

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 032**

51 Int. Cl.:

**G01B 11/24** (2006.01)

**G01B 11/26** (2006.01)

**F42B 35/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.05.2009 PCT/CA2009/000677**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2009 WO09137937**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2009 E 09745352 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018 EP 2277001**

54 Título: **Procedimiento y sistema de posicionamiento de un objeto en un sistema de sensor óptico para adquisición de una topografía del mismo**

30 Prioridad:

**16.05.2008 US 53874 P**

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

**09.05.2018**

73 Titular/es:

**ULTRA ELECTRONICS FORENSIC TECHNOLOGY  
INC (100.0%)  
200-5757 Cavendish Blvd.  
Cote-Saint-Luc, Québec H4W 2W8, CA**

72 Inventor/es:

**ROBERGE, DANNY y  
BEAUCHAMP, ALAIN**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 667 032 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

Procedimiento y sistema de posicionamiento de un objeto en un sistema de sensor óptico para adquisición de una topografía del mismo

### Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere al campo del análisis y la comparación de objetos que tienen marcas de herramientas sobre las mismas, y particularmente al análisis de objetos que son deformados y/o de forma no convencional.

### Antecedentes

- 10 En el campo de la ciencia forense, las investigaciones de los crímenes que comprenden armas de fuego utilizan pruebas de comparación balística para determinar si una bala o el casquillo de un cartucho utilizados encontrados en la escena del crimen han sido disparados por el arma de fuego en cuestión. Las pruebas de comparación balística dependen de las estrías y/o de las impresiones que son creadas en la superficie de una pieza de evidencia cuando es disparada un arma de fuego. Estas estrías y/o impresiones tienen suficientes características únicas para representar una firma del arma de fuego. Por lo tanto, la comparación de las estrías o características impresas en dos armas de dos cartuchos diferentes es posible concluir si han sido disparadas por la misma arma de fuego. De un modo similar, la comparación de las estrías y/o impresiones en dos objetos que muestran marcas de herramientas que son el resultado del corte, curiosidad, martillado o cualquier otra acción realizada con una herramienta, es posible concluir que la acción anteriormente mencionada fue realizada con la misma herramienta.

- 20 La mayor parte de los sistemas de comparación balística automática y/o marcas de herramientas adquieren imágenes de luminancia de 2D  $L(X, Y)$ . Otros sistemas adquieren también imágenes de topografía 3D, que quiere decir, que un mapa en relieve  $Z(X, Y)$  de un área de una pieza balística de evidencia, donde  $Z$  es la altura local de la superficie en la posición  $(X, Y)$  en relación con el sensor utilizado. En la mayor parte de los casos, el área de la pieza balística de evidencia o la pieza de marca de herramienta de evidencia necesarias para propósitos de análisis es mayor que el campo de visión del sensor utilizado para medir las características de la superficie anteriormente mencionada. Debido a que el área es más grande que el campo de visión del sensor, se adquieren varias imágenes 3D y 2D sucesivamente y el movimiento es aplicado a la superficie que va a ser medida entre cada adquisición de imagen. Entonces las imágenes 3D son fusionadas en una imagen única más grande (de un modo similar para las imágenes de 2D).

- 30 Cuando se adquieren dichas imágenes individuales 3D y 2D de un objeto que muestra los patrones de marca de herramienta, la superficie dentro del campo de visión debe ser perpendicular al eje óptico del sensor como sea posible. La información importante para el análisis de la superficie es la forma, longitud y profundidad de la marca. Si la superficie no es localmente perpendicular al eje óptico, o se puede producir una oclusión, y el fondo de la marca, que se utiliza para definir la profundidad, no puede ser retratado de una manera correcta. Además, debido a que muchas de las superficies sobre las cuales las marcas de herramientas son transferidas eficientemente son de naturaleza metálica, y considerando que el reflejo de la luz de la superficie metálica tiene una fuerte contribución especular, la mayor parte de la luz que se volvió a reflejar al sensor proviene de regiones cercanamente perpendiculares al eje óptico. Por esa razón, varias tecnologías de sensores 3D, incluyendo las confocales, tienen un tiempo difícil buscando la topografía 3D de las superficies metálicas las cuales son razonablemente perpendiculares al eje óptico.

- 40 Cuando se adquiere la topografía 3D de un objeto con una sección transversal perfectamente cilíndrica, tal como una bala prístina disparada, es suficiente girar el objeto durante la adquisición de datos si la bala se encuentra instalada con su eje de simetría perfectamente alineado a lo largo del eje de rotación del sistema de motor y el área de inicio que va a ser adquirida es ajustada perpendicular al eje óptico del sensor. La rotación simple de la bala entonces asegurará que la superficie dentro del campo de visión del sensor siempre es perpendicular al eje del sensor. En el caso de una superficie plana, no es necesaria la rotación. La superficie plana es instalada con su área de partida perpendicular al eje del sensor. Los movimientos de traslación entonces son suficientes para asegurar que todas las otras áreas adquiridas también permanecen perpendiculares al eje.

- 50 La situación es significativamente diferente para balas deformadas o superficies arbitrarias que muestran marcas de herramientas, que pueden mostrar una gran variedad de formas: elípticas, planas, cóncavas localmente, entre otras. Las técnicas conocidas en la técnica anterior no pueden ser aplicadas a estas formas arbitrarias, ya que no asegurarán la captura correcta de la microtopografía local.

### Sumario

- 55 De acuerdo con un aspecto amplio de la presente invención, se proporciona un procedimiento para posicionar un objeto en un sistema de sensor óptico para adquirir una superficie del mismo, teniendo el sistema de sensor un conjunto de motores para girar el objeto alrededor de un eje del motor perpendicular a un eje óptico del sistema de sensor y para trasladar el objeto en las direcciones  $X$ ,  $Y$  y  $Z$ , comprendiendo el procedimiento: (a) adquirir un mapa en relieve de un área de un campo de visión del sistema de sensor; (b) calcular una normal representativa de una

topografía del mapa en relieve del área; (c) determinar una diferencia angular entre la normal y el eje óptico del sistema de sensor; (d) comparar la diferencia angular con un ángulo umbral para determinar si la superficie del área es perpendicular al eje del sensor; (e) si la diferencia angular es mayor que el eje umbral, girar el objeto para obtener un nuevo ángulo de diferencia menor que el ángulo umbral; y (f) trasladar el objeto para volver a posicionar el área en el campo de visión después de que el giro ha desplazado el área.

De acuerdo con otro aspecto amplio de la presente invención, se proporciona un sistema de posicionamiento de un objeto para utilizarse con un sistema de sensor óptico para adquirir una superficie del objeto, teniendo el sistema de sensor un conjunto de motores para girar el objeto alrededor de un eje del motor perpendicular a un eje óptico del sistema de sensor y para trasladar el objeto en las direcciones X, Y y Z, comprendiendo el sistema: un procesador en un sistema informático; una memoria a la que se puede acceder por medio del procesador; y una aplicación conectada al procesador, configurada la aplicación para: (a) adquirir un mapa en relieve de un área de un campo de visión del sistema de sensor; (b) calcular la normal representativa de una topografía del mapa en relieve del área; (c) determinar una diferencia del ángulo entre la normal y el eje óptico del sistema de sensor; (d) comparar la diferencia angular con un ángulo umbral para determinar si la superficie del área es perpendicular al eje del sensor; (e) si la diferencia angular es mayor que un ángulo umbral, girar el objeto para obtener un nuevo ángulo de diferencia menor que el ángulo del umbral; y (f) trasladar el objeto para volver a posicionar el área en el campo de visión después de que la rotación ha desplazado el área.

Deberá entenderse que, aunque la presente descripción utiliza balas y cartuchos para ilustrar la invención, los conceptos descritos en el presente documento pueden ser extendidos a cualesquiera objetos que no son ni redondos, o cilíndricos o planos y que se necesitan volver a posicionar utilizando la rotación y/o la traslación con el objeto para obtener una superficie que sea substancialmente perpendicular a un eje óptico de un sistema de sensor. Además, la expresión "sensor óptico" debe entenderse como que significa cualquier sensor que utilice rayos electromagnéticos reflejados fuera o emitidos desde la superficie de una fuente de información para adquirir una imagen. Además, aunque la presente descripción se refiere a un eje de rotación del motor aproximadamente paralelo al eje de simetría de la bala (para el casquillo no deformado) y perpendicular a la dirección vertical, los conceptos aquí descritos se pueden extender a un segundo eje motorizado perpendicular al eje anterior y a la dirección vertical.

### **Breve descripción de los dibujos**

Se podrán apreciar características y ventajas adicionales de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada, tomada en combinación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 ilustra un sistema de sensor utilizado para adquirir superficies de objetos de geometrías arbitrarias, de acuerdo con una realización;

La figura 2A es una gráfica que muestra una topografía con un perfil determinado con un punto central P y una posición del eje determinada que ha sido girada alrededor del eje del motor, resultando de esta manera en el perfil con un punto del centro P', de acuerdo con una realización;

La figura 2B es una gráfica que muestra la topografía girada de la figura 2A con el vector de traslación  $\delta$  necesario para traer de regreso el área de la topografía a su posición inicial, de acuerdo con una realización;

La figura 3A es una gráfica que muestra una topografía con un primer perfil y una primera posición del eje y un perfil final con una normal N' obtenida después que se ha realizado la rotación  $\theta_N$  alrededor del primer eje de rotación, de acuerdo con una realización;

La figura 3B es una gráfica que muestra el mismo perfil que la figura 3A, pero con una posición diferente del eje del motor, y una comparación entre los perfiles finales obtenidos después de que la misma rotación  $\theta_N$  haya sido aplicada, de acuerdo con una realización;

La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para el posicionamiento de un objeto en un sistema de sensor óptico para adquirir una superficie del mismo, de acuerdo con una realización;

La figura 5 es un diagrama de flujo para un procedimiento utilizado para mover una superficie a la siguiente área que va a ser adquirida de acuerdo con un valor de solapamiento previamente determinado entre las áreas adquiridas sucesivas, de acuerdo con una realización;

La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento utilizado para ajustar la posición inicial de una porción de la superficie en el campo de visión del sensor, de acuerdo con una realización;

La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento utilizado para encontrar la posición del eje de rotación del motor con respecto a un punto de referencia en un sistema de coordenadas de referencia, de acuerdo con una realización;

La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento utilizado para calcular la normal de una posición

de una superficie, de acuerdo con una realización;

La figura 9 es una gráfica que ilustra dos perfiles adquiridos sucesivamente de una superficie de un objeto, de acuerdo con una realización; y

5 Las figuras 10A, 10B y 10C son gráficas que muestran el perfil "1" y el mismo perfil, ahora indicado "2", después de que se han aplicado la rotación y la traslación. La traslación es consistente con un solapamiento fijo previamente determinado entre ambos perfiles (el área común se muestra en negrita) y la rotación asegura que la normal del punto del centro del perfil "2" es a lo largo del eje óptico. Se describieron tres escenarios, de acuerdo con si el solapamiento es menor, igual o mayor que el 50 %.

10 Deberá observarse que, en todos los dibujos adjuntos, características similares son identificadas con números de referencia similares.

**Descripción detallada**

15 La figura 1 ilustra un aparato 100 que va a ser utilizado para adquirir imágenes de piezas balísticas de evidencia 102. La superficie que va a ser medida se instala en la punta de un eje de rotación del motor (RMA). Una porción de la superficie, denominada un "parche", se encuentra dentro del campo de visión (FOV) del sensor 104. El eje de rotación del motor (RMA) puede ser trasladado a lo largo de la dirección X e Y utilizando un motor de traslación. En la figura, el sensor 104 puede moverse a lo largo de la dirección vertical (Z) utilizando todavía otro motor de traslación. Sin embargo, debe entenderse que los principios y los algoritmos básicos también son aplicables para un sensor fijo y un eje de rotación del motor, los cuales pueden ser movidos a lo largo de la dirección Z. En algunas realizaciones, el objeto puede ser mantenido en una posición fija y el sensor puede ser movido en las direcciones X, Y, y/o Z. El área de superficie debajo de FOV se caracteriza por una normal N, la cual es la normal promedio de la superficie. Para una superficie arbitraria, la normal N puede ser significativamente diferente de la dirección del eje óptico (OA). Aunque la presente descripción utiliza el RMA, debe entenderse que los principios y los algoritmos básicos también son aplicables a los ejes de inclinación de rotación (TMA) mediante un intercambio adecuado de las coordenadas X e Y. La expresión "eje de rotación (MA)" se utilizará para referirse a cualquiera del RMA o el TMA.

25 Las figuras 2A y 2B ilustran una topografía 3D determinada Z (X, Y), mostrada de una manera simplificada como un perfil promedio  $Z_{promedio}$  (Y) con la normal N, como fue adquirido por el sistema de la figura 1. En el sistema de coordenadas de referencia del sensor, las coordenadas Y de los puntos del perfil cubren el intervalo entre 0 (el origen) y la longitud del perfil. Si la normal N no es substancialmente paralela al eje óptico (OA), una rotación  $\theta_N$  se aplica a la superficie con el objeto de traer la dirección de la normal a lo largo de OA, como se ilustra por N'. La rotación  $\theta_N$  se hace con respecto al MA. Sin embargo, la rotación aplicada induce un desplazamiento importante del área del parche que va a ser adquirida. El punto central del área, el cual fue originalmente en P, es movido a P' como resultado de la rotación. Esta rotación es ilustrada en la figura 2A. En algunos casos, el área puede dejar el campo de visión. Una traslación entonces se realiza en la superficie con el objeto de compensar ese efecto, como se muestra en la figura 2B. El propósito de la traslación es traer de regreso P' a P. El área inicial ahora está dentro del campo de visión (P'' = P) con la normal derecha N'' = N' a lo largo del eje óptico.  $O_S$  es la referencia del sensor (es decir, el punto de referencia del sistema de coordenadas de referencia) y P es el punto medio del perfil.  $\vec{V}_{MA}$  es el vector de posición del eje del motor desde  $O_S$ . Como se muestra en la figura 2B, el movimiento pretendido es una rotación del perfil alrededor del punto P. Sin embargo, la única rotación física posible es alrededor del eje del motor MA, mostrada en la figura 2A. Se requiere, por lo tanto, una traslación  $\vec{\delta}$ , ya que P y MA no coinciden. El vector  $\vec{\delta}$  es una función de  $\theta_N$  y  $\vec{V}_{MA}$ .

45 Las figuras 3A y 3B muestran dos escenarios con el mismo perfil inicial, pero ejes de rotación diferentes. En el ejemplo mostrado en la figura 3A, el perfil final (mostrado en negrita) es el resultado de una rotación alrededor del eje del motor real del sistema, mientras que el perfil punteado del ejemplo de la figura 3B es el resultado de una rotación hecha numéricamente alrededor de un eje diferente ajustado de manera arbitraria al origen del sistema de coordenadas del sensor. El vector T muestra la diferencia del vector entre ambos perfiles finales. Esto ilustra que la posición del perfil después de una rotación es una función del eje de rotación. Podemos entonces concluir que la traslación  $\vec{\delta}$  que traería de regreso el perfil en el campo de visión también es una función del eje de rotación.

50 Con el objeto de calcular la traslación utilizada para regresar el perfil al campo de visión del sistema de sensor, el eje de rotación del motor puede ser encontrado con respecto a un punto fijo en el espacio, el cual es seleccionado como el origen del sistema de coordenadas del sensor. Este punto de origen es utilizado como un punto de referencia en el sistema de coordenadas de referencia. Se pueden seleccionar también otros orígenes. Las posiciones X-Y del origen son definidas como las que están asociadas con el píxel de la imagen con las coordenadas (0, 0). La posición Z del origen es conocida a partir de una calibración del sensor. Entonces un procedimiento determina la posición del eje de rotación del motor. Una vez que la posición del eje de rotación del motor es conocida con respecto al primer parche, se actualiza durante el proceso de adquisición de superficie, ya que las traslaciones de las balas (y por lo tanto, del eje de rotación del motor) están involucradas a lo largo de Y (y posiblemente Z, si el aparato se ajusta con un sensor fijo).

La figura 4 ilustra un procedimiento utilizado para posicionar un objeto en un sistema de sensor óptico para adquirir una superficie del mismo. En una realización, puede ser utilizado para obtener una banda con topografía en forma 3D de una porción de una superficie que muestra las marcas de la herramienta. La imagen final, citada con frecuencia como un mosaico, es el resultado de la función posterior de varias topografías que tienen áreas de solapamiento parcialmente correspondientes de la superficie, y cada una de estas topografías es medida mientras el área de superficie correspondiente está asentándose perpendicularmente bajo el sensor óptico.

Varias etapas del procedimiento de la figura 4 son procedimientos por sí mismas, que comprenden etapas adicionales y se describirán completamente. En la práctica, las etapas 400 y 401 pueden invertirse. Para cada rotación y/o traslación impuesta a la superficie mientras se va de la etapa 400 al 401 (o viceversa), la posición del eje de rotación del motor, cuando es conocida, se escala de manera correspondiente. Por ejemplo, si se selecciona medir la posición del eje de rotación del motor antes de ajustar el área inicial que va a ser adquirida, cada traslación de la superficie que se produce entre la medición de la posición del eje de rotación del motor y la captura de la topografía inicial del primer parche es actualizada en la posición del eje de rotación del motor medido.

Para empezar, las posiciones iniciales y finales del motor que delimitan la región de la superficie que va a ser adquirida son ajustadas en la etapa 400. Esta etapa se describe adicionalmente con mayor detalle más adelante. La posición del eje de rotación del motor relativa al origen del eje del sistema de sensor se obtiene en la etapa 401, la cual es definida por el píxel (0,0) de los datos adquiridos cubiertos por el campo de visión (FOV) del sensor y la posición  $Z = 0$  encontrada del procedimiento de calibración del sensor. Esta etapa se describe con mayor detalle más adelante. La posición del eje del motor se actualiza en la etapa 402, de modo que las posiciones de rotación del motor son regresadas a aquellas correspondientes al parche de adquisición inicial. Conociendo las traslaciones  $Y$  y  $Z$   $Y_{Trans}$  y  $Z_{Trans}$  utilizadas para alcanzar esta área de la superficie, se actualizan entonces las posiciones del eje de rotación del motor son de la manera siguiente:

$$R_{Y-actualizado} = R_Y + Y_{trans};$$

$$R_{Z-actualizado} = R_Z + Z_{Trans} \text{ (si el eje de rotación del motor se mueve a lo largo de } Z \text{ y la cámara es fija);}$$

$$R_{Z-actualizado} = R_Z, \text{ (si la cámara se mueve a lo largo de } Z, \text{ pero no lo hace el eje de rotación del motor).}$$

La topografía 3D se adquiere en la etapa 403, por ejemplo, se adquiere un mapa en relieve  $Z(X, Y)$ , del área actualmente dentro del campo de visión. La etapa depende de la tecnología particular del sensor utilizado para adquirir la topografía 3D. En este punto, la imagen de luminancia 2D que representa la misma porción de la superficie puede ser también adquirida. La normal  $N$  representativa de la topografía de la superficie capturada en la etapa 403 se calcula en la etapa 404. Esta etapa se describe con detalle adicional más adelante. Los parámetros de reposicionamiento para los movimientos del motor también se calculan en la etapa 405. Los siguientes parámetros se calculan de la manera siguiente:

$\theta_{AJUSTE}$  = diferencia del ángulo entre la normal  $N$  y el eje óptico del sensor;

$$Y_{ajuste} = -K_y * (1-N_z) + K_z * N_y;$$

$$Z_{ajuste} = -K_y * (-N_y) + K_z * (1-N_z);$$

donde  $K_y = P_y + R_y$ ;  $K_z = P_z + R_z$ , y donde  $P_y$ ,  $P_z$ , son las coordenadas del punto central del parche; y  $R_y$ ,  $R_z$  son las coordenadas de la posición del eje de rotación del motor en el sistema de sensor.  $R_y$  y  $R_z$  se obtienen inicialmente a partir de la Etapa 401.

Si el valor absoluto del ángulo de ajuste ( $\theta_{AJUSTE}$ ) es mayor que el umbral pequeño determinado ( $\theta_{UMBRAL}$ ), el parche entonces no es perpendicular al eje del sensor. La superficie entonces es girada y trasladada 406 de acuerdo con el ángulo de ajuste y los cambios calculados durante la etapa anterior. La posición del eje de rotación del motor entonces se actualiza de la manera siguiente:

$$R_{Y-actualizado} = R_Y + Y_{Ajuste};$$

$$R_{Z-actualizado} = R_Z + Z_{Ajuste} \text{ (si el eje de rotación del motor se mueve a lo largo de } Z \text{ y la cámara es fija);}$$

$$R_{Z-actualizado} = R_Z \text{ (si la cámara se mueve a lo largo de } Z, \text{ pero no lo hace el eje de rotación del motor).}$$

Una vez que la rotación y la traslación de los parámetros de superficie se completan, el algoritmo regresa a la Etapa 403. Alternativamente, si el valor absoluto del ángulo de ajuste ( $\theta_{AJUSTE}$ ) es menor que un umbral pequeño determinado ( $\theta_{UMBRAL}$ ), se supone que el parche es casi perpendicular al eje del sensor. La última topografía adquirida es válida y se fusiona con un mosaico actual en progreso en la etapa 407. Los procedimientos de fusión son variados y conocidos por un experto en la técnica. La última topografía adquirida se compara con la topografía adquirida a partir de la posición de ajuste final del motor en la etapa 408 mediante el uso de una medición de similitud. Si las dos topografías se regulan para que coincidan, entonces la adquisición se ha terminado. De otro modo, la superficie se mueve a la siguiente área que va a ser adquirida en la etapa 409 para asegurar un valor de

solapamiento previamente determinado entre las áreas adquiridas sucesivas. El algoritmo regresa a la etapa 403 después de moverse a la siguiente área adquirida.

5 Son posibles estrategias diferentes para mover la superficie a la siguiente área que va a ser adquirida en la etapa 409 para asegurar un valor de solapamiento previamente determinado entre las áreas adquiridas sucesivas. En una primera estrategia, la superficie se gira mediante un valor fijo previamente determinado para asegurar un valor de solapamiento previamente determinado entre las áreas adquiridas sucesivas. La dirección de rotación (es decir, el signo de la etapa del ángulo de rotación) debe ser consistente con la diferencia de la coordenada  $\theta$  entre las posiciones inicial y final que delimitan la región que va a ser adquirida. Este procedimiento es óptimo para superficies con una sección transversal circular (como un cilindro) y cuyo centro de simetría coincide con el eje de rotación motorizado.

10 En una segunda estrategia, la superficie es trasladada mediante un Desplazamiento<sub>y</sub> de valor fijo previamente determinado para asegurar un valor de solapamiento previamente determinado entre las áreas adquiridas sucesivas. La dirección de traslación (es decir, el signo de Desplazamiento<sub>y</sub>) deberá ser consistente con la diferencia de coordenada Y entre las posiciones inicial y final que delimitan la región que va a ser requerida. Este procedimiento es óptimo para superficies planas.

15 Estas dos estrategias no son óptimas para geometrías arbitrarias, ya que pueden producir círculos de iteraciones largas y tediosas para las etapas 403 a 406. Otra estrategia, para superficies no circulares y no planas, y para un solapamiento previamente determinado fijo del 50 % entre las áreas adquiridas sucesivas se ilustra en las figuras 5 y 10A. La normal local del punto más distante de la topografía del parche actual (en el límite del campo de visión) a lo largo de la dirección correspondiente a la diferencia de coordenadas Y y  $\theta$  entre las posiciones inicial y final, el punto P de la figura 10A)) se identifica en la etapa 502. La superficie se hace girar con el objeto de traer la normal de ese punto paralela al eje óptico 503. La superficie entonces es trasladada por el Desplazamiento<sub>y</sub> 504 con el objeto de traer ese punto en el centro del campo de visión (punto P' en la figura 10A). La posición del eje de rotación del motor se actualiza para que sea  $R_{y-actualizado} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$  509. La figura 10A muestra el perfil inicial, con la indicación "1" y el mismo perfil, con la indicación "2", después de que han sido aplicadas la rotación y la traslación. La traslación es consistente con un solapamiento fijo del 50 % entre ambos perfiles (el área común se muestra en negrita) y la rotación asegura que la normal del punto central del perfil "2" se encuentra a lo largo del eje óptico. El ángulo de rotación es la diferencia del ángulo entre la dirección de la normal en P y la dirección del eje óptico (a lo largo de Z).

20 En el caso de una evaluación de solapamiento en la etapa 501 donde el solapamiento deseado es  $> 50 \%$ , la posición del punto del parche actual que es consistente con el solapamiento fijo previamente determinado entre las áreas adquiridas sucesivas se determina en la etapa 505 (a lo largo de la dirección consistente con la diferencia de coordenadas Y y  $\theta$  entre las posiciones inicial y final). Este punto (P en la figura 10B) no se encuentra en el límite del campo de visión, ya que el solapamiento es mayor del 50 %. La posición de P se encuentra mediante la interpolación lineal entre los dos casos extremos siguientes: P se encuentra en el límite del campo de visión de un solapamiento del 50 % y en el centro del campo de visión el solapamiento es del 100 %. Por lo tanto, para un solapamiento general  $> 50 \%$ , P se encuentra a una distancia  $L^*$  (solapamiento - 50)/100 desde el límite del campo de visión, donde L es la longitud del perfil. La normal local en ese punto se identifica en la etapa 506. La superficie se hace girar con el objeto de traer la normal a ese punto paralela al eje óptico en la etapa 507. El ángulo de rotación es la diferencia del ángulo entre la dirección de la normal en P y la dirección del eje óptico (a lo largo de Z). La superficie es trasladada por Desplazamiento<sub>y</sub> con el objeto de traer ese punto al centro del campo de visión en la etapa 508 (punto P' en la figura 10B). La posición del eje de rotación del motor se actualiza a  $R_{y-actualizado} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$  509.

25 Para un solapamiento  $< 50 \%$ , la normal local del punto más distante de la topografía del parche actual (en el límite del campo de visión, a lo largo de la dirección correspondiente a la diferencia de coordenadas Y y  $\theta$  entre las posiciones inicial y final, punto P es la figura 10C) se identifica en la etapa 510. Un ángulo BETA entre esa normal y la dirección del eje óptico se determina en la etapa 511. Entonces la superficie se hace girar por  $(1 + \text{ALFA}) * \text{BETA}$ , un múltiplo del ángulo BETA, donde el parámetro positivo ALFA se describe más adelante en la etapa 512. La superficie es trasladada por Desplazamiento<sub>y</sub> con el objeto de traer el punto P más allá del centro del campo de visión en la etapa 513 (en P' en la figura 10C). La traslación corresponde al solapamiento esperado. La posición del eje de rotación del motor se actualiza en la etapa 509 a  $R_{y-actualizado} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$ .

30 El ángulo de rotación es la incógnita principal cuando el solapamiento es  $< 50 \%$ , ya que el propósito del procedimiento es traer un punto Q, originalmente fuera del campo de visión, al centro del campo de visión, con su normal a lo largo de la dirección del eje óptico. Debido a que la normal en Q es desconocida, debe ser aproximada mediante extrapolación, basada en la normal en P y la normal en el centro del perfil "1", el cual es vertical por definición. Un modelo simple es suponer una curvatura local constante del perfil. Esto implica que el ángulo de rotación es  $(1 + \text{ALFA}) * \text{BETA}$ , donde  $\text{ALFA} = (1 - \text{SOLAPAMIENTO}/50)$ . Esto se reduce a una rotación por un ángulo BETA cuando el solapamiento es del 50 % y un ángulo  $2 * \text{BETA}$  cuando el solapamiento es cercano al 0 %. Sin embargo, algún otro modelo de extrapolación podría utilizarse, siempre que ALFA se aproxime a 0 cuando el solapamiento se aproxime al 50 %.

Este procedimiento es óptimo para los valores de solapamiento previamente determinados mayores o iguales al 50 % debido a que la parte de la topografía traída bajo la cámara ya es conocida y es utilizada para calcular los movimientos de traslación y de rotación necesarios para ponerla en su lugar. El bucle de las etapas 403 a 406 entonces se minimizará. Para valores predeterminados de solapamiento menor del 50 %, la mayor parte de la topografía del área que se trae bajo la cámara no es conocida de antemano. Es entonces probable que sean necesarios unos cuantos bucles de iteración a través de las etapas 403 a 406.

Como se describió anteriormente con respecto a la etapa 400, una de las etapas se ajusta a la posición inicial de una porción de la superficie en el FOV del sensor. Se utiliza siempre y cuando un usuario coloque una porción de la superficie dentro del FOV del sensor. Asegura que la superficie en el sensor FOV es perpendicular al eje óptico. En el proceso general del procedimiento descrito anteriormente, esto se puede hacer múltiples veces. Por ejemplo, para ajustar la posición de las áreas inicial y final de la superficie que delimita el grado de la superficie que va a ser adquirida, y para ajustar la posición del área de la superficie que va a ser utilizada para determinar la posición del eje de rotación del motor en la referencia del sensor. También puede realizarse solamente una vez en el caso de una envoltura alrededor de la superficie (tal como la superficie de una bala, deformada o no) donde los parches de adquisición inicial y final coinciden cuando este parche es utilizado adicionalmente para medir la posición del eje de rotación del motor.

La figura 6 ilustra una realización de este procedimiento. La topografía 3D, es decir, el mapa en relieve Z (X, Y) del área actualmente dentro del campo de visión, es adquirida en la etapa 600. Esta etapa depende de la tecnología particular del sensor utilizado para adquirir la topografía 3D. En este punto, la imagen de luminancia 2D que representa la misma porción de la superficie puede ser adquirida también. La normal N representativa de la topografía de la superficie capturada en la Etapa 600 se calcula en la etapa 601. Esta etapa se describe con mayor detalle más adelante. El ángulo  $\theta_{\text{MEDIDO}}$  entre la normal N y el eje óptico se calcula. Si el valor absoluto del ángulo medido ( $\theta_{\text{MEDIDO}}$ ) es menor que un umbral pequeño determinado ( $\theta_{\text{UMBRAL}}$ ), el parche es perpendicular al eje óptico del sensor y todas las posiciones del motor se mantienen en la memoria 606. Si el valor absoluto del ángulo medido ( $\theta_{\text{MEDIDO}}$ ) es mayor que el umbral pequeño ( $\theta_{\text{UMBRAL}}$ ), el parche entonces no es perpendicular al eje del sensor y el objeto es girado por un ángulo pequeño en una dirección (por ejemplo, su signo) que corresponde al ángulo medido en la etapa 602. La figura 9 ilustra la rotación del  $\theta_{\text{PEQUEÑO}}$ .

Una segunda topografía 3D, es decir, un mapa en relieve Z (X, Y) del área actualmente dentro del campo de visión, es adquirida en la etapa 603. Esta etapa depende de la tecnología particular del sensor utilizado para adquirir la topografía 3D. En este punto, una imagen de luminancia 2D que representa la misma porción de la superficie puede ser adquirida también. El desplazamiento relativo en Y entre el par de imágenes adquiridas en las etapas 600 y 603 se determina en la etapa 604. Se pueden utilizar el par de imágenes topográficas y/o las imágenes de luminancia 2D (no es necesario utilizar la imagen topográfica, ya que el desplazamiento relativo en Z no es de interés). Como resultado de la rotación pequeña realizada en la etapa 602, ambas imágenes tienen un área común importante. Cualquier tipo de imagen del algoritmo que mide la similitud puede ser utilizado para determinar el desplazamiento relativo en Y. Dicho algoritmo define un valor de similitud en un conjunto de valores de cambio. El desplazamiento relativo entre ambas imágenes es definido como el cambio asociado con el valor de similitud óptimo. La superficie es entonces trasladada en la etapa 605 por el desplazamiento relativo encontrado en la etapa 604. En este punto, el área dentro del campo de visión es la misma que en la etapa 600. Sin embargo, la orientación de la topografía ha cambiado como un resultado de la rotación aplicada en 602. Un mapa en relieve del área dentro del FOV es adquirido nuevamente 600, la normal nuevamente se calcula 601 para comparar el  $\theta_{\text{MEDIDO}}$  con el  $\theta_{\text{UMBRAL}}$ . Si el valor absoluto del  $\theta_{\text{MEDIDO}}$  es inferior que el  $\theta_{\text{UMBRAL}}$ , el parche es perpendicular al eje óptico del sensor y todas las posiciones del motor son mantenidas en memoria 606.

En muchos casos, donde una retroalimentación visual, por medio de la pantalla del sistema, es proporcionada al usuario, el usuario puede descifrar visualmente la rotación y eventualmente la traslación necesaria para mejorar la perpendicularidad. Los procesos automáticos de búsqueda también pueden ser utilizados para proporcionar supuestos de rotación y traslación hacia la perpendicularidad.

Como se describe en la etapa 401 anterior, una etapa es para encontrar la posición del eje de rotación del motor con respecto al origen del sistema de coordenadas del sensor. De acuerdo con una realización, se describe más adelante un medio para realizar esta etapa, ilustrado en el diagrama de flujo de la figura 7. Las posiciones de ajuste del motor iniciales son establecidas de manera que la región de la superficie que va a ser utilizada para la medición de la posición del eje de rotación del motor resida en el FOV del sensor 700. El área que va a ser utilizada para medir la posición del eje de rotación del motor se selecciona de manera que una rotación pequeña de la superficie no es propensa para inducir la colisión entre los objetos y el sensor. La etapa de ajuste de un conjunto de posiciones del motor en una región particular de la superficie se describió con mayor detalle anteriormente.

La topografía 3D es adquirida en la etapa 701, es decir, se adquiere un mapa en relieve Z (X, Y) del área actualmente dentro del campo de visión. Esta etapa depende de la tecnología particular del sensor utilizado para adquirir la topografía 3D. En este punto, una imagen de luminancia 2D que representa la misma porción de la superficie puede ser adquirida también. La superficie es girada por un ángulo pequeño previamente definido  $\theta_{\text{PEQUEÑO}}$  en la etapa 702. Este ángulo se define con el objeto de minimizar el riesgo de colisión y asegurar un buen

solapamiento entre los parches sucesivos. Los valores típicos son entre 1 y 6 grados. La topografía 3D es adquirida en la etapa 703, es decir, el mapa adicional Z (X, Y), del área actualmente dentro del campo de visión. Esta etapa depende de la tecnología particular del sensor utilizada para adquirir la topografía 3D. En este punto, una imagen de luminancia 2D que representa la misma porción de la superficie puede ser adquirida también. El ángulo de rotación relativa ( $\theta_{Medido}$ ), los cambios Y y Z entre la topografía actual y la topografía medida anteriormente son medidos 704. Esto se puede hacer calculando una medida de similitud entre el área común de ambas topografías en un conjunto de rotaciones del ángulo, las traslaciones relativas de Y y Z, de ambas topografías. El ángulo óptimo de rotación, los cambios Y y Z son definidos como los cambios asociados con la medición más alta de similitud calculada.

Una posición temporal del eje de rotación del motor, consistente con el parche actual y anterior solamente, se calcula a partir del ángulo relativo, los cambios Y y Z ( $\Delta Y$  y  $\Delta Z$ ) 705, anteriormente calculados en la etapa 704, con la fórmula:

$$R_{Y\_TEMP} = 1/2 * [-\Delta Y - \Delta Z * (\text{sen } \Delta\theta) / (1 - \text{cos}\Delta\theta)];$$

$$R_{Z\_TEMP} = 1/2 * [-\Delta Z + \Delta Y * (\text{sen } \Delta\theta) / (1 - \text{cos}\Delta\theta)].$$

Una ponderación no negativa que describe la confianza en la posición de rotación del motor temporal calculada anteriormente se calcula 706. Esta confianza es una función que desciende en función de la rugosidad y la similitud de los dos perfiles comparados. La posición del eje de rotación del motor  $R_Y$  y  $R_Z$  se calcula 707 como un promedio ponderado de todas las posiciones temporales  $R_{TEMP}$ , utilizando las ponderaciones de calidad encontradas en las iteraciones actuales y anteriores.

$$R_Y = \sum_i (R_{Y\_TEMP\_i} * \text{ponderación}_i) / \sum_i (\text{ponderación}_i) ;$$

$$R_Z = \sum_i (R_{Z\_TEMP\_i} * \text{ponderación}_i) / \sum_i (\text{ponderación}_i) .$$

Los valores de  $R_Y$  y  $R_Z$  son almacenados en cada iteración. La convergencia del procedimiento se prueba utilizando los últimos valores N calculados para la posición del eje de rotación del motor 708. Un procedimiento posible para probar la convergencia es determinar si la variación de los últimos valores N de  $R_Y$  y  $R_Z$  son menores que un umbral previamente determinado, donde N es un entero codificado de manera difícil mayor de 1. Esta prueba se puede realizar si están disponibles por lo menos los valores N de  $R_Y$  y  $R_Z$ . De otro modo, la solución todavía no converge. Si la solución no converge, se regresa a la etapa 702, de otra manera termina el procedimiento. La posición inicial de ( $R_Y$ ,  $R_Z$ ) se supone que es (0,0) para la primera iteración. Otros modos de prueba de la convergencia conocidos para los expertos en la técnica también pueden ser aplicados.

La figura 8 ilustra la etapa 601 de la figura 6 en más detalle, que es un procedimiento utilizado para calcular la normal promedio de una porción de una superficie. Se supone que una topografía medida representativa de la porción de la superficie se proporciona como una entrada para el procedimiento. Un perfil promedio  $Z_{PROMEDIO}(Y)$  se define a lo largo de la dirección Y que describe la forma general de la topografía 800. El perfil promedio puede ser el promedio (ponderado o no) o el promedio de los perfiles  $Z_{PROMEDIO}(Y) = \text{Promedio sobre X de Z (X, Y)}$ , o Promedio sobre X de Z (X, Y). Los cálculos matemáticos exactos del perfil promedio pueden cambiar como una función del tipo de superficie determinada en la entrada. La normal N del perfil promedio se calcula 801. La normal se encuentra promediando la normal local del perfil de cada punto:

$$N = (N_y, N_z) = \text{Promedio sobre } i (N\_i);$$

donde la normal local puede ser encontrada por la diferenciación finita con un vecino.

$N_i = ([z(i) - z(i+1)], -(y(i) - y(i+1)))$  o por medio de otras técnicas basadas en uno o más vecinos.

Aunque los bloques de los procedimientos de las figuras 4 a 8 se muestran como que se producen en un orden particular, debe apreciarse por los expertos en la técnica que muchos de estos bloques son intercambiables y pueden producirse en diferentes ordenes al que se muestra sin afectar de manera material los resultados finales de los procedimientos. Adicionalmente, aunque la presente descripción se refiere a la codificación o funciones que residen en un procesador, esto no quiere decir que limita el alcance de las aplicaciones posibles de los procedimientos descritos. Cualquier sistema podría ser utilizado por un procesador sin ocasionar salirse del alcance de la presente divulgación.

Aunque la presente divulgación principalmente se describe como un procedimiento, un experto en la técnica entenderá que la presente divulgación también se refiere a un aparato para llevar a cabo el procedimiento descrito y que incluye las partes del aparato de los componentes del equipo, un ordenador programado mediante un software apropiado para hacer posible la práctica del procedimiento descrito, mediante cualquier combinación de los dos, o de cualquier otra manera. Además, un artículo de manufactura para utilizarse con el aparato, tal como un aparato de memoria previamente grabado u otro medio legible por ordenador similar que incluye instrucciones de programa

grabadas en el mismo, o una señal de datos de ordenador portadora de instrucciones de programa legibles por ordenador pueden dirigir un aparato para facilitar la práctica del procedimiento descrito. Debe entenderse que dichos aparatos, artículos de manufactura, y señales de datos de ordenador también se encuentran dentro del alcance de la presente divulgación.

- 5 Las realizaciones de la presente invención descritas anteriormente pretenden ser solamente ejemplos. Los expertos en la técnica pueden efectuar alteraciones, modificaciones y variaciones a las realizaciones de ejemplo particulares sin apartarse del alcance pretendido de la presente divulgación. En particular, las características seleccionadas de una o más de las realizaciones de ejemplo anteriormente descritas pueden ser combinadas para crear realizaciones de ejemplo alternativas no explícitamente descritas, siendo las características adecuadas para dichas combinaciones fácilmente apreciadas por los expertos en la técnica. La materia objeto descrita en el presente documento y en las reivindicaciones mencionadas pretenden cubrir e incluir todos los cambios adecuados en la tecnología.
- 10

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un procedimiento de posicionamiento de un objeto en un sistema de sensor óptico para adquirir una superficie del mismo, teniendo el sistema de sensor un conjunto de motores para la rotación del objeto alrededor de un eje de motor perpendicular a un eje óptico del sistema de sensor y para trasladar el objeto en las direcciones X, Y y Z, comprendiendo el procedimiento:
- (a) adquirir un mapa en relieve de un área en un campo de visión del sistema de sensor;
  - (b) calcular una normal representativa de una topografía del mapa en relieve del área;
  - (c) determinar una angular entre la normal y el eje óptico del sistema de sensor;
  - 10 (d) comparar la angular con un ángulo umbral para determinar si la superficie del área es perpendicular al eje del sensor;
  - (e) si la angular es mayor que un ángulo umbral, girar el objeto para obtener un nuevo ángulo de diferencia menor que dicho ángulo umbral; y
  - (f) trasladar dicho objeto para reposicionar dicha área en dicho campo de visión después de que dicha rotación ha desplazado dicha área.
- 15 2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además repetir las etapas (a) a (f) para dicho mapa en relieve de dicha área hasta que dicho nuevo ángulo de diferencia sea menor que dicho ángulo umbral después de dicha traslación.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende, además:
- 20 mover al menos uno de dicho objeto y un sensor para proporcionar una nueva área de superficie en dicho campo de visión de dicho sistema de sensor; y
  - repetir las etapas (a) a (f) para áreas múltiples de dicha superficie y fusionar las áreas múltiples para crear un mosaico de dicha superficie de dicho objeto,
  - en el que dicho movimiento de al menos uno de dicho objeto y un sensor para proporcionar una nueva área de superficie en dicho cambio de visión comprende tener un solapamiento entre áreas sucesivas que es menor del
  - 25 50 %.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende, además:
- ajustar dicho conjunto de motores a una posición inicial para una adquisición inicial de dicha superficie y una posición final para una adquisición final de dicha superficie; y
  - 30 determinar una posición real de dicho eje del motor en relación con una referencia de posición en un sistema de coordenadas de referencia.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que dicha determinación de una posición real de dicho eje del motor comprende:
- (g) asumir una posición real de (0, 0) para dicho eje del motor;
  - 35 (h) adquirir un primer mapa en relieve de un área en un campo de visión del sistema de sensor con dicho conjunto de motores en dicha posición inicial;
  - (i) realizar una rotación de dicha superficie alrededor de dicho eje del motor mediante un valor  $\theta$  pequeño;
  - (j) adquirir un mapa en relieve posterior de un área en el campo de visión del sistema de sensor;
  - (k) medir una rotación relativa y cambiar entre el primer mapa en relieve y el mapa en relieve posterior;
  - 40 (l) calcular una posición temporal del eje del motor utilizando solamente el primer mapa en relieve y el mapa en relieve posterior;
  - (m) calcular una ponderación de confianza que describe una confianza con la posición temporal del eje del motor;
  - (n) actualizar la posición real de la posición del eje del motor utilizando la ponderación de confianza y la posición temporal del eje del motor;
  - 45 (o) probar la convergencia de dicha posición real; y
  - (p) repetir las etapas (i) a (o) hasta que se haya logrado la convergencia.
6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que el ajuste de dicho conjunto de motores a una posición inicial comprende:
- 50 (q) adquirir un primer mapa en relieve de un área en un campo de visión del sistema de sensor;
  - (r) calcular una normal representativa de una topografía del mapa en relieve del área;
  - (s) medir un ángulo entre la normal y el eje óptico y compararlo con el ángulo umbral;
  - (t) si el ángulo medido es mayor que el ángulo umbral, girar el objeto por un valor pequeño para obtener un nuevo ángulo;
  - (u) adquirir un segundo mapa en relieve de un área dentro del campo de visión después de la rotación;
  - 55 (v) determinar un desplazamiento relativo entre datos comunes a partir del primer mapa en relieve y el segundo mapa en relieve;
  - (w) trasladar el objeto mediante el desplazamiento relativo y repetir las etapas (q) a (w) hasta que el ángulo

medido sea menor que dicho ángulo umbral; y

(x) si el ángulo medido es menor que dicho ángulo umbral, almacenar una posición actual de dicho conjunto de motores como dicha posición inicial,

5 y preferiblemente en el que dicho (r) cálculo de una normal representativa de una topografía del mapa en relieve del área comprende:

definir un perfil promedio a lo largo de una dirección Y que describe una forma general de la topografía; y calcular la normal del perfil promedio.

7. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que mover dicho al menos uno de dicho objeto y un sensor para proporcionar una nueva área de superficie en dicho campo de visión comprende tener un solapamiento entre áreas sucesivas que es mayor del 50 %, y preferiblemente en el que dicho movimiento comprende:

10 determinar una posición de un punto de un parche actual que es consistente con un solapamiento fijo predeterminado entre áreas adquiridas sucesivas;  
 15 identificar una normal en ese punto;  
 girar el objeto para llevar la normal de ese punto paralela al eje óptico;  
 trasladar la superficie mediante Desplazamiento<sub>y</sub> para traer ese punto al centro del campo de visión; y  
 actualizar la posición del eje del motor a  $R_{y\text{-actualizado}} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$ .

8. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que dicho movimiento comprende:

20 identificar una normal del punto más distante de una topografía de un parche actual en un límite del campo de visión;  
 determinar un ángulo BETA entre la normal y el eje óptico;  
 girar el objeto por  $(1 + \text{ALFA}) * \text{BETA}$ , donde ALFA es un parámetro positivo que es una función decreciente del solapamiento que se aproxima a cero cuando el solapamiento se aproxima al 50 %;  
 25 trasladar el objeto mediante Desplazamiento<sub>y</sub> para traer el punto más allá de un centro del campo de visión de acuerdo con el solapamiento; y  
 actualizar la posición del eje del motor a  $R_{y\text{-actualizado}} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$ .

9. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que dicho movimiento comprende:

30 identificar una normal de un punto más distante de una topografía de un parche actual en un límite del campo de visión;  
 girar el objeto para traer la normal del punto más distante paralela al eje óptico;  
 trasladar la superficie para traer el punto más distante en un centro del campo de visión; y  
 actualizar la posición del eje del motor a  $R_{y\text{-actualizado}} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$ .

10. Un sistema de posicionamiento de objetos que comprende un sistema (104) de sensor óptico para adquirir una superficie del objeto, teniendo el sistema de sensor un conjunto de motores para girar el objeto alrededor de un eje de motor perpendicular a un eje óptico (OA) del sistema de sensor y para trasladar el objeto en las direcciones X, Y y Z, comprendiendo el sistema:

35 un procesador en un sistema informático;  
 una memoria a la que se puede acceder mediante el procesador; y  
 una aplicación acoplada al procesador, configurada la aplicación para:  
 40 (a) adquirir un mapa en relieve de un área en un campo de visión del sistema de sensor;  
 (b) calcular una normal representativa de una topografía del mapa en relieve del área;  
 (c) determinar una angular entre la normal y el eje óptico del sistema de sensor;  
 (d) comparar la angular con un ángulo umbral para determinar si la superficie del área es perpendicular al eje del sensor;  
 45 (e) si la angular es mayor que un ángulo umbral, girar el objeto para obtener un nuevo ángulo de diferencia menor que dicho ángulo umbral; y  
 (f) trasladar dicho objeto para repositionar dicha área en dicho campo de visión después de que dicha rotación haya desplazado dicha área.

11. El sistema de la reivindicación 10, en el que dicha aplicación también está configurada para:

50 ajustar dicho conjunto de motores a una posición inicial para una adquisición inicial de dicha superficie y una posición final para una adquisición final de dicha superficie; y  
 determinar una posición real de dicho eje del motor en relación con una posición de referencia en un sistema de coordenadas de referencia.

12. El sistema de la reivindicación 11, en el que dicha determinación de una posición real de dicho eje del motor

comprende:

- (g) asumir una posición real de (0, 0) para dicho eje del motor;
- (h) adquirir un primer mapa en relieve de un área en un campo de visión del sistema de sensor con dicho conjunto de motores en dicha posición inicial;
- 5 (i) realizar una rotación de la superficie alrededor de dicho eje del motor mediante un valor  $\theta$  pequeño;
- (j) adquirir un mapa en relieve posterior de un área en el campo de visión del sistema de sensor;
- (k) medir una rotación relativa y cambiar entre el primer mapa en relieve y el mapa en relieve posterior;
- (l) calcular una posición temporal del eje del motor utilizando solamente el primer mapa en relieve y el mapa en relieve posterior;
- 10 (m) calcular una ponderación de confianza que describe una confianza con la posición temporal del eje del motor;
- (n) actualizar la posición real de la posición del eje del motor utilizando la ponderación de confianza y la posición temporal del eje del motor;
- (o) probar la convergencia de dicha posición real; y
- 15 (p) repetir las etapas (i) a (o) hasta que se haya logrado la convergencia.

13. El sistema de la reivindicación 11 o 12, en el que dicho ajuste de dicho conjunto de motores a una posición inicial comprende:

- (q) adquirir un primer mapa en relieve de un área en un campo de visión del sistema de sensor;
- 20 (r) calcular una normal representativa de una topografía del mapa en relieve del área;
- (s) medir un ángulo entre la normal y el eje óptico y compararlo con un ángulo umbral;
- (t) si el ángulo medido es mayor que el ángulo de umbral, girar el objeto por un valor pequeño para obtener un nuevo ángulo;
- (u) adquirir un segundo mapa en relieve de un área dentro del campo de visión después de la rotación;
- (v) determinar un desplazamiento relativo entre datos comunes del primer mapa en relieve y el segundo mapa en relieve;
- 25 (w) trasladar el objeto mediante el desplazamiento relativo y repetir las etapas (q) a (w) hasta que el ángulo medido sea menor que dicho ángulo umbral; y
- (x) si el ángulo medido es menor que el ángulo umbral, almacenar una posición actual de dicho conjunto de motores como dicha posición inicial.

30 14. El sistema de la reivindicación 13, en el que dicho (r) cálculo de una normal representativa de una topografía del mapa en relieve del área comprende:

definir un perfil promedio a lo largo de una dirección Y que describe una forma general de la topografía; y calcular la normal del perfil promedio.

35 15. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que dicha aplicación está configurada además para:

- mover al menos uno de dicho objeto y un sensor para proporcionar una nueva área de superficie en dicho campo de visión de dicho sistema de sensor; y
- repetir las etapas (a) a (f) para áreas múltiples de dicha superficie y fusionar dichas áreas múltiples para crear un mosaico de dicha superficie de dicho objeto,
- 40 en el que, preferiblemente, dicho movimiento de al menos uno de dicho objeto y un sensor para proporcionar una nueva área de superficie en dicho campo de visión comprende tener un solapamiento entre áreas sucesivas que es mayor del 50 %.

16. El sistema de la reivindicación 15, en el que dicho movimiento comprende:

- 45 determinar una posición de un punto de un parche actual que es consistente con un solapamiento fijo previamente determinado entre áreas adquiridas sucesivas;
- identificar una normal en ese punto;
- girar el objeto para traer la normal de ese punto paralela al eje óptico;
- trasladar la superficie mediante Desplazamiento<sub>y</sub> para traer ese punto al centro del campo de visión; y
- actualizar la posición del eje del motor a  $R_{y\text{-actualizado}} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$ .

50 17. El sistema de la reivindicación 15, en el que dicho movimiento comprende:

- identificar una normal de un punto más distante de una topografía de un parche actual en un límite del campo de visión;
- determinar un ángulo BETA entre la normal y el eje óptico;
- girar el objeto por  $(1 + \text{ALFA}) * \text{BETA}$ , donde ALFA es un parámetro positivo que es una función decreciente del solapamiento que se aproxima a cero cuando el solapamiento se aproxima al 50 %;
- 55 trasladar el objeto mediante Desplazamiento<sub>y</sub> para traer el punto más allá de un centro del campo de visión de acuerdo con el solapamiento; y

actualizar la posición del eje del motor a  $R_{y\text{-actualizado}} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$ .

18. El sistema de la reivindicación 15, en el que dicho movimiento comprende:

identificar una normal de un punto más distante de una topografía de un parche actual en un límite del campo de visión;

- 5 girar el objeto para traer la normal del punto más distante paralela al eje óptico;  
trasladar la superficie para traer el punto más distante al centro del campo de visión; y  
actualizar la posición del eje del motor a  $R_{y\text{-actualizado}} = R_y + \text{Desplazamiento}_y$ .

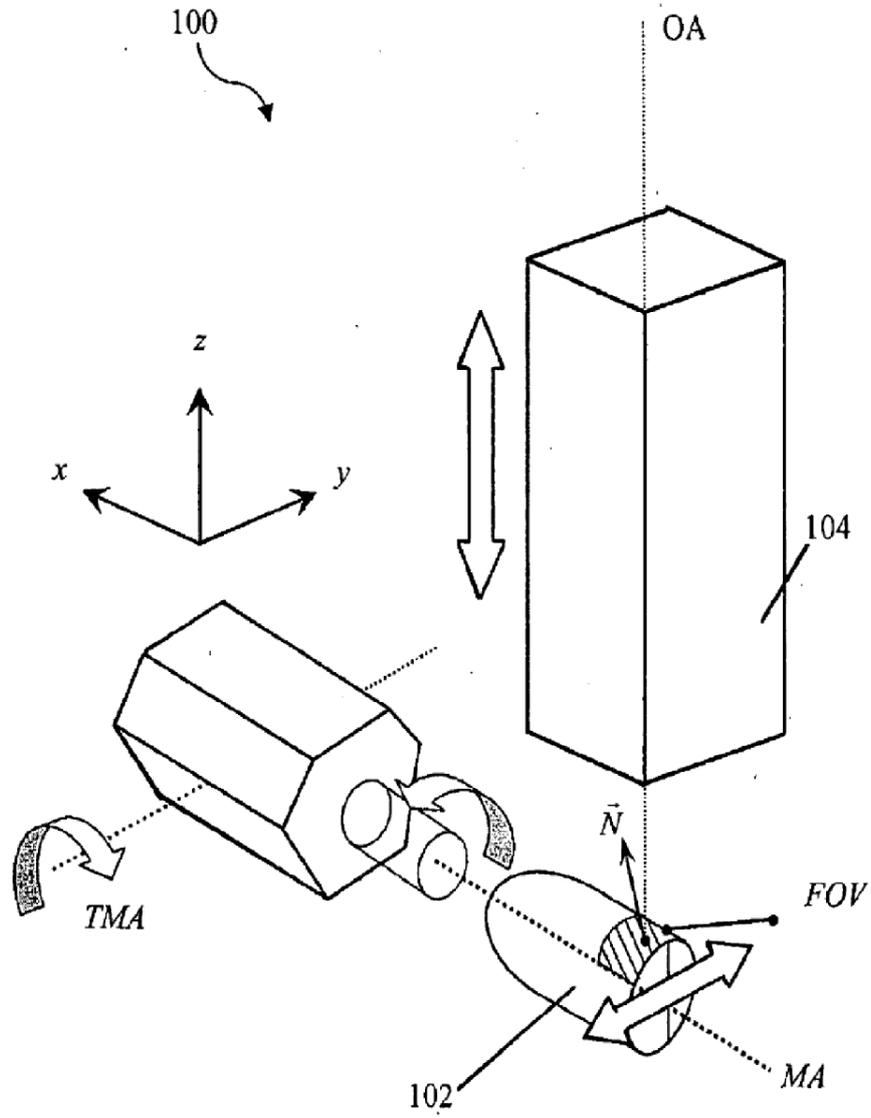


FIGURA 1

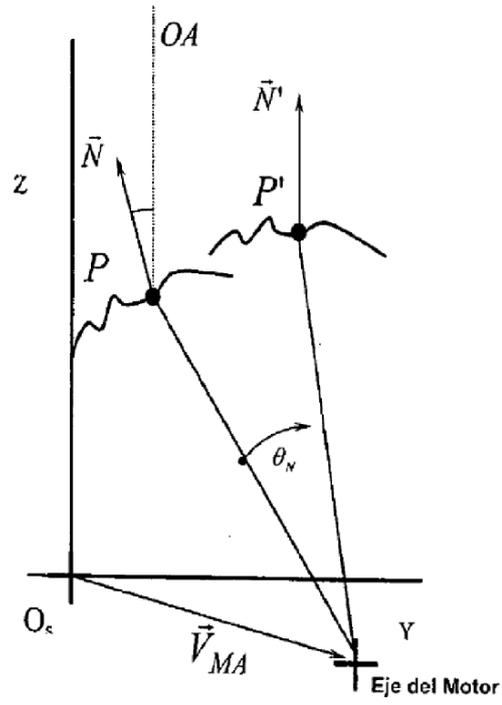


FIGURA 2A

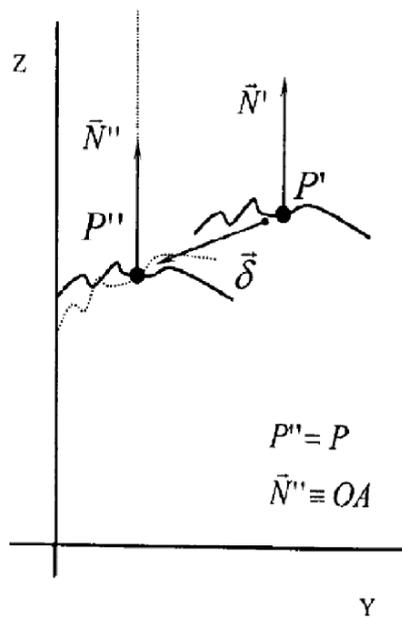


FIGURA 2B

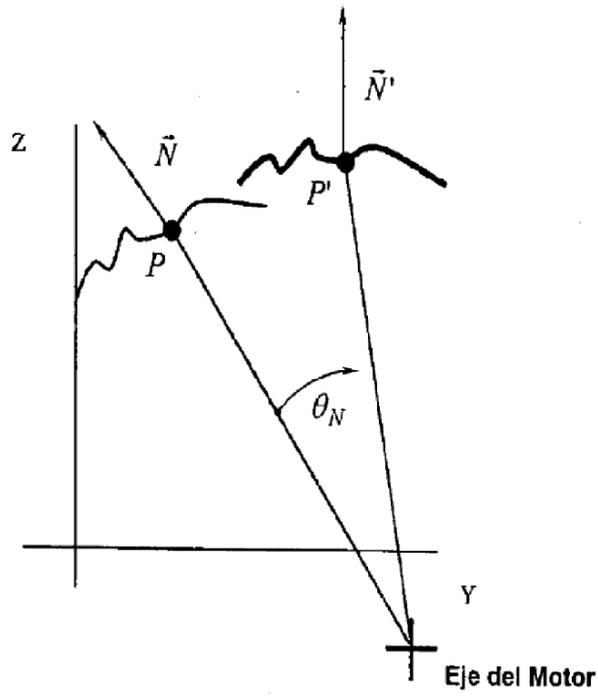


FIGURA 3A

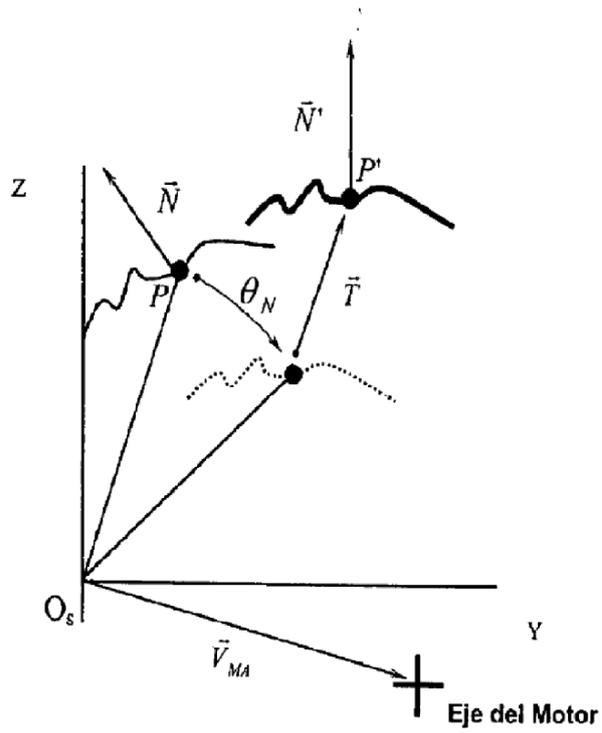


FIGURA 3B

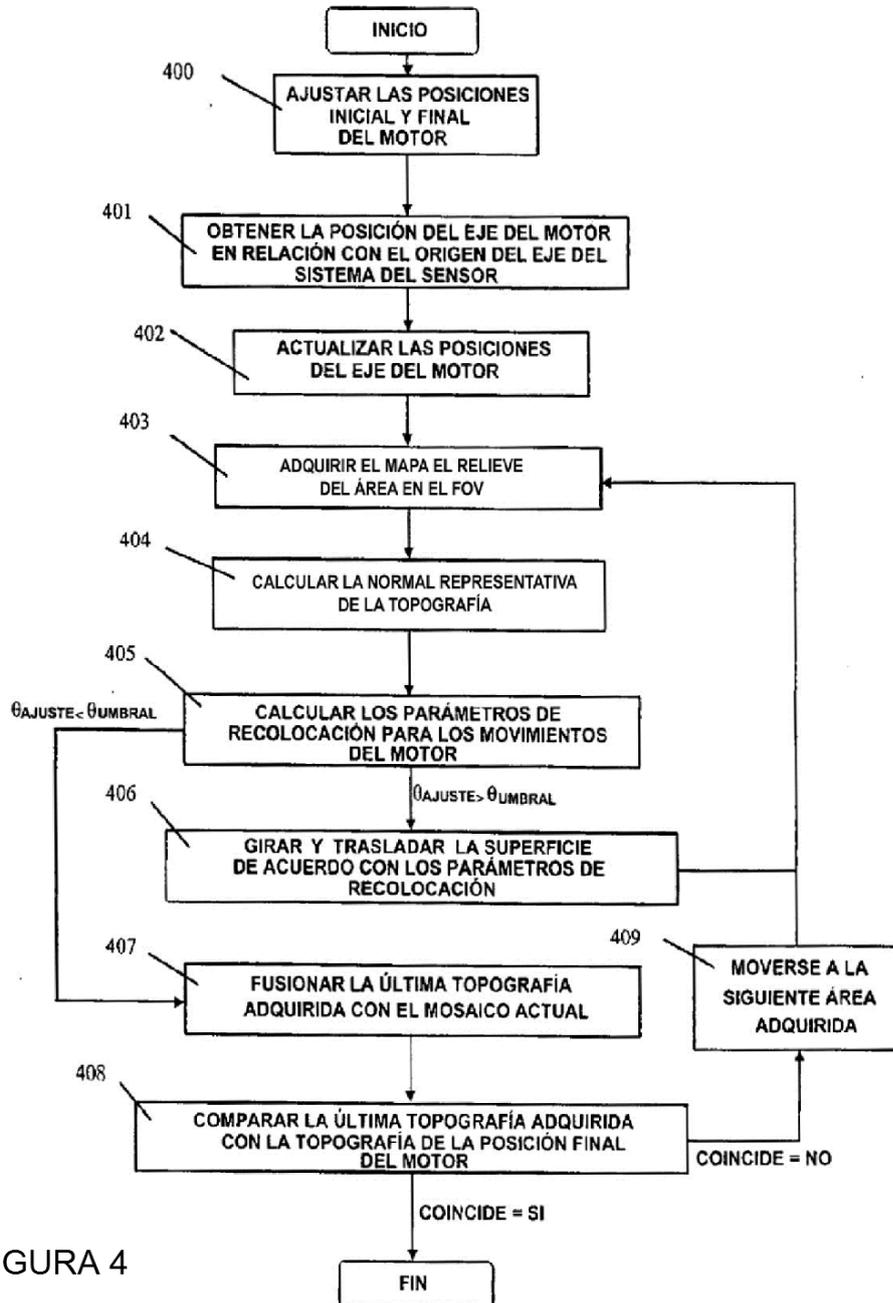


FIGURA 4

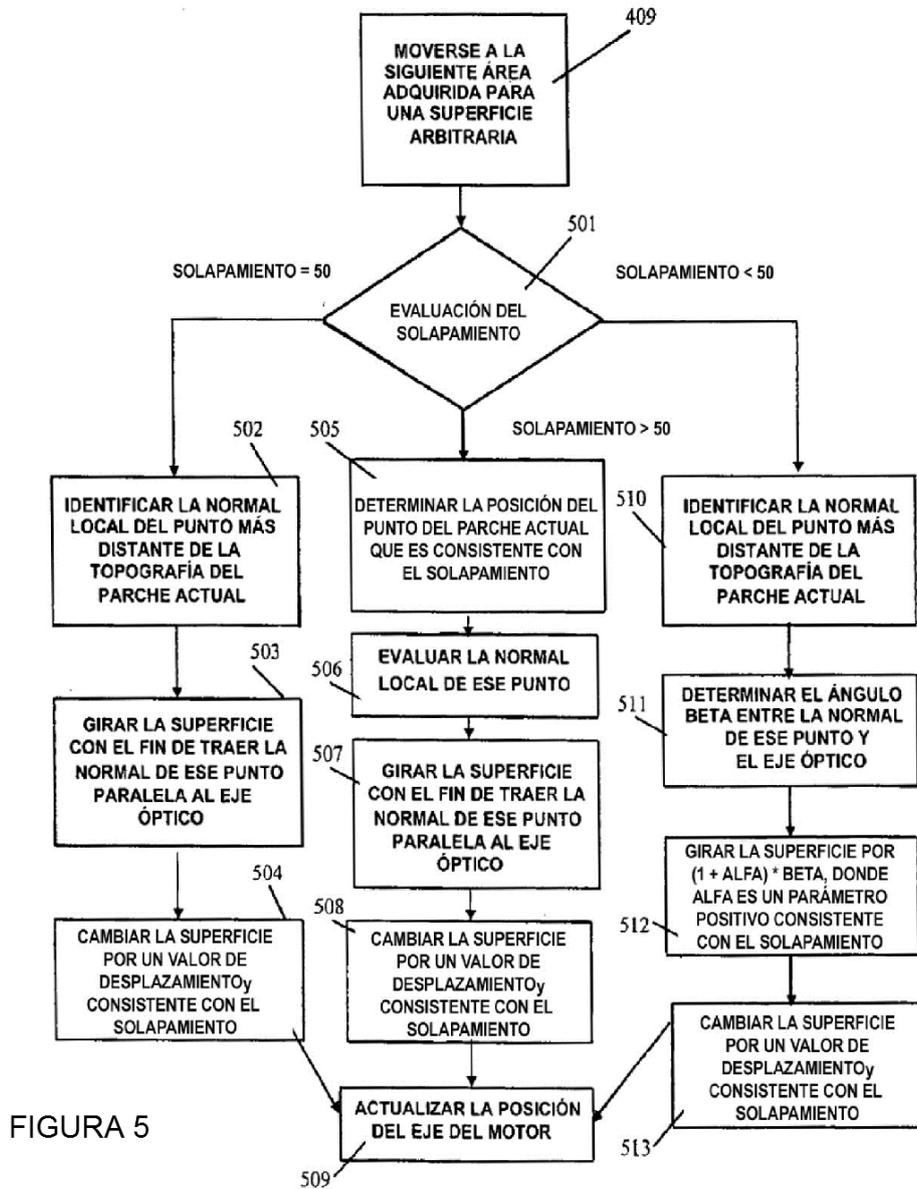


FIGURA 5

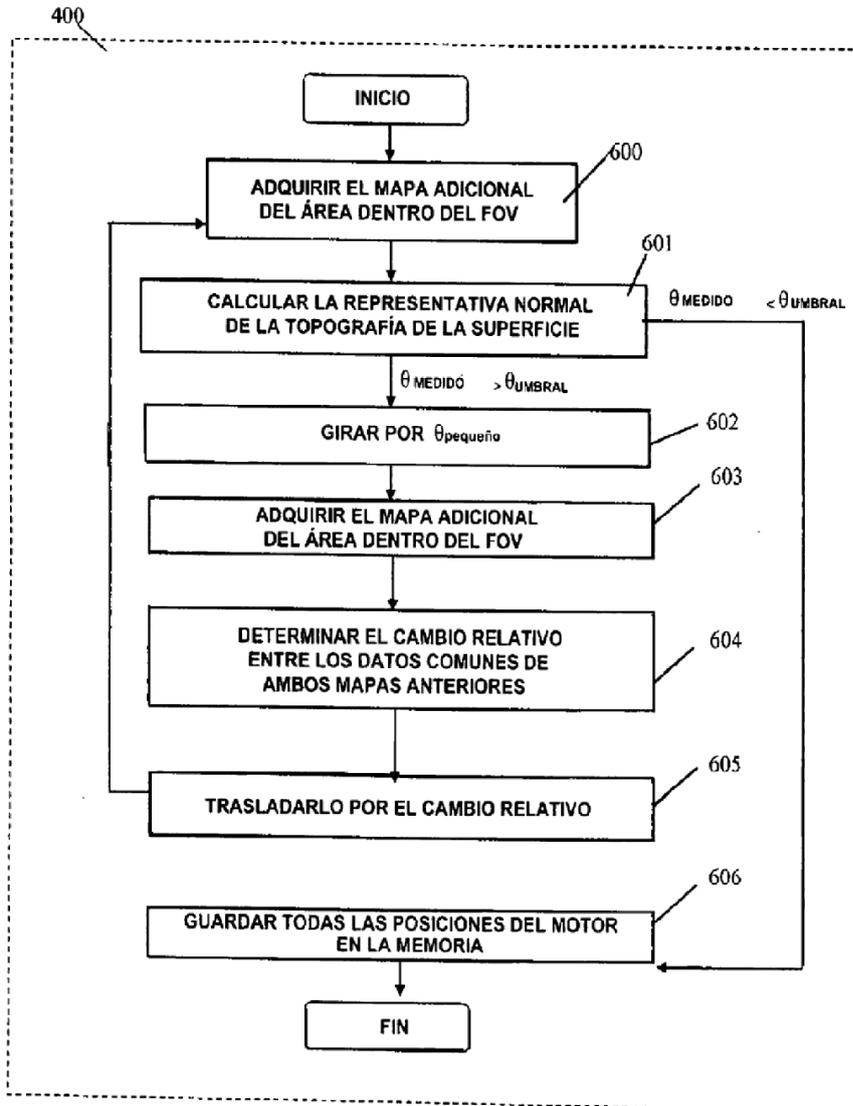


FIGURA 6

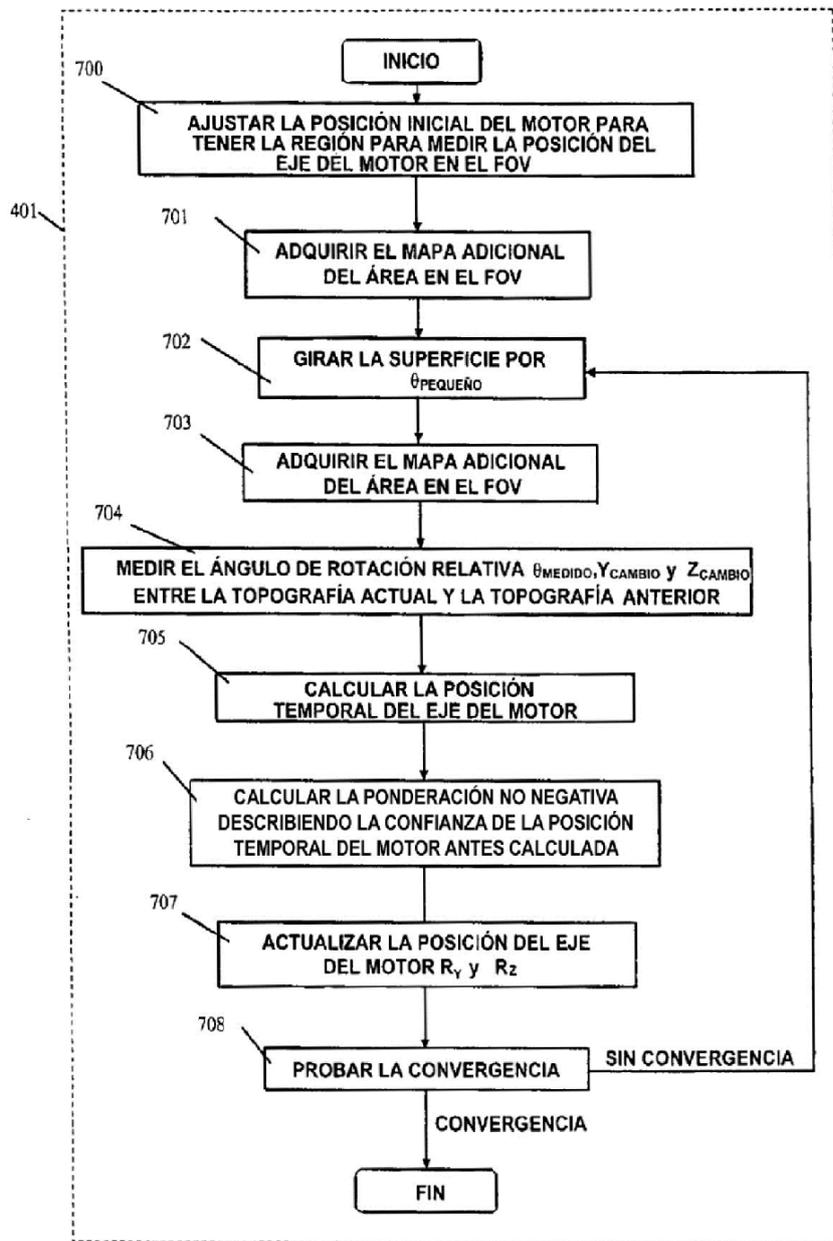


FIGURA 7

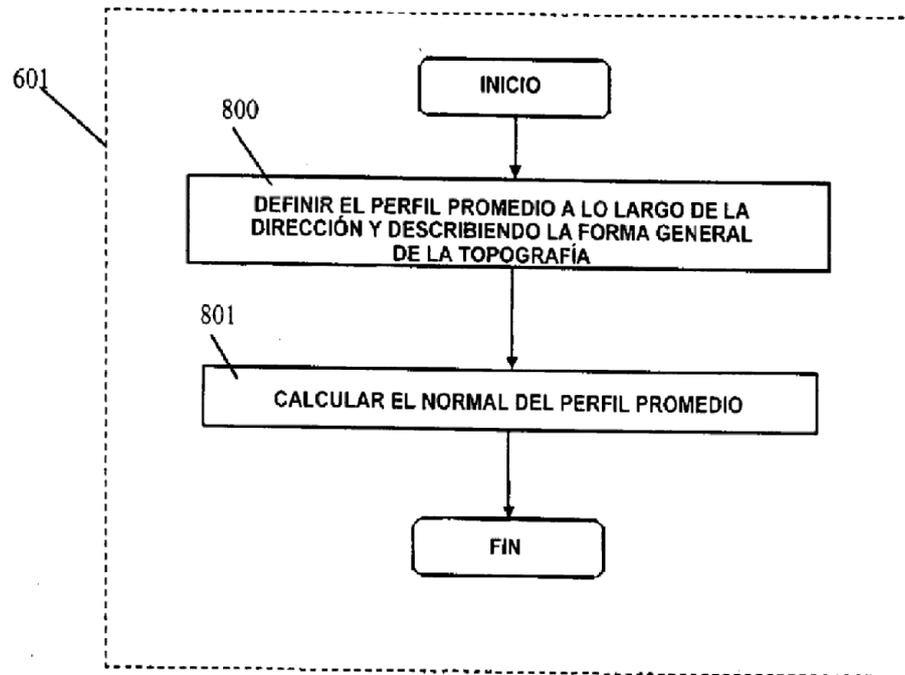


FIGURA 8

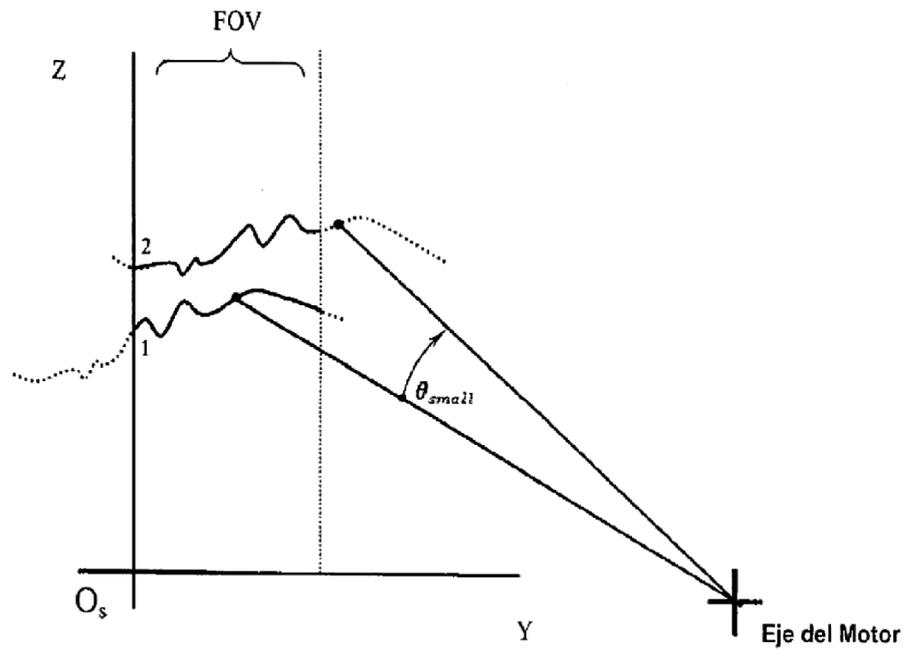


FIGURA 9

