placa de calibración, se obtiene una imagen y a cada píxel se le asignan valores para el nivel de negro, la SNR, la linealidad y la iluminación. Para los valores del modelo 15 del sistema (es decir, no píxel por píxel) que reflejan factores del sistema como la distorsión, se determinan aberraciones cromáticas, la resolución espacial y el balance de blancos. Todos estos valores se recopilan para proporcionar un sistema calibrado y datos calibrados para su uso en la evaluación de placas. Como se indica a continuación, estos valores se utilizan para finalizar la adquisición de imágenes.

20 Más detalles sobre el módulo de adquisición de imágenes se describen en la Figura 5. En la primera etapa, una imagen se adquiere utilizando valores por defecto. A partir de esta primera imagen, se determina la intensidad, el tiempo de exposición y la SNR para cada píxel. La intensidad se determina restando el "nivel de negro" del píxel de un valor de intensidad medido. El nivel de negro y la SNR se obtienen de la calibración descrita anteriormente.

25 La adquisición de imágenes se produce en los momentos $t_0, t_1 \dots t_x$. En cada momento, una imagen se adquiere mediante una serie de N adquisiciones de imágenes. La serie de adquisiciones de imágenes N itera a una SNR para la imagen adquirida que se correlaciona con una alta confianza en la integridad de la imagen.

30 La adquisición de imágenes en un momento dado (p. ej., t_0) y la actualización se ilustra en la Figura 6. La imagen de una nueva placa 610 se adquiere en la etapa 620. La adquisición de imágenes es notificada por el sistema 630 y la calibración de datos 640. Las condiciones del tráfico de placas (es decir, el número de placas por unidad de tiempo) también se utilizan para calibrar y controlar el sistema. En un momento posterior durante el proceso de adquisición de imágenes, se adquiere una imagen posterior 650 y se compara con la imagen anterior (ya sea automáticamente o supervisada). Normalmente, habrá de cuatro a diez adquisiciones de imágenes en cada intervalo de tiempo para 35 obtener una imagen con una confianza aceptable. Una vez que se obtiene la SNR deseada para el objeto seleccionado, el tiempo de exposición se determina para la adquisición de imagen final 660.

40 De acuerdo con una realización, los píxeles se actualizan de la siguiente manera. El valor de gris, el tiempo de exposición de referencia y la relación señal/ruido representan la información almacenada para cada configuración de iluminación (arriba, lateral, abajo, o una mezcla de ellos) por placa (objeto de imagen). Esta información se actualiza después de cada nueva adquisición. Para empezar, esta información se actualiza utilizando la primera adquisición de imagen ($N=1$).

45 El valor de gris, el tiempo de exposición de referencia y la relación señal/ruido representan la información almacenada para cada configuración de iluminación (arriba, lateral, abajo, o una mezcla de ellos) por placa. Esta información se actualiza después de cada nueva adquisición. Para empezar, esta información se inicializa de acuerdo con la primera adquisición de imagen ($N=1$). En una realización, $gv_{x,y,1}$ es un valor de gris (gv) en la posición de la imagen (x, y) correspondiente a la 1.^a captación de imagen ($N=1$) de la placa usando el tiempo de exposición E_1 y la respectiva relación señal/ruido (SNR_{gv}). En esta realización:

50

- $negro_{x,y,E_1}$ es el punto de valor de referencia de negro en (x, y) correspondiente al tiempo de exposición E_1 ;
- $E'_{x,y,1}$ es el punto de tiempo de referencia actualizado en (x, y) después de 1 adquisición;
- gv'_{x,y,E_1} el valor de gris actualizado en x, y después de 1 adquisición en $E'_{x,y,1}$ tiempo de exposición equivalente;
- $SNR'_{x,y,1}$ es la SNR actualizada en x, y después de 1 adquisición;

$$E'_{x,y,1} = E_1$$

$$gv'_{x,y,1,E'_{x,y,1}} = gv_{x,y,1} - negro_{x,y,E_1}$$

60

$$SNR'_{x,y,N} = \begin{cases} SNR_{gv_{x,y,1}} & \\ 0 \text{ si } gv_{x,y,1} \text{ se satura} & \end{cases}$$

El nivel de negro es ruidoso y el proceso de adquisición de imágenes iterativo obtiene una imagen que es "menos ruidosa" (es decir, una imagen con un nivel de confianza más alto). El valor de negro es un valor predeterminado que no se vuelve a calcular durante la adquisición de imágenes. El valor de negro es función del tiempo de exposición.

5 SNR = 0 cuando un píxel se está saturando durante un tiempo de exposición determinado (por lo tanto, no mejora la SNR) y la intensidad de la fuente de luz. Solo se actualizan los valores de los píxeles no saturados.

N=1: El tiempo de exposición inicial es el tiempo de exposición predeterminado más conocido (a priori), o un valor arbitrario (p. ej.: $\frac{\text{Tiempo de exposición máx} + \text{tiempo de exposición mín}}{2}$). Esto se determina a partir de la calibración de la placa y 10 el medio en particular para la nueva placa bajo análisis.

El valor de gris, el tiempo de exposición de referencia y la relación señal/ruido se actualizan después de cada nueva adquisición de imágenes (es decir, N=2, 3, 4 ... N) de acuerdo con la siguiente realización. El valor de gris $gv_{x, y, N}$ para 15 la posición de la imagen (x, y) corresponde a la enésima captación de imagen de la placa usando el tiempo de exposición E_N y la respectiva relación señal/ruido ($SNR_{x, y, N}$). En esta realización:

- $black_{x, y, E_N}$ es el punto de valor de referencia negro en (x, y) correspondiente al tiempo de exposición E_N ;
- $E'_{x, y, N}$ es el punto de tiempo de referencia actualizado en (x, y) después de N adquisiciones;
- gv'_{x, y, N, E_N} es el valor de gris actualizado en (x, y) después de N adquisiciones en $E'_{x, y, N}$ tiempo de exposición 20 equivalente; y
- $SNR'_{x, y, N}$ es la SNR actualizada en x, y después de N adquisiciones.

$$E'_{x, y, N} = \begin{cases} \text{MÍN}(E'_{x, y, N-1}, E_N) & \text{si } gv'_{x, y, N-1, E_{x, y, N-1}} \text{ o } gv_{x, y, N} \text{ se saturan} \\ \text{MÁX}(E'_{x, y, N-1}, E_N) & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

25

$$gv'_{x, y, N, E_{x, y, N}} = E'_{x, y, N} \times \frac{\frac{gv'_{x, y, N-1, E'_{x, y, N-1}} \times SNR'_{x, y, N-1}^2}{E'_{x, y, N-1}} + \frac{gv_{x, y, N} - \text{negro}_{x, y, E_N}}{E_N} \times SNR_{x, y, N}^2}{SNR_{x, y, N-1}^2 + SNR_{x, y, N}^2}$$

$$SNR'_{x, y, N} = \sqrt{SNR_{x, y, N-1}^2 + SNR_{x, y, N}^2}$$

Por lo tanto, la SNR actualizada para un píxel en la adquisición de imagen enésima es la raíz cuadrada de la relación señal/ruido actualizada al cuadrado de la adquisición de imagen anterior y la relación señal/ruido al cuadrado de la 30 adquisición de imagen actual. Cada adquisición proporciona un valor actualizado (p. ej., $E'_{x, y, N}$) para cada píxel. Ese valor actualizado se utiliza luego para calcular el valor actualizado para la siguiente adquisición de imágenes. SNR = 0 para un píxel cuando un píxel se está saturando durante un tiempo de exposición y una intensidad de fuente de luz 35 determinados. Solo se actualizan los píxeles no saturados. El N-ésimo tiempo de exposición corresponde a una optimización supervisada cuyo objetivo es aumentar al máximo la SNR para los objetos de interés. El objeto de interés puede ser la placa completa, las colonias, una parte de la placa, o la imagen completa.

Después de actualizar los datos de la imagen con una nueva adquisición, el sistema de adquisición es capaz de 40 proponer el mejor tiempo de adquisición siguiente que aumentaría al máximo la SNR de acuerdo con las restricciones ambientales (SNR mínima requerida, restricciones de saturación, tiempo de adquisición máximo permitido, región de interés). En realizaciones en las que se supervisa la adquisición de imágenes: $x, y \in \text{objeto}$ implica que en modo supervisado, los píxeles del objeto solo se tienen en cuenta para las evaluaciones. En aquellas realizaciones en las que la adquisición de imágenes no está supervisada, el objeto predeterminado es la imagen completa.

45 Con referencia a la Figura 7, del análisis de la imagen adquirida, el tiempo de exposición para la siguiente imagen (N+1) en la serie de adquisición de imágenes en un intervalo de tiempo dado se determina utilizando el modo automático o el modo supervisado descrito anteriormente. En lo que respecta a la Figura 7, para el proceso automatizado, cada píxel se pondera por igual (es decir, se le asigna un valor de 1). Para el enfoque supervisado, los píxeles asociados con objetos (p. ej., cultivos) se ponderan de manera diferente. El proceso supervisado requiere 50 etapas de imágenes adicionales. Si una fracción significativa (p. ej., más de 1 en 100 000) de píxeles se satura y sus pesos no son 0, luego se propone un nuevo tiempo de exposición que es menor (p. ej., 1/5) que el tiempo de exposición mínimo anterior utilizado para captar la imagen. Este ajuste mejora la probabilidad de obtener información no saturada para los píxeles saturados. En realizaciones alternativas se calcula un nuevo tiempo de exposición. Si no hay una saturación de píxeles significativa, entonces, para cada píxel, a partir del mapa de exposición e intensidad, se determina el tiempo máximo de exposición que no dará como resultado la saturación de píxeles. A partir de esto, se

determina un tiempo de exposición para la imagen y se simula una imagen de intensidad. A partir de esto, se determina el mapa de SNR ponderado correspondiente.

5 En lo que respecta a la Figura 8, la imagen de la muestra se utiliza para actualizar los datos de la imagen, píxel por píxel, en el mapa de imágenes. Luego, los datos de la muestra se envían al analizador de imágenes y el análisis de imágenes se realiza según las restricciones predeterminadas en la SNR para cada pixel, otras limitaciones de saturación, restricciones de objeto, etc. y limitaciones de tiempo o tráfico (es decir, la duración de la captación y el análisis).

10 En una realización específicamente, la imagen adquirida se analiza píxel a píxel en busca de píxeles saturados. Si E_N da como resultado una saturación de píxeles que supera los límites predeterminados, se selecciona un valor más bajo para E_{N+1} . Por ejemplo, si aún no se ha adquirido el tiempo de exposición mínimo y el % de píxeles saturados ($gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}=gv_{sat}}$) excede el límite predeterminado (p. ej. $> 1/10^5$) se propone un nuevo tiempo de exposición con un incremento predeterminado (por ejemplo, una quinta parte del tiempo de exposición mínimo utilizado anteriormente).
 15 El límite inferior (es decir, el tiempo de exposición mínimo aceptable) también está predeterminado. Estas limitaciones en el tiempo de exposición permiten una convergencia más rápida hacia condiciones de adquisición de imágenes no saturadas.

20 Se adquiere una nueva imagen en el nuevo tiempo de exposición. Para la nueva imagen, las restricciones secundarias comprobadas son la SNR mínima deseada por píxel (este es el umbral de SNR más bajo) y el tiempo de adquisición general (o $N_{máx.}$) permitido para esta imagen. Si el tiempo de adquisición total para esta escena ha alcanzado el límite de tiempo o si cada SNR actualizado para cada píxel es tal que $SNR'_{x,y,N} > MínSNR$, entonces los datos de la imagen se consideran aceptables y la adquisición de la escena finaliza durante el intervalo de tiempo (p. ej., t_0). Cuando la adquisición de imágenes comienza en el momento t_0 (p. ej., tiempo t_1) el mejor tiempo de exposición (E_{final}) que conduce a condiciones de subsaturación de la adquisición anterior (p. ej., en el tiempo t_0) la exposición se utiliza como valor inicial para E . El proceso de adquisición de imágenes en t_0 por lo demás, es idéntico al proceso en el tiempo t_0 .

25 Si se elimina la restricción de saturación (sin saturación significativa), se determina e investiga el siguiente tiempo de exposición óptimo. En primer lugar, los límites del límite del tiempo de exposición se calculan sobre la región de interés.
 30 Estos límites de tiempo de exposición son: i) el tiempo de exposición para saturar los píxeles más brillantes; y ii) el tiempo de exposición para saturar los píxeles más oscuros.

35 El tiempo de exposición para saturar los píxeles no saturados más brillantes, $E_{mín}$ se determina a partir del valor de gris $gv_{máx}$ que corresponde a la intensidad máxima absoluta y $E'_{gv_{máx}}$ (su tiempo de exposición relacionado) de lo siguiente:

$$gv_{máx} = gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}} \text{ con } \begin{cases} \frac{gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}}}{E'_{x,y,N}} \text{ es Máximo} \\ E'_{x,y,N} \neq gv_{sat} \end{cases}, E'_{gv_{máx}} = gv_{máx} \text{ relacionado } E'_{x,y,N}$$

$$E_{mín} = E'_{gv_{máx}} \times \frac{gv_{sat}}{\max(gv_{máx}, 1)}$$

40 El tiempo de exposición para saturar los píxeles más oscuros, $E_{máx}$ se determina a partir del valor de gris $gv_{mín}$ que corresponde a la intensidad mínima absoluta y $E'_{gv_{mín}}$ es su tiempo de exposición relacionado:

$$gv_{mín} = gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}} \text{ con } \begin{cases} \frac{gv'_{x,y,N,E'_{x,y,N}}}{E'_{x,y,N}} \text{ es Mínimo} \\ E'_{x,y,N} \neq gv_{sat} \end{cases}, E'_{gv_{mín}} = gv_{mín} \text{ relacionado } E'_{x,y,N}$$

$$E_{máx} = E'_{gv_{mín}} \times \frac{gv_{sat}}{\max(gv_{mín}, 1)}$$

45 El siguiente tiempo de exposición óptimo se elige entre todos los tiempos de exposición candidatos dentro de $E_{máx}$ y $E_{mín}$ por simulación. Específicamente, un tiempo de exposición se determina mediante simulación que aumentará al máximo la SNR media actualizada (para todos los píxeles por debajo del umbral mínimo de relación señal/ruido), después de agregar la imagen simulada en el tiempo de exposición probado $E_{prueba, N+1}$. La imagen simulada en E_{prueba} ,

$N+1$ se genera de la siguiente manera (para todos y cada uno de los píxeles).

Valor de gris $gv_{x,y,N,E'_{x,y,N}}$ son datos de píxeles correspondientes a los datos de imagen actualizados actuales. Si se selecciona un nuevo punto de tiempo $E_{prueba, N+1}$, el valor de gris esperado es:

5

$$gv_{x,y,E_{prueba,N+1}} = \min \left(gv_{x,y,N,E'_{x,y,N}} \times \frac{E_{prueba,N+1}}{E'_{x,y,N}} + \text{negro}_{x,y,E_{prueba,N+1}} \cdot gv_{\text{sat}} \right)$$

Después de actualizar este valor con un valor para el píxel de la imagen simulada en el punto de tiempo $E_{prueba, N+1}$ imagen, la SNR para este píxel (x, y) será:

10

$$SNR'_{x,y,N+1} = \sqrt{SNR'^2_{x,y,N} + SNR^2_{x,y,N+1}}$$

El siguiente mejor tiempo de exposición $E_{mejor, N+1}$ entonces se determina por:

15

$$E_{mejor,N+1} = E_{prueba,N+1} \in [E_{\min}, E_{\max}];$$

con $\sum_{x,y \in \text{objeto}}^{E_{prueba,N+1}} SNR'_{x,y,N+1}$ siendo máximo. Si se supervisa la adquisición y el análisis de imágenes $x, y \in \text{objeto}$ la SNR está integrada solo para los objetos de interés. En modo automático, el objeto es la imagen completa.

20 La Figura 9 describe las etapas finales para la adquisición de imágenes. Esas etapas son técnicas de procesamiento de imágenes convencionales bien conocidas por un experto en la técnica y no se describen en detalle en el presente documento.

25 La Figura 10 ilustra el método mediante el cual se determina la integridad del sistema durante la adquisición de imágenes. Cabe destacar que, una vez que se comprueba la integridad del sistema, las muestras se cargan en el sistema y se captan los datos de las muestras. La captación de datos es notificada por la información de calibración, como se comentó anteriormente. Los datos captados se proporcionan tanto a la verificación de integridad del sistema como a un analizador de eventos del sistema.

30 Una vez que se ha obtenido la imagen como se describe anteriormente, se compara con una imagen de la placa que se ha incubado durante un período de tiempo diferente. Por ejemplo, se obtiene una imagen de una placa como se describe en la presente memoria después de que la placa se haya incubado durante cuatro horas ($T_1=4$). Después de cuatro horas o más, se obtiene otra imagen de la placa como se ha descrito anteriormente ($T_2=8$ horas). La alta imagen SNR obtenida en T_{x+1} luego se puede comparar con la imagen de alta SNR en T_x . Los cambios en las dos imágenes se evalúan para determinar la evidencia de crecimiento microbiano. Decisiones sobre el procesamiento posterior (p. ej., la placa es positiva, la placa es negativa, la placa requiere más incubación) se basan en esta comparación.

35 Aunque la invención en este documento se ha descrito con referencia a realizaciones particulares, debe entenderse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios y aplicaciones de la presente invención. Por lo tanto, debe entenderse que se pueden realizar numerosas modificaciones a las realizaciones ilustrativas y que se pueden idear otras disposiciones sin apartarse del alcance de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) para obtener imágenes de muestras biológicas dispuestas en un medio de cultivo, comprendiendo el sistema:

- 5 un módulo (110) de calibración del sistema configurado para proporcionar valores por defecto para el flujo de fotones y el tiempo de exposición al capturar una imagen de una muestra biológica dispuesta en los medios de cultivo dispuestos en una placa, en el que el módulo (110) de calibración del sistema comprende una biblioteca de tipos de placas y los tipos de medios de cultivo, y los valores predeterminados para el flujo de fotones y el tiempo de exposición se correlacionan con al menos un tipo de placa y al menos un tipo de medio de cultivo en la biblioteca en la que, para cada tipo de placa y tipo de medio de cultivo, se obtiene una imagen y cada píxel se le asignan valores de nivel de negro, SNR, linealidad e iluminación;
- 10 un módulo (120) de adquisición de imágenes que comprende una cámara en el que el módulo (120) de adquisición de imágenes está configurado para adquirir datos de imagen de la muestra biológica para una serie de imágenes durante un intervalo de tiempo determinado, estando el módulo (120) de adquisición de imágenes en comunicación con el módulo de calibración del sistema para recibir los valores asignados; estando configurado el módulo (120) de adquisición de imágenes:
- 15 i) adquirir datos de imagen para una primera imagen usando los valores por defecto para el flujo de fotones y el tiempo de exposición del módulo (110) de calibración del sistema y crear un mapa píxel por píxel de los datos de la imagen en el que se usan los valores asignados, estando cada píxel asociado con una intensidad de píxel, una relación señal/ruido (SNR), un flujo de fotones incidentes y un tiempo de exposición;
- 20 ii) revisar el mapa de los datos de la imagen para identificar píxeles saturados y seleccionar un nuevo flujo de fotones mayor, un nuevo tiempo de exposición mayor, o tanto un nuevo flujo de fotones mayor como un nuevo tiempo de exposición mayor si el número de píxeles saturados es menos que un número de umbral de píxeles de saturación predeterminado o para seleccionar un nuevo flujo de fotones menor, un nuevo tiempo de exposición menor, o bien un nuevo flujo de fotones menor y un nuevo tiempo de exposición menor si un número de píxeles saturados es mayor que un número de umbral de píxeles de saturación predeterminado;
- 25 iii) utilizar el nuevo flujo de fotones, el nuevo tiempo de exposición o ambos para adquirir nuevos datos de imagen para una nueva imagen;
- 30 iv) actualizar el mapa píxel por píxel de los datos de la imagen con una nueva intensidad de píxel, una nueva SNR y el nuevo flujo de fotones, el nuevo tiempo de exposición o ambos;
- 35 v) repetir iterativamente, sujeto al paso vi), pasos ii) a iv) para converger hacia el número de umbral de píxel de saturación predeterminado, en donde el módulo (120) de adquisición de imágenes asigna a cada intensidad de píxel un valor de gris para cada adquisición de imagen, y el valor de gris para cada píxel se actualiza después de cada adquisición de imagen; y
- 40 vi) terminar la adquisición de imágenes, en un momento dado, cuando se haya obtenido un umbral SNR predeterminado para píxeles no saturados, o haya transcurrido un tiempo asignado predeterminado para la adquisición de imágenes o se haya adquirido un número máximo predeterminado de imágenes; y
- 45 un módulo de presentación de imágenes que transforma los datos de imágenes del módulo (120) de adquisición de imágenes en una imagen para su visualización o análisis.
- 50 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el flujo de fotones es un valor de consigna y el sistema controla la integración de sensor de cámara controlando el tiempo de exposición.
- 55 3. El sistema de la reivindicación 1, en el que la SNR se determina para al menos una parte de la imagen de la muestra biológica dispuesta en los medios de cultivo dispuestos en la placa.
- 60 4. El sistema de la reivindicación 1, en el que el módulo (120) de adquisición de imágenes adquiere los datos de imagen de la cámara para al menos uno o más canales o una o más bandas espectrales.
- 65 5. El sistema de la reivindicación 1, en el que el nuevo flujo de fotones se obtiene utilizando el nuevo tiempo de exposición, un nuevo valor de intensidad de luz o ambos.
- 70 6. El sistema de la reivindicación 1, en el que el módulo (120) de adquisición de imágenes está configurado para funcionar en al menos uno de entre un modo automático en el que todos los píxeles se tratan por igual o un modo supervisado, en el que los píxeles de la imagen proporcionada para el análisis son los que se han identificado como asociados con uno o más objetos de interés.
- 75 7. Un método para obtener imágenes de muestras biológicas dispuestas en un medio de cultivo, comprendiendo el método:

- determinar los valores por defecto para el flujo de fotones y el tiempo de exposición al obtener una imagen de una muestra biológica dispuesta en los medios de cultivo soportados en una placa, en donde los valores por defecto son una función de los medios de cultivo y la placa que soporta los medios de cultivo;

5 utilizar un módulo (110) de calibración del sistema que comprende una biblioteca de tipos de placas y tipos de medios de cultivo para determinar los valores por defecto para el flujo de fotones y el tiempo de exposición en función del tipo de al menos una placa y al menos un medio de cultivo, en el que, para cada tipo de placa y tipo de medio de cultivo, se obtiene una imagen y a cada píxel se le asignan valores de nivel de negro, SNR, linealidad e iluminación;

10 adquirir datos de imagen de la muestra biológica correspondientes a una serie de imágenes en una primera vez durante un primer intervalo de tiempo, adquiriendo los datos de imagen de una primera imagen en la serie de imágenes usando valores por defecto para el flujo de fotones y el tiempo de exposición;

15 crear un mapa píxel por píxel de los datos de la imagen, en el que se utilizan los valores asignados, en el que el mapa píxel por píxel comprende una intensidad de píxel, una relación señal/ruido (SNR), tiempo de exposición y un flujo de fotones incidente para cada píxel;

actualizar al menos un valor para el valor del flujo de fotones de la imagen y el valor del tiempo de exposición:

20 i) revisando el mapa de los datos de la imagen para identificar píxeles saturados y seleccionar un nuevo flujo de fotones mayor, un nuevo tiempo de exposición mayor, o bien un nuevo flujo de fotones mayor como un nuevo tiempo de exposición mayor si el número de píxeles saturados es menor que un número de umbral de píxeles de saturación predeterminado o para seleccionar un nuevo flujo de fotones menor, un nuevo tiempo de exposición menor, o bien un nuevo flujo de fotones menor como un nuevo tiempo de exposición menor si una cantidad de píxeles saturados es mayor que un número de umbral de píxeles de saturación predeterminado;

25 ii) utilizando el nuevo flujo de fotones, el nuevo tiempo de exposición o ambos para adquirir nuevos datos de imagen para una nueva imagen;

iii) actualizando el mapa píxel por píxel de los datos de la imagen con una nueva intensidad de píxel, una nueva SNR y el nuevo flujo de fotones, el nuevo tiempo de exposición o ambos;

iv) repitiendo iterativamente, sometiéndose al paso v), pasos i) a iii) para converger hacia el número de umbral de píxeles de saturación predeterminado, en el que el módulo (120) de adquisición de imágenes asigna a cada intensidad de píxel un valor de gris para cada adquisición de imagen, y el valor de gris para cada píxel se actualiza después de cada adquisición de imagen; y

30 v) finalizando la adquisición de datos de imagen, en el primer intervalo de tiempo cuando se ha obtenido un umbral SNR predeterminado para píxeles no saturados, ha transcurrido un tiempo máximo predeterminado asignado para la adquisición de imágenes o se ha adquirido un número máximo predeterminado de imágenes; y

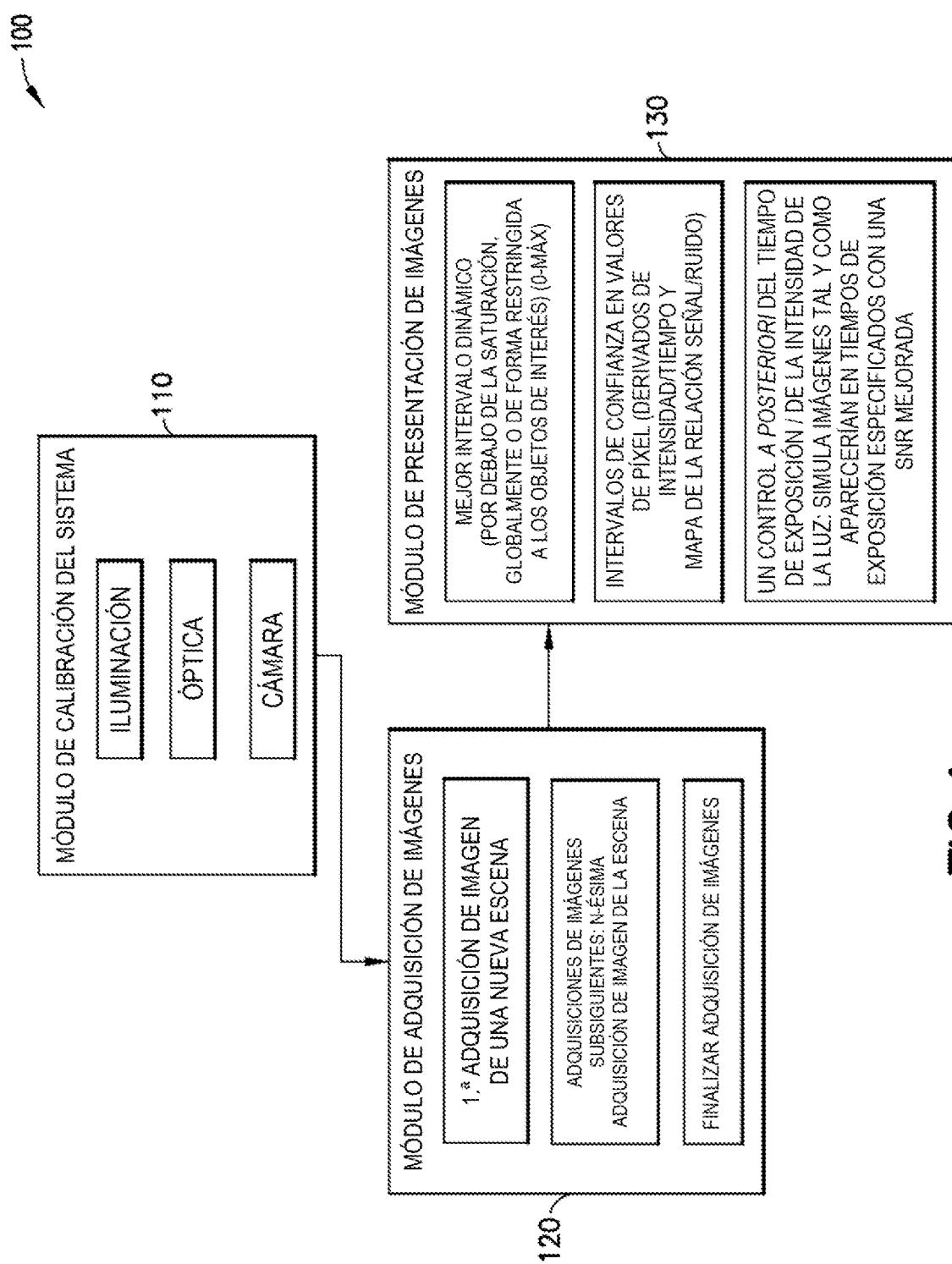
35 transformar los datos de imagen adquiridos en el primer intervalo de tiempo en una primera imagen para su visualización y análisis.

40 8. El método de la reivindicación 7, en el que el valor del flujo de fotones es constante y el valor del tiempo de exposición se actualiza.

45 9. El método de la reivindicación 7, que comprende además determinar los píxeles para los cuales se creará una imagen, en el que los píxeles están asociados con un objeto de interés.

10. El método de la reivindicación 9, en el que los valores por defecto comprenden un nivel de negro para los píxeles asociados con un objeto de interés en un tiempo de exposición por defecto.

50 11. El método de la reivindicación 7, en el que el mapa píxel por píxel es un valor de gris, la relación señal/ruido y el tiempo de exposición para cada píxel.

**FIG. 1**

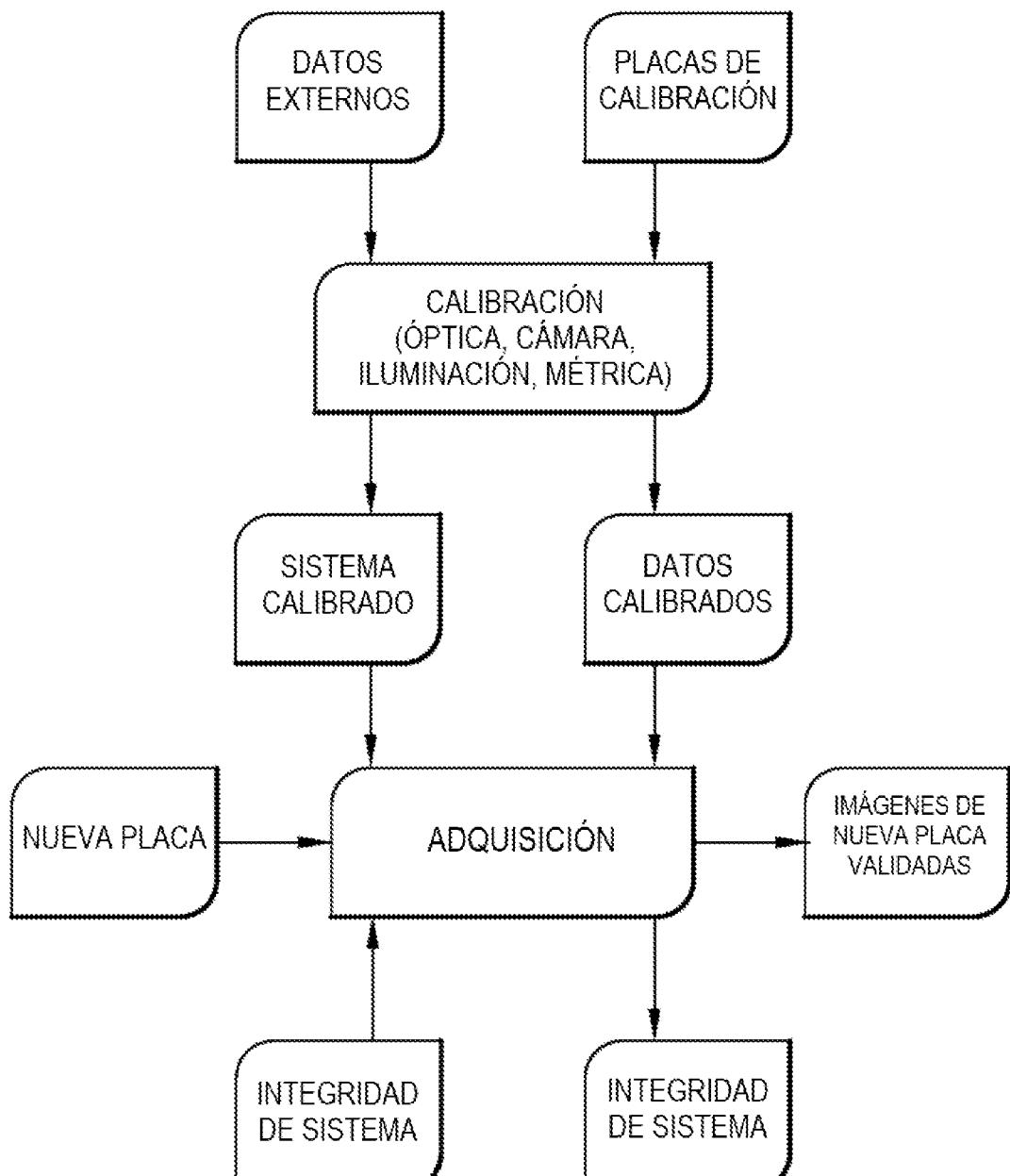


FIG.2

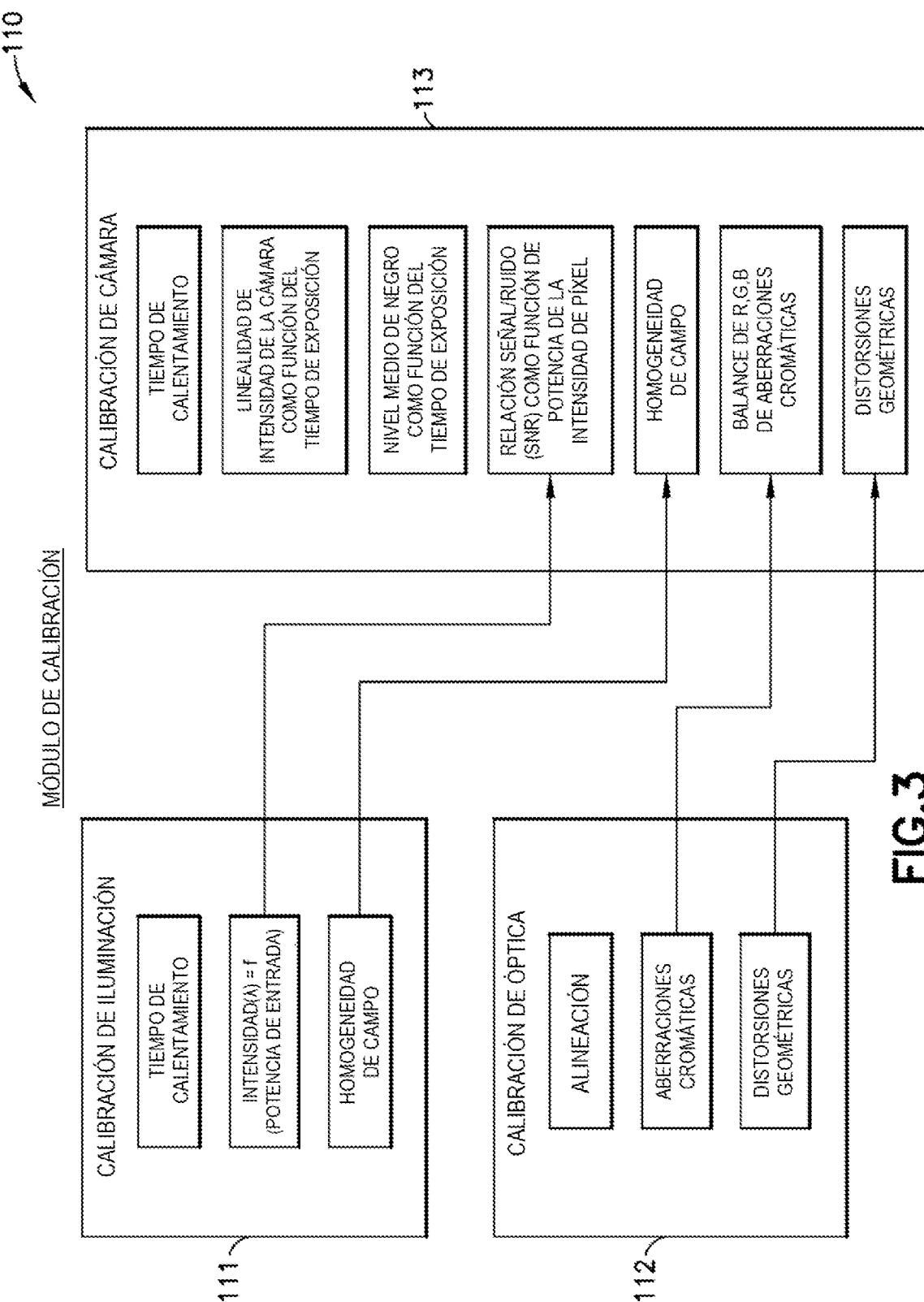


FIG.3

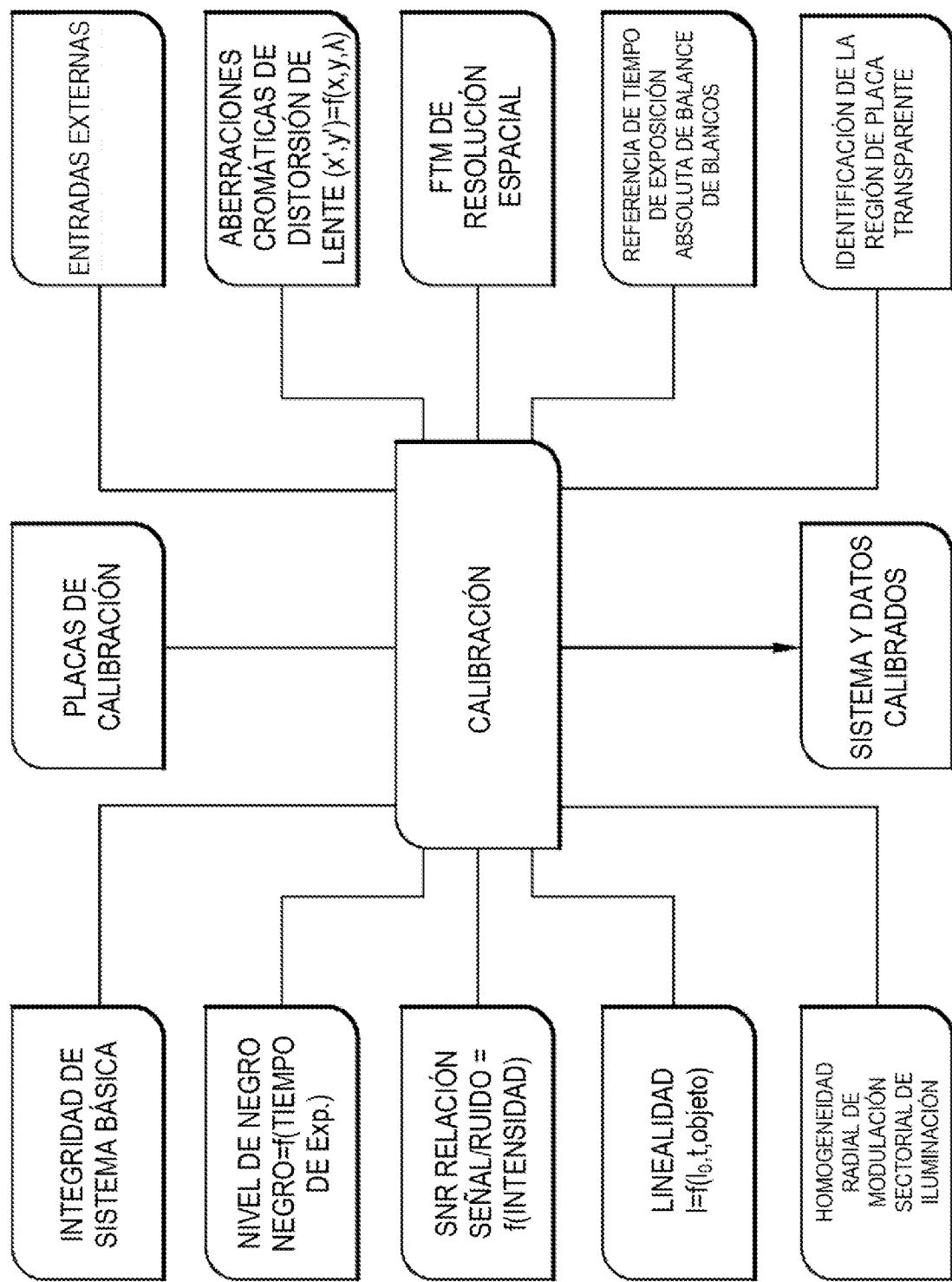


FIG. 4

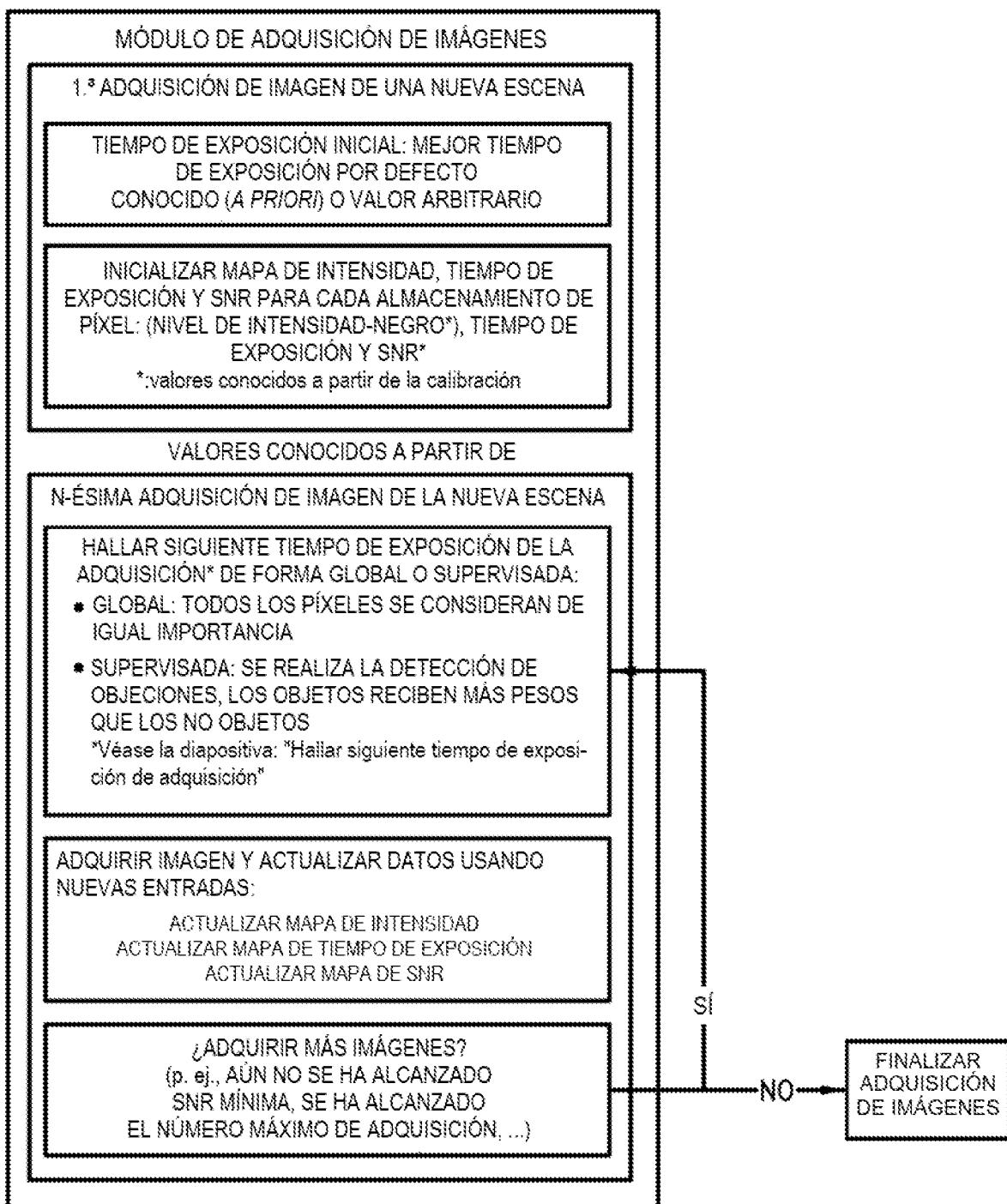


FIG.5

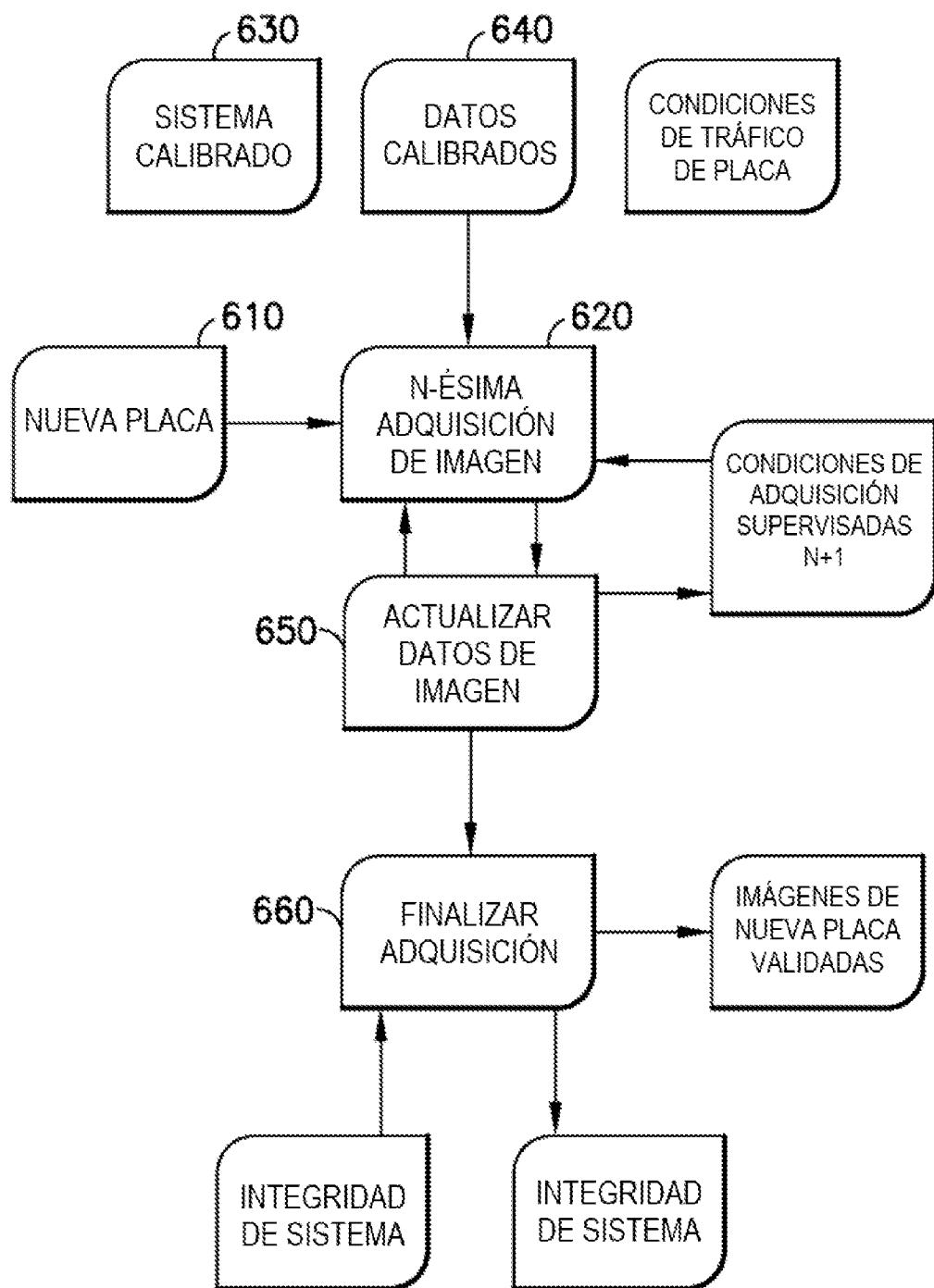


FIG.6

HALLAR SIGUIENTE TIEMPO DE EXPOSICIÓN DE ADQUISICIÓN

- | | | | | | |
|--|---|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • GLOBAL: TODOS LOS PÍXELES SE CONSIDERAN DE IGUAL IMPORTANCIA (PESOS DE PÍXELES ≥ 1) • SUPERVISADA: LOS PÍXELES SE PESAN DE FORMA DIFERENTE SEGÚN SU PERTENENCIA O NO A OBJETOS DE INTERÉS (REQUIERE ETAPAS ADICIONALES DE OBTENCIÓN DE IMÁGENES (SEGMENTACIÓN Y CLASIFICACIÓN)) | <p>SI ALGUNOS PÍXELES SE SATURAN Y SUS PESOS NO SON 0:
PROPORONER UN NUEVO TIEMPO DE ADQUISICIÓN MENOR QUE EL ANTERIOR TIEMPO DE EXPOSICIÓN MÍNIMO UTILIZADO PARA CAPTAR ESTA ESCENA (AUMENTA AL MÁXIMO LA PROBABILIDAD DE HALLAR UNA INFORMACIÓN DE NO SATURACIÓN PARA LOS PÍXELES QUE SE SATURAN)</p> <p>DE LO CONTRARIO
COMPUTAR NUEVO TIEMPO DE EXPOSICIÓN ÓPTIMO</p> | <p>COMPUTAR NUEVO TIEMPO DE EXPOSICIÓN ÓPTIMO (SIN SATURACIÓN SIGNIFICATIVA)</p> | <p>UTILIZAR EL MAPA DE INTENSIDAD Y EXPOSICIÓN, EVALUAR CADA PÍXEL EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN MÁXIMO QUE LLEVA A LA SUBSATURACIÓN DE CÁMARA PARA ESTE PÍXEL</p> | <p>BUSCAR EL MEJOR TIEMPO DE EXPOSICIÓN CANDIDATO SIGUIENTE PARA UN TIEMPO DE EXPOSICIÓN CANDIDATO DADO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SIMULAR LA IMAGEN DE INTENSIDAD ESPERADA DE LA ESCENA • COMPUTAR EL MAPA DE SNR PESADO CORRESPONDIENTE (MAPA DE SNR * PESOS DE LOS PÍXELES) | <p>EL MEJOR NUEVO TIEMPO DE EXPOSICIÓN ES EL TIEMPO QUE AUMENTA AL MÁXIMO EL MAPA DE SNR PESADO</p> |
|--|---|--|--|---|---|

FIG.7

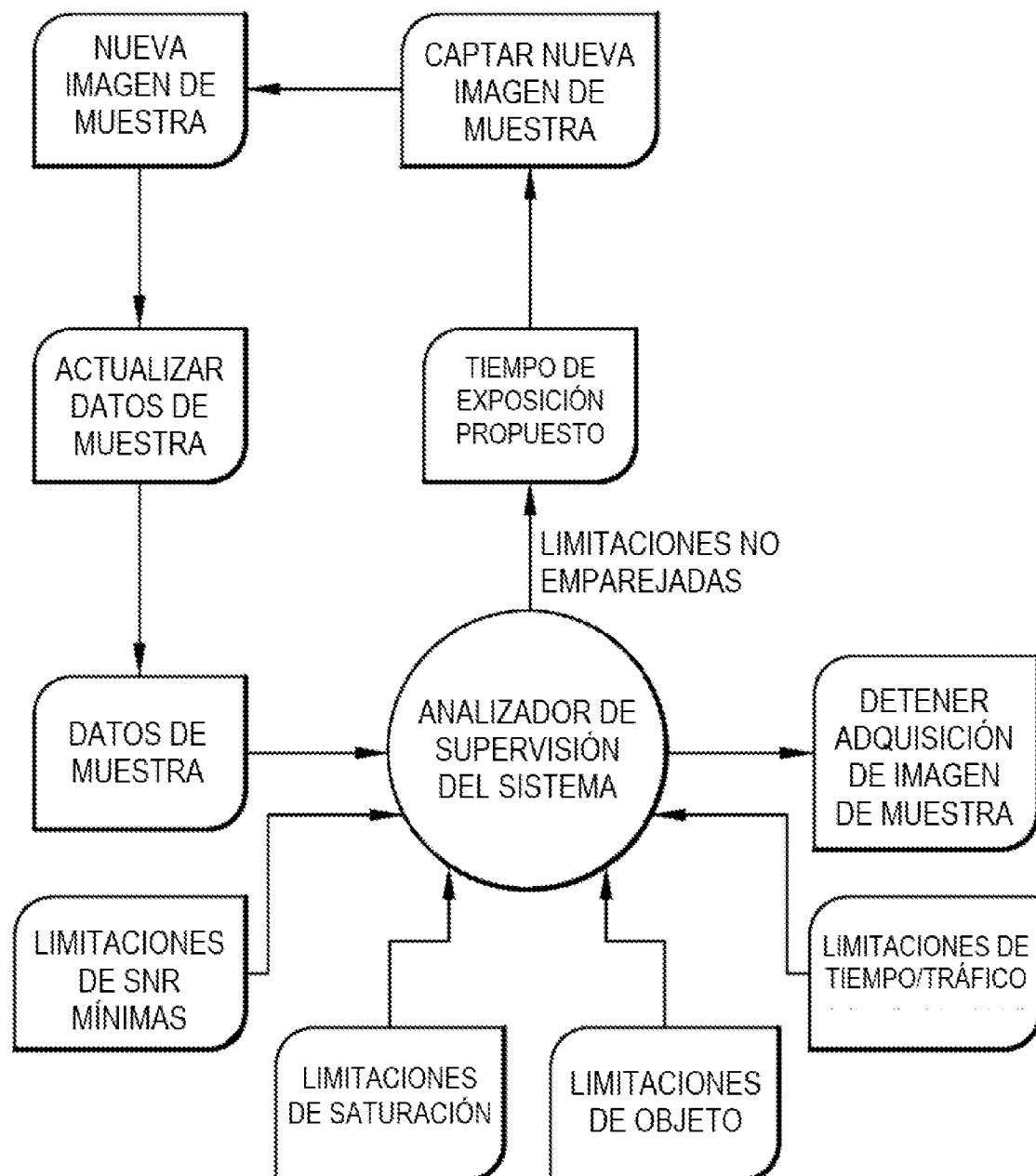


FIG.8

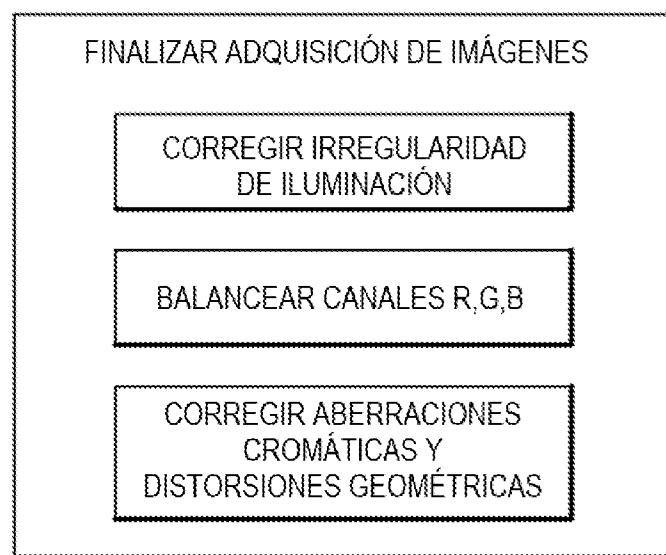


FIG.9

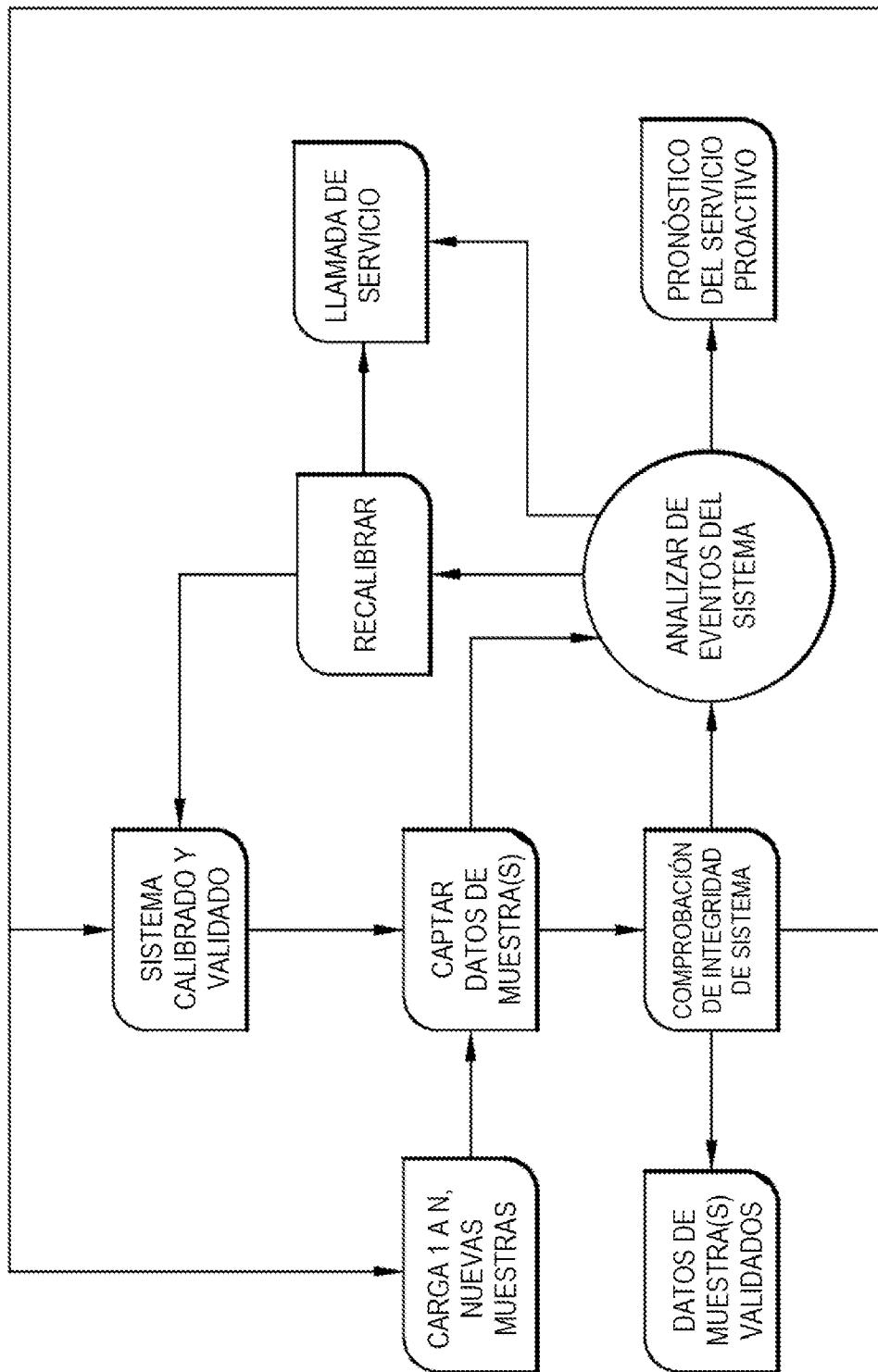


FIG. 10