

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 523**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2006.01)

A61C 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2009 E 09169487 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.02.2015 EP 2306400**

54 Título: **Procedimiento para digitalizar objetos dento-maxilofaciales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.05.2015

73 Titular/es:

**MEDICIM NV (100.0%)
Kardinaal Mercierplein 1
2800 Mechelen, BE**

72 Inventor/es:

**SCHUTYSER, FILIP;
MOLLEMANS, WOUTER y
WOUTERS, VEERLE**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Carlos

ES 2 536 523 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 para digitalizar objetos dento-maxilofaciales

5 **Sector de la invención**

La presente invención se refiere a un procedimiento para captar la forma de un objeto dento-maxilofacial a base de datos de la imagen volumétrica del objeto. Además, la presente invención se refiere a un procedimiento para determinar un parámetro a utilizar en la digitalización del objeto dento-maxilofacial.

10

Antecedentes de la invención

15 Los tratamientos dento-maxilofaciales se relacionan con la dentición, el cráneo y los tejidos blandos faciales. El alcance de los tratamientos va desde tratamientos de la dentadura, tales como alineación, restauración de coronas, extracción, restauración incluyendo la raíz y la corona, tratamientos relacionados con el hueso tales como cirugía maxilofacial, comportando remodelado quirúrgico o restablecimiento del cráneo y de la dentición, adaptar las intervenciones quirúrgicas de reparación, en particular, de posicionamiento defectuoso de las mandíbulas entre sí, llamada cirugía ortognática, tratamientos de la unión temporomandibular (TMJ), tratamientos sobre tejidos blandos faciales tales como esculpido de tejidos, "lifting", etc. Es importante en estos tratamientos la creación de una buena oclusión y línea de sonrisa. Con "oclusión" se designa la forma en la que los dientes del arco superior y del arco inferior se juntan cuando se cierra la boca.

20

25 Dado que los tratamientos dento-maxilofaciales son complejos y tienen un gran impacto sobre el aspecto externo facial del paciente, se requiere una planificación cuidadosa del tratamiento. Los sistemas de planificación dento-maxilofacial ayudados por ordenador se encuentran progresivamente a disposición a efectos de digitalizar el proceso de planificación para el tratamiento manual tradicional. Para poder optimizar el plan de tratamiento, es frecuentemente necesario incorporar en estos sistemas una versión digital de objetos dento-maxilofaciales tales como impresiones dentales, modelos dentales en piedra o prótesis desmontables, etc. Como consecuencia, existe la necesidad de posibilitar una digitalización precisa de objetos dento-maxilofaciales.

25

30

Los objetos dento-maxilofaciales, se caracterizan por una forma muy irregular que muestra varios rebajes y detalles pequeños. Estas características hacen la digitalización de la forma una tarea difícil.

35

Para la digitalización de objetos dento-maxilofaciales, se puede aplicar el escaneado superficial basado en estéreo-imágenes, formación de imágenes de estructuras mediante luz, escaneado por láser, o entre otras, la holografía conoscópica. Estos procedimientos pueden facilitar escaneados muy detallados de la superficie de los objetos. Si bien algunas técnicas son más flexibles con respecto a la variedad de formas que pueden escanear, ciertas formas resultan difíciles de digitalizar.

40

Un procedimiento alternativo para digitalizar la forma del material dento-maxilofacial es la utilización de técnicas de imagen volumétricas, tales como escaneado destructivo o formación de imágenes tomográficas. La formación de imágenes tomográficas incluye todas las modalidades de imagen que generan imágenes tomográficas. Estas imágenes tomográficas pueden ser dispuestas en un volumen de imagen 3D.

45

Un ejemplo de esta formación de imágenes tomográficas es el escaneado CT. Con esta modalidad, se utilizan rayos X para digitalizar la forma del material dento-maxilofacial. Esto se hace de manera típica en un entorno industrializado basado en escáneres industriales CT o micro-escáneres CT. No obstante, este enfoque requiere una inversión significativa, y crea complicación logística. Por ejemplo, una impresión dental se deforma cuando se seca. Por lo tanto, es aconsejable digitalizar la impresión tan pronto como sea posible y controlar cuidadosamente el entorno en el que se almacena.

50

Si bien existen varias técnicas de formación de imágenes para escanear objetos, sigue existiendo el problema de que la captación del contorno exacto o la forma de dichos objetos a base de los datos de imagen volumétrica es muy difícil o inexacta. Además, esta toma de contorno o de forma se lleva a cabo usualmente de forma subjetiva. El proceso de toma del contorno se llama también frecuentemente segmentación de los datos de la imagen volumétrica.

55

Como consecuencia, existe la necesidad de un procedimiento preciso para captar la forma a base de datos de imagen volumétrica, tales como forma de materiales dento-maxilofaciales de manera más fiable.

60

En el documento WO00/19929 la técnica de formación de imágenes del volumen se describe con escaneado destructivo, de manera que se toman imágenes de secciones.

65

El documento US 7.123.767 describe técnicas para la segmentación de un modelo de dentición digital formando modelos de componentes individuales utilizando, por ejemplo, escáneres CT. Se describen varias técnicas de segmentación 3D, muchas de las cuales son asistidas por humanos. Otras técnicas implementadas por ordenador

tienen el inconveniente de que solamente se crean márgenes inter-proximales en vez de un valor umbral preciso. Este documento no se refiere, no obstante, a la exactitud de la segmentación de un modelo de dentición digital, aunque este es un factor crucial.

5 La publicación "Exactitud geométrica de tomografía de volumen digital y tomografía convencional computada" describe la comparación de la exactitud entre la toma de imágenes tomográfica de volumen digital con la de CT convencional. Un cubo de calibración con un modelo definido de tubos interiores ha sido escaneado utilizando CT y tomografía de volumen digital y se ha utilizado para determinar la desviación en cada imagen.

10 La patente publicada EP 1808129 describe un dispositivo de referencia posicionado en la boca que puede ser utilizado para la calibración de la distorsión en el momento de toma de imágenes CT.

15 Existe también la necesidad de ofrecer a los profesionales dentales la posibilidad de escanear materiales dento-maxilofaciales con técnicas de formación de imágenes de volumen, tales como formación de imágenes tomográficas, que sean fácilmente accesibles o de fácil instalación en el consultorio dental. Un ejemplo de este procedimiento de toma de imágenes tomográficas es escaneado CT con escáner médico estándar CT o escáner "Cone-Beam CT".

20 La toma de imágenes tomográficas crea un conjunto de datos de imagen volumétrica o incluso varios, de los que se necesita segmentar la superficie del objeto dento-maxilofacial. Dada la gran variedad de equipos de toma de imágenes tomográficas, se precisa un procedimiento fácil y altamente automatizado a efectos de permitir una digitalización conveniente, precisa de la forma de los objetos dento-maxilofaciales.

Objetivos de la invención

25 La presente invención está destinada a proporcionar un procedimiento para generar un modelo general de la forma de un objeto dento-maxilofacial a base de un juego de imagen volumétrica, de manera que se supere los inconvenientes y limitaciones de la técnica anterior.

Características de la invención

30 La presente invención se refiere a un procedimiento para determinar (es decir, calcular), como mínimo, un parámetro de segmentación de datos de imagen volumétrica de un objeto dento-maxilofacial, de manera que el procedimiento comprende las etapas de: a) obtener datos de una imagen volumétrica de un objeto de calibración que tiene un
35 diseño de objeto de calibración con el mismo protocolo de imagen utilizado para obtener dichos datos de imagen volumétrica de dicho objeto dento-maxilofacial, y b) determinar dicho, como mínimo, un parámetro de segmentación, alineando en un espacio dicho diseño de objeto de calibración y dichos datos de imagen volumétrica de dicho objeto de calibración; medir los valores de imagen en los datos de imagen volumétrica del objeto de calibración en la
40 superficie del diseño del objeto de calibración alineado, almacenar los valores de imagen medidos y construir un histograma de los valores de imagen medidos; y deducir el parámetro de segmentación utilizando un criterio de selección en combinación con dicho histograma.

45 En una realización, dicho procedimiento comprende la etapa de calcular una medición de exactitud de la segmentación obtenida aplicando, como mínimo, un parámetro de segmentación.

En una realización específica, la alineación de la etapa a) es llevada a cabo por un registro basado en voxel o por un procedimiento de alineación basado en puntos.

50 En una realización preferente, los datos de imagen volumétrica son obtenidos por una técnica de toma de imágenes tomográfica que comprende escaneado CT.

55 En una realización, el objeto de calibración tiene características materiales sustancialmente iguales a las del objeto dento-maxilofacial para una técnica específica de toma de imágenes. En otra realización, el objeto de calibración tiene características de forma sustancialmente iguales a la forma del objeto dento-maxilofacial. En otra realización, el objeto de calibración tiene dimensiones sustancialmente iguales a las dimensiones del objeto dento-maxilofacial.

60 En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para determinar, como mínimo, un valor de umbral óptimo de datos de imagen volumétrica de un objeto dento-maxilofacial, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de: a. obtener datos de imagen volumétrica de un objeto de calibración que tiene un diseño de objeto de calibración con el mismo protocolo de formación de imagen utilizado para obtener dichos datos de imagen
65 volumétrica de dicho objeto dento-maxilofacial; b. determinar dicho, como mínimo, un valor de umbral óptimo mediante: alineación de los datos de imagen volumétrica del objeto de calibración con el diseño del objeto de calibración; generar para cualquier valor umbral un mapa de distancias entre una superficie reconstruida de los datos de imagen volumétrica del objeto de calibración y una superficie virtual del diseño del objeto de calibración; y deducir el valor de umbral óptimo basándose en los mapas de distancias calculados.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para digitalizar un objeto dento-maxilofacial comprendiendo las etapas siguientes: a. obtener datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial; b. determinar, como mínimo, un parámetro de segmentación de los datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 1 o determinar, como mínimo, un valor umbral óptimo de los datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 8; aplicar una segmentación de los datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial con dicho, como mínimo, un parámetro de segmentación o un valor umbral óptimo obtenido de la etapa b.

En una realización preferente, dicha segmentación del procedimiento de la presente invención consiste en la formación de umbrales.

Una ventaja principal del procedimiento de la presente invención consiste en digitalizar de manera correcta, estable y fiable un material con equipos fácilmente disponibles para personal clínico o dentistas. El procedimiento garantiza que se genere una superficie detallada y precisa de forma automática dada la resolución del volumen de imagen volumétrica captada por el procedimiento de formación de imágenes tomográficas.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 representa un diagrama de flujo de los trabajos de un procedimiento de digitalización de acuerdo con la invención.

La figura 2 representa un esquema del algoritmo para definir el valor de umbral óptimo.

La figura 3 representa el diseño del objeto de calibración como escaneado (a) y producido en policarbonato (b).

La figura 4 representa (a) el objeto de calibración que tiene una parte de contenedor y una parte superior; y (b) el posicionado de la parte superior sobre la parte de contenedor.

La figura 5 representa (a) la parte superior y la parte de contenedor llenas con el material de impresión dental; y (b) una impresión de las denticiones en la parte del contenedor después de retirar la parte superior.

Descripción detallada de realizaciones

El término "escaneado volumétrica" se refiere a datos obtenidos por una técnica de formación de imágenes de volumen, tal como formación de imágenes tomográfica o escaneado destructivo. Son sinónimos utilizados a lo largo del texto "datos de imagen volumétrica" o "juego de datos de imagen volumétrica".

Para almacenamiento posterior, proceso, diseño y producción de varios productos en el sector médico, se tiene que llevar a cabo una digitalización precisa de un material reflejando la forma del cuerpo. Dado que esta forma puede ser muy irregular, la formación de imagen de la estructura completa con una captación rápida resulta difícil.

En el sector dento-maxilofacial, se utilizan varios objetos para esta finalidad. Una familia de material consiste en los materiales de impresión. Se realizan impresiones de partes anatómicas tales como dientes, cara, orejas. Otra familia de materiales son los moldeos en yeso. Se producen modelos en yeso de diferentes modelos anatómicos de manera típica a partir de impresiones. No obstante, otros materiales tales como prótesis o materiales designados especialmente tales como guías y formas en ceras radiográficas tienen que ser digitalizadas.

Para digitalizar objetos dento-maxilofaciales, se puede utilizar una técnica de formación de imágenes volumétricas tal como formación destructiva de imágenes o formación tomográfica de imágenes. En otra realización, se pueden aplicar técnicas de escaneado superficial.

Una técnica de escaneado tomográfico típica utiliza rayos X. En un entorno clínico o dental se puede utilizar el escaneado con un escáner CT para digitalizar la anatomía del paciente. El escáner CT puede ser un escáner CT médico, un escáner de haz cónico CT ("Cone-Beam CT") (CBCT), o un micro-escáner CT (μ CT).

El objeto dento-maxilofacial que refleja una forma del cuerpo puede ser posicionado sobre un material de soporte que tiene características de imagen muy distintas. Cuando las propiedades del material de estos dos materiales son diferentes, se puede ver claramente el objeto que refleja una forma del cuerpo. Cuando se escanea el material, lo muestra como si estuviera flotando. Para la formación de imágenes utilizando rayos X, un material portador "radio-brillante" ("radio-lucent") es satisfactorio, tal como una esponja. No obstante, para la segmentación de la forma exacta basándose en este escaneado volumétrica, dado el amplio rango de equipos presentes en el sector médico y dental, se requiere una nueva etapa, que se adapte al entorno de trabajo médico o dental. Con esta finalidad, la presente invención proporciona un procedimiento de calibración y segmentación.

La figura 1 representa un esquema de flujo de trabajo de un procedimiento para digitalizar un objeto de acuerdo con la invención.

5 En una realización, un escáner tomográfico -2- es calibrado llevando a cabo un escaneado -4- de un objeto de calibración -3-. A base de este escaneado, se calculan automáticamente -5- uno o varios parámetros de segmentación -6-. Dicho objeto de calibración -3- está diseñado específicamente -10- con el objeto de ser digitalizado -1- con el escáner tomográfico calibrado -7-. Se lleva a cabo una segmentación calibrada -8- sobre el material escaneado para proporcionar un modelo superficial preciso -9- de dicho material.

10 Se diseña un objeto de calibración -3-. El material para el objeto de calibración tiene propiedades materiales similares para el procedimiento de toma de imágenes tomográficas tales como necesita el material objetivo que tiene que ser digitalizado. La información de forma exacta -10-, que puede ser similar a la forma del material real que necesita ser digitalizado, se conoce por diseño.

15 El objeto de calibración es escaneado de la misma forma y con el mismo escáner que el material objetivo -4-. Basándose en los datos de imagen volumétrica procedentes del escaneado -11- y de la forma conocida a partir del diseño -10-, se determinan -5- los parámetros que generan la forma exacta para un enfoque específico de segmentación -6-. Con estos parámetros, el punto de decisión binario en el que se localiza la forma exacta del objeto escaneado se determina. Además de ello, se puede calcular una medición precisa de la segmentación resultante -12-.

20 A continuación, el material real es escaneado con el mismo protocolo de escaneado que el escaneado de calibración -7-. El algoritmo de segmentación -8- es aplicado con los parámetros determinados -6-. De esta manera, se obtiene la forma exacta del material -9-.

25 El escaneado de calibración se puede repetir fácilmente con frecuencia regular a lo largo del tiempo, o cuando tienen lugar cambios o actualizaciones en el equipo de escaneado CT, o en los materiales utilizados. Este procedimiento es rápido y puede ser manejado directamente por los clínicos y sus equipos.

30 En una realización específica, la segmentación de una superficie basada en un volumen de imagen volumétrica se lleva a cabo por fijación de umbrales ("thresholding"). Un valor de umbral define la transición entre el material y el fondo, y por lo tanto, la superficie del material.

La figura 2 muestra un algoritmo para calcular automáticamente el valor óptimo del umbral o parámetros de segmentación -5-.

35 El algoritmo requiere dos juegos de datos de entrada: el diseño -10- del objeto de calibración y el volumen o volúmenes de imágenes del objeto de calibración -11-. El algoritmo consiste en tres etapas principales: alinear los dos juegos de datos de entrada -13-, -14-, construyendo un histograma -15-, -16- y finalmente deduciendo el valor de umbral óptimo -17-, -20-, es decir, el valor del parámetro de segmentación.

40 Dado que el diseño -10- del objeto de calibración y el volumen de imagen -11- no están alineados, se requiere una etapa de alineación. Se definen la alineación como la búsqueda de una transformación, de manera que el objeto transformado y el volumen de la imagen compartan el mismo espacio 3D y, por lo tanto, coincidan. Para obtener esta alienación, se pueden utilizar diferentes procedimientos. Un posible enfoque es el siguiente. En primer lugar, se calcula un volumen de imagen basado en el diseño -10- del objeto de calibración. A continuación, este volumen de imagen es alineado con el volumen de imagen del objeto de calibración obtenido por toma de imágenes tomográfica -11-. El resultado de este algoritmo es una transformación que es aplicada, a continuación, al diseño -10- del objeto de calibración para obtener un diseño -14- del objeto de calibración alineado. El diseño de -14- del objeto de calibración alineado coincide con el volumen de imagen del objeto de calibración -11- en el mismo espacio 3D.

50 En una realización, la alineación puede ser realizada por registro basado en voxel en la maximización de la información mutua (IEEE Transactions on Medical Imaging, 16(2); 187-198, Abril 1997). En otra realización se utiliza un procedimiento de alineación basado en puntos (IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9(5), Setiembre 1987). Este procedimiento de alineación basado en puntos extrae, en primer lugar, puntos o características bien definibles del diseño del objeto de calibración -10- y en el objeto de calibración -11- del volumen de la imagen. A continuación, el procedimiento efectúa la búsqueda de la transformación que alinea los correspondientes puntos 3D de ambos juegos de datos.

60 En una segunda etapa, el algoritmo inhibe los valores de imagen en el volumen de imagen del objeto de calibración -11- en la superficie del diseño -14- del objeto de calibración alineado. Todos los valores de imagen medidos son almacenados y se construye un histograma de los valores de imagen almacenados -15-. Para mejorar la estabilidad del algoritmo, el área de medición puede ser ampliada hacia una pequeña zona alrededor de la superficie del diseño -14- del objeto de calibración alineado. De esta manera, se pueden eliminar parcialmente los ruidos del algoritmo de alineación o de los datos escaneados.

65 Finalmente, el valor de umbral óptimo -19-, en otras palabras el parámetro de segmentación -17- se deduce utilizando un criterio de selección -18- en combinación con el histograma -16- de valores de imagen generados. Los

posibles criterios de selección -18- son: valor medio de imagen, valor más frecuente de imagen, valor máximo de imagen, etc. Diferentes criterios de selección pueden tener como resultado valores de umbral ligeramente diferentes y el criterio de selección óptimo depende de la aplicación final.

5 Después de definir un valor de umbral óptimo, se puede obtener una medición de la exactitud global a esperar -20- de la segmentación. Para calcular este valor, se genera una representación de superficie del volumen de imagen escaneado del objeto de calibración -11- utilizando un algoritmo de cubos móviles (Proc. of SIGGRAPH, pgs. 163-169, 1987) y el valor de umbral óptimo deducido. A continuación, se puede calcular un mapa de distancias entre esta representación de superficie y el diseño -10- del objeto de calibración. Este mapa de distancias o cualquier medida estadística derivada de este mapa de distancias representa la exactitud esperada del proceso de digitalización general para el material a digitalizar dado el procedimiento de formación de imágenes tomográficas y equipo con el protocolo de formación de imágenes correspondiente.

15 Un procedimiento alternativo para calcular automáticamente el valor umbral óptimo comprende las etapas de alinear el objeto de calibración escaneado y el diseño objeto de calibración virtual, generando para cualquier valor umbral un mapa de distancias entre la superficie reconstruida del objeto escaneado y la superficie virtual del diseño del objeto, y deduciendo el valor umbral óptimo basándose en los mapas de distancias calculados.

20 Ejemplo 1: Diseño del objeto de calibración -10- para prótesis acrílica

En el caso de que el material a digitalizar -1- sea una prótesis dental acrílica, se pueden tomar en consideración algunas normas específicas cuando se diseña el objeto de calibración -10-. En primer lugar, el volumen del objeto diseñado es preferentemente más o menos igual al volumen de una prótesis dental típica. Además, es preferible que la superficie del objeto contenga suficiente información detallada 3D, es decir, variación de forma, de manera que la exactitud del algoritmo se pueda garantizar. Finalmente, las propiedades del material utilizado para el objeto de calibración deben ser similares o iguales a las del material a digitalizar para la técnica de formación de imágenes tomográficas específica.

30 En el caso de que el procedimiento de formación de imágenes tomográficas sea escaneado CT para dicha prótesis acrílica, el objeto de calibración -10- puede ser diseñado del modo siguiente. El objeto de calibración consiste en una superficie dental típica virtualmente montada en un cilindro con una pequeña altura. El objeto diseñado es producido en policarbonato, que tiene características de radio-opacidad similares a las de los materiales acrílicos utilizados para producir prótesis dentales (figura 3). Un ejemplo de dicho policarbonato es TECANAT™.

35 Ejemplo 2: Diseño del objeto de calibración -10- para una impresión dental

En el caso de que el material a digitalizar sea una impresión dental y el procedimiento de formación de imágenes tomográficas es escaneado CT, se pueden tomar en consideración ciertas normas específicas cuando se diseña el objeto de calibración -10-. En primer lugar, se debe observar que existen muchos materiales para impresiones dentales. Todos estos materiales tiene diferentes características de radio-opacidad. Por lo tanto, el objeto de calibración diseñado debe ser utilizable para cualquiera de estos materiales de impresiones dentales. En segundo lugar, es preferible que el volumen del objeto de calibración sea más o menos igual al volumen de una impresión dental típica. Finalmente, el objeto de calibración incluye preferentemente suficiente información detallada 3D, es decir, variación de forma, de manera que se puede garantizar la exactitud del algoritmo. Para cumplir con estas normas, se puede producir un objeto de calibración y se puede elaborar un proceso de calibración especial.

Una realización de un diseño específico es la siguiente. En una realización específica y tal como se ha mostrado en la figura 4, el objeto diseñado -10- consiste en dos partes: una parte superior y una parte de contenedor. La parte superior es un bloque de forma cúbica con la cara inferior constituida por una estructura que se parece a la dentición superior. La parte del contenedor consiste en dos cavidades. El tamaño de la primera cavidad (-C1- en la figura 4b) es ligeramente mayor que la parte superior. La segunda cavidad (-C2- en la figura 4b) es ligeramente menor que la parte superior. Debido a las diferentes dimensiones de las dos cavidades, la parte superior puede ser situada sobre la parte superior del contenedor en una posición bien conocida. Para calibrar el material de impresión, la cavidad inferior -C1- es llenada del material de impresión (ver figura 4b). A continuación, la parte superior es colocada sobre el contenedor, y las dos partes son empujadas para establecer contacto íntimo entre sí. Después de unos pocos minutos, cuando el material de la impresión se ha endurecido, se puede retirar la parte superior. La parte restante, es decir, la parte de contenedor con el material de impresión, define el objeto final de calibración que será escaneado para obtener el volumen de imagen del objeto de calibración -11-. La superficie de dentición en la cara inferior de la parte superior sirve como diseño -10- del objeto de calibración.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para determinar, como mínimo, un parámetro de segmentación de datos de imagen volumétrica de un objeto dento-maxilofacial, cuyo procedimiento comprende las siguientes etapas:
- 5 a. obtener datos de imagen volumétrica (11) de un objeto de calibración (3) que tiene un diseño de objeto de calibración (10) con el mismo protocolo de formación de imágenes utilizado para obtener dichos datos de imagen volumétrica de dicho objeto dento-maxilofacial;
 - 10 b. determinar dicho, como mínimo, un parámetro de segmentación mediante:
 - 10 - alinear en un espacio dicho diseño (10) de objeto de calibración y dichos datos de imagen volumétrica (11) de dicho objeto de calibración;
 - 15 - medir valores de imagen en los datos (11) de imagen volumétrica del objeto de calibración en la superficie del diseño (14) del objeto de calibración alineado, almacenando los valores de imagen medidos y construyendo un histograma de los valores de imagen almacenados; y
 - 15 - deducir los parámetros de segmentación utilizando un criterio de selección en combinación con dicho histograma.
- 20 2. Procedimiento, según la reivindicación 1, que comprende la etapa de calcular una medición de exactitud (12) de una segmentación obtenida aplicando dicho, como mínimo, un parámetro de segmentación.
- 20 3. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que dicha etapa de alineación es llevada a cabo por registro basado en voxel o por un procedimiento de alineación basado en puntos.
- 25 4. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos datos de imagen volumétrica son obtenidos por una técnica de formación de imágenes tomográficas que comprende escaneado CT.
- 30 5. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicho objeto de calibración (10) tiene propiedades de material sustancialmente iguales a las de dicho objeto dento-maxilofacial para dicho protocolo de formación de imagen.
- 30 6. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dicho objeto de calibración (10) tiene una forma sustancialmente igual a la forma de dicho objeto dento-maxilofacial.
- 35 7. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que dicho objeto de calibración (10) tiene dimensiones sustancialmente iguales a las dimensiones de dicho objeto dento-maxilofacial.
- 40 8. Procedimiento para determinar, como mínimo, un valor de umbral óptimo de datos de imagen volumétrica de un objeto dento-maxilofacial, cuyo procedimiento comprende las siguientes etapas:
- 40 a. obtener datos de imagen volumétrica (11) de un objeto de calibración (3) que tiene un diseño de objeto de calibración (10) con el mismo protocolo de formación de imágenes utilizado para obtener dichos datos de imagen volumétrica de dicho objeto dento-maxilofacial;
 - 45 b. determinar dicho, como mínimo, un valor de umbral óptimo mediante:
 - 45 - alinear los datos de imagen volumétrica del objeto de calibración con el diseño del objeto de calibración;
 - 45 - generar para cualquier valor umbral un mapa de distancias entre una superficie reconstruida de los datos de imagen volumétrica del objeto de calibración y una superficie virtual del diseño del objeto de calibración; y
 - 50 - deducir el valor de umbral óptimo basándose en los mapas de distancias calculados.
- 50 9. Procedimiento para la digitalización de un objeto dento-maxilofacial que comprende las siguientes etapas:
- 55 a. obtener datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial;
 - 55 b. determinar, como mínimo, un parámetro de segmentación de los datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 1 o determinar, como mínimo, un valor umbral óptimo de los datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial de acuerdo con el procedimiento de la reivindicación 8;
 - 60 c. aplicar una segmentación a los datos de imagen volumétrica del objeto dento-maxilofacial con el, como mínimo, un parámetro de segmentación o un valor de umbral óptimo obtenido de la etapa b.
- 60 10. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha segmentación consiste en la formación de umbrales.

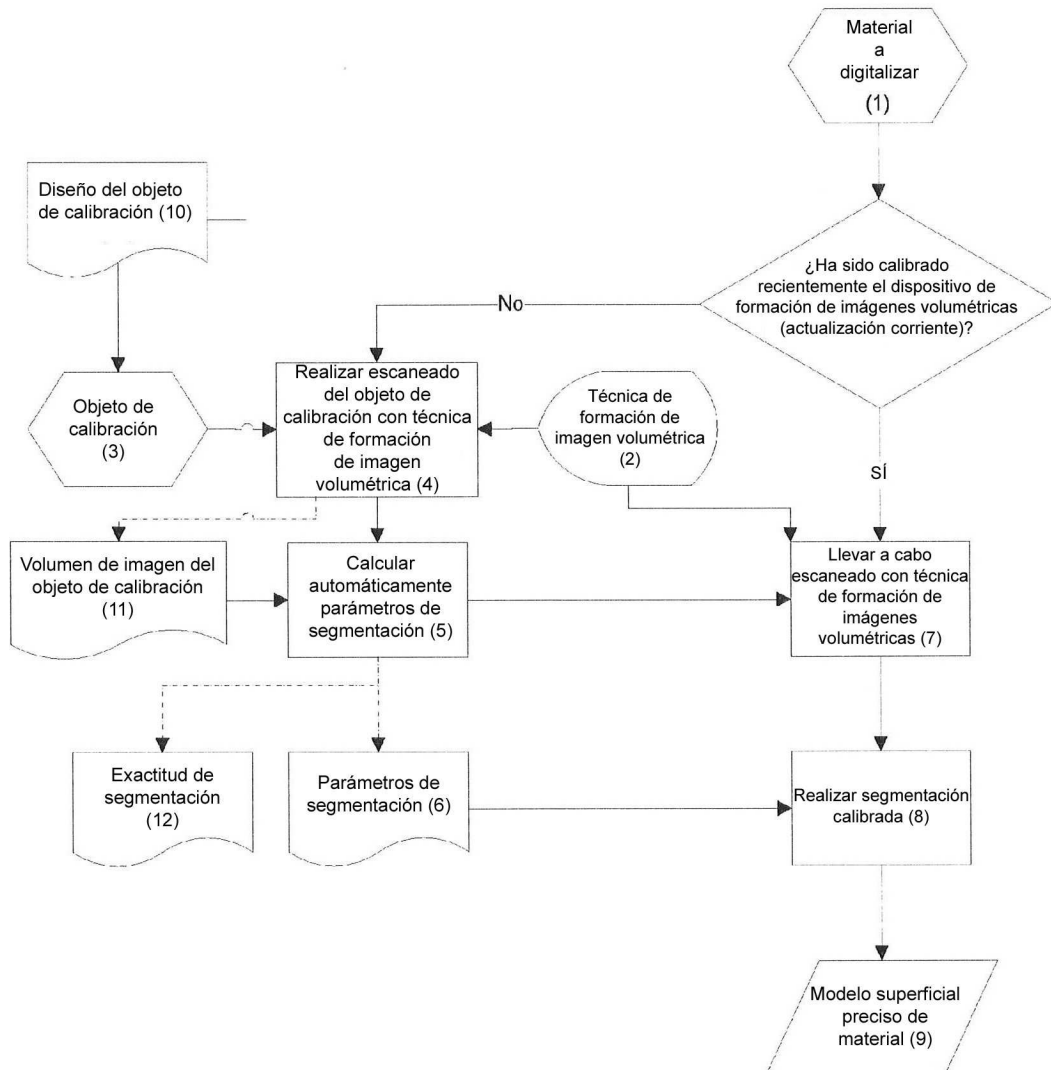


Figura 1

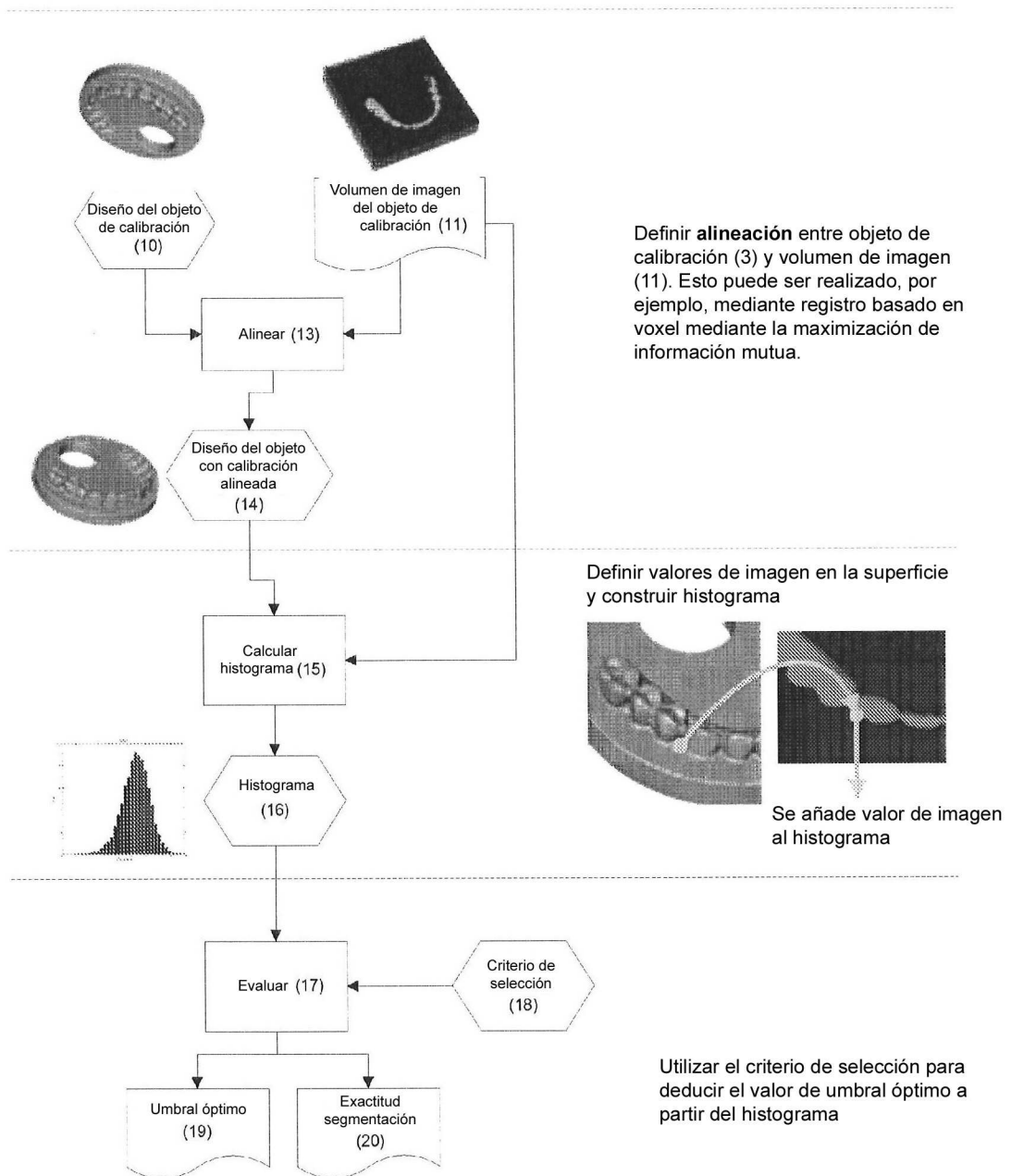
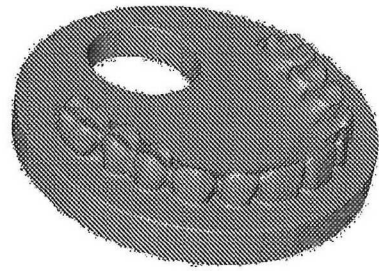
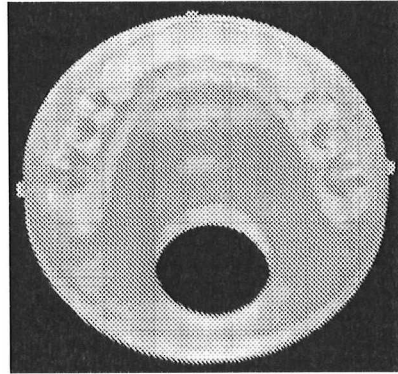


Figura 2

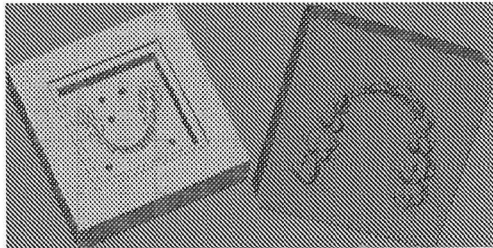


(a)

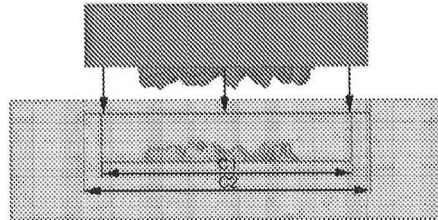


(b)

Figura 3

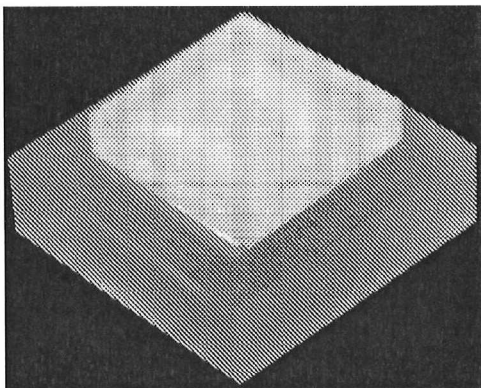


(a)

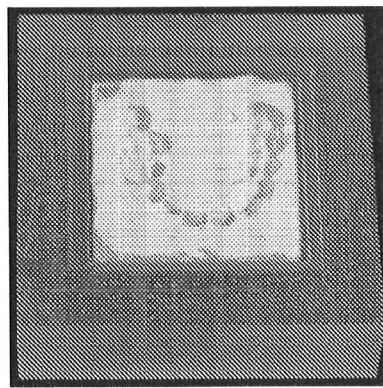


(b)

Figura 4



(a)



(b)

Figura 5