

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 873**

51 Int. Cl.:

A61C 7/00 (2006.01)

A61C 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.01.2016 PCT/IB2016/000003**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2017 WO17013478**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.01.2016 E 16703354 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2019 EP 3324876**

54 Título: **Procedimiento para rastrear y predecir maloclusiones y problemas relacionados**

30 Prioridad:

20.07.2015 US 201514804153

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

08.01.2020

73 Titular/es:

**ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
2820 Orchard Parkway
San Jose, CA 95134, US**

72 Inventor/es:

**MASON, DAVID y
BRANDT, DOUGLAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 736 873 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 rastrear y predecir maloclusiones y problemas relacionados

Antecedentes

- 5 Los procedimientos y aparatos anteriores para identificar y caracterizar condiciones de ortodoncia puede ser menos que ideales en al menos algunos casos. Por ejemplo, las prácticas anteriores pueden diagnosticar y tratar de manera reactiva las condiciones de ortodoncia solo después de que el paciente ya esté experimentando síntomas (por ejemplo, dolor, maloclusión) y puede ser menos que ideal para identificar y corregir de manera proactiva las condiciones futuras que aún deben producirse. Además, si bien un profesional médico puede identificar las condiciones de ortodoncia mediante examen visual en algunos casos, la cantidad y la tasa de cambio en la dentición de un paciente pueden no ser tan fácilmente caracterizadas y comunicadas. Para nombrar algunos ejemplos, el profesional médico puede indicar que los dientes del paciente pueden torcerse más, que la posición entre los dientes puede seguir aumentando, que el desgaste del esmalte en los dientes puede continuar empeorando (por ejemplo, en el caso de bruxismo), que la mandíbula del paciente puede bloquearse, que el paciente puede tener dificultades para dormir (por ejemplo, en el caso de la apnea del sueño) o que puede ser necesaria cirugía de las encías (por ejemplo, cuando se identifica la recesión de la encía). Sin embargo, el profesional médico puede tener dificultades para determinar cambios específicos y sutiles que se producirán, así como las condiciones futuras que puedan surgir como resultado de estos cambios. Además, los procedimientos anteriores pueden ser menos que ideales para monitorizar y predecir cambios en la dentición del paciente que no son detectables por examen visual (por ejemplo, cambios en las raíces de los dientes).
- 10
- 20 La tecnología anterior para caracterizar y reportar los cambios sutiles asociados con muchas condiciones de ortodoncia puede ser menos que ideal en al menos algunos casos. Por ejemplo, las tecnologías anteriores pueden no permitir que el profesional médico o el paciente visualicen (por ejemplo, en tres dimensiones) cualquier progresión proyectada de la condición de ortodoncia. Otras tecnologías solo pueden presentar una visión estática de las condiciones de ortodoncia y no proporcionar información predictiva.
- 25 El documento US2002/064746A1 divulga un procedimiento implementado por ordenador y un sistema informático para calcular una posición futura de un objeto intraoral de la cavidad intraoral de un paciente.

En vista de lo anterior, sería deseable proporcionar procedimientos y aparatos mejorados para el seguimiento, la predicción, y la corrección de forma proactiva de condiciones dentales o de ortodoncia, tal como la maloclusión. Idealmente, tales procedimientos y aparatos permitirían identificar, predecir, cuantificar y visualizar cambios en la dentición de un paciente.

30

Sumario

Las realizaciones de la presente divulgación proporcionan sistemas, procedimientos y dispositivos para predecir futuras condiciones dentales o de ortodoncia en un paciente. En algunas realizaciones, los datos digitales representativos de la cavidad intraoral del paciente en una pluralidad de diferentes puntos de tiempo se reciben y se usan para generar una representación digital predicha de la cavidad intraoral en un punto de tiempo futuro. Por ejemplo, los datos digitales se pueden usar para determinar y extrapolar cambios a uno o más objetos intraorales (por ejemplo, dientes, encías, vías respiratorias) al punto de tiempo futuro, proporcionando predicciones con una precisión mejorada en comparación con las predicciones basadas solo en el examen visual. Una futura condición dental u ortodóncica no deseable en el paciente puede determinarse en función de la representación digital prevista, lo que permite que la condición se diagnostique y se trate de manera preventiva antes de que la condición se haya producido o haya progresado a un estado más avanzado. Además, los sistemas, procedimientos y dispositivos de este documento se pueden usar para generar una o más opciones de tratamiento para una condición predicha con el fin de facilitar la toma de decisiones por parte del paciente y/o profesional. Opcionalmente, se puede generar y mostrar una representación digital de los resultados pronosticados obtenidos con una opción de tratamiento seleccionada para brindar mayor orientación al paciente y/o al profesional. Ventajosamente, los enfoques proporcionados en este documento permiten el diagnóstico y la corrección proactiva de diversas condiciones dentales o de ortodoncia, que pueden ser ventajosas para reducir el coste, la duración y/o la dificultad del tratamiento.

35

40

45

Según la reivindicación 1 de la invención, un procedimiento implementado por ordenador para el cálculo de una posición futura de un objeto intraoral de la cavidad intraoral de un paciente comprende recibir unos primeros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo y recibir unos segundos datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. El procedimiento comprende procesar datos que incluyen los primeros y segundos datos digitales para determinar la velocidad de un objeto intraoral de la cavidad intraoral en el primer y segundo puntos de tiempo. Una posición futura del objeto intraoral en un punto de tiempo futuro se puede

50

55

determinar en función de la velocidad. La posición futura se puede determinar antes de que el objeto intraoral se encuentre en la posición futura.

Realizaciones de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes. Además, en la reivindicación 18 se define un sistema informático para calcular una posición futura de un objeto intraoral de la cavidad interna de un paciente.

Otros objetos y características de la presente divulgación serán evidentes mediante una revisión de la memoria descriptiva, las reivindicaciones y las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Las nuevas características de la invención se indican en particular en las reivindicaciones adjuntas. Se obtendrá una mejor comprensión de las características y las ventajas de la presente invención haciendo referencia a la siguiente descripción detallada que establece realizaciones ilustrativas, en las que se utilizan los principios de la invención, y los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es un diagrama en alzado que muestra la relación anatómica de las mandíbulas de un paciente, según diversas realizaciones;

La figura 2A muestra con más detalle la mandíbula inferior del paciente y proporciona una indicación general de cómo se pueden mover los dientes, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 2B muestra un solo diente de la figura 2A y define cómo se pueden determinar las distancias de movimiento de los dientes, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 3 muestra un sistema para predecir una futura condición dental o de ortodoncia en un paciente, según diversas realizaciones;

La figura 4A muestra un esquema de un conjunto de dientes, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 4B muestra un esquema del conjunto de dientes de la figura 4A que se han movido, según diversas realizaciones;

La figura 4C muestra un esquema del conjunto de dientes de la figura 4A en comparación con el conjunto de dientes de la figura 4B para determinar el cambio de posición en el conjunto de dientes, de acuerdo con diversas realizaciones;

La figura 4D muestra un esquema de posiciones futuras proyectadas del conjunto de dientes de la figura 4B basado en las trayectorias y magnitudes de cambios previamente determinados, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 5A muestra un esquema de un conjunto de dientes que incluyen las raíces, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 5B muestra un esquema del conjunto de dientes de la figura 5A que se han movido, según diversas realizaciones;

La figura 5C muestra un esquema del conjunto de dientes de la figura 5A en comparación con el conjunto de dientes de la figura 5B para determinar el cambio de posición al conjunto de dientes en función del movimiento de la raíz, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 5D muestra un esquema de posiciones futuras proyectadas del conjunto de dientes de la figura 5B basado en las trayectorias y magnitudes de cambios previamente determinados, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 6A muestra un esquema de un diente, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 6B muestra un esquema del diente de la figura 6A que ha cambiado su forma y tamaño con el tiempo, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 6C muestra un esquema del diente de la figura 8 comparado con el de la figura 6B para determinar la forma y el cambio de tamaño del conjunto de dientes, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 6D muestra un esquema de una forma futura proyectada del diente de la figura 6B en función de las trayectorias y magnitudes de cambio de forma y tamaño determinadas previamente, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 7A muestra un esquema de una línea gingival, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 7B muestra un esquema de la línea gingival de la figura 7A que ha cambiado su posición y forma a lo largo del tiempo, de acuerdo con varias realizaciones;

5 La figura 7C muestra un esquema de la línea gingival de la figura 7A comparado con el de la figura 7B para determinar la posición y el cambio de forma de la línea gingival, de acuerdo con varias realizaciones;

La figura 7D muestra un esquema de una posición futura proyectada y la forma de la línea gingival de la figura 7B en función de las trayectorias y magnitudes de cambio de forma determinadas previamente, de acuerdo con varias realizaciones;

10 La figura 8A muestra un esquema de una extrapolación lineal de una trayectoria dental, de acuerdo con diversas realizaciones;

La figura 8B muestra un esquema de una extrapolación no lineal de una trayectoria dental, de acuerdo con diversas realizaciones;

La figura 9 muestra un procedimiento para generar una representación digital predicha de la cavidad intraoral de un paciente para determinar una condición futura en el paciente, de acuerdo con varias realizaciones;

15 La figura 10A muestra un algoritmo para predecir y tratar una condición futura en un paciente, de acuerdo con diversas realizaciones;

La figura 10B es una continuación del algoritmo de la figura 10A, de acuerdo con diversas realizaciones;

Las figuras 11A a 11G ilustran una interfaz de usuario para predecir una futura condición dental o de ortodoncia en un paciente, de acuerdo con varias realizaciones;

20 La figura 12 muestra un esquema de un sistema para predecir una futura condición dental o de ortodoncia en un paciente, de acuerdo con varias realizaciones; y

La figura 13 muestra un procedimiento para calcular un cambio en un objeto intraoral para determinar un estado futuro del objeto intraoral, de acuerdo con diversas realizaciones.

Descripción detallada

25 La presente divulgación proporciona procedimientos y sistemas mejorados y más eficaces para la detección y/o predicción de una condición dental o de ortodoncia temprana. Los procedimientos y aparatos descritos en este documento pueden combinarse de muchas maneras y usarse para diagnosticar o tratar una o más de muchas condiciones intraorales. En algunas realizaciones, los procedimientos y aparatos en este documento se pueden
30 usar para detectar y predecir varios tipos de condiciones dentales o de ortodoncia que pueden surgir en un paciente, determinar productos de tratamiento adecuados y/o procedimientos para prevenir o corregir la condición, y/o mostrar los resultados previstos de administración de productos y/o procedimientos de tratamiento. Un procedimiento predictivo puede involucrar la comparación de datos de escaneado de superficie y/o datos de subsuperficie de los dientes en una pluralidad de puntos de tiempo para determinar cambios en la posición y/o
35 forma de los dientes a lo largo del tiempo, y luego generar una predicción de la posición y/o forma futura de los dientes, en función de los cambios determinados, por ejemplo.

Tales procedimientos pueden proporcionar una mejor exactitud de predicción en comparación con los procedimientos que se basan en el examen visual o solo datos estáticos. Los cambios en la cavidad intraoral pueden ser difíciles de evaluar visualmente basándose en fotos, modelos de estudio y/o notas de exámenes
40 clínicos anteriores, porque los cambios a menudo pueden ser sutiles y/o progresar lentamente, entre otras cuestiones. Incluso los cambios basados en la exploración intraoral pueden ser difíciles de detectar visualmente sin la ayuda de evaluación geométrica digital, ya que las diferencias entre las exploraciones pueden ser extremadamente pequeñas. Sin embargo, estos pequeños cambios en el tiempo son acumulativos y pueden convertirse en problemas más grandes y más significativos si se les da suficiente tiempo. Estos problemas pueden prevenirse, reducirse o resolverse en función del uso de las realizaciones de la presente divulgación.

45 Con los procedimientos y sistemas de la presente divulgación, la(s) condición(es) dental(es) o de ortodoncia puede(n) ser identificada(s) y predicha(s) antes de que se vuelva(n) más graves y/o menos fácilmente tratable(s). En los niños, por ejemplo, como los dientes primarios se pierden y los dientes permanentes los están reemplazando, los dientes potencialmente apiñados se pueden identificar temprano y el tratamiento apropiado se puede temporizar y aplicar con menos fuerza (por ejemplo, porque los dientes aún no están tan fuertemente unidos
50 a las estructuras óseas de la boca o los dientes en erupción son más pequeños o menos masivos). En contraste con los enfoques de tratamiento reactivo convencionales, los procedimientos predictivos de la presente divulgación

5 permiten la detección de condiciones dentales u ortodóncicas antes de que la condición se haya producido realmente o haya progresado a un estado más severo, lo que permite al profesional médico anticipar y comenzar proactivamente el tratamiento en una etapa más temprana. Ventajosamente, los tratamientos para condiciones ortodóncicas u odontológicas en etapa temprana pueden ser menos difíciles, menos agresivos, menos costosos, requieren menos tiempo y/o son menos dolorosos que los tratamientos para condiciones detectadas en etapas posteriores.

10 En un aspecto, un procedimiento implementado por ordenador para el cálculo de una posición futura de un objeto intraoral de la cavidad intraoral de un paciente comprende recibir unos primeros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo y recibir unos segundos datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. El procedimiento puede comprender procesar datos que incluyen los primeros y segundos datos digitales para determinar la velocidad de un objeto intraoral de la cavidad intraoral en el primer y segundo puntos de tiempo. Una posición futura del objeto intraoral en un punto de tiempo futuro se puede determinar en función de la velocidad. La posición futura se puede determinar antes de que el objeto intraoral se encuentre en la posición futura

15 En algunas realizaciones, los primeros y segundos datos digitales comprenden, cada uno, uno o más de los datos de superficie o datos de sub-superficie de la cavidad intraoral.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además visualizar una representación gráfica del objeto intraoral en la futura posición del objeto intraoral en una interfaz de usuario que se muestra en una pantalla.

20 En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además la determinación de un cambio de posición del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo, en base a los primeros y segundos datos digitales; y evaluar si el cambio de posición excede un umbral predeterminado. El umbral predeterminado se puede recibir o determinar de varias maneras. Por ejemplo, el umbral predeterminado puede ser ingresado por un usuario. Alternativamente o en combinación, el umbral predeterminado puede determinarse en función de una o más de las preferencias del usuario, las características del paciente o los valores de la literatura dental o de ortodoncia. El umbral predeterminado puede ser indicativo de una condición dental o de ortodoncia no deseable, por ejemplo.

30 Si el cambio de posición excede el umbral predeterminado, se pueden realizar diversas acciones. En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además emitir una alerta a un usuario en respuesta a una evaluación de que el cambio de posición supera el umbral predeterminado. Alternativamente o en combinación, el procedimiento puede comprender además generar una pluralidad de opciones para producir un resultado dental u ortodóncico deseado, en respuesta a una evaluación de que el cambio de posición supera el umbral predeterminado. La pluralidad de opciones se puede mostrar en una interfaz de usuario que se muestra en una pantalla. La pluralidad de opciones puede comprender una pluralidad de opciones de tratamiento para una condición dental o de ortodoncia no deseable. En algunas realizaciones, mostrar la pluralidad de opciones comprende mostrar una o más de información de precios, información de tiempo de tratamiento, información de complicación de tratamiento o información de reembolso de seguro asociada con cada una de la pluralidad de opciones de tratamiento.

40 La presente divulgación es aplicable a diversos tipos de objetos intraorales situados en y/o asociados con la cavidad intraoral. Por ejemplo, el objeto intraoral puede comprender uno o más de una corona dental, raíz dental, encía, vías respiratorias, paladar, lengua o mandíbula. El procedimiento puede comprender además procesar datos que incluyen los primeros y segundos datos digitales para determinar una tasa de cambio en una o más de una forma, tamaño o color del objeto intraoral. Por ejemplo, el objeto intraoral puede comprender un diente y la tasa de cambio puede comprender una velocidad de cambio de forma del diente. Como otro ejemplo, el objeto intraoral puede comprender la encía y la tasa de cambio puede comprender una velocidad de cambio de forma gingival.

50 Los sistemas, procedimientos, y dispositivos presentados en el presente documento se pueden usar para predecir los movimientos lineales y/o no lineales de un objeto intraoral. En algunas realizaciones, determinar una posición futura del objeto intraoral comprende determinar una trayectoria de movimiento del objeto intraoral basándose en la velocidad. La trayectoria del movimiento puede ser lineal. En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además determinar una trayectoria de movimiento del objeto intraoral basándose en la velocidad en el primer, segundo y tercer puntos de tiempo. La trayectoria del movimiento puede ser no lineal. La trayectoria de movimiento no lineal puede comprender uno o más de un cambio en la dirección de movimiento o un cambio en la velocidad de movimiento, por ejemplo. Una posición futura del objeto intraoral se puede determinar en función de la trayectoria de movimiento no lineal. Opcionalmente, el procedimiento comprende además procesar datos que incluyen el primer, segundo y tercer datos digitales para determinar un vector de fuerza asociado con el objeto intraoral en el primer, segundo y tercer puntos de tiempo.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además la generación de una representación digital predicha de la cavidad intraoral en un punto de tiempo futuro posterior al primer y segundo puntos de tiempo, sobre la base de la futura posición del objeto intraoral.

5 En algunas realizaciones, la determinación de la posición futura del objeto intraoral comprende la extrapolación de la velocidad para el futuro punto de tiempo usando extrapolación lineal o no lineal.

10 En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además la determinación de una condición futura de la cavidad intraoral basado en la futura posición del objeto intraoral. La condición futura puede comprender una condición dental u ortodóncica no deseable que se predice que se produzca en el punto de tiempo futuro si la cavidad intraoral se deja sin tratar. La condición futura se puede determinar antes de que se produzca la condición futura.

En algunas realizaciones, uno o más de la recepción de los primeros datos digitales, la recepción de los segundos datos digitales, el procesamiento de los datos, o la determinación de la posición futura se realiza con ayuda de uno o más procesadores.

15 En otro aspecto, un sistema de ordenador para el cálculo de una posición futura de un objeto intraoral de la cavidad intraoral de un paciente comprende uno o más procesadores y una memoria. La memoria puede comprender instrucciones que, cuando se ejecutan por uno o más procesadores, hacen que el sistema reciba los primeros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un primer momento y reciba los segundos datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. Las instrucciones pueden hacer que el sistema procese datos, incluidos los primeros y segundos datos digitales, para determinar la velocidad de un objeto intraoral de la cavidad intraoral en el primer y segundo puntos de tiempo. Las instrucciones pueden hacer que el sistema determine una posición futura del objeto intraoral en un punto de tiempo futuro basado en la velocidad, en el que la posición futura se determina antes de que el objeto intraoral esté en la posición futura.

25 En otro aspecto, un procedimiento implementado por ordenador para el cálculo de un cambio de posición a lo largo del tiempo de un objeto intraoral de la cavidad intraoral de un paciente comprende recibir unos primeros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo y recibir unos segundos datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. El procedimiento puede comprender el procesamiento de datos que incluyen los primeros y segundos datos digitales para determinar un cambio de posición del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo. El procedimiento puede comprender evaluar si el cambio de posición excede un umbral predeterminado.

30 En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además emitir una alerta a un usuario en respuesta a una evaluación de que el cambio de posición supera el umbral predeterminado. Opcionalmente, el procedimiento puede comprender generar una pluralidad de opciones para producir un resultado dental u ortodóncico deseado, en respuesta a una evaluación de que el cambio de posición supera el umbral predeterminado, y mostrar la pluralidad de opciones en una interfaz de usuario que se muestra en una pantalla. El umbral predeterminado puede determinarse en función de una o más de las preferencias del usuario, las características del paciente o los valores de la literatura dental o de ortodoncia.

35 En otro aspecto, un sistema de ordenador para el cálculo de un cambio de posición en el tiempo de un objeto intraoral de la cavidad intraoral de un paciente comprende uno o más procesadores y una memoria. La memoria puede comprender instrucciones que, cuando se ejecutan por uno o más procesadores, hacen que el sistema reciba los primeros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un primer momento y reciba los segundos datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. Las instrucciones pueden hacer que el sistema procese datos, incluidos los primeros y segundos datos digitales, para determinar un cambio de posición del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo. Las instrucciones pueden hacer que el sistema evalúe si el cambio de posición supera un umbral predeterminado.

40 En otro aspecto, se proporciona un procedimiento para generar una representación digital predicha de la cavidad intraoral de un paciente para determinar una condición futura en el paciente. El procedimiento puede comprender recibir los primeros datos digitales representativos de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo y recibir los segundos datos digitales representativos de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. Una representación digital predicha de la cavidad intraoral en un punto de tiempo futuro posterior al primer y segundo puntos de tiempo puede generarse basándose en los primeros y segundos datos digitales. Se puede determinar una condición futura de la cavidad intraoral en respuesta a la representación digital prevista. La condición futura puede comprender una condición dental u ortodóncica no deseable que se predice que se produzca en el punto temporal futuro si la cavidad intraoral se deja sin tratar. La condición futura se puede

determinar antes de que se produzca la condición futura.

Varios tipos de datos digitales son adecuados para uso con la presente descripción. En algunas realizaciones, los primeros y segundos datos digitales comprenden datos tridimensionales de la cavidad intraoral. Alternativamente o en combinación, los primeros y segundos datos digitales pueden comprender cada uno datos bidimensionales de la cavidad intraoral. En algunas realizaciones, los primeros y segundos datos digitales comprenden, cada uno, una o más exploraciones de la cavidad intraoral. Los primeros y segundos datos digitales pueden comprender, cada uno, datos de superficie de la cavidad intraoral, y los datos de superficie pueden comprender datos de exploración representativos de una topografía de superficie tridimensional de la cavidad intraoral.

Alternativamente o en combinación, los primeros y segundos datos digitales pueden cada uno comprender datos de subsuperficie de la cavidad intraoral. Los datos subsuperficiales pueden comprender uno o más de los datos de rayos X, tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), datos de exploración CAT, datos de imágenes de resonancia magnética (IRM) o datos de ultrasonido. Por ejemplo, los datos subsuperficiales pueden comprender una representación de una o más raíces de los dientes del paciente. Por consiguiente, la representación digital predicha de la cavidad intraoral puede comprender una representación digital predicha de una o más raíces en el punto de tiempo futuro basándose en los datos de la subsuperficie, y la condición futura puede determinarse basándose en la representación digital predicha de la cavidad intraoral de la una o más raíces. Opcionalmente, los datos de la subsuperficie comprenden una representación de una o más de las vías respiratorias, una mandíbula o un hueso del paciente.

En algunas realizaciones, el primer y segundo puntos de tiempo son diferentes en al menos 1 mes, al menos 3 meses, al menos 6 meses, o al menos 1 año. El punto de tiempo futuro puede ser al menos 1 mes, al menos 3 meses, al menos 6 meses, al menos 1 año, al menos 2 años o al menos 5 años después del primer y segundo punto de tiempo.

Los datos digitales de una pluralidad de diferentes puntos de tiempo se pueden obtener y analizar para controlar la progresión de la cavidad intraoral del paciente a lo largo del tiempo y predecir su estado futuro. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el procedimiento comprende además recibir datos digitales representativos de la cavidad intraoral en un tercer punto de tiempo diferente del primer y segundo puntos de tiempo. La representación digital predicha se puede generar en función de los primeros, segundos y terceros datos digitales.

Los enfoques predictivos en el presente documento pueden utilizar otros tipos de datos además de los datos digitales de la cavidad intraoral. En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además recibir datos adicionales del paciente, y la representación digital predicha se genera en base a los datos adicionales. Los datos adicionales pueden comprender uno o más de información demográfica, información de estilo de vida, información médica, historial médico, historial médico familiar o factores genéticos.

Las técnicas de predicción descritas en este documento pueden implementarse de muchas maneras. En algunas realizaciones, la generación de la representación digital predicha comprende generar una comparación de los primeros y segundos datos digitales. La generación de la comparación puede comprender el registro de los primeros y segundos datos digitales en un sistema de coordenadas común. Opcionalmente, generar la comparación comprende medir una característica de un objeto intraoral en el primer punto de tiempo, medir la característica del objeto intraoral en el segundo punto de tiempo y determinar un cambio en la característica del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo. El objeto intraoral puede comprender uno o más de un diente o una encía, y la característica puede comprender uno o más de una posición, una orientación, una forma, un tamaño o un color del diente o encía, por ejemplo.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además comparar la característica medida en uno o más del primer o segundo puntos de tiempo a las características medidas a partir de una base de datos de información del paciente. La comparación de la característica medida en uno o más del primer o segundo puntos de tiempo con las características medidas de la base de datos de información del paciente puede basarse en uno o más de información demográfica, información de estilo de vida, información médica, historial médico, historial médico familiar, o factores genéticos.

Los cambios en uno o más objetos intraorales se puede utilizar como una base para predecir un estado futuro de la cavidad intraoral del paciente. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el procedimiento comprende además predecir un cambio futuro en la característica del objeto intraoral en respuesta al cambio determinado, y la representación digital predicha se genera en base al cambio futuro. El cambio futuro se puede predecir en respuesta a un intervalo de tiempo seleccionado.

En algunas realizaciones, la representación digital predicha se genera en respuesta al cambio determinado a la característica del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo. Determinar el cambio en la característica puede comprender determinar uno o más de la velocidad de movimiento de un diente, una velocidad

de cambio de forma de diente, una velocidad de cambio de tamaño de diente o una velocidad de cambio de forma gingival. Por ejemplo, generar la representación digital predicha puede comprender determinar una tasa de cambio de la característica del objeto intraoral, basándose en el cambio determinado entre el primer y el segundo puntos de tiempo. La tasa de cambio se puede extrapolar al punto de tiempo futuro para predecir la característica del objeto intraoral en el punto de tiempo futuro.

La presente divulgación se puede usar para predecir un estado futuro de diversos tipos de objetos intraorales, tales como las posiciones futuras de uno o más dientes. En algunas realizaciones, por ejemplo, la representación digital predicha representa los dientes del paciente en una disposición predicha en el punto futuro. Por consiguiente, generar la representación digital predicha puede comprender generar un primer modelo digital que represente los dientes del paciente en una primera disposición en el primer punto de tiempo, generando un segundo modelo digital que represente los dientes del paciente en una segunda disposición en el segundo punto de tiempo, y calcular las velocidades de movimiento del diente para uno o más dientes entre la primera y la segunda disposiciones. El uno o más dientes del segundo modelo digital se pueden reposicionar de acuerdo con las velocidades de movimiento de los dientes para generar la disposición predicha de los dientes del paciente en el punto de tiempo futuro. Opcionalmente, el reposicionamiento de uno o más dientes del segundo modelo digital puede comprender detectar una colisión que se produce entre uno o más dientes durante el reposicionamiento de uno o más dientes y modificar las velocidades de movimiento del diente en respuesta a la colisión detectada.

Muchos tipos diferentes de condiciones dentales o de ortodoncia pueden predecirse usando las realizaciones proporcionadas en este documento. En algunas realizaciones, la condición dental u ortodóncica no deseable comprende uno o más de: maloclusión, caries dental, pérdida de uno o más dientes, reabsorción radicular, enfermedad periodontal, recesión gingival, un trastorno de la articulación temporomandibular, bruxismo, vías respiratorias bloqueada o apnea del sueño. La condición futura puede determinarse midiendo uno o más parámetros de la representación digital prevista que son indicativos de la condición dental o de ortodoncia no deseada. El uno o más parámetros pueden comprender uno o más de: una cantidad de sobremordida, una cantidad de mordida insuficiente, una cantidad de inflexión dental, una cantidad de extrusión dental, una cantidad de intrusión dental, una cantidad de rotación dental, una cantidad de traslación del diente, una cantidad de espacio entre los dientes, una cantidad de apiñamiento de los dientes, una cantidad de desgaste de los dientes, una cantidad de recesión de las encías, el ancho de la mandíbula o el ancho del paladar. En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además comparar uno o más parámetros con uno o más valores de umbral para determinar si se predice que la condición dental o de ortodoncia no deseable se produzca en el punto de tiempo futuro. Se puede generar una alerta si se detecta una anomalía en uno o más parámetros. Opcionalmente, el procedimiento puede comprender además generar una interfaz de usuario que se muestra en una pantalla, estando la interfaz de usuario configurada para mostrar uno o más parámetros.

Los resultados de las técnicas predictivas presentados en este documento se pueden mostrar a un usuario. En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además generar una interfaz de usuario mostrada en una pantalla. La interfaz de usuario se puede configurar para mostrar un modelo tridimensional predicho representativo de la representación digital predicha de la cavidad intraoral en el punto de tiempo futuro. La interfaz de usuario puede configurarse para mostrar un primer modelo tridimensional representativo de la cavidad intraoral en el primer punto de tiempo y un segundo modelo tridimensional representativo de la cavidad intraoral en el segundo punto de tiempo. Opcionalmente, la interfaz de usuario está configurada para mostrar una superposición de dos o más del primer modelo tridimensional, el segundo modelo tridimensional o el modelo tridimensional predicho.

Una vez que una condición futura ha sido identificada, posibles opciones de tratamiento pueden generarse y mostrarse al usuario. Por consiguiente, en algunas realizaciones, el procedimiento comprende además generar una o más opciones de tratamiento para la condición futura, y mostrar una o más opciones de tratamiento en la interfaz de usuario que se muestra en la pantalla. La una o más opciones de tratamiento pueden comprender una lista de uno o más productos o procedimientos de tratamiento para la condición futura. La lista de uno o más productos o procedimientos de tratamiento puede incluir uno o más de información de precios, información sobre el tiempo de tratamiento, información sobre complicaciones del tratamiento o información de reembolso de seguros. Opcionalmente, el procedimiento puede comprender además generar una comparación de una o más opciones de tratamiento, y mostrar la comparación en la interfaz de usuario que se muestra en la pantalla. Generar la comparación puede comprender comparar uno o más de la eficacia del tratamiento, el coste, la duración o el resultado previsto.

Algunas realizaciones de la presente divulgación proporcionan predicciones de los resultados del tratamiento que pueden lograrse mediante la administración de una o más opciones de tratamiento para el paciente. En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además generar una segunda representación digital predicha de la cavidad intraoral después de la administración de al menos una de las una o más opciones de tratamiento, y mostrar un segundo modelo tridimensional predicho representativo de la segunda representación digital predicha usando la interfaz de usuario que se muestra en la pantalla a lo largo del tiempo.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende además la recepción de la entrada del usuario seleccionando al menos una opción de tratamiento de la una o más opciones de tratamiento a través de la interfaz de usuario mostradas en la pantalla, y la generación de una orden para la opción de al menos un tratamiento en respuesta a la entrada de usuario recibida. Opcionalmente, la orden se genera en función de uno o más de los primeros o segundos datos digitales.

En otro aspecto, se proporciona un sistema para generar una representación digital predicha de la cavidad intraoral de un paciente para determinar una condición futura en el paciente. El sistema puede comprender uno o más procesadores y una memoria. La memoria puede comprender instrucciones ejecutables por uno o más procesadores para hacer que el sistema reciba los primeros datos digitales representativos de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo y reciba los segundos datos digitales representativos de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. Las instrucciones pueden hacer que el sistema genere una representación digital predicha de la cavidad intraoral en un punto de tiempo futuro posterior al primer y segundo puntos de tiempo en función de los primeros y segundos datos digitales. Las instrucciones pueden hacer que el sistema determine una condición futura de la cavidad intraoral en respuesta a la representación digital predicha. La condición futura puede comprender una condición dental u ortodóncica no deseable que se predice que se produzca en el punto de tiempo futuro si la cavidad intraoral se deja sin tratar. La condición futura se puede determinar antes de que se produzca la condición futura.

En algunas realizaciones, el sistema comprende además una pantalla, y las instrucciones hacen que la pantalla genere una interfaz de usuario. La interfaz de usuario puede configurarse para mostrar uno o más de: un modelo tridimensional predicho representativo de la representación digital predicha de la cavidad intraoral, un primer modelo tridimensional representativo de la cavidad intraoral en el primer punto de tiempo, un segundo modelo tridimensional representativo de la cavidad intraoral en el segundo punto de tiempo, o una o más opciones de tratamiento para la condición futura. En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para mostrar una o más opciones de tratamiento, y recibir información del usuario que selecciona al menos una opción de tratamiento de la una o más opciones de tratamiento. Opcionalmente, la interfaz de usuario está configurada para mostrar un segundo modelo tridimensional predicho representativo de una segunda representación digital predicha de la cavidad intraoral después de la administración de la al menos una opción de tratamiento. En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para mostrar una comparación de una o más opciones de tratamiento.

Aunque ciertas realizaciones en el presente documento se presentan en el contexto de la predicción de disposiciones de dientes futuras, no se pretende que esto sea limitativo, y se apreciará que los sistemas, procedimientos y dispositivos de la presente divulgación también se pueden aplicar para extrapolar el estado futuro de otros tipos de tejidos u objetos intraorales, tal como la encía, la mandíbula, el paladar, la lengua y/o las vías respiratorias.

Con referencia ahora a los dibujos, la figura 1 muestra un cráneo 10 con un maxilar superior 22 y un maxilar inferior 20. El maxilar inferior 20 se articula en una articulación 30 al cráneo 10. La articulación 30 se llama articulación temporomandibular (TMJ). El maxilar superior 22 está asociado con una mandíbula superior 101, mientras que el maxilar inferior 20 está asociado con una mandíbula inferior 100.

Un modelo de ordenador de las mandíbulas 100 y 101 se pueden generar, y una simulación por ordenador modela interacciones entre los dientes en las mandíbulas 100 y 101. La simulación por ordenador puede permitir que el sistema se enfoque en movimientos que involucran contactos entre dientes montados en las mandíbulas. La simulación por ordenador puede permitir que el sistema realice movimientos realistas de la mandíbula que son físicamente correctos cuando las mandíbulas 100 y 101 están en contacto entre sí. Además, el modelo se puede usar para simular movimientos de mandíbulas que incluyen movimientos protrusivos, movimientos laterales y movimientos "guiados por dientes" donde la trayectoria de la mandíbula inferior 100 está guiada por contactos dentales en lugar de por los límites anatómicos de las mandíbulas 100 y 101. Los movimientos pueden determinarse para una mandíbula, pero también pueden determinarse para que ambas mandíbulas representen la mordida.

Con referencia ahora a la figura 2A, la mandíbula inferior 100 incluye una pluralidad de dientes 102, por ejemplo. Al menos algunos de estos dientes pueden moverse de una disposición inicial de dientes a una posterior disposición de dientes. Como marco de referencia que describe cómo se ha movido un diente, se puede dibujar una línea central arbitraria (CL) a través del diente 102. Con referencia a esta línea central (CL), cada movimiento del diente puede seguirse en direcciones ortogonales representadas por los ejes 104, 106 y 108 (donde 104 es la línea central). La línea central se puede girar alrededor del eje 108 (angulación de la raíz) y el eje 104 (torsión) como se indica por las flechas 110 y 112, respectivamente. Además, el diente puede girar alrededor de la línea central. Por lo tanto, todos los posibles movimientos de forma libre del diente pueden ser rastreados. Estos movimientos incluyen traslación (por ejemplo, movimiento en uno o más del eje X o eje Y), rotación (por ejemplo,

movimiento alrededor del eje Z), extrusión (por ejemplo, movimiento en el eje Z) o inclinación (por ejemplo, movimiento sobre uno o más del eje X o eje Y), por nombrar algunos. Además del movimiento de los dientes, el movimiento de la línea de las encías 114 también se puede rastrear utilizando modelos como el modelo 100. En algunas realizaciones, el modelo incluye información de rayos X de la mandíbula para que los movimientos de las raíces de los dientes también se puedan rastrear.

La figura 2B muestra cómo la magnitud de cualquier movimiento dental puede definirse en términos de una máxima conversión lineal de cualquier punto P en un diente 102. Cada punto P1 puede sufrir una traslación acumulativa a medida que el diente se mueve en cualquiera de las direcciones ortogonales o rotacionales definidas en la figura 2A. Es decir, mientras que el punto generalmente seguirá una trayectoria no lineal, puede haber una distancia lineal entre cualquier punto del diente cuando se determine dos veces durante el tratamiento. Por lo tanto, un punto arbitrario P1 puede, de hecho, experimentar una verdadera traslación de lado a lado como lo indica la flecha d1, mientras que un segundo punto arbitrario P2 puede desplazarse a lo largo de una trayectoria arqueada, dando como resultado una traslación final d2. Muchos aspectos de la presente divulgación pueden definirse en términos del movimiento máximo permisible de un punto P1 inducido en cualquier diente particular. Tal movimiento máximo del diente, a su vez, puede definirse como la máxima conversión lineal de ese punto P1 en el diente que experimenta el movimiento máximo para ese diente en cualquier etapa de tratamiento.

La presente divulgación proporciona sistemas, procedimientos y dispositivos para la monitorización y seguimiento de cambios de la una o más estructuras de la cavidad intraoral, incluyendo pero no limitado a, los dientes, las encías, las mandíbulas, la articulación TMJ, la lengua, el paladar, y las vías respiratorias. Ejemplos de tales cambios incluyen uno o más de: movimiento de uno o más dientes (por ejemplo, extrusión, intrusión, rotación, torsión, inclinación o traslación); cambios en el tamaño, la forma y/o el color de uno o más dientes; cambios en el tamaño, la forma y/o el color de la encía asociados con uno o más dientes; cambios en la relación oclusal ("mordida") entre las mandíbulas superior e inferior; cambios en la anchura de las mandíbulas y/o el paladar; cambios en el posicionamiento de la lengua; o cambios en la forma de las vías respiratorias.

En algunas realizaciones, los cambios en la cavidad intraoral del paciente puede dar lugar a/o ser indicativo de una o más condiciones dentales o de ortodoncia. Como se usa en el presente documento, el término "condición" se refiere a una enfermedad, trastorno u otro estado no deseado, anormal y/o disfuncional que se manifiesta en un paciente. Ejemplos de tales condiciones incluyen, entre otras, maloclusión (por ejemplo, apiñamiento de dientes, espaciamiento de los dientes, sobremordida, protrusión, mordida cruzada, mordida abierta), caries dental, pérdida de uno o más dientes, reabsorción de la raíz, enfermedad periodontal (por ejemplo, gingivitis, periodontitis), recesión gingival, un trastorno de la articulación temporomandibular, bruxismo, vías respiratorias bloqueadas y apnea del sueño. Una condición como se usa en este documento puede diferenciarse de los resultados insatisfactorios o no exitosos de un tratamiento u otra intervención terapéutica (por ejemplo, la desviación de los dientes de una disposición dental prescrita en un plan de tratamiento de ortodoncia, el fracaso de un tratamiento de apnea del sueño para lograr los resultados deseados, etc.).

En algunas realizaciones, ciertos cambios en la cavidad intraoral son indicativos de y/o asociados con una condición dental o de ortodoncia indeseable futura que aún tiene que producirse. Por ejemplo, ciertos movimientos dentales, si se les permite progresar, pueden resultar en una futura maloclusión. Como otro ejemplo, ciertos cambios en la forma de la encía pueden ser indicativos de una futura recesión de las encías. En otro ejemplo, la anchura insuficiente de los arcos dentales y/o del paladar del paciente puede asociarse con una mayor probabilidad de apnea del sueño, por ejemplo, debido al desplazamiento posterior de la lengua. En otro ejemplo, los cambios en la coloración de los dientes y/o la encía pueden ser indicativos de caries y/o enfermedad periodontal.

Por consiguiente, la presente divulgación proporciona sistemas, procedimientos y dispositivos para predecir una condición futura en un paciente mediante la monitorización y el seguimiento de los cambios en la cavidad intraoral a lo largo del tiempo. En algunas realizaciones, los datos de la cavidad intraoral se capturan en múltiples puntos de tiempo diferentes para detectar cambios en la cavidad intraoral. En función de los cambios detectados, se puede realizar una predicción del estado de la cavidad intraoral (por ejemplo, posición, forma, tamaño, etc. de uno o más objetos en la cavidad intraoral) en un punto de tiempo futuro. El estado futuro previsto puede analizarse para identificar cualquier condición dental o de ortodoncia futura que pueda producirse en el punto de tiempo futuro, como una futura maloclusión, caries dental, pérdida de uno o más dientes, reabsorción radicular, enfermedad periodontal, recesión gingival, trastorno de la articulación temporomandibular, bruxismo, vías respiratorias bloqueadas y/o apnea del sueño. Una vez que se ha identificado una condición futura, se pueden generar opciones de tratamiento potenciales (por ejemplo, para prevenir o corregir la condición) y presentarlas al médico y/o al paciente para su revisión. En algunas realizaciones, estos enfoques se implementan utilizando procedimientos basados en ordenador con modelado digital para permitir la detección de cambios en la cavidad intraoral y la predicción de condiciones futuras con mayor sensibilidad y precisión en comparación con el examen visual convencional.

- En algunas realizaciones, los sistemas, procedimientos y dispositivos de la presente divulgación se utilizan para predecir una condición futura antes de la ocurrencia de la condición futura. Por ejemplo, algunas realizaciones en el presente documento se pueden usar para predecir una futura maloclusión de los dientes del paciente, aunque la disposición actual de los dientes del paciente sea normal. Como otro ejemplo, algunas realizaciones en el presente documento se pueden usar para predecir que un paciente sufrirá de apnea del sueño en el futuro, incluso aunque el paciente no esté experimentando actualmente ningún evento de apnea del sueño. Los enfoques en este documento permiten la predicción de futuras condiciones dentales o de ortodoncia meses o incluso años antes de que la condición se manifieste realmente en el paciente, permitiendo así que dichas condiciones se traten de manera preventiva y proactiva.
- La figura 3 ilustra un sistema 300 para predecir una futura condición dental o de ortodoncia en un paciente. El sistema 300 incluye una pluralidad de conjuntos de datos representativos de la cavidad intraoral del paciente en una pluralidad de diferentes puntos de tiempo, tales como los primeros datos 302 digitales representativos de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo y los segundos datos 304 digitales representativos de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo (por ejemplo, posterior al primer punto de tiempo). Si lo desea, también se pueden incluir datos digitales para puntos de tiempo adicionales (por ejemplo, terceros datos digitales para un tercer punto de tiempo, cuartos datos digitales para un cuarto punto de tiempo, etc.). Los datos digitales pueden proporcionar una representación de un estado real de uno o más objetos intraorales (por ejemplo, dientes, encía, mandíbulas, articulación TMJ, lengua, paladar, etc.), como una representación del posicionamiento, la forma, el tamaño, la coloración, etc. del objeto intraoral en el punto de tiempo particular. Por ejemplo, los primeros datos 303 digitales pueden incluir un modelo tridimensional que representa la disposición de uno o más dientes y/o encías en el primer punto de tiempo, y los segundos datos 304 digitales pueden incluir un modelo tridimensional que representa la disposición del uno o más dientes y/o encías en el segundo punto de tiempo. Alternativamente o en combinación, los datos digitales pueden proporcionar datos para otras partes de la cavidad intraoral, además de los dientes y los tejidos circundantes, tal como las mandíbulas o las vías respiratorias del paciente. Dichos datos pueden proporcionar una comprensión más completa de cómo pueden interactuar las diversas estructuras de la cavidad intraoral para producir una condición dental o de ortodoncia, así como la forma de corregir estas interacciones para reducir o tratar una condición dental o de ortodoncia. Por ejemplo, el tratamiento de la apnea del sueño puede implicar correcciones en las posiciones de los dientes (por ejemplo, expansión del paladar para mover la lengua hacia adelante), así como correcciones en las mandíbulas del paciente y alineación de la mordida (por ejemplo, avance mandibular para apretar los tejidos de las vías respiratorias). Se debe apreciar que los datos que representan un estado real de la cavidad intraoral pueden diferenciarse de los datos que representan los estados proyectados, deseados o ideales de la cavidad intraoral, por ejemplo, los datos que representan un estado que se desea lograr mediante la administración de un dentista o terapia de ortodoncia, tal como una disposición específica de los dientes en un plan de tratamiento de ortodoncia.
- Varios tipos de datos digitales son adecuados para su uso con las realizaciones presentadas en este documento, tales como (por ejemplo, datos de exploración, topografía de la superficie de dos dimensiones de datos (por ejemplo, fotografías, radiografías, u otros tipos de imágenes) o los datos en tres dimensiones, modelos tridimensionales construidos a partir de datos bidimensionales). Los datos digitales pueden ser estáticos (por ejemplo, imágenes) o dinámicos (por ejemplo, video). Los datos digitales pueden proporcionar una representación del tamaño, la forma y/o la topografía de la superficie de uno o más objetos intraorales, tal como exploraciones o imágenes que representan las posiciones y las orientaciones de los dientes del paciente, la encía, etc. Además, los datos digitales pueden también proporcionar una representación de las relaciones espaciales (por ejemplo, posiciones relativas y orientaciones) de diferentes objetos intraorales entre sí, tal como datos de registro de mordida indicativos de la relación oclusal entre las mandíbulas superior e inferior, datos de análisis cefalométricos, datos de medición de arco facial indicativos de la posición de la TMJ en relación con los arcos dentales, etc. Se pueden combinar múltiples tipos diferentes de datos digitales entre sí para formar un modelo digital que represente con precisión la superficie intraoral del paciente y/o la cavidad subsuperficial en un punto del tiempo específico. Por ejemplo, los datos bidimensionales se pueden combinar con datos tridimensionales, como se explica más adelante en este documento.
- En algunas realizaciones, los datos digitales incluyen datos de exploración de la cavidad intraoral del paciente, tales como una o más exploraciones tridimensionales. Se pueden realizar exploraciones intraorales tridimensionales, por ejemplo, usando un escáner intraoral que utiliza el enfoque confocal de una serie de haces de luz para determinar la topografía de la superficie (por ejemplo, los sistemas de exploración iTero™ e iOC™ disponibles por parte de Align Technology, Inc. de San Jose, CA). Los datos de exploración pueden proporcionar una representación digital de la topografía de superficie tridimensional de objetos intraorales como los dientes y/o la encía. Con las exploraciones intraorales tridimensionales, por ejemplo, pequeños cambios en la dentición se pueden capturar y visualizar con precisión de una manera relativamente no invasiva. Las exploraciones intraorales tridimensionales pueden no usar radiación ionizante, lo que hace que el procedimiento sea muy seguro en comparación con otras técnicas que pueden usar rayos X (por ejemplo, tomografía computarizada de haz cónico (TCBC)). Las exploraciones intraorales tridimensionales también pueden tener la precisión y la resolución (por

ejemplo, 20-50 micrómetros) suficientes para detectar cambios menores o mínimos que pueden ser difíciles de detectar con procedimientos alternativos (por ejemplo, impresiones de dentición tal como con silicona o alginato, examen visual). En algunas realizaciones, los datos de exploración están segmentados para separar dientes individuales entre sí y/o de la encía para proporcionar representaciones tridimensionales manipulables de cada diente. Alternativamente, se pueden usar datos de exploración no segmentados.

En algunas realizaciones, los datos digitales proporcionan datos de superficie que representa una o más superficies externas visibles de la cavidad intraoral (por ejemplo, superficies de los dientes situados sobre la línea gingival como coronas de los dientes, superficies gingivales, lengua, etc.). Los datos de superficie se pueden obtener utilizando el escaneado intraoral como se discutió anteriormente y en este documento. Alternativamente o en combinación, los datos digitales pueden proporcionar datos subsuperficiales que representan una o más estructuras subsuperficiales de la cavidad intraoral (por ejemplo, porciones de dientes ubicadas debajo de la línea gingival, tal como raíces de dientes, huesos, músculos, mandíbulas, vías respiratorias, etc.), que no son visibles en los datos de exploración de superficie. Los datos subsuperficiales pueden incluir uno o más datos de rayos X (por ejemplo, aletas de mordida, rayos X periapicales, cefalografías, panografías), datos de CBCT, datos de exploración CAT, datos de resonancia magnética (MRI) o datos de ultrasonidos. Los datos subsuperficiales pueden ser bidimensionales (por ejemplo, imágenes) o tridimensionales (por ejemplo, datos volumétricos).

En algunas realizaciones, los datos subsuperficiales pueden combinarse con datos de la superficie para generar una representación digital tridimensional de la cavidad intraoral que incluye tanto estructuras superficiales y subsuperficiales. Por ejemplo, los datos de superficie y los datos subsuperficiales se pueden combinar para generar una representación tridimensional de toda la estructura dental, incluidas las coronas, las raíces y la encía. Los datos de las raíces de los dientes pueden ser útiles para mejorar la comprensión de los movimientos de los dientes, en particular con respecto a los cambios no lineales en la velocidad y/o dirección del movimiento y, por lo tanto, pueden ser beneficiosos para predecir futuros movimientos de los dientes con mayor precisión. Por ejemplo, las colisiones de las raíces de los dientes, los cambios en la forma de la raíz debido a la descomposición o reabsorción, etc., pueden influir en los movimientos de los dientes. Algunos tipos de movimientos de los dientes pueden ser movimientos "de raíz en primer lugar" en los que la raíz conduce el movimiento correspondiente de la corona. En algunas realizaciones, los datos de superficie tridimensionales de una o más coronas de dientes se pueden obtener mediante escaneado. Los datos tridimensionales de la subsuperficie de una o más raíces dentales correspondientes a las coronas dentales se pueden obtener utilizando datos de exploración CBCT. Alternativamente o en combinación, las imágenes de rayos X bidimensionales u otras imágenes se pueden unir para formar una representación tridimensional de las raíces del diente. Opcionalmente, los datos de la corona del diente y los datos de la raíz del diente se pueden segmentar en componentes dentales separados para permitir que los componentes se manipulen individualmente. Los datos de la corona dental y los datos de la raíz dental se pueden combinar digitalmente para generar un modelo tridimensional de todos los dientes, por ejemplo, usando coincidencia de superficie. En algunas realizaciones, un algoritmo de coincidencia de superficie usa datos de superficie de las coronas de dientes para hacer coincidir y orientar los datos de la raíz del diente a la posición correcta para cada diente. La coincidencia se puede realizar en un espacio tridimensional basado en puntos de referencia (por ejemplo, bordes gingivales, crestas de superficie oclusal). La precisión y la velocidad de la coincidencia pueden variar según la cantidad de datos de superficie utilizados en los procedimientos de coincidencia. Una vez que las raíces coinciden y están en la posición correcta, el algoritmo puede muestrear los datos de las raíces para crear datos de la superficie de la raíz. Los datos de la superficie de la raíz se pueden unir a los datos de la superficie de la corona para generar el modelo del diente.

Los puntos de tiempo en los que se genera y/o se obtienen los datos digitales se pueden variar según se desee. Por ejemplo, cada punto de tiempo puede ser diferente por al menos 1 mes, al menos 2 meses, al menos 3 meses, al menos 4 meses, al menos 5 meses, al menos 6 meses, al menos 7 meses, al menos 8 meses, al menos 9 meses, al menos 10 meses, al menos 11 meses, al menos 1 año, al menos 2 años, al menos 5 años, o cualquier otro intervalo de tiempo extendido suficiente para la detección precisa de cambios y/o predicciones. Los intervalos entre cada punto de tiempo pueden ser iguales o pueden variar, según se desee. Opcionalmente, los intervalos entre los puntos de tiempo pueden ser más cortos para los pacientes en los que se espera que se produzcan más cambios (por ejemplo, pacientes pediátricos) y más largos para los pacientes en los que se espera que se produzcan menos cambios (por ejemplo, pacientes adultos). En algunas realizaciones, cada conjunto de datos digitales se obtiene en un punto de tiempo diferente, mientras que en otras realizaciones, al menos algunos de los conjuntos de datos digitales se pueden obtener en el mismo punto de tiempo. En algunas realizaciones, los datos digitales se obtienen durante chequeos dentales regulares (por ejemplo, chequeos anuales o semestrales) de manera que los puntos de tiempo se corresponden con el tiempo de los chequeos. Opcionalmente, los datos digitales se pueden obtener antes y/o después de un procedimiento quirúrgico en la cavidad intraoral del paciente, en cuyo caso puede ser beneficioso obtener datos digitales a intervalos de tiempo muy cortos para una monitorización más precisa.

Opcionalmente, el sistema 300 puede incluir uno o más conjuntos de datos 306 adicionales. Los datos 306

- 5 adicionales pueden incluir cualquier información del paciente que sea potencialmente relevante para la salud dental o de ortodoncia, tal como información demográfica (por ejemplo, edad, sexo, raza), información sobre el estilo de vida (por ejemplo, niveles de actividad física, estado de fumador, estado de consumo de drogas, estado de consumo de alcohol, hábitos dietéticos, hábitos de higiene bucal), información médica (por ejemplo, altura, peso, índice de masa corporal (IMC)), historial médico, historial médico familiar y/o factores genéticos. Estos factores específicos del paciente pueden influir en la probabilidad de que se produzcan ciertas condiciones dentales o de ortodoncia, por ejemplo. Los datos adicionales pueden obtenerse en un solo punto de tiempo o en una pluralidad de diferentes puntos de tiempo, y los puntos de tiempo pueden o no corresponder a los puntos de tiempo para los datos 302, 304 digitales.
- 10 En algunas realizaciones, los datos digitales y/o datos adicionales que se utilizan para la generación de predicciones como se discute en este documento incluyen uno o más de los siguientes elementos: imágenes bidimensionales, imágenes tridimensionales, imágenes tridimensionales generadas a partir de una o más imágenes bidimensionales, datos CBCT, datos de exploración tridimensionales, datos de video, datos de análisis cefalométricos, datos de análisis de modelos de yeso, predicciones de crecimiento, relaciones de mordida, datos históricos de pacientes y/o tratamientos similares, raza, género, edad, hábitos dietéticos, si el paciente experimenta dificultad para dormir, si el paciente ronca, datos de diagnóstico de apnea del sueño, datos de pruebas de valoración para aparatos de sueño oral, bruxismo y/o datos de análisis del profesional de tratamiento.
- 15 Los primeros datos 302 digitales, los segundos datos 304 digitales, y/o los datos 306 adicionales se utilizan para generar una representación 308 digital predicha de la cavidad intraoral del paciente. La representación 308 digital predicha puede ser un modelo bidimensional o tridimensional de la cavidad intraoral del paciente en un punto de tiempo futuro posterior al primer y segundo puntos de tiempo. El punto de tiempo futuro puede ser al menos 1 mes, al menos 2 meses, al menos 3 meses, al menos 4 meses, al menos 5 meses, al menos 6 meses, al menos 7 meses, al menos 8 meses, al menos 9 meses, al menos 10 meses, al menos 11 meses, al menos 1 año, al menos 2 años, al menos 5 años, al menos 10 años, al menos 20 años, o cualquier otro período de tiempo deseado posterior al último punto de tiempo en el que se obtuvieron los datos digitales. En algunas realizaciones, la representación 308 digital predicha indica un estado predicho (por ejemplo, posicionamiento, forma, tamaño, coloración, etc.) de uno o más objetos intraorales en el punto de tiempo futuro.
- 20 La representación 308 digital predicha se puede generar de varias formas. En algunas realizaciones, se genera una comparación de los datos digitales de la cavidad intraoral en una pluralidad de diferentes puntos de tiempo (por ejemplo, los primeros datos 302 digitales y los segundos datos 304 digitales) para determinar cambios en la cavidad intraoral a lo largo del tiempo. Por ejemplo, una o más características (por ejemplo, posición, orientación, forma, tamaño, color) de uno o más objetos intraorales (por ejemplo, dientes, encía, mandíbulas, TMJ, paladar, vías respiratorias) pueden medirse en cada uno de una pluralidad de diferentes puntos de tiempo utilizando los datos digitales. Al comparar las mediciones obtenidas en diferentes puntos de tiempo, se pueden determinar las tasas, magnitudes, direcciones, ubicaciones, etc. de los cambios en los objetos intraorales. Estos cambios se pueden extrapolar al punto de tiempo futuro para predecir el estado futuro del objeto intraoral. Por consiguiente, la representación 308 digital predicha de la cavidad intraoral puede generarse repitiendo este proceso para cada objeto intraoral de interés. Procedimientos ejemplares para generar la representación 308 digital predicha se describen con mayor detalle a continuación.
- 30 Alternativamente o en combinación, la representación 308 digital predicha puede ser generada en base a una comparación de los datos del paciente (por ejemplo, los datos digitales, los datos adicionales, las características medidas, los cambios determinados) a datos históricos de pacientes similares (por ejemplo, almacenados en una base de datos de información del paciente). Los datos históricos pueden ser datos de pacientes con características similares o casi coincidentes a la situación del paciente actual, por ejemplo. Las similitudes pueden incluir mordidas, posiciones de los dientes, formas de los dientes, velocidades de movimiento de los dientes, velocidades de cambio de la forma de los dientes, por nombrar algunos. Opcionalmente, la similitud se puede basar en los factores adicionales específicos del paciente descritos en el presente documento, por ejemplo, pacientes con información demográfica, información sobre el estilo de vida, información médica, historial médico, historial médico familiar y/o factores genéticos similares. Los cambios determinados en la cavidad intraoral del paciente pueden compararse con los datos sobre cambios similares de pacientes similares disponibles en la base de datos de un paciente. En algunas realizaciones, las tasas, magnitudes, direcciones o ubicaciones determinadas de los cambios en uno o más objetos intraorales se pueden ajustar en función de los datos históricos del paciente. Los datos históricos del paciente pueden utilizarse para predecir el resultado futuro de los cambios en la cavidad intraoral del paciente para generar la representación 308 digital predicha.
- 40 La representación 308 digital predicha se utiliza para predecir una condición 310 futura de la cavidad intraoral del paciente. Como se discutió anteriormente y en el presente documento, la condición 310 futura puede ser una condición dental o de ortodoncia no deseable (por ejemplo, maloclusión, caries dental, pérdida de uno o más dientes, reabsorción radicular, enfermedad periodontal, recesión gingival, un trastorno de la TMJ, bruxismo, vías
- 45
- 50
- 55

respiratorias bloqueadas, apnea del sueño, etc.) que se predice que se producirá en el punto de tiempo futuro si la cavidad intraoral se deja sin tratar. "No tratado", como se usa en este documento, se refiere a la ausencia de tratamiento para la condición particular, y no implica necesariamente que el paciente no esté recibiendo tratamiento para otras condiciones. Por ejemplo, la condición 310 futura puede ser una maloclusión que se predice que se producirá en el futuro si el paciente no recibe tratamiento para corregir o prevenir la maloclusión. Como otro ejemplo, la condición 310 futura puede ser una recesión gingival que se predice que se producirá en el futuro si el paciente no recibe tratamiento para corregir o prevenir la recesión gingival.

En algunas realizaciones, la condición 310 futura se predice mediante el análisis de la representación 308 digital predicha para identificar si las condiciones dentales o de ortodoncia indeseables están presentes en el punto de tiempo futuro. Por ejemplo, las posiciones de uno o más dientes en la representación 308 digital predicha se pueden evaluar para determinar si hay una maloclusión. Como otro ejemplo, la ubicación de una línea gingival en la representación 308 digital predicha puede evaluarse para determinar si se ha producido una cantidad excesiva de recesión de las encías. Opcionalmente, uno o más parámetros indicativos de una condición indeseable se pueden medir utilizando la representación 308 digital predicha, tal como una cantidad de sobremordida, una cantidad de mordida inferior, una cantidad de vuelco del diente, una cantidad de extrusión dental, una cantidad de intrusión dental, una cantidad de rotación de los dientes, una cantidad de traslación de los dientes, una cantidad de espacio entre los dientes, una cantidad de apiñamiento de dientes, una cantidad de desgaste de los dientes, una cantidad de recesión de las encías, una anchura de la mandíbula y/o una anchura del paladar. Los parámetros medidos pueden compararse con los rangos esperados y/o valores de umbral para los parámetros para determinar si se producirá una condición no deseada en el punto de tiempo futuro.

En base a la condición 310 futura prevista, se pueden generar una o más opciones 312 de tratamiento. Las opciones de tratamiento pueden incluir productos y/o procedimientos para corregir y/o prevenir la condición dental o de ortodoncia predicha. Los productos de tratamiento ejemplares incluyen, entre otros, dispositivos correctivos (por ejemplo, dispositivos de reposicionamiento de dientes tales como alineadores o aparatos ortopédicos, retenedores, dispositivos de apnea del sueño, protectores bucales, férulas dentales, placas de mordida), implantes y restauraciones (por ejemplo, prótesis como coronas o puentes, empastes) y medicamentos (por ejemplo, antibióticos, enjuagues bucales, pasta de dientes). Los procedimientos de tratamiento ejemplares incluyen, entre otros, cirugía correctiva (por ejemplo, cirugía ortognática, cirugía periodontal), modificación de la dentición y/u otros objetos intraorales (por ejemplo, ortodoncia, extracción dental, mantenimiento del espacio, supervisión del espacio, recuperación del espacio, reducción interproximal (IPR), destilación, expansión del paladar, ajustes oclusales, modificación de los hábitos de higiene oral (por ejemplo, cepillado, uso de hilo dental, uso de enjuague bucal) y modificaciones en el estilo de vida (por ejemplo, hábitos alimenticios, nivel de actividad física, estado de fumador, estado de consumo de drogas, estado de consumo de alcohol).

Algunos ejemplos de condiciones dentales o de ortodoncia y las correspondientes opciones de tratamiento incluyen los siguientes: una vía respiratoria bloqueada o apnea del sueño (por ejemplo, un dispositivo de la apnea del sueño, tal como un aparato de avance mandibular, cirugía correctiva, expansión del paladar, etc.), hacinamiento de los dientes (por ejemplo, extracción dental, IPR, destilación, expansión del paladar, extracción dental, ortodoncia, etc.), al menos un diente faltante (por ejemplo, cierre, implantes, cirugía correctiva, etc.), un problema de espaciado de los dientes (por ejemplo, cierre, IPR, extracción, expansión del paladar, cirugía correctiva, etc.), enfermedad de las encías (por ejemplo, cirugía correctiva, recomendación de una mejor higiene, lavado de boca, etc.), recesión de la encía (por ejemplo, cirugía correctiva, recomendación de una mejor higiene, lavado de la boca, etc.), un trastorno de la TMJ (por ejemplo, cirugía de reposicionamiento de la mandíbula, aparato de recolocación de la mandíbula, etc.), una desalineación de la mordida (por ejemplo, cirugía correctiva, aparato correctivo, etc.), una sobremordida (por ejemplo, correctivo aparato, ortodoncia, etc.), una mordida cruzada (por ejemplo, aparato correctivo, expansión del arco, ortodoncia, etc.), una mordida abierta (por ejemplo, aparato correctivo, cirugía correctiva, ortodoncia, etc.), una protrusión (por ejemplo, aparato correctivo, ortodoncia, etc.), una mordida (por ejemplo, cirugía correctiva del aparato correctivo, ortodoncia, etc.), una maloclusión (por ejemplo, mantenimiento del espacio, supervisión del espacio o recuperación del espacio, cirugía correctiva, ortodoncia, etc.), reabsorción de la raíz (por ejemplo, implantes, etc.) o bruxismo (por ejemplo, aparato correctivo, ajuste oclusal, etc.).

Las opciones 312 de tratamiento se pueden proporcionar como una lista de productos y/o procedimientos de tratamiento. Opcionalmente, la lista también puede incluir uno o más de información de precios, información de tiempo de tratamiento, información de complicación de tratamiento o información de reembolso de seguro para las opciones de tratamiento. Las opciones de tratamiento enumeradas pueden clasificarse de muchas maneras, por ejemplo, por su eficacia como terapia, costos, tiempo de tratamiento, adecuación para el paciente o paciente, o reembolso del seguro, por nombrar algunos. La lista también puede incluir hipervínculos a proveedores preferidos y/o profesionales médicos para los productos y/o procedimientos terapéuticos. Por ejemplo, los problemas de las vías respiratorias pueden identificarse y uno o más especialistas de las vías respiratorias pueden recomendarse.

Opcionalmente, un resultado 314 predicho de una o más opciones de tratamiento se puede generar. El resultado

314 predicho puede representar un estado predicho (por ejemplo, posición, forma, tamaño, coloración, etc.) de uno o más objetos intraorales en el punto de tiempo futuro posterior a la administración de una opción de tratamiento seleccionada. El punto de tiempo futuro puede ser al menos 1 mes, al menos 2 meses, al menos 3 meses, al menos 4 meses, al menos 5 meses, al menos 6 meses, al menos 7 meses, al menos 8 meses, al menos 9 meses ,
 5 al menos 10 meses, al menos 11 meses, al menos 1 año, al menos 2 años, al menos 5 años, al menos 10 años, al menos 20 años, o cualquier otro período de tiempo deseado posterior a la administración de la opción de tratamiento. El punto de tiempo futuro se puede determinar según la actividad del paciente o el evento de la vida (por ejemplo, boda, vacaciones, viaje de negocios, etc.). En algunas realizaciones, generar el resultado 314 predicho implica generar uno o más modelos (por ejemplo, modelos bidimensionales o tridimensionales) que
 10 representan la cavidad intraoral del paciente después de aplicar el tratamiento.

El resultado 314 del tratamiento predicho puede generarse mediante diversas técnicas. Por ejemplo, el resultado 314 se puede generar en base a los datos obtenidos previamente de la cavidad intraoral del paciente y/u otros datos relevantes del paciente, por ejemplo, los primeros datos 302 digitales, los segundos datos 304 digitales y/o los datos 306 adicionales. En algunas realizaciones, el resultado 314 del tratamiento se determina basándose en
 15 una comparación con datos históricos de pacientes similares, por ejemplo, pacientes con características que son similares a las del paciente actual, por ejemplo. Opcionalmente, los datos de tratamiento históricos que representan los resultados de tratamientos similares se pueden usar para predecir el resultado de aplicar el tratamiento al paciente actual.

Opcionalmente, en algunas realizaciones, una condición 316 existente de la cavidad intraoral del paciente también se determina. La condición existente puede ser una condición dental u de ortodoncia indeseable (por ejemplo, maloclusión, caries dental, pérdida de uno o más dientes, reabsorción radicular, enfermedad periodontal, recesión gingival, un trastorno de la articulación temporomandibular, bruxismo, vías respiratorias bloqueadas, apnea del sueño, etc.) que ya se haya producido y está actualmente presente en la cavidad intraoral del paciente. En algunas realizaciones, la condición 316 existente se predice analizando los datos anteriores y/o actuales de la cavidad
 20 intraoral del paciente (por ejemplo, los primeros datos 302 digitales y los segundos datos 304 digitales) para identificar si existen actualmente condiciones dentales o de ortodoncia no deseables. La identificación de las condiciones existentes a partir de datos digitales se puede realizar de manera similar a la identificación de una condición futura a partir de una representación digital predicha descrita anteriormente y en este documento. Las opciones 312 de tratamiento y/o los resultados 314 predichos para la condición 316 existente también se pueden generar, de manera similar a los procedimientos descritos en este documento para la condición 310 futura. Se apreciará que las realizaciones aquí presentadas en el contexto de la detección y el tratamiento de una condición futura predicha son igualmente aplicables a la detección y el tratamiento de una condición existente.

Como se discutió anteriormente y en el presente documento, una representación digital predicha de la cavidad intraoral de un paciente en un punto de tiempo futuro se pueden generar mediante la comparación de los datos
 35 digitales de la cavidad intraoral obtenida en diferentes puntos de tiempo. En algunas realizaciones, los datos digitales se comparan para determinar cambios en una o más características (por ejemplo, posicionamiento, tamaño, forma, color, etc.) de un objeto intraoral a lo largo del tiempo. Se pueden usar varios procedimientos para comparar conjuntos de datos digitales entre sí para identificar cambios en objetos intraorales. En algunas realizaciones, dos o más conjuntos de datos digitales se registran entre sí dentro de un sistema de coordenadas común. Los enfoques de este documento se pueden usar para registrar un conjunto de datos digitales bidimensionales en otro conjunto de datos digitales bidimensionales (por ejemplo, dos imágenes), un conjunto de datos digitales tridimensionales en otro conjunto digital tridimensional (por ejemplo, dos modelos tridimensionales) y/o un conjunto de datos digitales bidimensionales a un conjunto de datos digitales tridimensionales o viceversa (por ejemplo, una imagen a un modelo tridimensional), según se desee. Al registrar los datos entre sí en un único
 40 sistema de coordenadas, se establece un marco de referencia para la medición.

Por ejemplo, los datos digitales de los dientes obtenidos en diferentes puntos de tiempo (por ejemplo, los modelos tridimensionales cosidos de coronas de dientes y raíces de dientes descritos en este documento) se pueden procesar para determinar identificadores únicos o puntos de referencia de identificación, tales como las puntas o bordes de los dientes, o el eje facial de la corona clínica (FACC). Estos identificadores pueden coincidir con los
 50 identificadores correspondientes en las otras representaciones digitales para determinar la transformación que se ha producido entre los diferentes puntos de tiempo. Alternativamente o en combinación, se pueden usar algoritmos de coincidencia de superficie para registrar los datos digitales entre sí. En algunas realizaciones, un proceso de emparejamiento coloca dos dientes aproximadamente en función de cada centro de corona y sistema de coordenadas del diente local. Luego, para cada diente, se realiza una operación de coincidencia. La operación de coincidencia puede ser un proceso de iteración que minimiza un valor de error al tratar de encontrar la ubicación adecuada del diente. En algunas realizaciones, el proceso encuentra un punto en la corona del diente original y un punto correspondiente en el diente actual, y calcula la distancia entre estos puntos. El proceso determina una transformación que minimiza la suma cuadrada de estos errores. Se colocan los dientes y se repite el proceso. Se selecciona un nuevo conjunto de puntos, y el proceso encuentra la diferencia y determina la transformación que
 55

minimiza el error. Las etapas anteriores pueden ser iteradas hasta que el error sea menor que los criterios de terminación o se alcance un número máximo de iteraciones.

Una vez que los datos digitales se registran entre sí, los cambios entre los diferentes conjuntos de datos se puede determinar. Por ejemplo, los datos digitales iniciales y posteriores pueden superponerse en un sistema de coordenadas común para determinar en tres dimensiones las discrepancias volumétricas entre los datos y, por lo tanto, los cambios en los dientes que han tenido lugar entre los datos. Al comparar la magnitud del cambio y el intervalo de tiempo durante el cual se produce el cambio, se puede determinar una tasa de cambio. En algunas realizaciones, una tasa de cambio puede incluir uno o más de la velocidad de movimiento de un diente, una velocidad de cambio de la forma del diente, una velocidad de cambio del tamaño del diente, una velocidad de cambio de la forma gingival, etc. Por ejemplo, las velocidades de los cambios en la forma del diente pueden calcularse cuando se identifica el desgaste dental y las velocidades de los cambios en la forma gingival pueden calcularse cuando se identifica una recesión gingival o una inflamación. Los cambios pueden representarse como uno o más vectores que indican una magnitud y/o dirección del cambio a lo largo del tiempo.

La representación digital predicha puede posteriormente generarse mediante la extrapolación de la tasa determinada de cambio en un futuro punto de tiempo. La extrapolación puede suponer que el objeto intraoral continuará cambiando a una tasa consistente con la tasa de cambio determinada. Por ejemplo, en el contexto del movimiento del diente, se puede suponer que un diente continuará moviéndose a lo largo de la dirección y de acuerdo con la velocidad especificada por el vector de movimiento del diente actual, a menos que se encuentre un obstáculo. En consecuencia, la extrapolación se puede utilizar para predecir la trayectoria del diente y, por lo tanto, determinar su posición futura. El procedimiento de extrapolación utilizado puede ser lineal (por ejemplo, se supone que la tasa de cambio es constante) o no lineal (por ejemplo, la tasa de cambio puede variar con el tiempo), como se explica más adelante en este documento. La extrapolación lineal puede realizarse utilizando datos de al menos dos puntos de tiempo diferentes, mientras que la extrapolación no lineal puede realizarse utilizando datos de al menos tres puntos de tiempo diferentes. La extrapolación no lineal puede usarse para predecir el movimiento del diente a lo largo de una trayectoria curvada y/o un movimiento del diente acelerando o desacelerando, por ejemplo. En algunas realizaciones, el movimiento dental no lineal puede producirse si hay colisiones de las superficies dentales y/o subsuperficies, o puede producirse debido a cambios en la fisiología del paciente, la dieta, la edad, etc.

Como ejemplo, las figuras 4A a 4D muestran cómo se puede seguir y predecir el movimiento de un conjunto de dientes 400. El conjunto de dientes 400 puede comprender un primer diente, un segundo diente y un tercer diente. La figura 4A muestra el primer diente 401a, el segundo diente 402a y el tercer diente 403a en un punto de tiempo inicial. La figura 4B muestra el primer diente 401b, el segundo diente 402b y el tercer diente 403c en un punto de tiempo posterior. Como se muestra en la figura 4B, el conjunto 400 de dientes se han movido desde sus posiciones en el punto de tiempo inicial.

Como se muestra en la figura 4C, las posiciones del conjunto 400 de dientes en los puntos de tiempo inicial y posterior pueden compararse. Por ejemplo, los modelos tridimensionales de los dientes 400 pueden superponerse uno sobre otro y compararse. Se pueden determinar los vectores de movimiento de los dientes entre los puntos de tiempo inicial y posterior. El movimiento puede ser una traslación del primer diente entre el punto de tiempo inicial (diente 401a) y el punto de tiempo posterior (diente 401b), y se puede determinar un vector 411 de movimiento correspondiente. El movimiento puede ser una extrusión del segundo diente entre el punto de tiempo inicial (diente 402a) y el punto de tiempo posterior (diente 402b), y se puede determinar un vector 412 de movimiento correspondiente. El movimiento puede ser una inclinación del segundo diente entre el punto de tiempo inicial (diente 403a) y el punto de tiempo posterior (diente 403b), y se puede determinar un vector 413 de movimiento correspondiente.

Como se muestra en la figura 4D, los vectores 411, 412 y 413 de movimiento se pueden usar para determinar las posiciones de los dientes 400 en un punto de tiempo posterior. En algunas realizaciones, se supone que los dientes 400 continuarán moviéndose a lo largo de las trayectorias indicadas por los vectores 411, 412 y 413 de movimiento. Por ejemplo, el primer diente 401c puede trasladarse más a la velocidad indicada por el primer vector 411 de movimiento, el segundo diente 402c puede extrudirse más a la velocidad indicada por el segundo vector 412 de movimiento, y el tercer diente 403c puede inclinarse más a la velocidad indicada por el tercer vector 413 de movimiento. Para ser claros, el primer diente 401a, el primer diente 401b y el primer diente 401c son el mismo primer diente del conjunto 400 pero en diferentes puntos de tiempo, el segundo diente 402a, el segundo diente 402b y el segundo diente 402c son el mismo segundo diente del conjunto 400 pero en diferentes puntos de tiempo, y el tercer diente 403a, el tercer diente 403b y el tercer diente 403c son el mismo tercer diente del conjunto 400 pero en diferentes puntos de tiempo.

Aunque la traslación, extrusión, y la inclinación se muestran en aislamiento en las figuras 4A-4D, los dientes pueden moverse de otras formas, tal como rotación o en cualquier combinación de formas. Por ejemplo, un diente

se puede inclinar y trasladar, un diente puede extrudirse y girar, un diente se puede inclinar, trasladar y extrudir, para nombrar algunos de los posibles movimientos dentales que se pueden rastrear para determinar el movimiento futuro. Los movimientos de los dientes que se pueden rastrear incluyen uno o más de extrusión, intrusión, rotación, torsión, inclinación o traslación de dientes. Alternativamente o en combinación, otros tipos de cambios en un diente también pueden rastrearse usando los procedimientos de este documento, tal como la absorción de raíces, la descomposición del esmalte y/o la formación de caries.

En algunas realizaciones, el movimiento de un conjunto de dientes puede ser rastreado y predicho a partir de los datos de subsuperficie, además de superficie de datos de exploración, como se discutió anteriormente y en el presente documento. Las figuras 5A a 5D muestran cómo se puede seguir y predecir el movimiento de un conjunto de dientes 500. El conjunto 500 de dientes puede comprender un primer diente y un segundo diente. La figura 5A muestra el primer diente 501a y el segundo diente 502a en un punto de tiempo inicial. Cada diente incluye una porción por encima de la línea 503 gingival (corona 504a y corona 505a, respectivamente) y una porción por debajo de la línea 503 gingival (raíz 506a y raíz 507a, respectivamente). La figura 5B muestra el primer diente 501b y el segundo diente 502b en un punto de tiempo posterior. Como se muestra en la figura 5B, el conjunto 500 de dientes se han movido desde sus posiciones en el punto de tiempo inicial, de modo que la posición de las coronas 504b, 505b y las raíces 506b, 507b en el punto de tiempo posterior es diferente del punto de tiempo inicial. En algunas realizaciones, las posiciones de las coronas de los dientes 500 en los diferentes puntos de tiempo pueden determinarse utilizando exploraciones tridimensionales, mientras que las posiciones de las raíces de los dientes 500 en los diferentes puntos de tiempo pueden determinarse utilizando otros tipos de datos tales como datos subsuperficiales (por ejemplo, rayos X, exploraciones CBCT, tomografías computarizadas, resonancia magnética, ultrasonidos, etc.). En consecuencia, la totalidad de cada diente, incluidas las partes visibles y no visibles, se puede representar digitalmente, por ejemplo, como modelos tridimensionales.

Como se muestra en la figura 5C, las posiciones del conjunto 500 de dientes en los puntos de tiempo inicial y posterior pueden compararse. Por ejemplo, los modelos tridimensionales de los dientes 500 que incluyen tanto coronas de dientes como raíces de dientes pueden superponerse y compararse entre sí. La comparación puede implicar la comparación de las posiciones de las coronas de los dientes 500 en los puntos de tiempo iniciales y posteriores, así como las posiciones de las raíces de los dientes 500 en los puntos de tiempo iniciales y posteriores. Se pueden determinar los vectores 510, 511 de movimiento de los dientes entre los puntos de tiempo inicial y posterior. Los vectores 510, 511 de movimiento pueden basarse en los cambios en las posiciones de las coronas y/o las raíces de los dientes 500. Como se muestra en la figura 5C, los dientes 500 se mueven con el tiempo a la velocidad y la trayectoria indicadas por los vectores 510, 511. Los vectores 510, 511 de movimiento se pueden usar para determinar las posiciones de los dientes 500 en un punto de tiempo posterior. Por ejemplo, como se muestra en la figura 5D, si se supone que los dientes continuarán moviéndose de acuerdo con los vectores 510, 511 de movimiento, se puede hacer una predicción de que el primer diente 501c y el segundo diente 502c comenzarán a ralentizarse y colisionarán entre sí en un punto de tiempo posterior. Opcionalmente, los vectores que representan los cambios en la forma de las raíces (por ejemplo, la reducción de las raíces debido a la reabsorción) también se pueden determinar y usar para predecir una posición futura del diente.

En algunas realizaciones, las futuras posiciones de los dientes se predice mediante el análisis y extrapolando el movimiento y/o cambios de forma de las raíces. Este enfoque puede ser ventajoso en comparación con los procedimientos que se basan únicamente en los datos de exploración de la superficie y, por lo tanto, se limitan al análisis de las coronas dentales, ya que la posición y la estructura de las raíces pueden ejercer una influencia significativa en los movimientos de los dientes. Por consiguiente, la combinación de los datos de exploración de superficie y los datos de subsuperficie como se describen en este documento para determinar los cambios en la totalidad de la estructura dental puede mejorar la precisión de la extrapolación de las posiciones futuras del diente.

Como se discutió anteriormente y en el presente documento, los cambios de la forma y/o el tamaño de dientes también se pueden determinar. Los cambios en la forma y/o el tamaño (por ejemplo, longitud, ancho, altura, área de la superficie, volumen, etc.) de los dientes pueden estar asociados con condiciones tales como bruxismo, maloclusión, alineación incorrecta de la mordida, etc. La figura 6A muestra un diente 600a en un punto inicial y la figura 6B muestra el mismo diente 600b en un punto de tiempo posterior. Como se discutió anteriormente y aquí, el diente 600a, 600b puede escanearse en los diferentes puntos de tiempo para generar un modelo tridimensional de cambio de forma y/o de tamaño a lo largo del tiempo. Como se muestra en la figura 6C (que muestra los modelos de los dientes 600a, 600b superpuestos entre sí para mostrar los cambios de forma y/o de tamaño a lo largo del tiempo), los modelos de los dientes 600a, 600b se pueden registrar entre sí. Los vectores 610 para la trayectoria y la magnitud de los cambios se pueden determinar comparando las superficies de los dientes 600a y 600b. Como se muestra en las figuras 6B y 6C, el diente 600b se desgasta con el tiempo a la velocidad y la trayectoria indicadas por los vectores 610. Sobre la base de los vectores 610, la forma y/o tamaño futuro del diente 600b, mostrado como el diente 600c en la figura 6D, se puede determinar. Por ejemplo, se puede suponer que los dientes continuarán desgastándose a una tasa similar a la indicada por los vectores 610. Alternativamente o en combinación, los volúmenes de los modelos 600a y 600b de diente pueden compararse entre sí para determinar la

tasa de cambio de volumen (por ejemplo, como un cambio porcentual con respecto al volumen inicial) del diente. El tamaño y/o la forma del futuro diente 600c pueden determinarse extrapolando el cambio de volumen en el punto de tiempo futuro.

5 Si bien el desgaste vertical hacia abajo del diente se muestra aisladamente en las figuras 6A-6D, se pueden rastrear otros cambios de forma y/o tamaño, tal como el desgaste de los lados del diente y sus combinaciones para determinar movimientos futuros. Los cambios de forma y/o tamaño se pueden rastrear en combinación con los movimientos de los dientes para determinar la forma y la posición de un diente en puntos de tiempo futuros. Los enfoques predictivos descritos en este documento pueden permitir una detección más temprana y precisa de los cambios en la forma y/o el tamaño de los dientes en comparación con los procedimientos que se basan en el examen visual, lo que permite un diagnóstico más temprano y la corrección de condiciones como la maloclusión, la absorción de raíces, la descomposición del esmalte y la formación de caries, etc.

10 Como se discutió anteriormente y en el presente documento, los cambios en la encía y otros tejidos cerca de los dientes también pueden determinarse. Los cambios en la posición y/o la forma de la encía pueden estar asociados con condiciones relacionadas con las encías, como la recesión de las encías o la gingivitis. La figura 7A muestra una línea 700a gingival de un diente 702 en un punto inicial y la figura 7B muestra el mismo diente 702 y la línea 700b gingival en un punto de tiempo posterior. Como se discutió anteriormente y aquí, el diente 702 y la línea 700a, 700b gingival se pueden escanear en los diferentes puntos de tiempo para generar un modelo tridimensional de cambio de forma y/o posición a lo largo del tiempo. Como se muestra en la figura 7C (que muestra los modelos del diente 702 y las líneas 700a, 700b gingivales superpuestas entre sí para mostrar los cambios de posición y/o de forma a lo largo del tiempo), los modelos del diente 702 y la línea 700a, 700b gingival se pueden registrar entre sí. Se pueden determinar los vectores 710 para la trayectoria y la magnitud de los cambios en la posición y/o la forma de la línea gingival. Como se muestra en las figuras 7B y 7C, la línea gingival retrocede con el tiempo a la velocidad y trayectoria indicadas por los vectores 710. Sobre la base de los vectores 710, la posición y/o la forma futura de la línea 700b gingival, mostrada como línea 700c gingival en la figura 7D, se puede determinar. Por ejemplo, la posición y/o la forma de la futura línea 700c gingival se puede calcular basándose en el supuesto de que la encía continuará retrocediendo de acuerdo con los vectores 710.

15 Alternativamente o en combinación, la trayectoria y la magnitud de los cambios en la línea gingival pueden determinarse mediante el seguimiento del tamaño (por ejemplo, longitud, anchura, altura, área superficial, volumen, etc.) del diente 702 correspondiente. Por ejemplo, un aumento en el área de la superficie y/o la altura (por ejemplo, la distancia desde la corona hasta la línea gingival) del diente puede indicar una recesión gingival. Como se muestra en la figura 7A y 7B, el diente 702 tiene una altura 704a inicial en el primer punto de tiempo y una altura 704b aumentada en el segundo punto de tiempo. La diferencia 705 entre alturas 704a, 704b se puede usar para calcular una tasa de cambio de altura para el diente 702, como se muestra en la figura 7C. La tasa de cambio de altura se puede usar para predecir una altura 704c futura del diente 702 en un punto de tiempo futuro, como se muestra en la figura 7D. La altura de un diente que excede un valor umbral puede ser indicativo de recesión de las encías o gingivitis, por ejemplo. Los enfoques predictivos descritos en el presente documento pueden permitir una detección más temprana y precisa del posicionamiento gingival y/o cambios de forma en comparación con otros procedimientos (por ejemplo, examen visual, medición de la separación gingival).

20 Como se describió anteriormente y en el presente documento, los cambios en la forma y/o el posicionamiento de un objeto intraoral (por ejemplo, dientes) pueden ser rastreados para determinar una trayectoria actual para el cambio de forma y/o el movimiento del objeto. Algunos de los cambios en la forma y/o el posicionamiento del objeto intraoral pueden ser lineales y pueden rastrearse comparando datos (por ejemplo, datos de exploración, datos de subsuperficie, etc.) obtenidos de al menos dos puntos de tiempo. Algunos de los cambios en la forma y/o posición del objeto intraoral pueden ser no lineales (por ejemplo, exponenciales) y pueden rastrearse comparando los datos obtenidos de al menos tres puntos de tiempo. Posteriormente, se pueden usar técnicas de extrapolación lineal o no lineal para determinar una trayectoria proyectada para el objeto con el fin de predecir la forma y/o la posición en un punto de tiempo futuro.

25 La figura 8A muestra un diente en un primer punto 800 de tiempo inicial (tiempo $t = 0$) y el mismo diente en un segundo punto 801 de tiempo posterior (tiempo $t = t_1$). Como se discutió anteriormente y en este documento, los datos de exploración (por ejemplo, escáneres tridimensionales) se pueden hacer del diente y se pueden comparar para determinar cómo puede cambiar el diente en puntos futuros en el tiempo. Los datos de exploración se pueden combinar con datos adicionales de uno o más puntos de tiempo, tal como los datos de la subsuperficie de las raíces. Las diferencias entre el diente en el primer punto 800 de tiempo y en el segundo punto 801 de tiempo pueden mostrar que el movimiento del diente y/o el cambio de forma pueden definirse linealmente, y la velocidad lineal de movimiento y/o el cambio de forma se pueden extrapolar para determinar la posición y/o la forma del diente en el punto de tiempo futuro. La figura 8A adicionalmente muestra el diente en un punto 899 de tiempo posterior futuro (tiempo $t = t_n$).

La figura 8B muestra un diente en un primer punto 800' de tiempo inicial (tiempo $t = 0$), el mismo diente en un segundo punto de tiempo 801' posterior (tiempo $t = t_1$), y el mismo diente en un tercer punto 802' de tiempo posterior (tiempo $t = t_2$). Como se discutió anteriormente y en este documento, los datos de exploración se pueden hacer del diente y se pueden comparar para determinar cómo puede cambiar el diente en puntos futuros en el tiempo. Los datos de exploración se pueden combinar con datos adicionales de uno o más puntos de tiempo, tal como los datos de la subsuperficie de las raíces. Las diferencias entre el diente en el primer punto 800' de tiempo, en el segundo punto 801' de tiempo y en el tercer punto 802' de tiempo pueden mostrar que el movimiento del diente y/o el cambio de forma pueden definirse no linealmente, y la tasa no lineal de movimiento y/o el cambio de forma se pueden extrapolar para determinar la posición y/o la forma del diente en un punto de tiempo futuro. La figura 8B adicionalmente muestra el diente en un punto 899 de tiempo posterior futuro (tiempo $t = t_n$).

Opcionalmente, la representación digital predicha puede generarse usando un procedimiento de extrapolación que ajusta la trayectoria proyectada de un objeto intraoral basado en obstáculos (por ejemplo, otros dientes, raíces que chocan, mordida, absorción de la raíz o caries, recesión de las encías) que la estructura puede encontrarse, por ejemplo, mediante el uso de algoritmos para evitar colisiones como se describe en este documento. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los modelos digitales de los dientes del paciente en diferentes disposiciones obtenidas en diferentes puntos de tiempo se utilizan para generar una representación digital predicha de una disposición de los dientes del paciente en un punto de tiempo futuro. Las velocidades de movimiento de los dientes para uno o más dientes entre las diferentes disposiciones se pueden calcular, como se explica en este documento. Posteriormente, los dientes en el modelo digital se pueden reposicionar de acuerdo con las velocidades calculadas para generar la futura disposición de los dientes. Durante el reposicionamiento, se puede usar un proceso de detección de colisiones para detectar si los movimientos proyectados podrían causar colisiones con dientes vecinos. Por ejemplo, el proceso de detección de colisión puede determinar en cada etapa de tiempo si alguna de las geometrías que describen las superficies de los dientes se cruzan. Se puede suponer que los dientes continuarán moviéndose de acuerdo con las velocidades de movimiento calculadas a menos que se produzca una colisión.

Varias técnicas pueden implementarse para detectar colisiones proyectadas entre los dientes. Por ejemplo, en algunas realizaciones, un algoritmo de detección de colisión se centra alrededor de una subdivisión recursiva del espacio ocupado por un objeto, que se organiza en forma de árbol binario. Los triángulos se utilizan para representar los dientes en el conjunto de datos digital. Cada nodo del árbol se denomina cuadro de límite orientado (OBB) y contiene un subconjunto de triángulos que aparecen en el elemento primario del nodo. Los hijos de un nodo primario contienen entre los mismos todos los datos de triángulos almacenados en el nodo primario.

El cuadro delimitador de un nodo se orienta de manera que encaja de manera estrecha alrededor de todos los triángulos en ese nodo. Los nodos de hojas en el árbol contienen idealmente un solo triángulo, pero posiblemente pueden contener más de un triángulo. Detectar colisiones entre dos objetos implica determinar si los árboles OBB de los objetos se cruzan. Si los OBB de los nodos raíz de los árboles se superponen, se comprueba que los hijos de la raíz se solapan. El algoritmo avanza de forma recursiva hasta que se alcanzan los nodos de la hoja. En este punto, se utiliza una robusta rutina de intersección de triángulos para determinar si los triángulos en las hojas están involucrados en una colisión.

En algunas realizaciones, los árboles OBB se pueden construir de una manera perezosa para ahorrar memoria y tiempo. Este enfoque se deriva de la observación de que algunas partes del modelo nunca estarán involucradas en una colisión y, por lo tanto, el árbol OBB para tales partes del modelo no necesita calcularse. Los árboles OBB se expanden dividiendo los nodos internos del árbol según sea necesario durante el algoritmo de determinación de colisión recursiva. Además, los triángulos en el modelo que no se requieren para los datos de colisión también pueden excluirse específicamente a la hora de construir un árbol OBB. Por ejemplo, el movimiento puede verse en dos niveles. Los objetos se pueden conceptualizar como "en movimiento" en un sentido global, o se pueden conceptualizar como "en movimiento" en relación con otros objetos. La información adicional mejora el tiempo necesario para la detección de colisiones al evitar el cálculo adicional de la información de colisión entre objetos que están en reposo entre sí, ya que el estado de la colisión entre dichos objetos no cambia.

En realizaciones alternativas, un algoritmo de detección de colección calcula un "amortiguador de colisión" orientado a lo largo de un eje z a lo largo de los cuales dos dientes se encuentran. El amortiguador de colisión se calcula para cada etapa o en cada posición a lo largo de la trayectoria de movimiento para la que se desea la detección de colisión. Para crear el amortiguador, se define un plano x, y entre los dientes. El plano puede ser "neutro" con respecto a los dos dientes. Idealmente, el plano neutro se coloca de manera que no se cruce con ninguno de los dientes. Si la intersección con uno o ambos dientes es inevitable, el plano neutro está orientado de tal manera que los dientes se encuentran, tanto como sea posible, en lados opuestos del plano. En otras palabras, el plano neutro minimiza la cantidad de área de superficie de cada diente que se encuentra en el mismo lado del plano que el otro diente. En el plano hay una cuadrícula de puntos discretos, cuya resolución depende de la resolución requerida para la rutina de detección de colisiones. Un amortiguador de colisión de alta resolución típico incluye una cuadrícula de 400×400 ; un amortiguador típico de baja resolución incluye una cuadrícula de 20×20 .

El eje z está definido por una línea normal al plano.

Las posiciones relativas de los dientes se determinan mediante el cálculo, para cada uno de los puntos en la cuadrícula, la distancia lineal paralela al eje z entre el plano y la superficie más cercana de cada diente. Por ejemplo, en cualquier punto de cuadrícula dado (M, N), el plano y la superficie más cercana del diente trasero están separados por una distancia representada por el valor Z1 (M, N), mientras que el plano y la superficie más cercana a los dientes delanteros están separados por una distancia representada por el valor Z2 (M, N). Si el amortiguador de colisión se define de manera tal que el plano se encuentre en $z = 0$ y los valores positivos de z se encuentren hacia el diente posterior, entonces los dientes colisionarán cuando $Z_1 (M, N) \leq Z_2 (M, N)$ en cualquier punto de la cuadrícula (M, N) en el plano.

Si se detecta una colisión entre los dientes, las velocidades de movimiento y/o trayectorias de uno o de ambos dientes puede modificarse. Por ejemplo, en algunas realizaciones, si se produce una colisión, se crea un vector de "empuje" para desviar la trayectoria del movimiento proyectado fuera de la colisión. Basado en el vector de empuje, el diente actual "rebota" de la colisión y se genera un nuevo movimiento del diente. Alternativamente, se puede suponer que una colisión detiene algunos o todos los movimientos adicionales de los dientes en colisión, por ejemplo, las velocidades de movimiento disminuyen o se ponen a cero. Opcionalmente, en algunas realizaciones, el proceso de extrapolación se detiene si se detecta una colisión, por ejemplo, para alertar al usuario.

La extrapolación de los datos de exploración de superficie y/u otros tipos de datos digitales tomadas en una pluralidad de diferentes puntos de tiempo puede proporcionar predicciones anteriores y más fiables que no son posibles por examen visual o revisión de imágenes o modelos estáticos. Un aspecto del cambio de maloclusión puede ser que una cascada de movimientos dentales probablemente tenga lugar en pequeños incrementos. Un solo diente puede moverse en un pequeño incremento apenas detectable debido a una fuerte mordida entre los dientes. La mordida pesada puede hacer que este diente se mueva primero, lo que luego lleva a una mordida pesada en un lugar diferente, lo que puede causar otro movimiento en otro lugar, lo que puede llevar a una mordida pesada en otro lugar, y así sucesivamente. Una predicción de tal efecto "dominó" puede ser extremadamente difícil porque los efectos de los movimientos de la mandíbula y la musculatura a menudo no son tomados en cuenta por la inspección visual de un médico. Al obtener datos digitales, como una exploración tridimensional en un punto de tiempo inicial y dejar pasar el tiempo suficiente antes de tomar los segundos datos digitales y/o posteriores (por ejemplo, 6 meses o 1 año después), los resultados reales de la mordida, la mandíbula, y los tejidos blandos pueden ser evidentes en la disposición de los propios dientes. El papel de cualquier trabajo dental restaurativo también puede determinarse.

La figura 9 ilustra un procedimiento 900 para generar una representación digital predicha de la cavidad intraoral de un paciente para determinar una condición futura en el paciente. El procedimiento 900, como con todos los demás procedimientos proporcionados en el presente documento, se puede usar en combinación con cualquier realización de los sistemas y dispositivos de la presente divulgación. Por ejemplo, algunas o todas las etapas del procedimiento 400 pueden realizarse por uno o más procesadores de un sistema informático como se describe más adelante en este documento.

En la etapa 905, se reciben los primeros datos digitales de la cavidad intraoral. Los primeros datos digitales pueden ser representativos de un estado real de la cavidad intraoral o uno o más objetos de la misma (por ejemplo, dientes, encías, mandíbulas, paladar, lengua, vías respiratorias, TMJ, etc.) en un primer punto de tiempo. En algunas realizaciones, el primer punto de tiempo es un punto de tiempo inicial en el que comienza la monitorización dental y de ortodoncia para el paciente. En algunas realizaciones, el punto de tiempo inicial se produce después de que los dientes primarios hayan erupcionado, pero antes de que hayan salido los dientes permanentes, por ejemplo, entre las edades de 4 a 6 años. La obtención de datos de exploración de los dientes a una edad relativamente temprana puede facilitar la detección de condiciones dentales o de ortodoncia mucho antes de que dichas condiciones puedan detectarse mediante un examen visual.

En la etapa 910, se reciben los segundos datos digitales de la cavidad intraoral. Los segundos datos digitales pueden ser representativos de un estado real de la cavidad intraoral o una o más estructuras de la misma en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo. El primer y segundo puntos de tiempo pueden ser diferentes, por ejemplo, al menos 1 mes, al menos 2 meses, al menos 3 meses, al menos 4 meses, al menos 5 meses, al menos 6 meses, al menos 7 meses, al menos 8 meses, al menos 9 meses, al menos 10 meses, al menos 11 meses, al menos 1 año, al menos 2 años, al menos 5 años, o cualquier otro intervalo de tiempo apropiado para generar mediciones y/o predicciones precisas como se describen en el presente documento. El segundo punto de tiempo puede ser posterior al primer punto de tiempo. El segundo punto de tiempo puede producirse después de que los dientes permanentes hayan comenzado a erupcionar, pero antes de que se hayan desprendido todos los dientes primarios, por ejemplo, entre las edades de 6 a 12 años.

En algunas realizaciones, por ejemplo, los primeros y segundos datos digitales son exploraciones en tres dimensiones de la cavidad intraoral y/o incluyen datos representativos de la superficie de la topografía

- 5 tridimensional de la dentición del paciente y/o los tejidos circundantes (por ejemplo, encías, paladares, lengua, vías respiratorias). Cada exploración puede incluir los arcos superiores y/o inferiores de los dientes. Se pueden generar modelos tridimensionales de los dientes en base a las exploraciones como se describió anteriormente y en este documento. Los datos de exploración tomados en los dos o más momentos diferentes se pueden usar para estimar la posición futura y/o la forma de los objetos intraorales, tal como los dientes, las encías, la mordida, etc., como se describe en el presente documento con más detalle. Alternativamente o en combinación, se pueden usar otros tipos de datos digitales además de los datos de exploración, como los datos subsuperficiales de las raíces dentales, de manera que la posición y/o la forma de objetos intraorales no visibles (por ejemplo, raíces dentales, mandíbulas, vías respiratorias) también se puede determinar.
- 10 Opcionalmente, los datos digitales representativos de la cavidad intraoral en más puntos de tiempo con posterioridad al segundo punto de tiempo se pueden recibir, por ejemplo, terceros datos digitales obtenidos en un tercer punto de tiempo, cuartos datos digitales obtenidos en un cuarto punto de tiempo, etc. Cualquier número de conjuntos de datos digitales en cualquier número de puntos de tiempo se puede recibir y analizar posteriormente como se describe a continuación y en este documento. Los datos digitales en este documento se pueden obtener en cualquier combinación de puntos de tiempo durante el desarrollo dental del paciente, como puntos de tiempo antes, durante y/o después del desarrollo de la dentición permanente. Por ejemplo, los datos digitales posteriores se pueden obtener después de que todos los dientes primarios se hayan desprendido (por ejemplo, después de los 12 años) y/o una vez que se haya completado la dentición permanente completa (por ejemplo, después de la erupción de los terceros molares, que generalmente se produce entre las edades de 17 a 25 años).
- 15
- 20 En la etapa 915, se reciben datos adicionales. En algunas realizaciones, los datos adicionales proporcionan otra información útil para identificar una condición actual y/o predecir una condición futura en el paciente. Por ejemplo, los datos adicionales pueden incluir información demográfica, información sobre el estilo de vida, información médica, historial médico, historial médico familiar y/o factores genéticos. Los datos adicionales se pueden recibir en uno o más puntos de tiempo diferentes, que pueden ser o no los mismos puntos de tiempo para la recopilación de los primeros y segundos datos digitales. Por ejemplo, los datos adicionales se pueden recibir en una pluralidad de puntos de tiempo durante el desarrollo dental y/o simultáneamente con los datos de exploración. Alternativamente, se pueden recibir datos adicionales en un solo punto de tiempo.
- 25
- 30 En la etapa 920, se genera una representación digital predicha de la cavidad intraoral. La representación digital predicha puede ser un modelo bidimensional o tridimensional de un estado futuro predicho de la cavidad intraoral o una o más estructuras de la misma en un punto de tiempo futuro posterior al primer y segundo puntos de tiempo. El punto de tiempo futuro puede ser al menos 1 mes, al menos 2 meses, al menos 3 meses, al menos 4 meses, al menos 5 meses, al menos 6 meses, al menos 7 meses, al menos 8 meses, al menos 9 meses, al menos 10 meses, al menos 11 meses, al menos 1 año, al menos 2 años, al menos 5 años, al menos 10 años, al menos 20 años, o cualquier otro período de tiempo deseado posterior al primer y/o segundo puntos de tiempo. El punto de tiempo futuro puede corresponder a un evento de la vida, como cuando el paciente cumple 18 años, se casa, se muda, se retira, viaja, compite, etc.
- 35
- 40 Como se discutió anteriormente y en el presente documento, la representación digital predicha se puede generar en base a los primeros y segundos datos digitales utilizando varios procedimientos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, los datos digitales en los dos o más puntos de tiempo se comparan para generar una comparación de los mismos. Se puede comparar cualquier número de conjuntos de datos digitales de cualquier número de puntos de tiempo. En algunas realizaciones, la generación de la comparación implica el registro de los primeros y segundos datos digitales en un sistema de coordenadas común. La generación de la comparación puede implicar medir una característica de un objeto intraoral en el primer punto de tiempo (por ejemplo, usando los primeros datos digitales), medir la característica del objeto intraoral en el segundo punto de tiempo (por ejemplo, usando los segundos datos digitales), y determinar un cambio en la característica entre el primer y el segundo puntos de tiempo. Opcionalmente, la característica se puede medir en puntos de tiempo posteriores utilizando los datos digitales correspondientes para determinar el cambio de la característica en los puntos de tiempo posteriores.
- 45
- 50 Un cambio futuro a la característica del objeto intraoral se puede predecir, en respuesta al cambio determinado y/o un intervalo de tiempo seleccionado, y se utiliza para generar la representación digital predicha. Por ejemplo, como se discutió anteriormente y en este documento, se puede determinar una tasa de cambio en la característica, y la tasa de cambio se puede extrapolar a un punto de tiempo futuro seleccionado para predecir la característica del objeto intraoral en el punto de tiempo futuro. Al repetir este proceso para una pluralidad de objetos intraorales (por ejemplo, cada diente en la cavidad intraoral del paciente), se puede predecir y generar la representación digital de la cavidad intraoral en el punto de tiempo futuro.
- 55
- En una realización ejemplar, los procedimientos del presente documento se pueden aplicar para generar una predicción de los dientes del paciente en un punto de tiempo futuro. En algunas realizaciones, se puede medir la posición y/o la forma de los dientes en el primer punto de tiempo, tal como a partir de los datos de exploración en

un primer punto de tiempo, y la posición y/o la forma de los dientes en el segundo punto de tiempo pueden medirse, tal como a partir de datos de exploración en un segundo punto de tiempo. Opcionalmente, se puede medir la posición y/o la forma de los dientes en puntos de tiempo adicionales (por ejemplo, un tercer punto de tiempo), por ejemplo, a partir de datos de exploración obtenidos en puntos de tiempo adicionales. En algunas realizaciones, también se puede medir la posición y/o la forma de los tejidos que rodean los dientes, tal como la posición y/o la forma de la encía, la lengua, el paladar, las vías respiratorias, etc.

Pueden haberse producido muchos cambios en los dientes entre los dos o más puntos de tiempo. Por ejemplo, uno o más de los dientes pueden haberse movido, uno o más de los dientes pueden haberse desgastado o perdido, uno o más de los dientes pueden haberse restaurado o reemplazado, y algunas o todas las encías que rodean los dientes pueden haber retrocedido o hinchado. Por consiguiente, se pueden determinar las velocidades de cambio de forma y/o movimiento para uno o más dientes y/o tejidos circundantes. Se puede realizar una comparación entre los dientes y/o los tejidos circundantes en los diferentes puntos de tiempo determinando el movimiento y/o los cambios de forma de uno o más dientes y/o tejidos circundantes durante el intervalo de tiempo entre el primer y el segundo puntos de tiempo y determinando las velocidades de tal movimiento o cambios. Por ejemplo, el arco dental superior en el primer punto de tiempo se puede registrar y comparar con el arco dental superior en el segundo punto de tiempo, y el arco dental inferior en el primer punto de tiempo se puede registrar y comparar con el arco dental inferior en el segundo punto de tiempo.

Cada boca de una persona es única debido al tamaño, la forma y la mordida de la persona. Cualquier deterioro natural de las posiciones de los dientes puede ser paciente a diferentes tasas de movimiento de los dientes y diferentes áreas donde los dientes se desgastan. Por ejemplo, la mordida de algunos pacientes puede profundizarse como resultado del desgaste de la superficie de mordida de los dientes posteriores, lo que provoca contactos más pesados en la parte delantera y un mayor apiñamiento como resultado de la presión hacia dentro que se coloca en los dientes delanteros cuando se colapsan hacia la lengua. En otro ejemplo, la presión de la lengua puede llevar a una mayor separación y abertura de mordida anterior para otros, que puede comenzar a tasas que pueden ser apenas perceptibles inicialmente pero pueden aumentar con el tiempo a cambios significativos. Las velocidades de dichos cambios para cada diente pueden determinarse a partir de una comparación de las exploraciones tridimensionales. Los dientes individuales pueden ser identificados y etiquetados. Se pueden determinar las diferencias en las posiciones X, Y y/o Z del diente individual y/o uno o más puntos de referencia identificados del diente entre las dos exploraciones. Se pueden calcular trayectorias individuales de los dientes. La velocidad, la magnitud y la dirección del movimiento de un diente pueden calcularse como un vector tridimensional. También se puede determinar una tasa y la ubicación del cambio de la forma del diente. Las áreas que se han desgastado probablemente continúen desgastándose, por ejemplo. En algunas realizaciones, las tasas, magnitudes, direcciones y/o ubicaciones determinadas de los cambios en uno o más dientes pueden ajustarse en base a información adicional tal como a partir de una comparación de ubicaciones de raíces de dientes o líneas de encías. Por ejemplo, se puede extrapolar una comparación de las ubicaciones de la raíz del diente en dos puntos de tiempo separados para determinar la ubicación de la raíz en cualquier punto de tiempo futuro, y esta ubicación determinada de la raíz se puede usar al menos en parte para determinar los cambios en el diente en los puntos de tiempo futuros y colisiones. En otro ejemplo, se puede extrapolar una comparación de las líneas de las encías en dos puntos de tiempo separados para determinar la línea de las encías en cualquier punto de tiempo futuro, y esta línea de las encías determinada se puede usar al menos en parte para determinar el cambio en el diente en los puntos de tiempo futuros. La determinación y el uso de las velocidades y trayectorias para los cambios de los dientes en función de las exploraciones se describen más arriba y en este documento.

Opcionalmente, los cambios en los dientes pueden compararse con datos sobre cambios similares de pacientes similares disponibles en la base de datos de pacientes. La posición y/o la forma de los dientes en un punto de tiempo futuro se puede predecir, por ejemplo, en función de las velocidades de movimiento determinadas o los cambios de forma de los dientes entre el primer y segundo puntos de tiempo y/o los datos del paciente (por ejemplo, de movimientos similares o cambios de pacientes similares) de la base de datos de pacientes. La predicción se puede realizar, por ejemplo, extrapolar linealmente los datos de posición y/o forma del primer y segundo puntos de tiempo para determinar un vector y/o velocidad de movimiento a la posición y/o forma en un punto de tiempo futuro. Se pueden usar una tercera o exploraciones tridimensionales adicionales en el tercer o en otros puntos de tiempo para detectar cualquier cambio no lineal y realizar una extrapolación no lineal, como se describe más adelante en este documento. Por ejemplo, se puede predecir el movimiento del diente a lo largo de una trayectoria curva y/o una aceleración o una desaceleración en el movimiento del diente.

En algunas realizaciones, aunque la trayectoria proyectada de cada diente puede determinarse, los obstáculos como los dientes vecinos pueden evitar que el movimiento proyectado de los dientes se produzca por completo. Los dientes pueden superponerse en geometrías tridimensionales cuando los cambios son representados por un sistema informático, por ejemplo. Las realizaciones de la presente divulgación pueden proporcionar un algoritmo de evitación de colisión cuando se predice el posicionamiento y/o la forma futuros de los dientes, como se ha

explicado anteriormente y en este documento.

En algunas realizaciones, la representación digital predicha se muestra a un usuario, por ejemplo, como un modelo tridimensional de la cavidad intraoral en el punto de tiempo futuro. El modelo tridimensional puede incluir uno o más movimientos proyectados de los dientes, cambios proyectados en la orientación de los dientes, cambios proyectados en la forma de los dientes, cambios proyectados en la línea de las encías, cambios proyectados en la ubicación de la raíz, cambios proyectados en la posición de la mordida, cambios proyectados en las vías respiratorias o cambios proyectados en la posición de la lengua, por nombrar unos pocos. Los datos del modelo tridimensional se pueden mostrar para permitir que el profesional médico visualice y valide la posición futura, el tamaño, la forma, etc. predichos de los dientes y/u otros objetos intraorales. Estos modelos también pueden almacenarse en una base de datos de pacientes para su uso posterior.

En la etapa 925, se determina una condición futura de la cavidad intraoral. Como se discutió anteriormente y en el presente documento, la condición futura puede ser una condición dental o de ortodoncia no deseable que se predice que se produzca en el punto de tiempo futuro si la cavidad intraoral se deja sin tratar. En algunas realizaciones, las condiciones futuras se determinan antes de la aparición de la condición futura. Alternativamente, la condición futura puede determinarse después de que se haya producido la condición futura, pero antes de que sea detectable visualmente. En algunas realizaciones, la condición puede predecirse basándose en la representación digital predicha, por ejemplo, midiendo uno o más parámetros de la representación para determinar si hay anomalías presentes. Se puede tener en cuenta información adicional como la edad del paciente o paciente, la edad de desarrollo dental, la relación molar, el apiñamiento y/o la separación de los incisivos, la forma del arco, el tipo facial, la vías respiratorias y la sobremordida horizontal/vertical, por nombrar algunos para predecir el estado dental o de ortodoncia.

El sistema informático puede predecir automáticamente la condición dental o de ortodoncia o proporcionar automáticamente una lista de condiciones dentales o de ortodoncia que pueden ser aplicables, por ejemplo, si los datos actuales del paciente o del paciente entran en los rangos apropiados para un tratamiento dental u ortodóntico, si los datos del paciente actual o del paciente coinciden estrechamente con los de una condición dental o de ortodoncia previamente identificada en la base de datos, si los datos del paciente actual o del paciente coinciden en gran medida con los del paciente actual o el paciente en el caso de una condición recurrente. Un profesional médico que utilice el sistema informático puede elegir una o más de las condiciones de la lista. Alternativamente o en combinación, el sistema informático puede proporcionar y mostrar parámetros clave (por ejemplo, mediciones) que el profesional médico puede evaluar para hacer un diagnóstico de la condición dental o de ortodoncia. Opcionalmente, el profesional médico puede seleccionar ciertos parámetros clave para la monitorización, y el sistema informático puede generar una alerta si se detectan problemas o anomalías en esos parámetros durante el proceso de predicción. La condición dental o de ortodoncia predicha, así como los tratamientos para la condición, pueden comprender cualquiera de las condiciones y los tratamientos correspondientes descritos anteriormente y en el presente documento. En algunas realizaciones, los procedimientos descritos en el presente documento también pueden aplicarse para identificar condiciones dentales o de ortodoncia existentes. Otros procedimientos para identificar o predecir una condición dental o de ortodoncia y tratar la condición se describen en la solicitud provisional US 62/079.451.

En algunas realizaciones, la etapa 925 se refiere al establecimiento y/o la detección de datos y/o características de referencia automática en la representación digital predicha. Dichos datos de referencia y/o características se pueden usar para obtener varias mediciones dentales calculadas automáticamente para facilitar el diagnóstico y el tratamiento. Dichos datos y características de referencia seleccionados pueden reconocerse adecuadamente a través de bases de datos, bibliotecas y otras aplicaciones de memoria similares que comprenden datos de referencia y características dentales que pueden permitir el reconocimiento automático de dichos datos de referencia y características mediante procedimientos implementados por ordenador. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el establecimiento y/o la detección automática de datos de referencia y/o características puede comprender el establecimiento automático de objetos de referencia, el establecimiento automático de marcos de referencia, la detección automática de características dentales anatómicas y/o la construcción de referencias de ortodoncia. Cualquiera de una o más de estas características, marcos y referencias pueden utilizarse para calcular automáticamente las mediciones adecuadas para predecir una condición futura.

En algunas realizaciones, el cálculo automático de las mediciones dentales puede comprender el cálculo de numerosas dimensiones de los dientes, por ejemplo, tamaño, forma y otras características de los dientes, así como el cálculo de las dimensiones de arco y similares, por ejemplo, la posición relativa de los dientes en el arco. Por ejemplo, el cálculo automático de las mediciones dentales puede comprender el cálculo de la posición relativa angular, tal como la angulación de la corona (punta), la inclinación de la corona (torsión) y/o la rotación de la corona (alrededor del eje del diente). Además, el cálculo automático de las mediciones dentales puede comprender el cálculo de la posición relativa de traslación de cada diente con respecto a los otros dientes, tal como el nivel de la corona y/o la prominencia de la corona. El cálculo automático de las mediciones dentales también puede

comprender el cálculo de la superposición relativa, por ejemplo, el hacinamiento local o cómo los dientes se obstruyen entre sí. Otra medición dental computacional puede comprender la coherencia relativa que es una derivada de la posición relativa angular y las mediciones de la posición relativa de traslación. Por ejemplo, la coherencia relativa de dos dientes adyacentes es una diferencia de sus posiciones relativas con respecto a los componentes angulares y traslacionales.

En algunas realizaciones, la medición dental computacional incluye características de la forma del diente, tales como las formas de la corona, el ancho mesial a distal, el ancho bucal al lingual, la altura de la corona (longitud de la corona en la dirección de normal al plano oclusal) y otras características dentales similares, tal como la curva del eje alrededor de la base de la corona (la curva del eje en el límite de la corona y la superficie gingival). El cálculo automático de las mediciones dentales también puede comprender el cálculo de varias otras características dentales tales como las características del incisivo, canino, premolar y molar, incluidas las características del punto (descritas por el punto central y la región alrededor del punto central, por ejemplo, una cúspide) y/o características alargadas (descritas por la curva central y la región alrededor de la curva central, por ejemplo, ranura y cresta). El cálculo automático de las mediciones dentales puede comprender el cálculo de las dimensiones de los dientes y/o las dimensiones del arco y similares en función de una o más de las características dentales estáticas o dinámicas, objetos de referencia y/o marcos establecidos, detectados y/o construidos.

En algunas realizaciones, el cálculo automático de las mediciones dentales puede incluir además la determinación de las características de alineación dental tal como el ángulo de alineación de la cresta incisiva, la característica de alineación posterior mandibular, la característica de alineación posterior maxilar, la altura relativa de la cresta marginal posterior, la distancia de inclinación bucolingual de los dientes posteriores, y/o contactos interproximales. Además, el cálculo automático de las mediciones dentales puede comprender el cálculo automático de las características de la mordida, incluyendo, por ejemplo, los contactos oclusales y la relación oclusal a lo largo del arco.

Las mediciones dentales descritas en este documento pueden usarse para detectar la presencia de condiciones dentales o de ortodoncia indeseables. En algunas realizaciones, la extensión y la cantidad de maloclusiones tales como apiñamiento, espaciamiento, protrusión, mordida abierta, mordida cruzada, clases de ángulo, contacto oclusal y/o similares pueden determinarse automáticamente a partir de las diversas mediciones dentales computadas y luego mostrarse adecuadamente a usuario para facilitar el tratamiento dental y la planificación, como se discutió anteriormente y en el presente documento. Por ejemplo, la protrusión se puede determinar por la distancia desde el punto de intersección de una curva a través de los puntos medios de las crestas incisales mandibulares con el plano medio en el arco mandibular, hasta las superficies bucales de los incisivos maxilares (en posiciones cerradas). Como otro ejemplo, la sobremordida se puede definir como un porcentaje de las superficies bucales de los incisivos maxilares que están por encima de la curva a través de los puntos medios de las crestas incisales mandibulares. De esta manera, la determinación automática de las maloclusiones se puede lograr de manera precisa, fiable y/o eficiente.

En algunas realizaciones, las mediciones se pueden usar para calcular automáticamente los índices ortodónticos o dentales, tal como para la evaluación y determinación de las condiciones futuras previstas. Por ejemplo, el cálculo automático de los índices de ortodoncia u odontología, como los índices de evaluación de pares (PAR), los índices de discrepancia ABO, los sistemas de calificación objetiva ABO y similares, también se puede realizar en función de los resultados de medición que se calculan automáticamente. Los procedimientos automatizados proporcionados en este documento pueden reducir o eliminar errores, inexactitudes y demoras asociadas con el cálculo manual o la evaluación visual de dichos índices. En algunas realizaciones, el índice PAR se calcula automáticamente mediante la determinación y evaluación de mediciones, como encontrar puntos de contacto de los dientes anteriores, determinar las clases de mordida posterior, detectar o medir la mordida abierta o cruzada posterior, calcular la protrusión anterior y/o medir discrepancias en la línea media. Dichos índices se pueden calcular para permitir que un usuario evalúe eficientemente la complejidad de un caso y/o mida la calidad del resultado del tratamiento durante cualquier etapa del proceso de tratamiento. Además, el uso de dichos índices puede permitir que los casos de tratamiento se califiquen o evalúen antes, durante y/o después del tratamiento.

En la etapa 930, las opciones de tratamiento para la condición futura se generan y/o visualizan. Por ejemplo, se puede generar y mostrar una lista de productos y/o procedimientos de tratamiento recomendados, por ejemplo, a un profesional médico. Los productos y/o procedimientos de tratamiento generados pueden personalizarse para el paciente particular, por ejemplo, según la gravedad de la condición, las características específicas del paciente (por ejemplo, información demográfica, información sobre el estilo de vida, etc.), los parámetros deseados para el costo y la duración del tratamiento, y similares. El profesional médico puede seleccionar uno o más de los productos de tratamiento y/o procedimientos mostrados para ser usados para tratar la condición dental o de ortodoncia predicha.

Los productos y/o procedimientos de tratamiento recomendados pueden ser generados basándose en la gravedad

de la condición o condición predicha. En algunas realizaciones, la gravedad de la condición o condición predicha se evalúa para determinar si es necesaria la corrección. Por ejemplo, se puede recomendar la corrección si la gravedad supera un valor umbral (por ejemplo, una cantidad de distancia, rotación, arco, sobremordida, mordida insuficiente, apiñamiento, separación, espacio gingival, etc.). El valor umbral puede variar según las preferencias y el criterio del profesional médico. Opcionalmente, la gravedad de la condición del paciente o condición predicha se puede mostrar al profesional médico, con o sin los valores umbral correspondientes, para permitir que el profesional médico determine si es necesaria la corrección. Si el profesional médico determina que se necesita una corrección, la lista de productos y/o procedimientos recomendados se puede generar y mostrar como se describe en este documento. Si el profesional médico determina que la corrección no es necesaria, se pueden omitir las etapas 935 y 945. En otras realizaciones, se pueden generar productos y/o procedimientos de tratamiento recomendados si se identifica una condición o condición predicha, independientemente de la gravedad. Por ejemplo, puede ser ventajoso prescribir un tratamiento cuando la condición se detecta por primera vez, por ejemplo, proporcionando una placa de mordida al primer signo de desgaste dental debido al bruxismo para limitar los problemas de la TMJ, modificando los hábitos de higiene oral (por ejemplo, hábitos de cepillado, tipo de cepillo de dientes, uso de enjuague bucal) si se predice gingivitis, y así sucesivamente.

En la etapa 935, se genera y/o visualiza un resultado predicho para una opción de tratamiento. Se pueden usar varios procedimientos para predecir el resultado de administrar una opción de tratamiento al paciente. En algunas realizaciones, las técnicas de extrapolación presentadas en este documento también se pueden usar para predecir los resultados del tratamiento. Por ejemplo, los cambios de posición de los dientes provocados por un dispositivo de reposicionamiento de dientes pueden extrapolarse a un punto de tiempo futuro para predecir una futura disposición de los dientes del paciente después de usar el dispositivo. Alternativamente o en combinación, la extracción de datos de la información histórica del paciente puede usarse para predecir los resultados del tratamiento. Por ejemplo, la extracción de datos se puede usar para recuperar datos históricos de pacientes comparables (por ejemplo, comparables con respecto al tipo de condición, gravedad de la condición, información demográfica, información sobre el estilo de vida, información médica, historial médico, historial médico familiar, factores genéticos, etc.) de las bases de datos de pacientes, así como datos históricos de tratamientos comparables de las bases de datos de tratamientos. Los datos históricos del paciente y/o tratamiento pueden utilizarse como base para predecir cómo responderá el paciente al curso de tratamiento propuesto, así como a la efectividad, el costo y la duración de dicho tratamiento.

Los resultados predichos para diferentes productos y/o procedimientos de tratamiento pueden compararse entre sí para facilitar la selección de un curso óptimo de tratamiento (por ejemplo, con respecto a la efectividad del tratamiento, la duración, el costo, la preferencia del paciente, la estética, etc.). Por ejemplo, se puede generar un modelo bidimensional o tridimensional de la cavidad intraoral con la aplicación del (los) producto(s) y/o procedimiento(s) de tratamiento que se tienen en cuenta. En algunas realizaciones, se muestran y comparan una pluralidad de modelos diferentes que representan los resultados de diferentes opciones de tratamiento. Opcionalmente, se le puede mostrar al profesional médico y/o al paciente un modelo de la cavidad intraoral en el punto de tiempo futuro sin tratar, así como un modelo similar con el tratamiento como punto de comparación.

En la etapa 940, una opción de tratamiento para la condición futuro se selecciona y ordena. La opción de tratamiento se puede solicitar a un proveedor de tratamiento o fabricante del producto. En realizaciones donde la opción seleccionada es un producto de tratamiento (por ejemplo, un aparato, prótesis, etc.), el procedimiento de pedido puede involucrar el uso de datos específicos del paciente para diseñar y/o generar el producto de tratamiento. En algunas realizaciones, los datos específicos del paciente incluyen los datos digitales y/o datos adicionales obtenidos en las etapas 905-915. Por ejemplo, los datos digitales tridimensionales que representan la disposición dental actual del paciente se pueden usar para diseñar un alineador de carcasa para reposicionar los dientes del paciente. Como otro ejemplo, se puede usar una representación digital de los dientes y las mandíbulas del paciente como base para producir un dispositivo de avance mandibular para tratar la apnea del sueño del paciente. Los datos específicos del paciente se pueden transmitir a una máquina de fabricación y/o instalación de fabricación para crear el producto, por ejemplo.

Se apreciará que el procedimiento 900 se describe anteriormente como un ejemplo. Una o más de las etapas del procedimiento 900 pueden incluir una o más subetapas. El procedimiento 900 puede comprender otras etapas o subetapas, puede omitir una o más etapas o subetapas, y/o puede repetir una o más etapas o subetapas. Por ejemplo, se pueden tomar y analizar tres o más conjuntos de datos digitales en lugar de dos; y, se pueden determinar y analizar las trayectorias y magnitudes no lineales de los dientes y/o el movimiento de las encías u otros cambios. En algunas realizaciones, una o más de las etapas 915, 930, 935 o 940 son opcionales. Las etapas del procedimiento 900 se pueden realizar en cualquier orden, por ejemplo, el orden de las etapas 920-905 se puede variar según se desee. Una o más de las etapas del procedimiento 900 se pueden realizar con un sistema informático como se describe a continuación y en este documento.

Las figuras 10A y 10B ilustran un algoritmo 1000 para predecir y tratar una condición futura en un paciente. El

algoritmo 1000 se puede usar en combinación con cualquier realización de los sistemas, procedimientos y dispositivos descritos en el presente documento. Además, aunque el algoritmo 1000 se describe aquí en el contexto de exploración tridimensional, se apreciará que el algoritmo 1000 también se puede aplicar a otros tipos de datos digitales de la cavidad intraoral del paciente, tal como datos de imágenes bidimensionales.

5 El algoritmo empieza en la etapa 1002. En la etapa 1004, una primera exploración tridimensional se recibe en un primer punto de tiempo (t_0) y se coloca en un sistema de coordenadas. La exploración tridimensional se puede segmentar para aislar los objetos intraorales de interés (por ejemplo, dientes individuales) para facilitar las mediciones y el análisis de los objetos. La exploración puede procesarse para identificar características asociadas con uno o más objetos intraorales y/o puntos de referencia dentro de la cavidad intraoral (por ejemplo, línea gingival, ancho de la mandíbula, superficies oclusales de los dientes, mandíbula opuesta, etc.) que se pueden usar como una base para la comparación con otras exploraciones, como se discutió anteriormente y en el presente documento.

15 En algunas realizaciones, la exploración tridimensional proporciona datos de la superficie de la cavidad intraoral, tal como datos de las coronas de los dientes y la encía. Opcionalmente, en la etapa 1006, el algoritmo verifica si se recibió algún dato de la subsuperficie, tal como datos de las raíces del diente. Si se recibieron datos de la subsuperficie, el algoritmo determina si los datos son bidimensionales o tridimensionales en la etapa 1008. Los datos tridimensionales de la subsuperficie se pueden unir directamente a la exploración tridimensional, como se muestra en la etapa 1010. Los datos bidimensionales de la superficie pueden someterse a un procesamiento adicional antes de combinarse con los datos de exploración tridimensionales, como se muestra en la etapa 1012. Por ejemplo, se pueden utilizar algoritmos como los algoritmos de coincidencia de superficie para identificar puntos de referencia en los datos bidimensionales que se pueden usar para construir una imagen tridimensional. Alternativamente, los datos bidimensionales se pueden aplicar al mismo sistema de coordenadas que la primera exploración tridimensional. Los datos de la subsuperficie se pueden combinar con los datos de exploración tridimensional en la etapa 1010.

25 En la etapa 1014, se recibe una segunda exploración tridimensional en un segundo punto de tiempo (t_1). La segunda exploración puede ubicarse en el mismo sistema de coordenadas que la primera exploración, segmentarse y procesarse para identificar características y/o puntos de referencia, similar a la etapa 1004 descrita anteriormente. Opcionalmente, los datos de la subsuperficie se pueden obtener y unir a la segunda información de exploración tridimensional, similar al proceso descrito en el presente documento con respecto a las etapas 1006 a 1010.

35 En la etapa 1016, el algoritmo detecta si hay algún cambio a los objetos intraorales representados en la exploración. Los cambios se pueden detectar comparando la primera exploración tridimensional y la segunda exploración tridimensional entre sí. La detección de cambios entre los datos de exploración se puede realizar de acuerdo con los diversos procedimientos descritos en este documento. Por ejemplo, se pueden calcular los cambios entre las características correspondientes y/o los puntos de referencia de uno o más objetos intraorales entre las dos exploraciones. Si se detectan cambios, el algoritmo calcula y muestra los cambios (por ejemplo, en una interfaz gráfica de usuario), como se muestra en la etapa 1018.

40 Si no se detectan cambios, el algoritmo genera una predicción del estado futuro de la cavidad intraoral, como se muestra en la etapa 1020. Como se discutió anteriormente y en este documento, la etapa 1020 puede involucrar la generación de una representación digital predicha de la cavidad intraoral en un punto de tiempo futuro posterior a los puntos de tiempo t_0 , t_1 . La predicción se puede generar en función de los cambios en uno o más objetos intraorales determinados en la etapa 1016, por ejemplo, utilizando técnicas de extrapolación lineal y/o no lineal.

45 En la etapa 1022, el algoritmo evalúa si se detectaron las condiciones dentales o de ortodoncia en el estado futuro predicho de la cavidad intraoral. Si no se detectaron condiciones, el algoritmo avanza a la etapa 1024, donde los datos de exploración en un punto de tiempo posterior (t_x) se reciben, se colocan en el sistema de coordenadas, se segmentan y/o se procesan para determinar características y/o puntos de referencia. Opcionalmente, los datos de la subsuperficie se pueden obtener y unir a la información de exploración tridimensional adicional, similar al proceso descrito en el presente documento con respecto a las etapas 1006 a 1010. Luego, el algoritmo puede proceder a realizar las etapas 1016 a 1022 para determinar si hay cambios entre las exploraciones nuevas y anteriores, predecir un estado futuro de cavidad intraoral y detectar si hay alguna condición en el estado futuro. Las etapas 1016 a 1024 se pueden repetir según se desee para actualizar la predicción a medida que se obtienen nuevas exploraciones. Por ejemplo, se pueden comparar tres o más exploraciones para realizar una extrapolación no lineal de los cambios detectados, como se explicó anteriormente y en este documento.

55 Si se detecta una condición dental o de ortodoncia predicha en la etapa 1022, se muestra la condición predicha (por ejemplo, como un modelo tridimensional y/o lista de condiciones en una interfaz de usuario), como se muestra en la etapa 1026. En la etapa 1028, se generan y muestran las posibles opciones de tratamiento para las condiciones predichas. En la etapa 1030, el algoritmo detecta si se ha recibido la entrada del usuario que

5 selecciona una o más de las opciones de tratamiento mostradas. Si no se realizó ninguna selección y/o el usuario se niega a seleccionar una opción, el algoritmo avanza a la etapa 1032, en la que se le solicita al usuario que programe la siguiente exploración de la cavidad intraoral. Exploraciones adicionales pueden ser recibidas y procesadas en la etapa 1024 discutida anteriormente. Alternativamente, si no se programan exploraciones adicionales, el algoritmo finaliza en la etapa 1034.

Si se selecciona una opción de tratamiento, el usuario tiene la opción de ver información sobre la opción de tratamiento seleccionada en la etapa 1036. En la etapa 1038, la información se muestra, por ejemplo, en una interfaz gráfica de usuario. La interfaz de usuario puede proporcionar enlaces a la página web de un proveedor de tratamiento con la información, por ejemplo.

10 En la etapa 1040, el usuario tiene la opción de ver el resultado predicho de la opción de tratamiento. El resultado predicho puede incluir un costo del tratamiento, la duración, el resultado, etc., y se puede mostrar en la etapa 1042, por ejemplo, en una interfaz gráfica de usuario. En algunas realizaciones, el resultado predicho puede mostrarse como un modelo bidimensional o tridimensional que representa un estado futuro predicho de la cavidad intraoral si se aplica la opción de tratamiento. Opcionalmente, se le puede dar al usuario la opción de comparar resultados predichos de diferentes opciones de tratamiento entre sí y/o con un estado no tratado de la cavidad intraoral.

20 En la etapa 1044, el usuario tiene la opción de pedir la opción de tratamiento. Si el usuario no elige el orden de la opción, el algoritmo finaliza en la etapa 1046. Alternativamente, el algoritmo puede volver a la etapa 1024 para recibir datos de exploración adicionales y continuar el procedimiento de predicción. Si el usuario decide solicitar la opción de tratamiento, la opción se solicita en la etapa 1048. Opcionalmente, los datos digitales relevantes para la opción de tratamiento (por ejemplo, exploraciones de la cavidad intraoral del paciente) se pueden cargar y/o transmitir a un proveedor de tratamiento para facilitar la generación de productos de tratamiento. El algoritmo termina entonces en la etapa 1050. En realizaciones alternativas, después de la administración del tratamiento al paciente, pueden recibirse exploraciones adicionales en la etapa 1024 para continuar con la monitorización de la cavidad intraoral del paciente.

30 La figura 13 muestra un procedimiento 1300 para calcular un cambio en un objeto intraoral de la cavidad intraoral de un paciente para determinar un estado futuro del objeto intraoral, de acuerdo con diversas realizaciones. El procedimiento 1300 se puede usar en combinación con cualquier realización de los sistemas, procedimientos y dispositivos descritos en el presente documento. En algunas realizaciones, el procedimiento 1300 es un procedimiento implementado por ordenador, de modo que algunas o todas las etapas del procedimiento 1300 se realizan con la ayuda de un sistema o dispositivo informático, por ejemplo, uno o más procesadores. Por ejemplo, el procedimiento 1300 puede ser realizado por un sistema informático que incluye uno o más procesadores y memoria con instrucciones ejecutables por los procesadores para hacer que el sistema realice las etapas descritas en este documento.

35 En la etapa 1310, se reciben primero los datos digitales representativos de una cavidad intraoral en un primer punto de tiempo. En la etapa 1320, se reciben los segundos datos digitales representativos de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo. Las etapas 1310 y 1320 pueden realizarse de manera similar a las etapas 905 y 910 del procedimiento 900 descrito anteriormente en el presente documento. Del mismo modo, los datos digitales de los puntos de tiempo adicionales se pueden recibir y utilizar en las etapas posteriores del procedimiento 1300.

40 Los datos digitales recibidos pueden incluir cualquier dato de la cavidad intraoral, tal como datos de superficie y/o datos de subsuperficie. Los datos digitales recibidos pueden ser representativos de un estado real de la cavidad intraoral, por ejemplo, las posiciones reales, orientaciones, tamaños, formas, colores, etc. de uno o más objetos intraorales en el punto de tiempo particular, y por lo tanto se pueden distinguir de datos que representan los estados proyectados, deseados o ideales de la cavidad intraoral.

45 En la etapa 1330, los datos se procesan para determinar un cambio en un objeto intraoral de la cavidad intraoral sobre el primer y segundo puntos de tiempo. Los datos procesados pueden incluir los primeros y segundos datos digitales obtenidos en las etapas 1310 y 1320, por ejemplo, así como datos de otros puntos de tiempo y/o cualquier otro dato adicional que pueda ser relevante para la salud dental de ortodoncia. El objeto intraoral puede ser cualquiera de los objetos descritos en el presente documento, tal como uno o más de una corona dental, raíz dental, encía, vías respiratorias, paladar, lengua o mandíbula. El cambio en el objeto intraoral puede ser un cambio en cualquier característica del objeto, como posición, orientación, forma, tamaño y/o color. Por ejemplo, la etapa 1330 puede implicar determinar un cambio de posición del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo.

55 Alternativamente o en combinación, los datos pueden procesarse para determinar una tasa de cambio del objeto intraoral en el primer y segundo puntos de tiempo. Como se discutió anteriormente y aquí, la tasa de cambio puede estar en una o más de una posición, orientación, forma, tamaño y/o color del objeto intraoral. Por ejemplo, la etapa 1330 puede implicar determinar una velocidad (por ejemplo, velocidad de movimiento) del objeto intraoral.

Como otro ejemplo, la etapa 1330 puede implicar determinar la velocidad de cambio de la forma de un diente y/o la velocidad de cambio de la forma gingival de la encía. En algunas realizaciones, determinar la tasa de cambio implica determinar un vector indicativo de la trayectoria y la magnitud del cambio en los puntos de tiempo, por ejemplo, similares a los ilustrados en las figuras 4A-D, 5A-D, 6A-D, y 7A-D.

- 5 En la etapa 1340, se evalúa si el cambio determinado en la etapa 1330 supera un umbral predeterminado. Por ejemplo, la etapa 1330 puede implicar la determinación de un cambio de posición del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo, basándose en los primeros y segundos datos digitales, y la etapa 1340 puede implicar evaluar si el cambio de posición excede un umbral predeterminado. El umbral predeterminado puede ser indicativo de una condición dental o de ortodoncia no deseable, de manera que se puede determinar que el
- 10 paciente padece la condición o corre el riesgo de desarrollar la condición en un punto de tiempo futuro si el cambio supera el umbral. El valor del umbral predeterminado se puede determinar de varias maneras, por ejemplo, en función de las preferencias del usuario, las características del paciente y/o los valores de la literatura dental o de ortodoncia. En algunas realizaciones, el umbral predeterminado es ingresado por un usuario, tal como un practicante o profesional del tratamiento.
- 15 En algunas realizaciones, si el cambio determinado supera el umbral predeterminado, se emite una alerta a un usuario, por ejemplo, a través de una interfaz de usuario que se muestra en una pantalla. La alerta puede indicar al usuario que el paciente ha desarrollado o está en riesgo de desarrollar una condición dental o de ortodoncia no deseada. Opcionalmente, en respuesta a una evaluación de que el cambio excede el umbral predeterminado, se puede generar una serie de opciones para producir un resultado dental u ortodóntico deseado y mostrarlo a un
- 20 usuario en una interfaz de usuario que se muestra en una pantalla. La pluralidad de opciones puede ser una pluralidad de opciones de tratamiento para tratar una condición dental o de ortodoncia no deseable que está presente o se prevé que se produzca. Las opciones de tratamiento mostradas también pueden incluir información de precios asociada, información de tiempo de tratamiento, información de complicación de tratamiento y/o información de reembolso de seguro, como se describe anteriormente y en el presente documento.
- 25 En realizaciones alternativas, se pueden usar otros criterios para evaluar el cambio determinado, incluidos, entre otros: si el cambio determinado es menor que un umbral predeterminado, si el cambio determinado es aproximadamente igual a un valor predeterminado, si el cambio determinado cae dentro de un intervalo predeterminado, ya sea que el cambio determinado se encuentre fuera de un intervalo predeterminado, o combinaciones de los mismos.
- 30 En la etapa 1350, un estado futuro del objeto intraoral se determina en base al cambio determinado. El estado futuro puede ser una posición futura, orientación, forma, tamaño, color, etc. del objeto intraoral. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la etapa 1350 implica determinar una posición futura del objeto intraoral, y la posición futura se determina determinando una trayectoria de movimiento basada en una velocidad de movimiento calculada en la etapa 1340. La trayectoria del movimiento puede ser lineal (ver, por ejemplo, la figura 8A) o no lineal (ver, por
- 35 ejemplo, la figura 8B). Por consiguiente, la posición futura del objeto intraoral se puede determinar extrapolando la velocidad del objeto intraoral al punto de tiempo futuro mediante extrapolación lineal o no lineal, según corresponda. En algunas realizaciones, una trayectoria de movimiento no lineal se determina en base a datos digitales de más de dos puntos de tiempo, tal como los primeros, segundos y terceros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en el primer, segundo y tercer puntos de tiempo,
- 40 respectivamente. La trayectoria de movimiento no lineal puede implicar un cambio en la dirección del movimiento y/o un cambio en la velocidad de movimiento del objeto, por ejemplo. Dichos cambios no lineales se pueden determinar y extrapolar utilizando datos de más de dos puntos de tiempo. Además, se pueden usar datos de más de dos puntos de tiempo para determinar otros parámetros, tal como el vector de fuerza asociado con el objeto intraoral en el primer, segundo y tercer puntos de tiempo.
- 45 Opcionalmente, una representación gráfica del estado futuro del objeto intraoral se puede mostrar a un usuario para facilitar la visualización y el diagnóstico de condiciones dentales o de ortodoncia presentes o futuras. Por ejemplo, si se predice una posición futura, la representación gráfica puede mostrar el objeto intraoral en la posición futura en la cavidad intraoral. La representación gráfica se puede proporcionar como parte de una interfaz gráfica de usuario interactiva que se muestra en una pantalla acoplada operativamente a un sistema informático, como se
- 50 explica más adelante en este documento.

El estado futuro del objeto intraoral se puede utilizar para determinar una condición futura dental o de ortodoncia indeseable que se prevé que se produzca en un futuro punto de tiempo si la cavidad intraoral se deja sin tratar. Como se discutió anteriormente y en este documento, la condición futura puede predecirse antes de que se produzca la condición futura para permitir un tratamiento preventivo. De manera similar a otras realizaciones en el

55 presente documento, se genera una representación digital predicha de la cavidad intraoral en un punto de tiempo futuro, basada en el estado futuro predicho del objeto intraoral, y se usa para predecir la condición futura.

Se apreciará que el procedimiento 1300 se describe anteriormente como un ejemplo. Una o más de las etapas del

procedimiento 1300 pueden incluir una o más subetapas. El procedimiento 1300 puede comprender otras etapas o subetapas, puede omitir una o más etapas o subetapas, y/o puede repetir una o más etapas o subetapas. Por ejemplo, se pueden tomar y analizar tres o más conjuntos de datos digitales en lugar de dos. Algunas de las etapas pueden ser opcionales, tal como las etapas 1340 y/o 1350. Por ejemplo, en algunas realizaciones, se omite la etapa 1350, de manera que el procedimiento 1300 no implica predecir un estado futuro del objeto intraoral y/o cavidad intraoral. En tales realizaciones, la evaluación de si el cambio excede un umbral predeterminado puede ser suficiente para indicar si actualmente existen condiciones dentales o de ortodoncia no deseables o si se prevé que se produzcan en el futuro.

En algunas realizaciones, los sistemas, procedimientos y dispositivos para la predicción de condiciones dentales o de ortodoncia futuras implementan una o más interfaces de usuario para enviar datos a un usuario y/o recibir la entrada del usuario. Por ejemplo, un sistema informático configurado para predecir una condición futura en un paciente puede incluir instrucciones para generar una interfaz gráfica de usuario en una pantalla (por ejemplo, monitor, pantalla, etc.). El sistema informático se puede acoplar operativamente a uno o más dispositivos de entrada (por ejemplo, teclado, ratón, pantalla táctil, joystick, etc.) para recibir la entrada de un usuario para permitir la interacción con la interfaz de usuario. La interfaz del usuario puede permitirle visualizar los cambios en la cavidad intraoral del paciente, cualquier condición futura pronosticada, posibles opciones de tratamiento y/o resultados predichos de las opciones de tratamiento.

Las figuras 11A a 11G ilustran una interfaz 1100 de usuario para predecir condiciones futuras en un paciente. La interfaz 1100 de usuario puede ser generada por uno o más procesadores de un sistema informático y mostrarse a un usuario en una pantalla. La interfaz 1100 de usuario puede incluir uno o más menús 1102 desplegados que permiten al usuario acceder a varias funcionalidades, una ventana 1104 de visualización para mostrar modelos digitales de la cavidad intraoral u otros datos del paciente, una línea 1106 de tiempo que indica información cronológica para los datos del paciente mostrados, una lista de condiciones 1108 dentales o de ortodoncia identificadas y/o pronosticadas, una lista de posibles soluciones o soluciones de tratamiento para las condiciones 1110, un botón 1112 u otro elemento interactivo para mostrar información de costos asociada con una o más opciones de tratamiento, y/o un dial 1114 de navegación u otro elemento interactivo para manipular la vista en la ventana 1104 de visualización. El usuario puede interactuar con los diversos elementos de la interfaz 1100 de usuario (por ejemplo, haciendo clic, con la entrada del teclado, etc.) para realizar diversas operaciones relacionadas con la predicción de condiciones futuras.

La figura 11A muestra la interfaz 1100 de usuario que muestra datos digitales de la cavidad intraoral de un paciente. Los datos digitales pueden generarse a partir de cualquier combinación adecuada de los tipos de datos digitales descritos en este documento (por ejemplo, datos de exploración, datos subsuperficiales, etc.) y se pueden mostrar a través de la interfaz 1100 de usuario en cualquier formato adecuado. En la realización representada, los datos digitales se muestran en la ventana 1104 de visualización como modelos tridimensionales del arco 1116a superior y del arco 1116b inferior del paciente. En realizaciones alternativas, los datos digitales se pueden mostrar en otros formatos, como imágenes bidimensionales de la cavidad intraoral. Si se desea, también se pueden mostrar modelos de otras partes de la cavidad intraoral, como modelos de mandíbulas, paladar, vías respiratorias, lengua y/o TMJ. La interfaz 1100 de usuario puede incluir varios tipos de herramientas y configuraciones para permitir al usuario controlar qué datos se presentan en la ventana 1104 de visualización y cómo se muestran. El usuario puede tener la opción de alternar entre diferentes formatos de visualización, como, por ejemplo, entre vistas bidimensionales y tridimensionales. En algunas realizaciones, el usuario puede controlar qué partes de la cavidad intraoral se muestran, por ejemplo, seleccionando los campos apropiados en la opción "Vista" 1118 del menú 1102 desplegable. Por ejemplo, el usuario puede elegir ver el arco inferior solamente, solo el arco superior o los arcos inferior y superior juntos (por ejemplo, en oclusión o por separado). Opcionalmente, el usuario también puede elegir si desean ver ciertos tejidos, tal como los dientes, las raíces de los dientes, la encía, la lengua, la mandíbula, el paladar, las vías respiratorias, etc., si dichos datos están disponibles. Se puede realizar una manipulación adicional de los datos mostrados utilizando el dial 1114 de navegación. Por ejemplo, el dial 1114 de navegación se puede usar para controlar la posición, la orientación y/o el nivel de zoom de los datos mostrados en la ventana 1104 de visualización en un espacio tridimensional.

Como se ha discutido en el presente documento, los datos digitales de la cavidad intraoral del paciente pueden ser recibidos en múltiples puntos de tiempo. En consecuencia, la interfaz 1100 de usuario se puede utilizar para mostrar y comparar datos de diferentes puntos de tiempo. En algunas realizaciones, la línea 1106 de tiempo muestra la secuencia cronológica de datos digitales disponibles para el paciente particular, por ejemplo, tal como exploraciones a lo largo del tiempo. El usuario puede seleccionar uno o más puntos de tiempo utilizando la línea 1106 de tiempo para mostrar los datos de los puntos de tiempo seleccionados. Por ejemplo, en la representación de la figura 11A, se ha seleccionado un solo punto de tiempo, como lo indica el marcador 1120, y los datos digitales presentados en la ventana 1104 de visualización corresponden a los datos de la cavidad intraoral obtenida en el punto de tiempo seleccionado.

En algunas realizaciones, si se seleccionan múltiples puntos de tiempo, la ventana 1104 de visualización muestra los conjuntos de datos digitales correspondientes superpuestos entre sí, facilitando así la comparación visual de los datos de diferentes puntos de tiempo. Los cambios en la cavidad intraoral entre los diferentes puntos de tiempo se pueden indicar visualmente mediante resaltado, coloreado, sombreado, marcas, etc., según las preferencias del usuario. En algunas realizaciones, la interfaz 1100 de usuario también muestra datos de medición que cuantifican los cambios entre diferentes puntos de tiempo, tales como datos dimensionales, de fuerza y/o vectoriales. Opcionalmente, la interfaz 1100 de usuario puede mostrar una animación de la progresión de la cavidad intraoral del paciente en uno o más puntos de tiempo seleccionados. En tales realizaciones, la interfaz 1100 de usuario puede incluir uno o más controles de animación (no mostrados) que permiten al usuario reproducir, detener, rebobinar y/o avanzar rápidamente a través de la animación.

La interfaz 1100 de usuario puede mostrar una lista 1108 de condiciones dentales o de ortodoncia existentes que están presentes en la cavidad intraoral del paciente en el punto de tiempo seleccionado. Como se discutió anteriormente y en el presente documento, los enfoques presentados en este documento pueden usarse para identificar condiciones existentes basadas en datos digitales de la cavidad intraoral. Por ejemplo, en la representación de la figura 11A, se han identificado condiciones de espacio y rotación menores en el punto de tiempo seleccionado. En algunas realizaciones, las porciones de la cavidad intraoral que están asociadas con las condiciones enumeradas se identifican en los datos que se muestran en la ventana 1104 de visualización usando indicadores visuales tales como etiquetas, coloración, sombreado y similares. Por ejemplo, en la realización representada, las áreas afectadas de los arcos 1116a-b superior e inferior del paciente se han marcado con círculos y etiquetas.

En algunas realizaciones, la interfaz 1100 de usuario puede mostrar una lista 1110 de posibles opciones de tratamiento (también referidas aquí como soluciones de tratamiento) para las condiciones dentales o de ortodoncia identificadas. La lista 1110 puede indicar qué condición(es) está(n) destinada(s) a tratar cada solución. Opcionalmente, las soluciones de tratamiento enumeradas se pueden mostrar como hipervínculos, y el usuario puede hacer clic o seleccionar los hipervínculos para ver información adicional sobre cada solución, como una descripción, imágenes de un producto o procedimiento de tratamiento, costo predicho, duración predicha del tratamiento, información del seguro y reembolso, listas de proveedores de tratamiento, página web del proveedor de tratamiento, información de pedidos, etc. Alternativamente o en combinación, el costo previsto de una solución particular se muestra en respuesta al usuario que selecciona el botón "Costo" 1114. En algunas realizaciones, si se selecciona una solución de tratamiento, la interfaz 1100 de usuario muestra una predicción del resultado del tratamiento, como se explica más adelante en este documento. Opcionalmente, la interfaz 1100 de usuario puede generar un calendario propuesto de visualización para una o más citas, por ejemplo, para monitorizar la progresión de la(s) condición(es) detectada(s) y/o administrar la solución de tratamiento seleccionada.

La figura 11B muestra la interfaz 1100 de usuario que muestra datos digitales obtenidos en puntos de tiempo adicionales. En la realización representada, la línea 1106 de tiempo se ha actualizado para incluir los puntos de tiempo adicionales. Las listas de condiciones 1108 identificadas y las posibles soluciones 1110 de tratamiento también se han actualizado para reflejar la progresión de la cavidad intraoral. Por ejemplo, en comparación con los datos del paciente que se muestran en la figura 11A, los datos del paciente para el punto de tiempo posterior mostrado en la figura 11B indican un aumento en el número y la gravedad de las condiciones 1108 identificadas. Esto también se refleja en un aumento en el número y la agresividad de las soluciones 1110 de tratamiento mostradas.

La figura 11C muestra la interfaz 1100 de usuario que muestra una representación digital predicha de la cavidad intraoral del paciente en un punto de tiempo futuro. La representación digital predicha puede generarse en base a los datos digitales de la cavidad intraoral de los puntos de tiempo anteriores, como se discutió anteriormente y en este documento. En algunas realizaciones, la representación digital predicha se puede generar en respuesta al usuario que selecciona la opción "Predicción" 1122 del menú 1102 desplegable. El usuario puede indicar el punto de tiempo futuro para el cual se debe generar la predicción, por ejemplo, seleccionando una o más opciones predeterminadas o ingresando una fecha personalizada.

Una vez que se ha seleccionado un intervalo de tiempo, la representación digital predicha se genera utilizando los datos digitales de los puntos de tiempo anteriores, de acuerdo con los procedimientos presentados en este documento. Opcionalmente, el usuario puede seleccionar qué puntos de tiempo se utilizan para generar la predicción, por ejemplo, seleccionando los puntos de tiempo deseados desde la línea 1106 de tiempo. La representación digital predicha resultante puede mostrarse como un modelo bidimensional o tridimensional de la cavidad intraoral en la ventana 1104 de visualización, como los modelos del arco 1124a inferior y del arco 1124b superior del paciente. El usuario puede ajustar cómo se muestra la representación predicha en la ventana 1104 de visualización (por ejemplo, al ajustar la posición, la orientación, el zoom, las vistas, etc.), como se explica en este documento con respecto a la figura 11A. La línea 1106 de tiempo se puede actualizar para mostrar la relación cronológica entre el punto de tiempo futuro representado por la predicción (por ejemplo, como lo indica el

marcador 1126) y los puntos de tiempo correspondientes a los datos digitales utilizados en la predicción. Además, la interfaz 1100 de usuario puede incorporar herramientas para permitir al usuario comparar el estado predicho de la cavidad intraoral con un estado anterior y/o actual de la cavidad intraoral. Por ejemplo, la representación digital predicha puede superponerse sobre los datos digitales de los puntos de tiempo anteriores, y los cambios entre los estados anterior y futuro se pueden indicar visualmente mediante resaltado, coloreado, sombreado, marcas, etc., según las preferencias del usuario. Las mediciones cuantitativas de los cambios se pueden calcular y mostrar, si se desea. Como otro ejemplo, la interfaz 1100 de usuario se puede configurar para mostrar una representación animada de cómo la cavidad intraoral del paciente avanza desde los puntos de tiempo anteriores al punto de tiempo futuro.

Como se discutió anteriormente y en el presente documento, la representación digital predicha se puede utilizar para predecir una o más condiciones de ortodoncia o dentales que pueden producirse en la cavidad intraoral en el futuro punto de tiempo seleccionado. Las condiciones futuras previstas se pueden mostrar al usuario en la lista 1108 y/o indicarse en los modelos en la ventana 1104 de visualización. Además, las posibles soluciones de tratamiento para las condiciones identificadas pueden mostrarse en la lista 1110, con enlaces a recursos relacionados, si corresponde. Por ejemplo, la predicción representada en la figura 11C indica que cinco años después del último punto de tiempo, el paciente habrá desarrollado un espaciamiento mayor y condiciones menores de aglomeración, además del espaciado menor y las condiciones de rotación menor que ya estaban presentes en el último punto de tiempo (ver la figura 11A). La interfaz 1100 de usuario también indica que la ortodoncia es una solución de tratamiento potencial para tratar y/o prevenir las condiciones identificadas.

La figura 11D muestra la interfaz 1100 de usuario que muestra un resultado predicho de una solución de tratamiento seleccionada. El resultado predicho se puede mostrar como un modelo bidimensional o tridimensional que representa el estado de la cavidad intraoral en un punto de tiempo específico después de la administración de la solución seleccionada. Por ejemplo, en la realización representada, los modelos del arco 1128a superior y el arco 1128b inferior del paciente se muestran en la ventana 1104 de visualización, y corresponden al resultado predicho de una solución 1130 de tratamiento seleccionada en un punto 1130 de tiempo futuro. El usuario puede ajustar cómo se muestran los modelos que representan el resultado predicho en la ventana 1104 de visualización (por ejemplo, al ajustar la posición, la orientación, el zoom, las vistas, etc.), como se explica en este documento. Opcionalmente, la interfaz 1100 también puede mostrar otros tipos de datos relacionados con el resultado previsto, como el costo previsto, la duración prevista del tratamiento, la información de seguros y reembolsos, las listas de proveedores de tratamiento, la página web del proveedor de tratamiento, la información de pedidos, etc.

En algunas realizaciones, la interfaz 1100 de usuario permite al usuario comparar el resultado predicho con el(los) estado(s) anterior y/o actual de la cavidad intraoral (por ejemplo, seleccionando los puntos de tiempo correspondientes en la línea 1106 de tiempo), así como un estado futuro previsto de la cavidad intraoral si no se trata. Por ejemplo, los modelos que representan el resultado predecible pueden superponerse a datos digitales de puntos de tiempo anteriores y/o la representación digital predicha del estado no tratado. Los cambios entre los distintos modelos digitales se pueden indicar visualmente, por ejemplo, resaltando, coloreando, sombreado, marcando, etc. Las mediciones cuantitativas de los cambios se pueden calcular y mostrar, si se desea.

Opcionalmente, si hay disponibles múltiples soluciones de tratamiento, la interfaz 1100 puede incluir herramientas para comparar las características (por ejemplo, costo, duración, etc.) y/o resultados de diferentes tratamientos para facilitar la toma de decisiones. Por ejemplo, la interfaz 1100 puede mostrar múltiples modelos de la cavidad intraoral que representan los resultados de diferentes soluciones de tratamiento (por ejemplo, superpuestas entre sí), lo que facilita la comparación visual de la eficacia de diferentes tratamientos. Como otro ejemplo, se puede mostrar y comparar el costo, la duración y/o cualquier otro parámetro relevante para cada solución de tratamiento, por ejemplo, en formato de lista o tabla.

La figura 11E muestra la interfaz 1100 de usuario que muestra una comparación de datos digitales de la cavidad intraoral del paciente. Aunque la realización representada ilustra una comparación de datos intraorales obtenidos en dos puntos de tiempo diferentes, se apreciará que las realizaciones en el presente documento son igualmente aplicables a comparaciones entre otros tipos de datos, tal como una comparación entre datos intraorales previamente obtenidos y un estado futuro predicho de la cavidad intraoral. Además, los enfoques de este documento se pueden usar para comparar más de dos conjuntos de datos (por ejemplo, tres, cuatro, cinco o más conjuntos de datos), si se desea.

En algunas realizaciones, la comparación se presenta al usuario en la ventana 1104 de visualización como una superposición de un primer modelo 1134 con un segundo modelo 1136. El usuario puede seleccionar qué conjuntos de datos se van a comparar, por ejemplo, haciendo las selecciones apropiadas en la línea 1106 de tiempo. En la representación de la figura 11E, el primer modelo 1134 corresponde a datos digitales de la cavidad intraoral obtenidos en un primer punto 1138 de tiempo, y el segundo modelo 1136 corresponde a datos obtenidos en un punto 1140 de tiempo posterior. De manera similar a otras realizaciones en este documento, el usuario

puede manipular los datos mostrados en la ventana 1104 de visualización, por ejemplo, seleccionando qué porciones de la cavidad intraoral se mostrarán en comparación (por ejemplo, a través de la opción "Ver" 1118 y/o la configuración 1142 de visualización) y/o ajustando la vista visualizada (por ejemplo, a través del dial 1114 de navegación).

5 Los diferentes modelos que se muestran en la ventana 1104 de visualización se pueden distinguir visualmente entre sí por medio de sombreado, trazado, resaltado, etc. Por ejemplo, el primer modelo 1134 se muestra con un perfil de trazos, mientras que el segundo modelo 1136 se muestra como una representación volumétrica. Además, cualquier diferencia o cambio entre los modelos mostrados se puede mostrar a través de indicadores visuales como resaltar, colorear, sombrear, marcar, etiquetar, etc. Opcionalmente, si las diferencias o cambios son
10 indicativos de una condición futura existente o predicha, estos pueden indicarse al usuario en la ventana 1104 de visualización y/o en la lista de condiciones 1108. Por ejemplo, en la realización representada, ciertos dientes del paciente se han desgastado entre el primer punto 1138 de tiempo y el segundo punto 1140 de tiempo, y se muestra "bruxismo" en la lista de condiciones 1108.

15 La figura 11F muestra la interfaz 1100 de usuario que muestra un modelo 1144 de los arcos del paciente en oclusión. Como se discutió anteriormente y en el presente documento, los datos indicativos de la relación espacial entre los arcos superior e inferior del paciente se pueden obtener y utilizar para modelar la mordida del paciente. Por consiguiente, la interfaz 1100 de usuario se puede usar para mostrar los arcos del paciente en oclusión, alternativamente o en combinación con mostrar los arcos por separado (por ejemplo, como se muestra en las figuras 11A a 11E). La visualización de los arcos en oclusión puede ser ventajosa para mostrar progresiones y/o
20 predicciones de condiciones relacionadas con la mordida, tales como maloclusiones de mordida, sobremordida, mordida cruzada o clase II o III similares. Opcionalmente, los datos de oclusión pueden complementarse con datos de otras porciones de las mandíbulas para proporcionar una representación más completa de la anatomía intraoral del paciente y, por lo tanto, ayudar en el diagnóstico y el tratamiento de condiciones complejas que involucran múltiples regiones de la cavidad intraoral. Por ejemplo, los datos de la TMJ y las raíces de los dientes se pueden
25 mostrar junto con los datos de oclusión, por ejemplo, para facilitar la visualización del movimiento de la raíz y los problemas de bruxismo que pueden contribuir al dolor de la TMJ.

La figura 11G muestra la interfaz 1100 de usuario que muestra un modelo 1146 digital de una solución de tratamiento para la apnea del sueño. En algunas realizaciones, una solución de tratamiento para la apnea del sueño implica la aplicación de un dispositivo oral (por ejemplo, una férula mandibular de avance) a las mandíbulas
30 del paciente durante el sueño para avanzar la mandíbula inferior del paciente con respecto a la mandíbula superior. El avance mandibular puede reducir la incidencia de eventos de apnea del sueño al mover la lengua lejos de la vías respiratorias superiores, por ejemplo. Por consiguiente, la interfaz 1100 de usuario se puede utilizar para mostrar un modelo 1146 que representa las posiciones relativas de las mandíbulas del paciente que se producirían al usar el dispositivo. El modelo 1146 se puede generar utilizando datos digitales de la cavidad intraoral del
35 paciente en un punto de tiempo actual o anterior, como los datos de exploración de los dientes y/o los datos de mordida indicativos de la relación oclusal entre las mandíbulas. En algunas realizaciones, también se muestran porciones adicionales de la cavidad intraoral, como modelos de la lengua, el paladar y/o las vías respiratorias superiores. Opcionalmente, si lo desea, la interfaz 1100 de usuario puede permitirle al usuario manipular el modelo 1146 (por ejemplo, cambiar las posiciones de las mandíbulas superior e inferior) para ajustar la cantidad deseada de avance de la mandíbula. En algunas realizaciones, si el usuario elige ordenar la terapia del dispositivo oral para
40 tratar la apnea del sueño del paciente, el modelo 1146 puede transmitirse a un proveedor de tratamiento y/o fabricante del dispositivo como parte del proceso de pedido para facilitar el diseño y la fabricación del dispositivo oral.

45 La presente divulgación también proporciona sistemas informáticos que pueden ser programados o configurados de otra manera para implementar los procedimientos implementados en el presente documento.

La figura 12 ilustra esquemáticamente un sistema 1200 que comprende un servidor 1201 informático ("servidor") que está programado para implementar los procedimientos descritos en este documento. El servidor 1201 puede denominarse "sistema informático". El servidor 1201 incluye una unidad 1205 de procesamiento central (CPU, también "procesador" y "procesador informático" en este documento), que puede ser un procesador de núcleo
50 único o de varios núcleos, o una pluralidad de procesadores para procesamiento paralelo. El servidor 1201 también incluye la memoria 1210 (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio, memoria de solo lectura, memoria flash), unidad 1215 de almacenamiento electrónico (por ejemplo, disco duro), interfaz 1220 de comunicaciones (por ejemplo, adaptador de red) para comunicarse con uno o más otros sistemas y dispositivos 1225 periféricos, como caché, otra memoria, almacenamiento de datos y/o adaptadores de pantalla electrónicos. La memoria 1210,
55 la unidad 1215 de almacenamiento, la interfaz 1220 y los dispositivos 1225 periféricos están en comunicación con la CPU 1205 a través de un bus de comunicaciones (líneas continuas), tal como una placa base. La unidad 1215 de almacenamiento puede ser una unidad de almacenamiento de datos (o repositorio de datos) para almacenar datos. El servidor 1201 está acoplado operativamente a una red 1230 informática ("red") con la ayuda de la interfaz

1220 de comunicaciones. La red 1230 puede ser Internet, una red interna y/o una red externa, o una red interna y/o una red externa que está en comunicación con Internet. La red 1230 en algunos casos es una red de telecomunicaciones y/o datos. La red 1230 puede incluir uno o más servidores informáticos, que pueden habilitar computación distribuida, tal como computación en la nube. La red 1230 en algunos casos, con la ayuda del servidor 1201, puede implementar una red de igual a igual, lo que puede permitir que los dispositivos acoplados al servidor 1201 se comporten como un cliente o un servidor. El servidor 1201 está en comunicación con un dispositivo 1245 de imágenes, tal como un dispositivo o sistema de exploración intraoral. El servidor 1201 puede estar en comunicación con el dispositivo 1245 de imágenes a través de la red 1230 o, como alternativa, por comunicación directa con el dispositivo 1245 de imágenes.

5 La unidad 1215 de almacenamiento puede almacenar archivos, tales como archivos legibles por ordenador (por ejemplo, archivos de exploración intraoral 3D). El servidor 1201 en algunos casos puede incluir una o más unidades de almacenamiento de datos adicionales que son externas al servidor 1201, como las que se encuentran en un servidor remoto que está en comunicación con el servidor 1201 a través de una intranet o Internet.

10 En algunas situaciones, el sistema 1200 incluye un solo servidor 1201. En otras situaciones, el sistema 1200 incluye múltiples servidores en comunicación entre sí a través de una intranet y/o Internet.

15 Los procedimientos como se describen en este documento pueden implementarse a través de un código ejecutable (o software) de máquina (o procesador informático) almacenado en una ubicación de almacenamiento electrónico del servidor 1201, tal como, por ejemplo, en la memoria 1210 o en la unidad 1215 de almacenamiento electrónico. Durante el uso, el código puede ser ejecutado por el procesador 1205. En algunos casos, el código puede recuperarse de la unidad 1215 de almacenamiento y almacenarse en la memoria 1210 para un fácil acceso por parte del procesador 1205. En algunas situaciones, la unidad 1215 de almacenamiento electrónico puede ser excluida, y las instrucciones ejecutables por máquina se almacenan en la memoria 1210. Alternativamente, el código puede ejecutarse en un sistema informático remoto.

20 El código puede ser compilado previamente y configurado para su uso con una máquina tienen un procesador adaptado para ejecutar el código, o puede ser compilado durante el tiempo de ejecución. El código se puede suministrar en un lenguaje de programación que se puede seleccionar para permitir que el código se ejecute de manera compilada previamente o compilada.

25 Aspectos de los sistemas y procedimientos proporcionados en el presente documento, tales como el servidor 1201, pueden incorporarse en la programación. Varios aspectos de la tecnología se pueden considerar como "productos" o "artículos de fabricación", típicamente en forma de código ejecutable de máquina (o procesador) y/o datos asociados que se incluyen o se incorporan en un tipo de medio legible por máquina. El código ejecutable por máquina se puede almacenar en una unidad de almacenamiento electrónico, tal como una memoria (por ejemplo, memoria de solo lectura, memoria de acceso aleatorio, memoria flash) o un disco duro. Los medios de tipo "almacenamiento" pueden incluir cualquiera o toda la memoria tangible de los ordenadores, procesadores o similares, o módulos asociados de los mismos, tales como varias memorias de semiconductores, unidades de cinta, unidades de disco y similares, que pueden proporcionar almacenamiento no transitorio en cualquier momento para la programación del software. En ocasiones, todo o parte del software puede comunicarse a través de Internet u otras redes de telecomunicaciones. Dichas comunicaciones, por ejemplo, pueden permitir la carga del software desde un ordenador o procesador a otro, por ejemplo, desde un servidor de administración u ordenador central a la plataforma informática de un servidor de aplicaciones. Por lo tanto, otro tipo de medios que pueden soportar los elementos del software incluyen ondas ópticas, eléctricas y electromagnéticas, tal como las que se utilizan en las interfaces físicas entre dispositivos locales, a través de redes fijas por cable y ópticas y a través de varios enlaces aéreos. Los elementos físicos que transportan tales ondas, como enlaces cableados o inalámbricos, enlaces ópticos o similares, también se pueden considerar como medios que llevan el software. Tal como se usa en este documento, a menos que esté restringido a medios de "almacenamiento" tangibles, no transitorios, los términos como "medio legible" por ordenador o máquina se refieren a cualquier medio que participe en proporcionar instrucciones a un procesador para su ejecución.

30 Por lo tanto, un medio legible por máquina, tal como un código ejecutable por ordenador, puede tomar muchas formas, incluyendo, pero no limitado a, un medio de almacenamiento tangible, un medio de onda portadora o medio de transmisión físico. Los medios de almacenamiento no volátiles incluyen, por ejemplo, discos ópticos o magnéticos, como cualquiera de los dispositivos de almacenamiento en cualquier ordenador o similar, como los que se pueden usar para implementar las bases de datos, etc. que se muestran en los dibujos. Los medios de almacenamiento volátiles incluyen memoria dinámica, tal como la memoria principal de dicha plataforma informática. Los medios de transmisión tangibles incluyen cables coaxiales; cable de cobre y fibra óptica, incluidos los cables que conforman un bus dentro de un sistema informático. Los medios de transmisión de onda portadora pueden tomar la forma de señales eléctricas o electromagnéticas, u ondas acústicas o de luz, como las generadas durante las comunicaciones de datos por radiofrecuencia (RF) e infrarrojos (IR). Las formas comunes de medios

legibles por ordenador incluyen, por ejemplo, un disquete, un disco flexible, un disco duro, una cinta magnética, cualquier otro medio magnético, un CD-ROM, DVD o DVD-ROM, cualquier otro medio óptico, tarjetas perforadas, cinta de papel, cualquier otro medio de almacenamiento físico con patrones de orificios, una memoria RAM, una ROM, una PROM y una EPROM, una FLASH-EPROM, cualquier otro chip o cartucho de memoria, una onda portadora que transporte datos o instrucciones, cables o enlaces que transporten tales ondas portadoras, o cualquier otro medio desde el cual un ordenador pueda leer el código y/o los datos de programación. Muchas de estas formas de medios legibles por ordenador pueden involucrarse en llevar una o más secuencias de una o más instrucciones a un procesador para su ejecución.

El servidor 1201 puede configurarse para extracción de datos, extracción, transformación y carga (ETL), u operaciones telaraña (incluyendo telaraña Web donde el sistema recupera datos de sistemas remotos a través de una red y accede a una Interfaz de Programador de Aplicaciones o analiza el marcado resultante), que pueden permitir que el sistema cargue información de un origen de datos sin procesar (o datos extraídos) en un almacén de datos. El almacén de datos puede configurarse para su uso con un sistema de inteligencia empresarial (por ejemplo, Microstrategy®, Business Objects®).

Los resultados de procedimientos de la descripción se pueden mostrar a un usuario en una interfaz de usuario (UI), tal como una interfaz gráfica de usuario (GUI), de un dispositivo electrónico de un usuario, tal como, por ejemplo, un proveedor de cuidados de la salud. La UI, como la GUI, se puede proporcionar en una pantalla de un dispositivo electrónico del usuario. La pantalla puede ser una pantalla táctil capacitiva o resistiva. Dichas pantallas se pueden utilizar con otros sistemas y procedimientos de la divulgación.

Uno o más procesadores pueden ser programados para llevar a cabo diversas etapas y procedimientos como se describe en referencia a diversas realizaciones e implementaciones de la presente descripción. Las realizaciones de los sistemas de la presente solicitud pueden comprender varios módulos, por ejemplo, como se discutió anteriormente. Cada uno de los módulos puede comprender varias subrutinas, procedimientos y macros. Cada uno de los módulos puede compilarse por separado y enlazarse en un solo programa ejecutable.

Será evidente que el número de etapas que se utilizan para tales procedimientos no se limita a los descritos anteriormente. Además, los procedimientos no requieren que todas las etapas descritas estén presentes. Aunque la metodología descrita anteriormente como etapas discretos, una o más etapas se pueden agregar, combinar o incluso eliminar, sin apartarse de la funcionalidad prevista de las realizaciones. Las etapas se pueden realizar en un orden diferente, por ejemplo. También será evidente que el procedimiento descrito anteriormente se puede realizar de manera parcial o sustancialmente automatizada.

Como será apreciado por los expertos en la técnica, los procedimientos de la presente divulgación pueden realizarse, al menos en parte, en software y llevarse a cabo en un sistema informático u otro sistema de procesamiento de datos. Por lo tanto, en algunas realizaciones ejemplares, el hardware puede usarse en combinación con instrucciones de software para implementar la presente divulgación. Cualquier descripción de proceso, elementos o bloques en los diagramas de flujo descritos en el presente documento y/o representados en las figuras adjuntas deben entenderse como módulos, segmentos o porciones de código potencialmente representativos que incluyen una o más instrucciones ejecutables para implementar funciones o elementos lógicos específicos en el proceso. Además, las funciones descritas en uno o más ejemplos pueden implementarse en hardware, software, firmware o cualquier combinación de los anteriores. Si se implementan en software, las funciones pueden transmitirse o almacenarse como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador, estas instrucciones pueden ejecutarse mediante una unidad de procesamiento basada en hardware, como uno o más procesadores, incluyendo microprocesadores de propósito general, circuitos integrados de aplicaciones específicas, disposiciones lógicas programables en campo u otros circuitos lógicos.

Tal como se utiliza aquí, el término "y/o" se utiliza como una palabra funcional para indicar que dos palabras o expresiones deben ser tomadas en conjunto o individualmente. Por ejemplo, A y/o B abarcan A solo, B solo y A y B juntos.

Aunque las realizaciones preferidas se han mostrado y descrito en el presente documento, será evidente para los expertos en la materia que tales realizaciones se proporcionan solo a modo de ejemplo. Numerosas variaciones, cambios y sustituciones se les ocurrirán ahora a los expertos en la técnica sin apartarse de la invención. Debe entenderse que se pueden emplear diversas alternativas a las realizaciones descritas en el presente documento en la práctica de la invención. A modo de ejemplo no limitativo, los expertos en la técnica apreciarán que las características o rasgos particulares descritos en referencia a una figura o realización pueden combinarse como adecuadas con las características o rasgos descritos en otra figura o realización. Se pretende que las siguientes reivindicaciones definan el alcance de la invención y que los procedimientos y estructuras dentro del alcance de estas reivindicaciones queden cubiertos de este modo.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento implementado por ordenador para calcular una posición futura de un objeto intraoral de una cavidad intraoral de un paciente, que comprende:
 - 5 recibir unos primeros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo;
 - recibir unos segundos datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo;
 - procesar datos que incluyen los primeros y segundos datos digitales para determinar una velocidad de un objeto intraoral de la cavidad intraoral en el primer y segundo puntos de tiempo;
 - 10 determinar una posición futura del objeto intraoral en un punto de tiempo futuro basado en la velocidad, en el que la posición futura se determina antes de que el objeto intraoral esté en la posición futura.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los primeros y segundos datos digitales comprenden, cada uno, uno o más datos de superficie o datos de subsuperficie de la cavidad intraoral.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además visualizar una representación gráfica del objeto intraoral en la futura posición del objeto intraoral en una interfaz de usuario que se muestra en una pantalla.
- 15 4. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende, además:
 - determinar un cambio de posición del objeto intraoral entre el primer y segundo puntos de tiempo, basándose en los primeros y segundos datos digitales; y
 - evaluar si el cambio de posición excede un umbral predeterminado.
- 20 5. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende además emitir una alerta a un usuario en respuesta a una evaluación de que el cambio de posición supera el umbral predeterminado.
6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que el umbral predeterminado:
 - es introducido por un usuario, o
 - se determina en función de una o más de las preferencias del usuario, las características del paciente o los valores de la literatura dental o de ortodoncia, o
 - es indicativo de una condición dental o de ortodoncia indeseable.
7. El procedimiento de la reivindicación 4, que comprende, además:
 - 30 generar una pluralidad de opciones para producir un resultado dental u ortodóntico deseado, en respuesta a una evaluación de que el cambio de posición supera el umbral predeterminado; y
 - mostrar la pluralidad de opciones en una interfaz de usuario mostrada en una pantalla.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la pluralidad de opciones comprende una pluralidad de opciones de tratamiento para una condición dental o de ortodoncia no deseada, y en el que mostrar la pluralidad de opciones comprende mostrar una o más de información de precios, información de tiempo de tratamiento, información de complicación de tratamiento, o información de reembolso de seguro asociada con cada una de la pluralidad de opciones de tratamiento.
- 35 9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el objeto intraoral comprende una o más de una corona dental, raíz dental, encía, vías respiratorias, paladar, lengua o mandíbula.
10. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además procesar datos que incluyen los primeros y segundos datos digitales para determinar una tasa de cambio en una o más de una forma, tamaño o color del objeto intraoral.
- 40 11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que el objeto intraoral comprende:
 - un diente y la tasa de cambio comprende una velocidad de cambio de la forma del diente, o
 - una encía y la tasa de cambio comprende una velocidad de cambio de la forma gingival.

12. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que determinar una posición futura del objeto intraoral comprende determinar una trayectoria de movimiento del objeto intraoral basándose en la velocidad, o
- en el que determinar una posición futura del objeto intraoral comprende determinar una trayectoria de movimiento del objeto intraoral basándose en la velocidad, en el que la trayectoria de movimiento es lineal.
- 5 13. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende, además:
- recibir datos digitales representativos de la cavidad intraoral en un tercer punto de tiempo diferente del primer y segundo puntos de tiempo; y
- procesar datos, incluyendo los primeros, segundos y terceros datos digitales, para determinar la velocidad del objeto intraoral en el primer, segundo y tercer puntos de tiempo.
- 10 14. El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende, además:
- determinar una trayectoria de movimiento del objeto intraoral basándose en la velocidad en el primer, segundo y tercer puntos de tiempo, en el que la trayectoria de movimiento no es lineal; y
- determinar la posición futura del objeto intraoral en función de la trayectoria de movimiento no lineal.
- 15 15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que la trayectoria de movimiento no lineal comprende uno o más de un cambio en la dirección de movimiento o un cambio en la velocidad de movimiento.
16. El procedimiento de la reivindicación 13, que comprende además procesar datos que incluyen el primer, segundo y tercer datos digitales para determinar un vector de fuerza asociado con el objeto intraoral en el primer, segundo y tercer puntos de tiempo.
- 20 17. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además la generación de una representación digital predicha de la cavidad intraoral en un punto de tiempo futuro posterior al primer y segundo puntos de tiempo, sobre la base de la futura posición del objeto intraoral;
- en el que determinar la posición futura del objeto intraoral comprende extrapolar la velocidad al punto de tiempo futuro utilizando extrapolación lineal o no lineal, y/o
- 25 que comprende además determinar una condición futura de la cavidad intraoral en función de la posición futura del objeto intraoral, en el que la condición futura comprende una condición dental o de ortodoncia no deseada que se prevé que se produzca en el punto de tiempo futuro si la cavidad intraoral se deja sin tratar, y en el que la condición futura se determina antes de la aparición de la condición futura, y/o
- 30 en el que una o más de la recepción de los primeros datos digitales, la recepción de los segundos datos digitales, el procesamiento de los datos, o la determinación de la posición futura se realiza con ayuda de uno o más procesadores.
- 35 18. Un sistema informático para calcular una posición futura de un objeto intraoral de una cavidad intraoral de un paciente, que comprende:
- uno o más procesadores; y
- una memoria que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por uno o más procesadores, hacen que el sistema:
- 40 reciba unos primeros datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un primer punto de tiempo;
- reciba unos segundos datos digitales representativos de un estado real de la cavidad intraoral en un segundo punto de tiempo diferente del primer punto de tiempo;
- 40 procese datos que incluyen los primeros y segundos datos digitales para determinar la velocidad de un objeto intraoral de la cavidad intraoral en el primer y segundo puntos de tiempo;
- determine una posición futura del objeto intraoral en un punto de tiempo futuro basado en la velocidad, en el que la posición futura se determina antes de que el objeto intraoral esté en la posición futura.

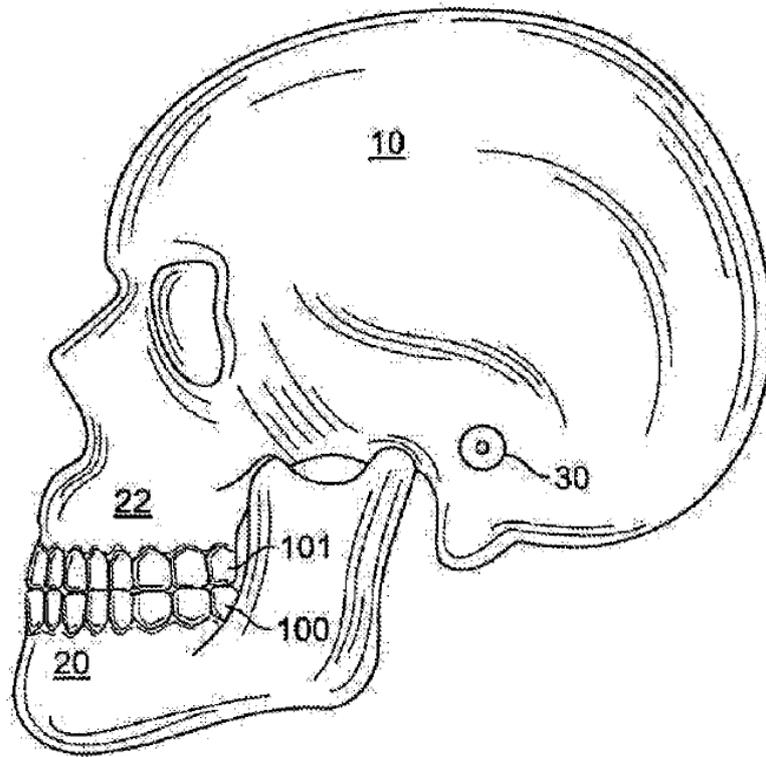


FIG. 1

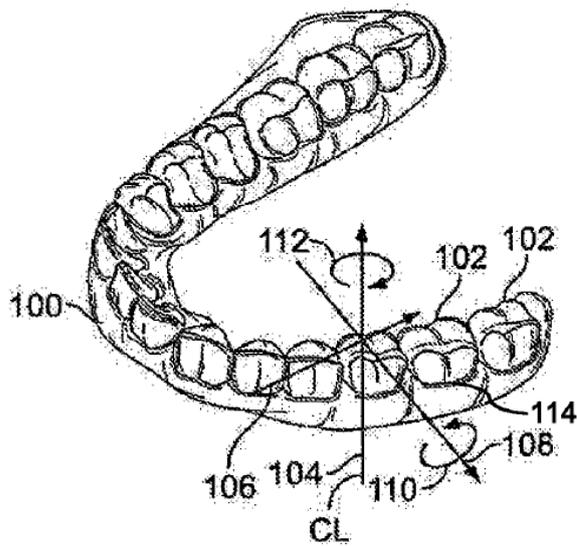


FIG. 2A

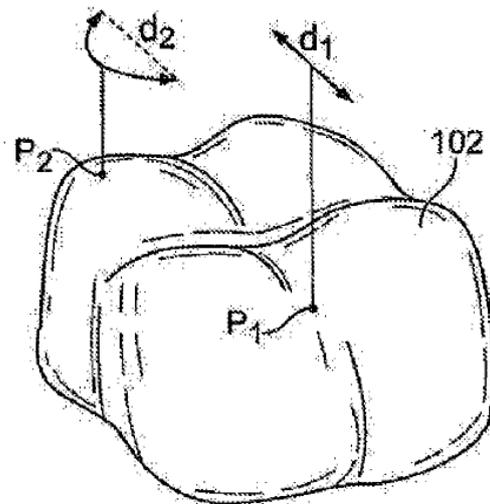


FIG. 2B

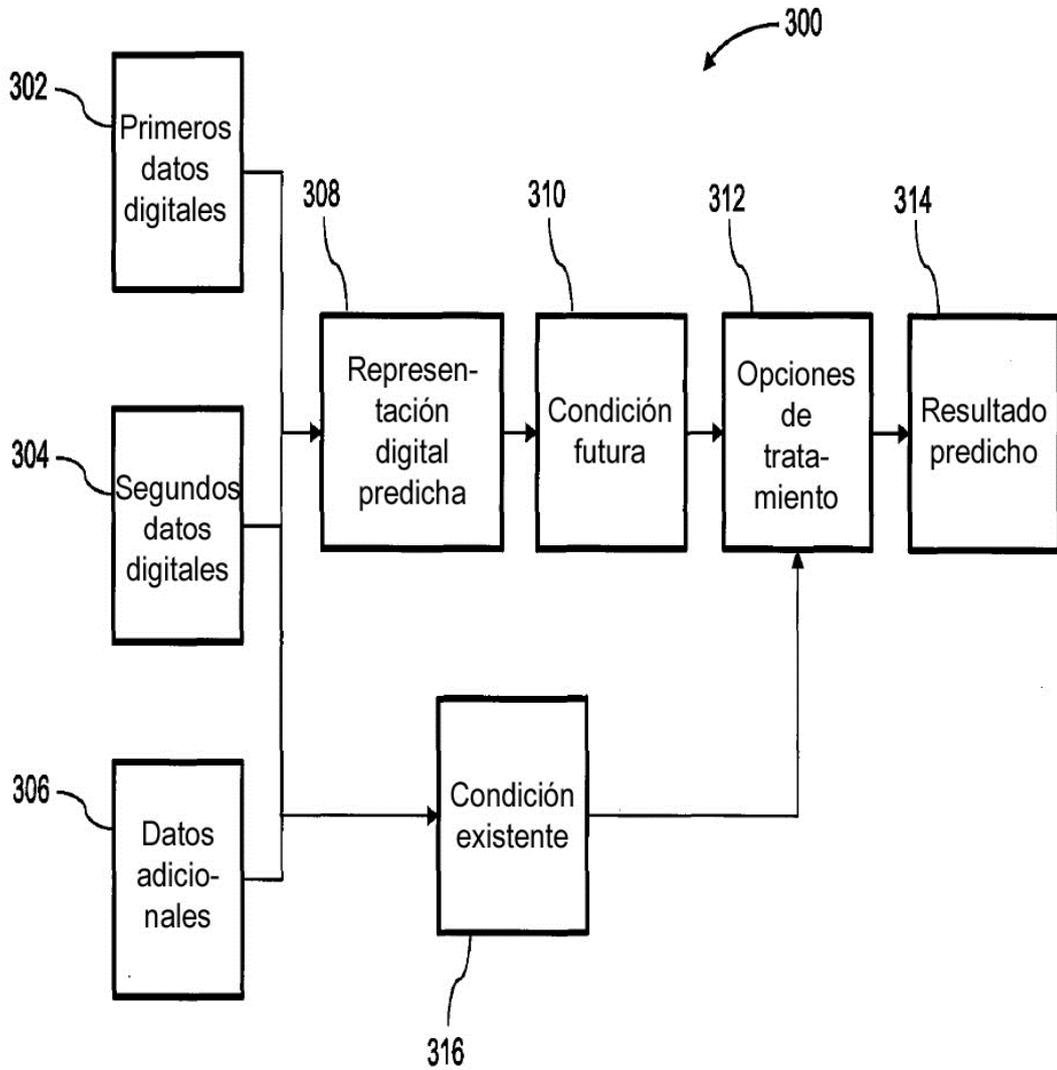


FIG. 3

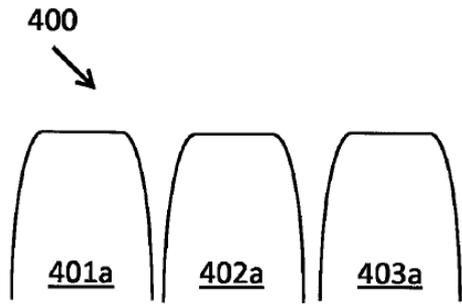


FIG. 4A

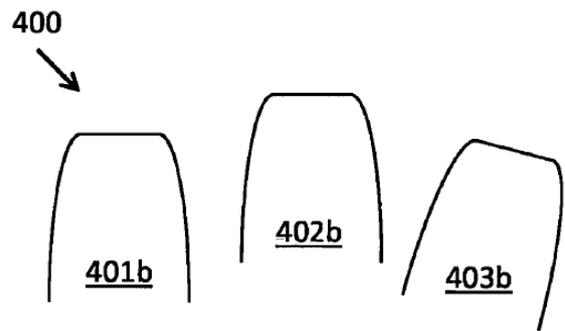


FIG. 4B

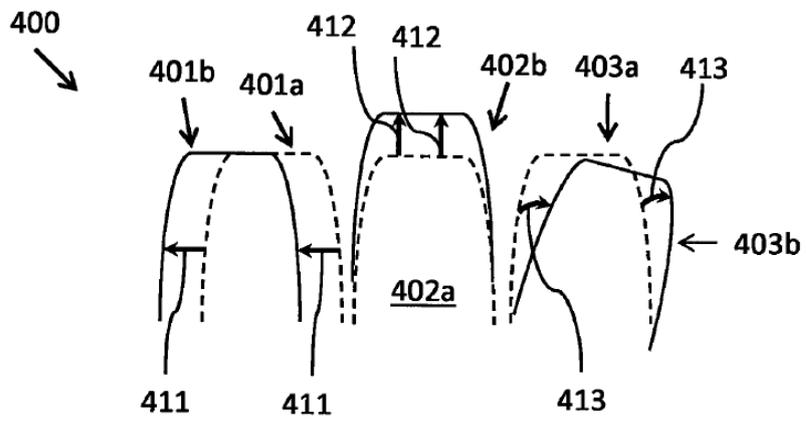


FIG. 4C

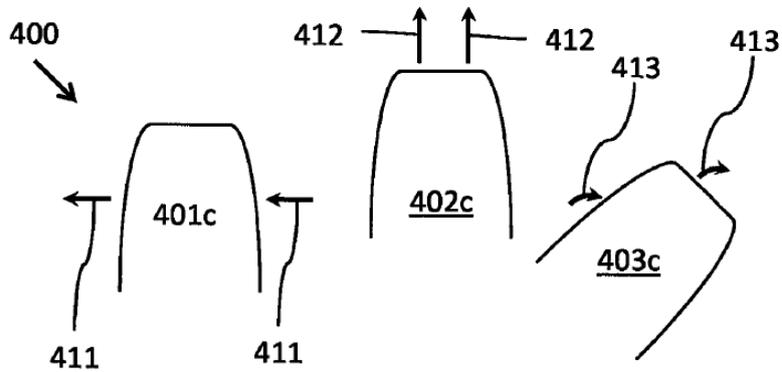


FIG. 4D

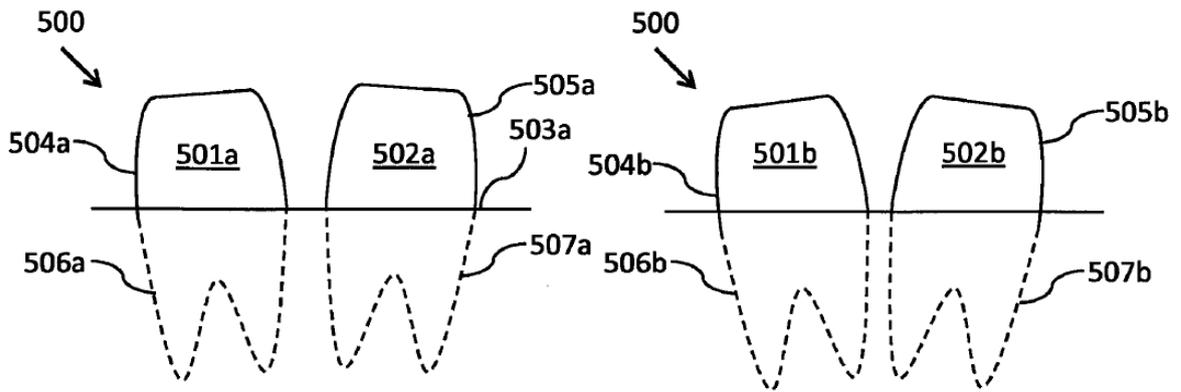


FIG. 5A

FIG. 5B

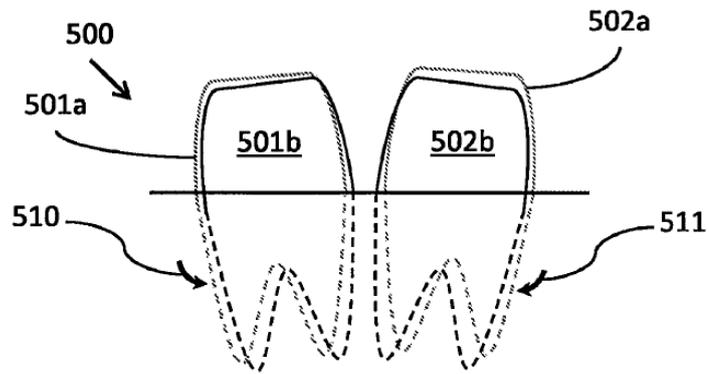


FIG. 5C

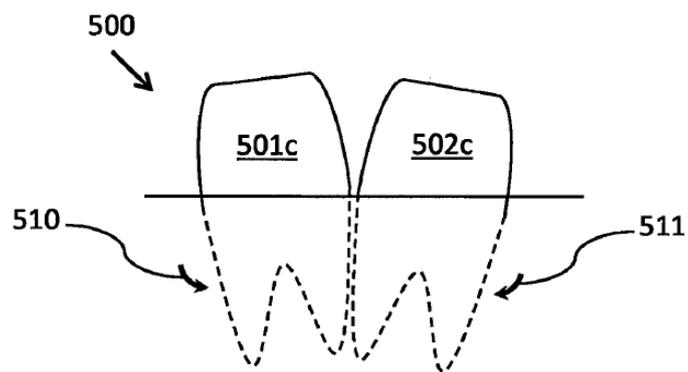


FIG. 5D

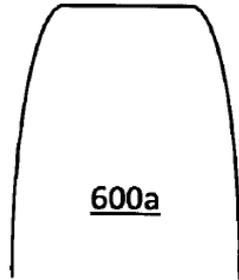


FIG. 6A

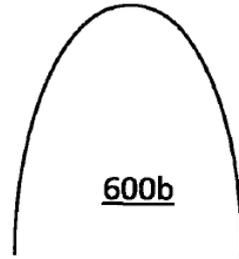


FIG. 6B

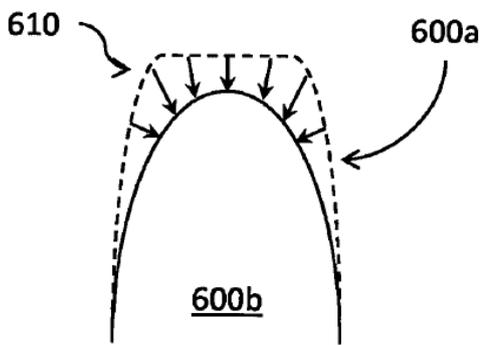


FIG. 6C

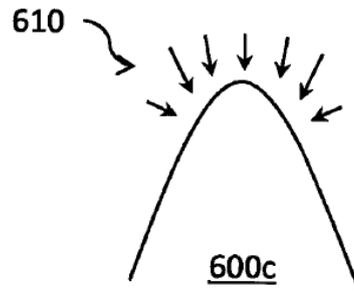


FIG. 6D

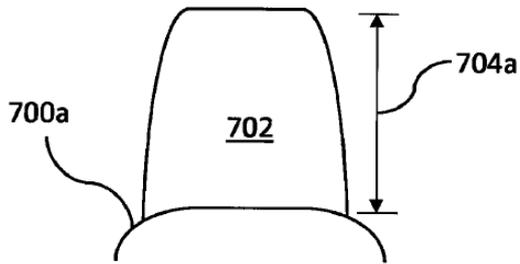


FIG. 7A

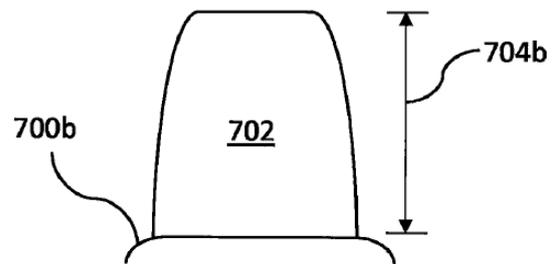


FIG. 7B

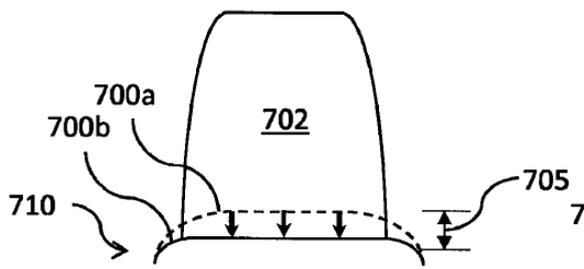


FIG. 7C

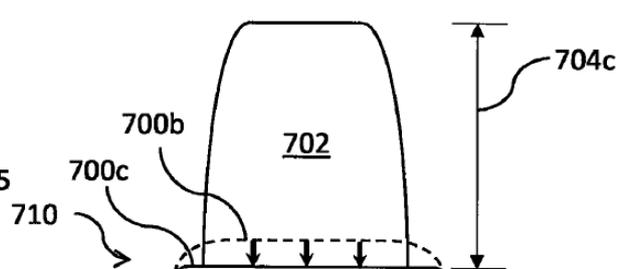


FIG. 7D

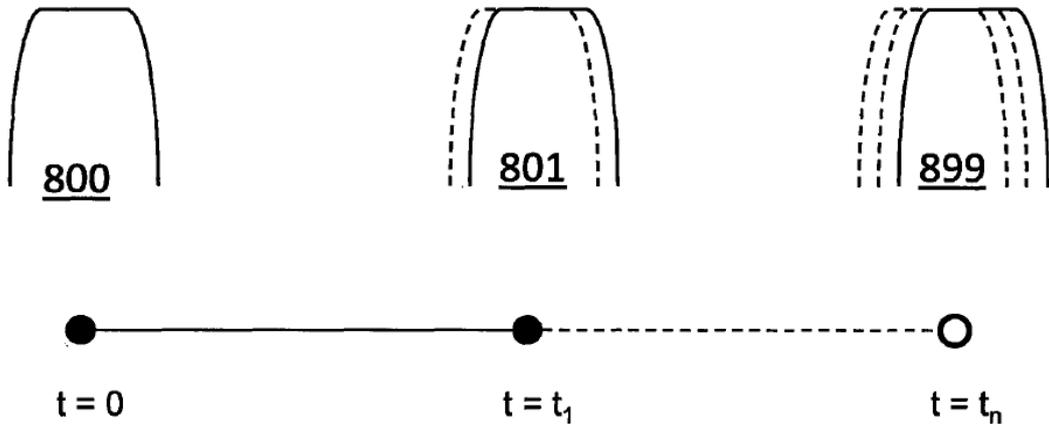


FIG. 8A

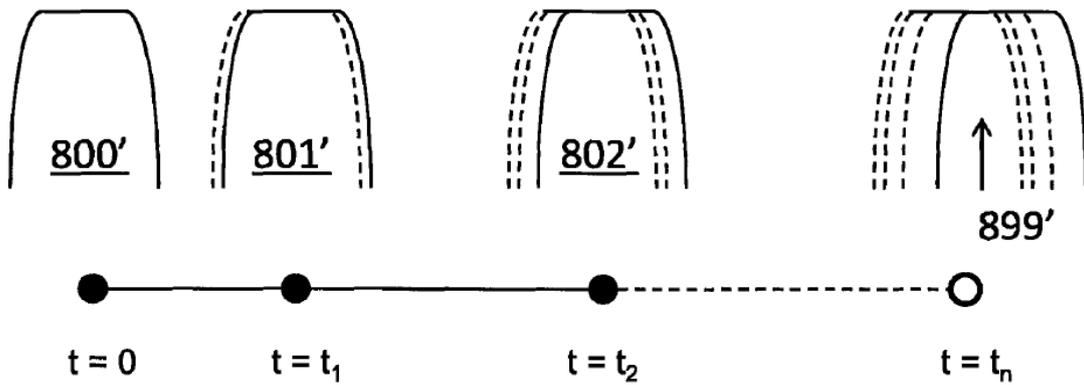


FIG. 8B

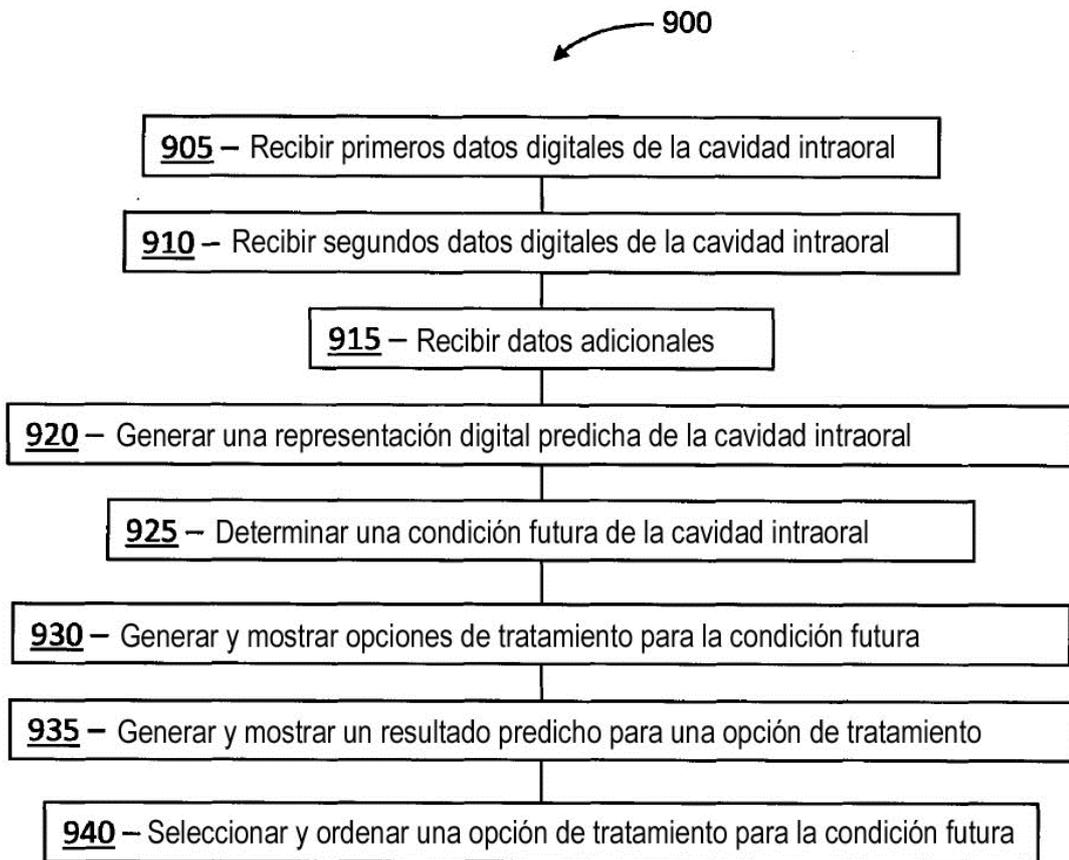


FIG. 9

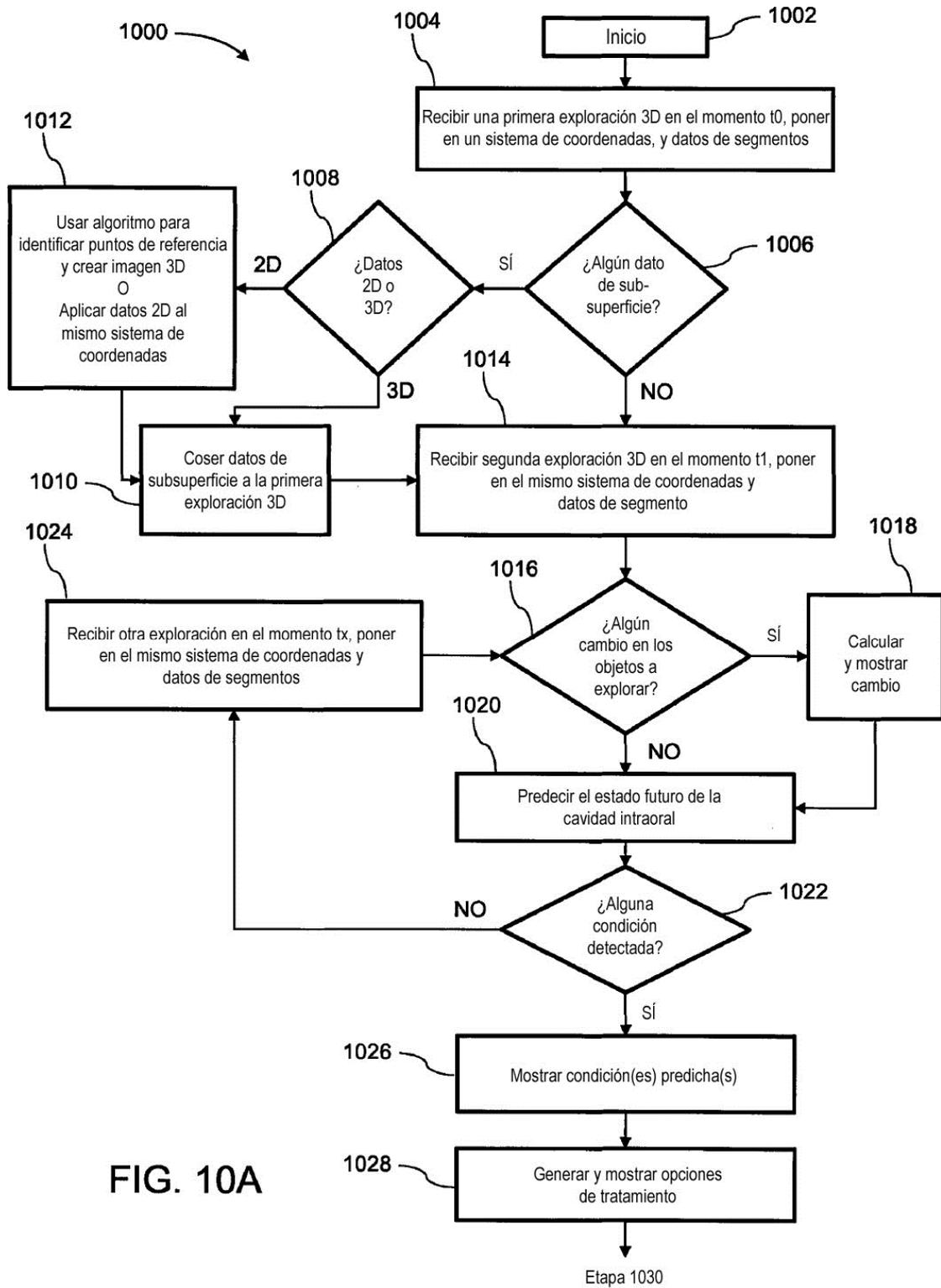


FIG. 10A

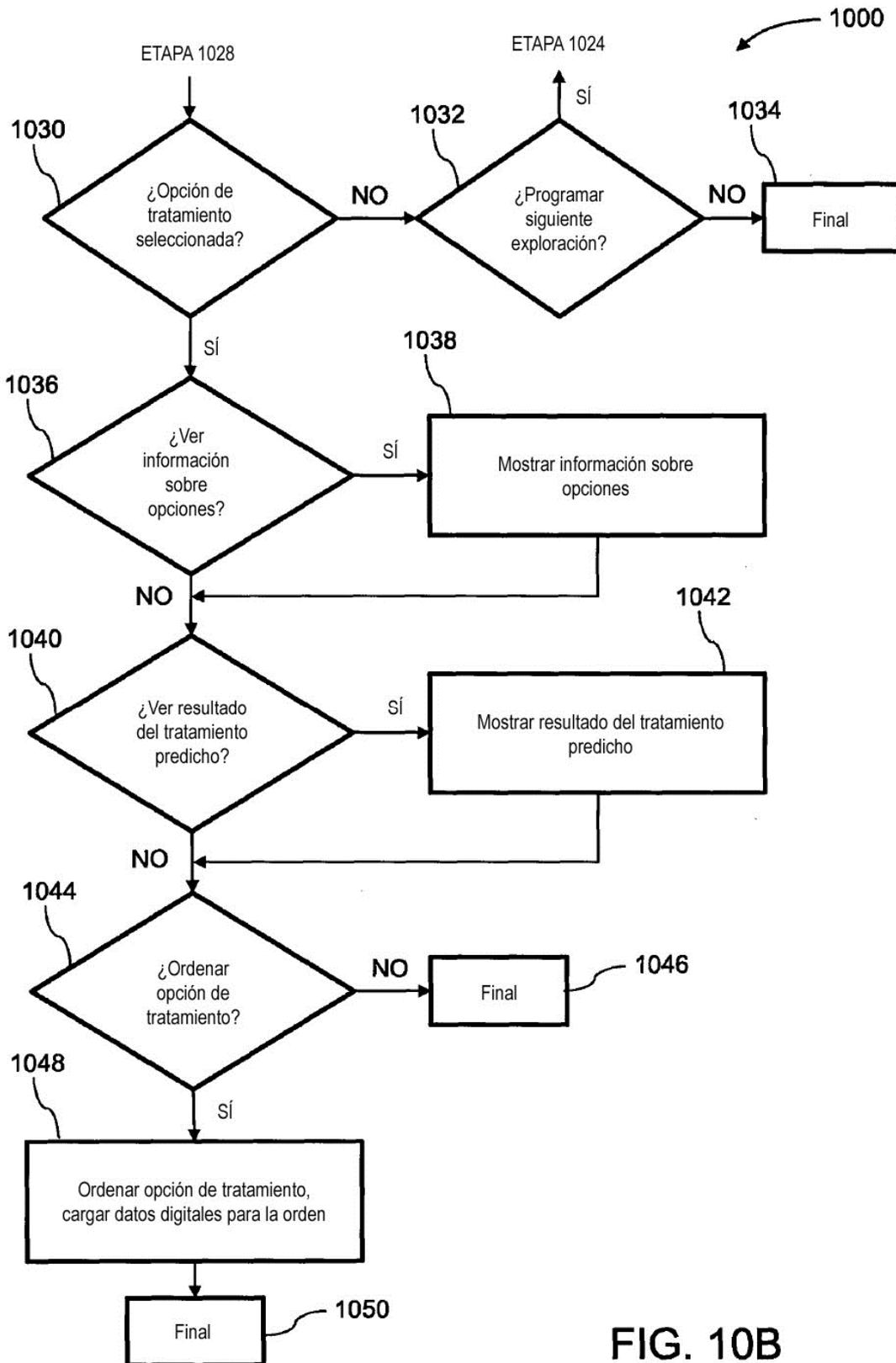


FIG. 10B

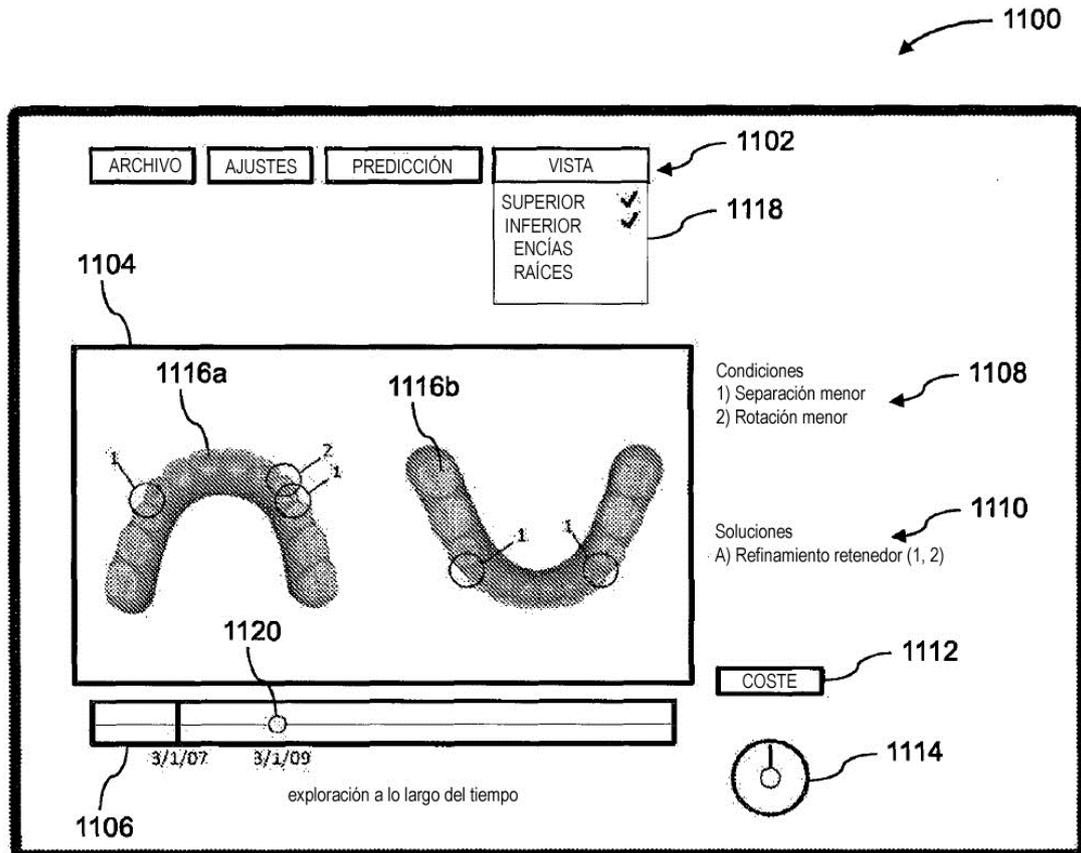


FIG. 11A

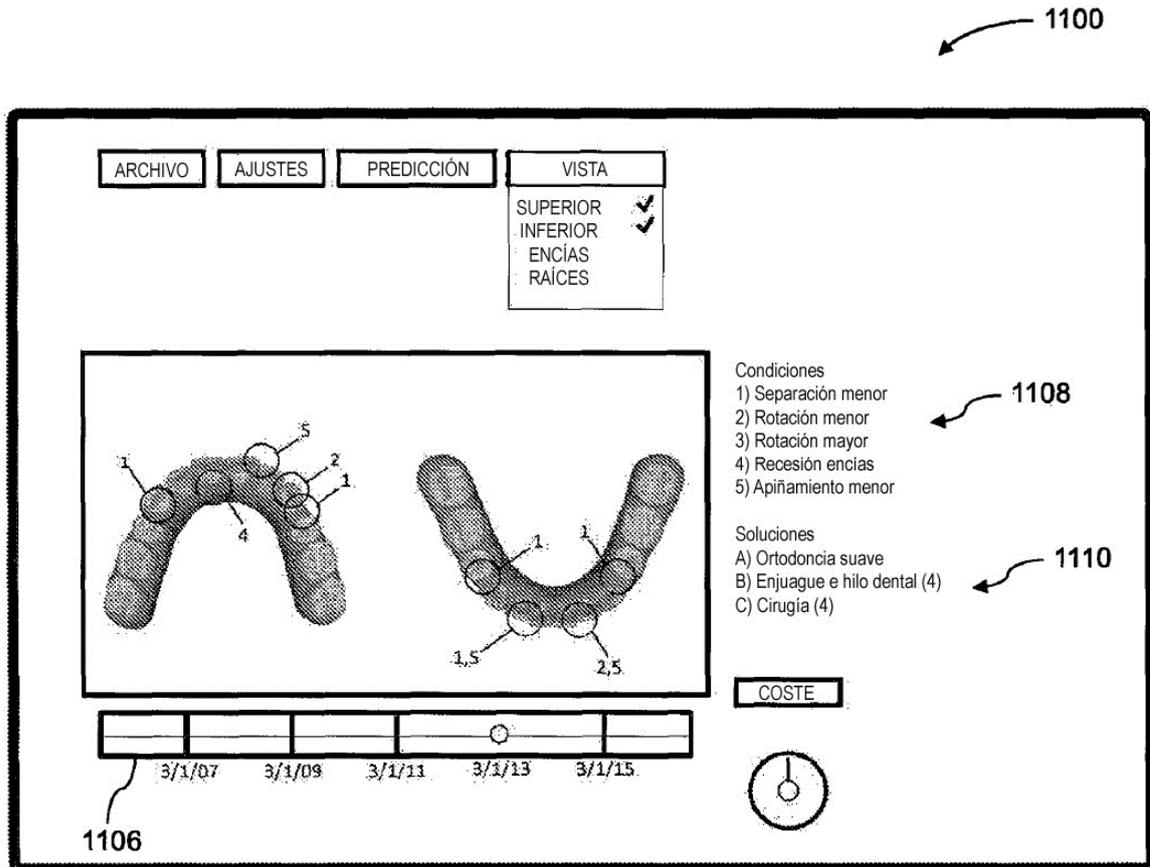


FIG. 11B

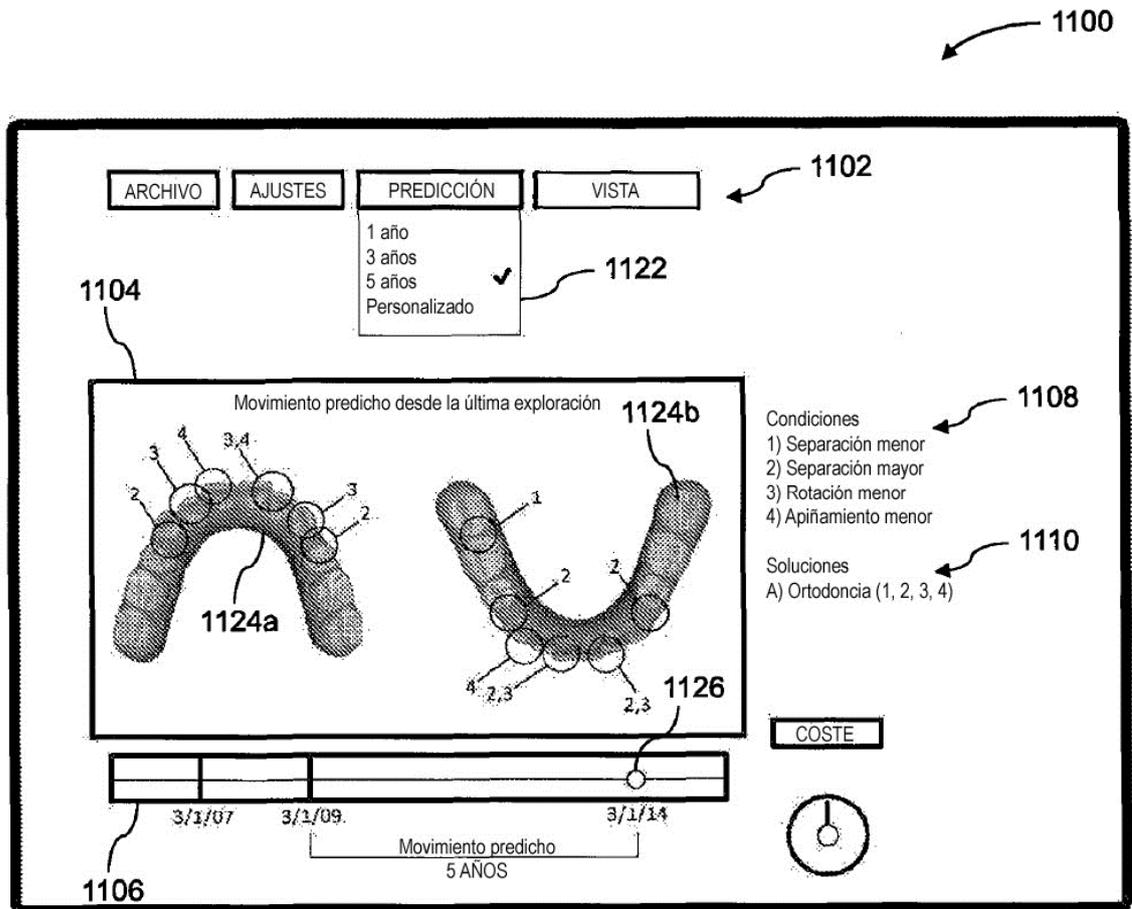


FIG. 11C

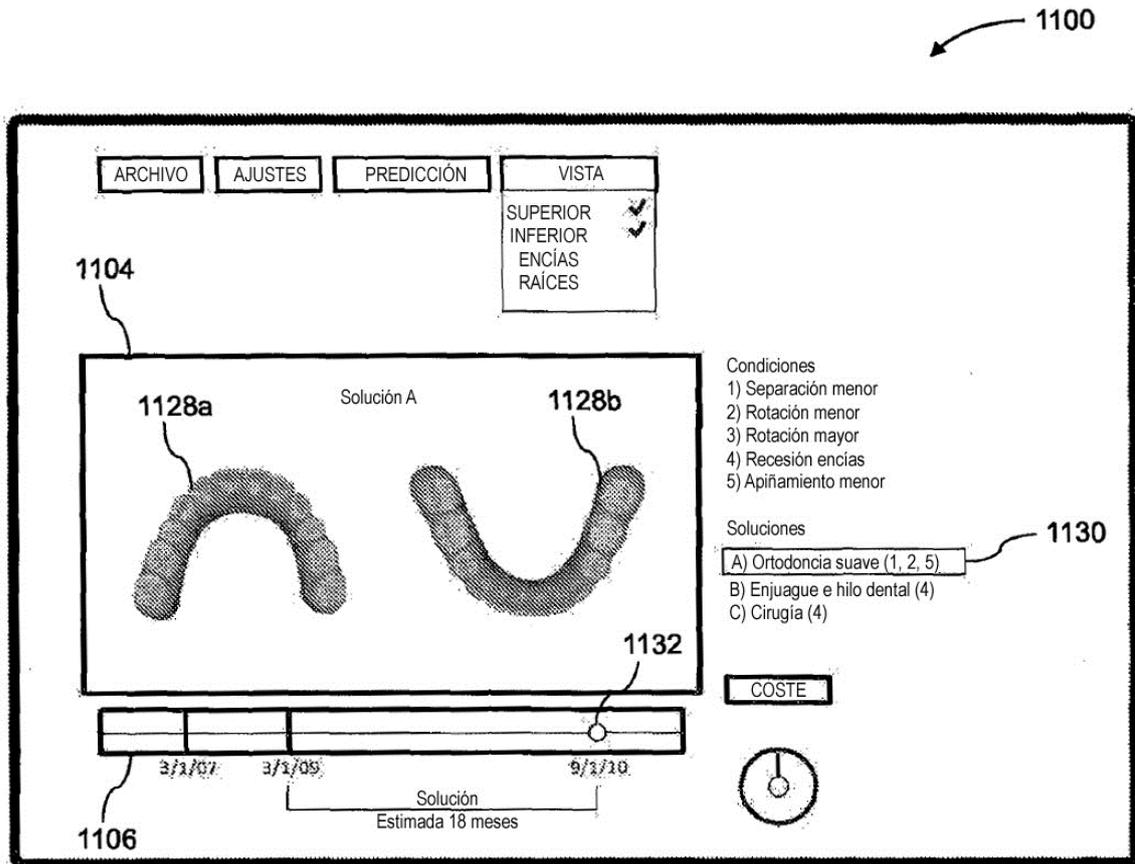


FIG. 11D

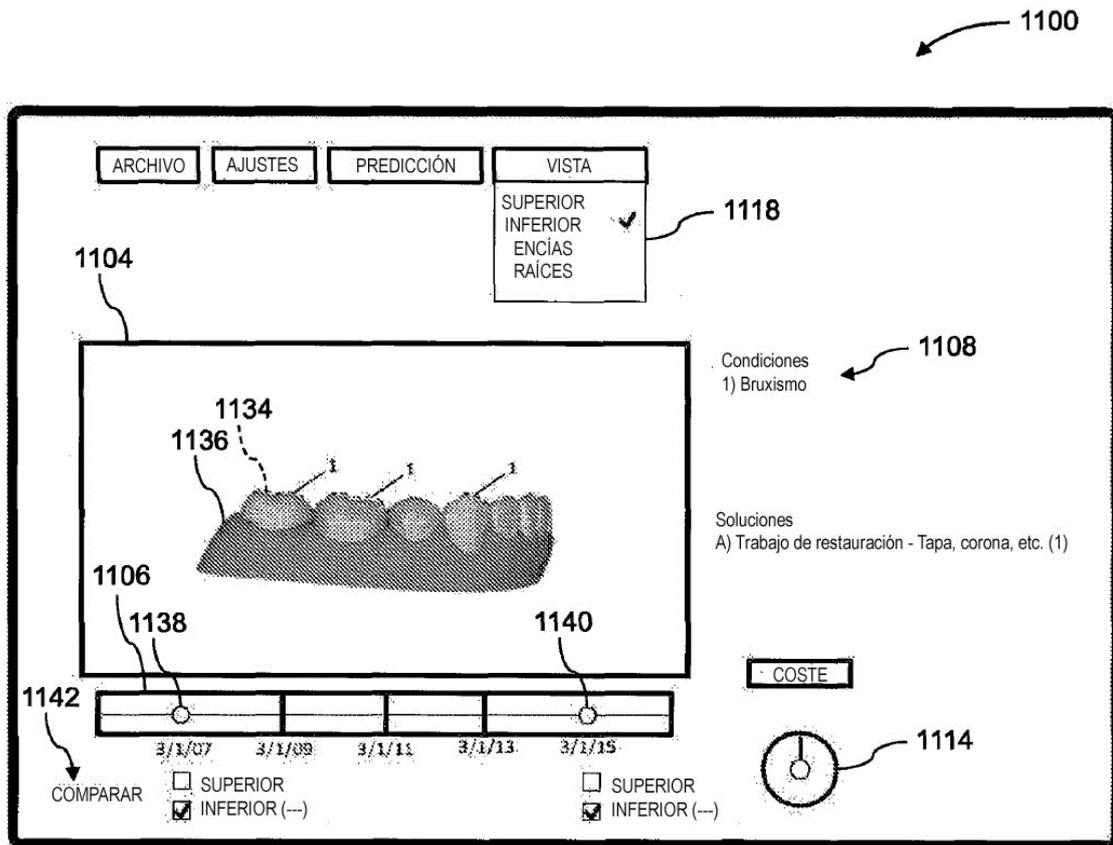


FIG. 11E

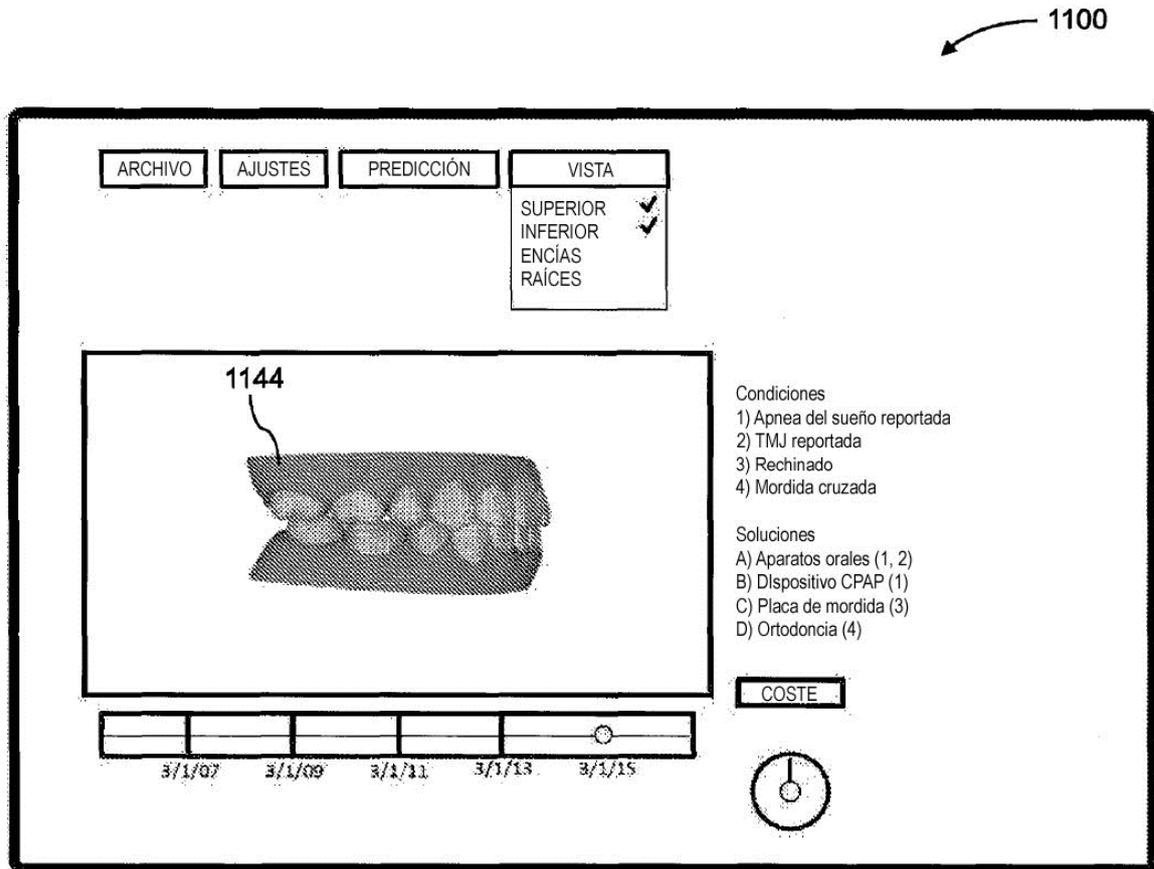


FIG. 11F

1100

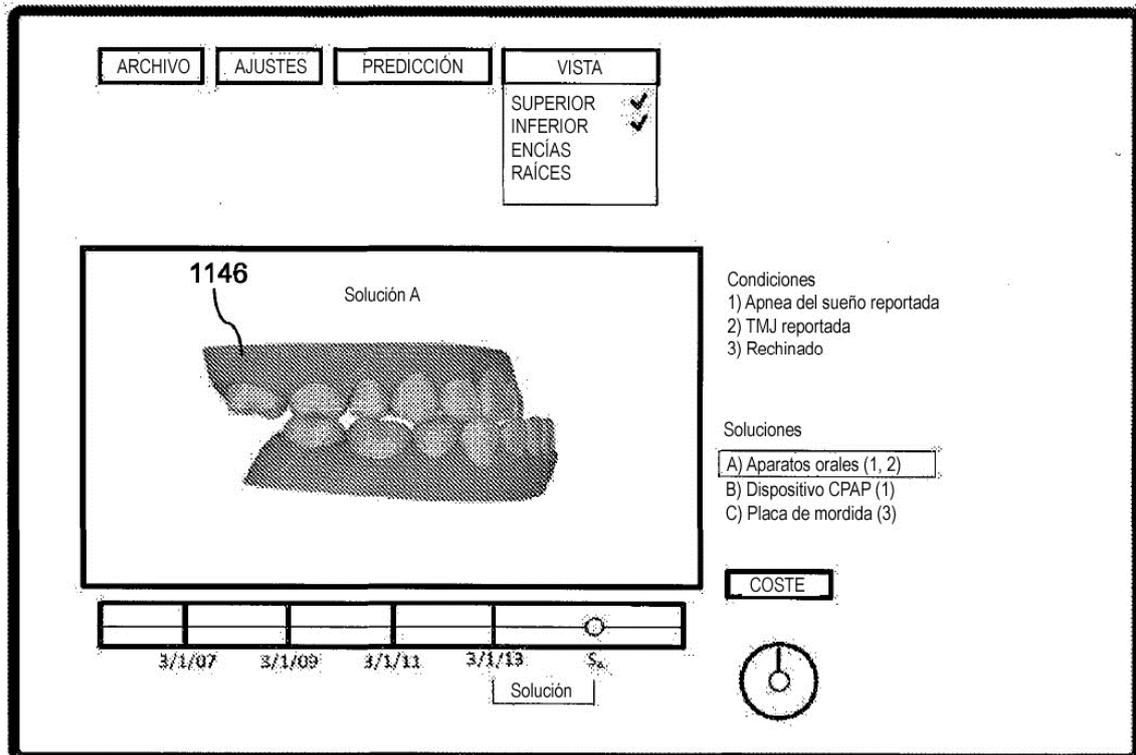


FIG. 11G

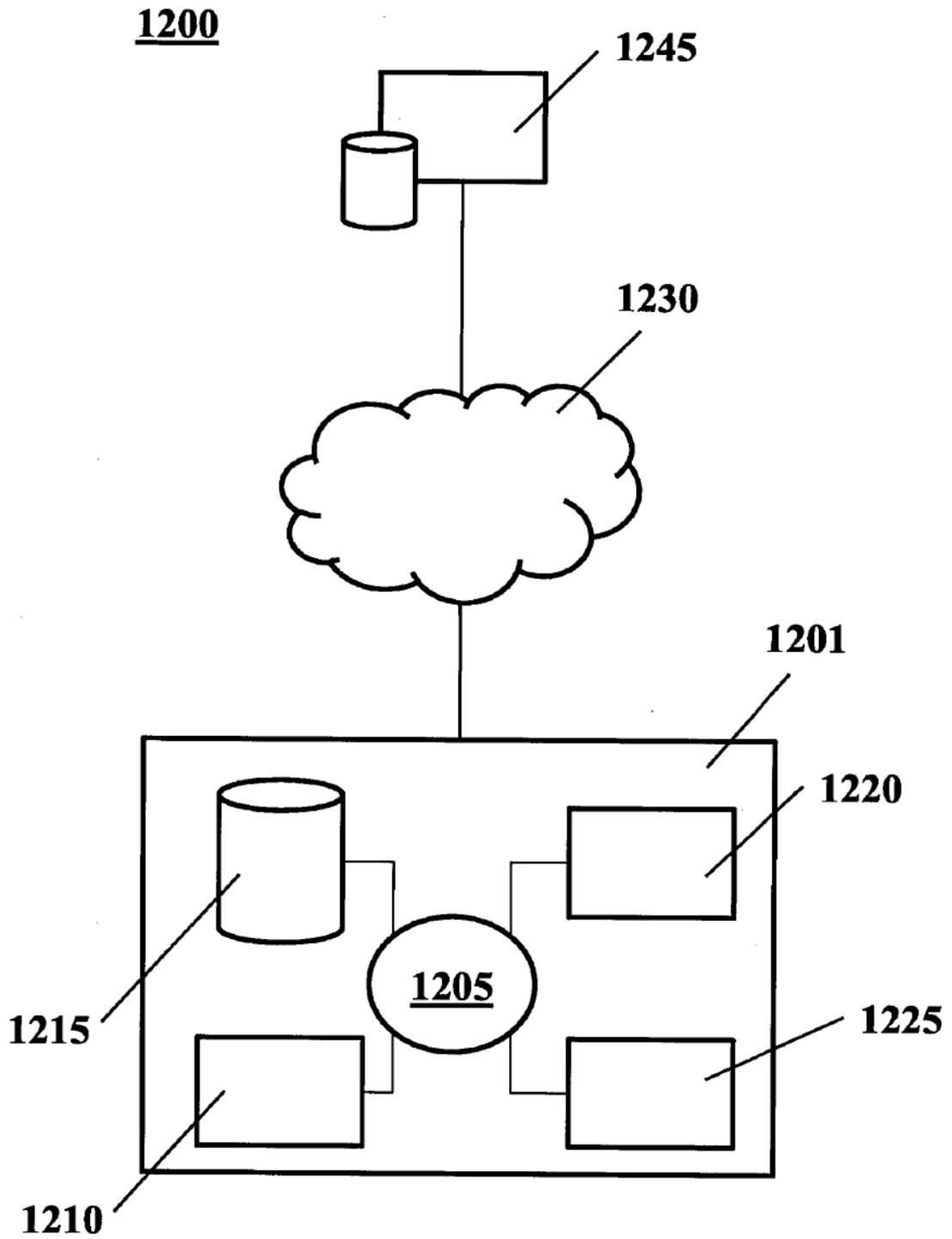


FIG. 12

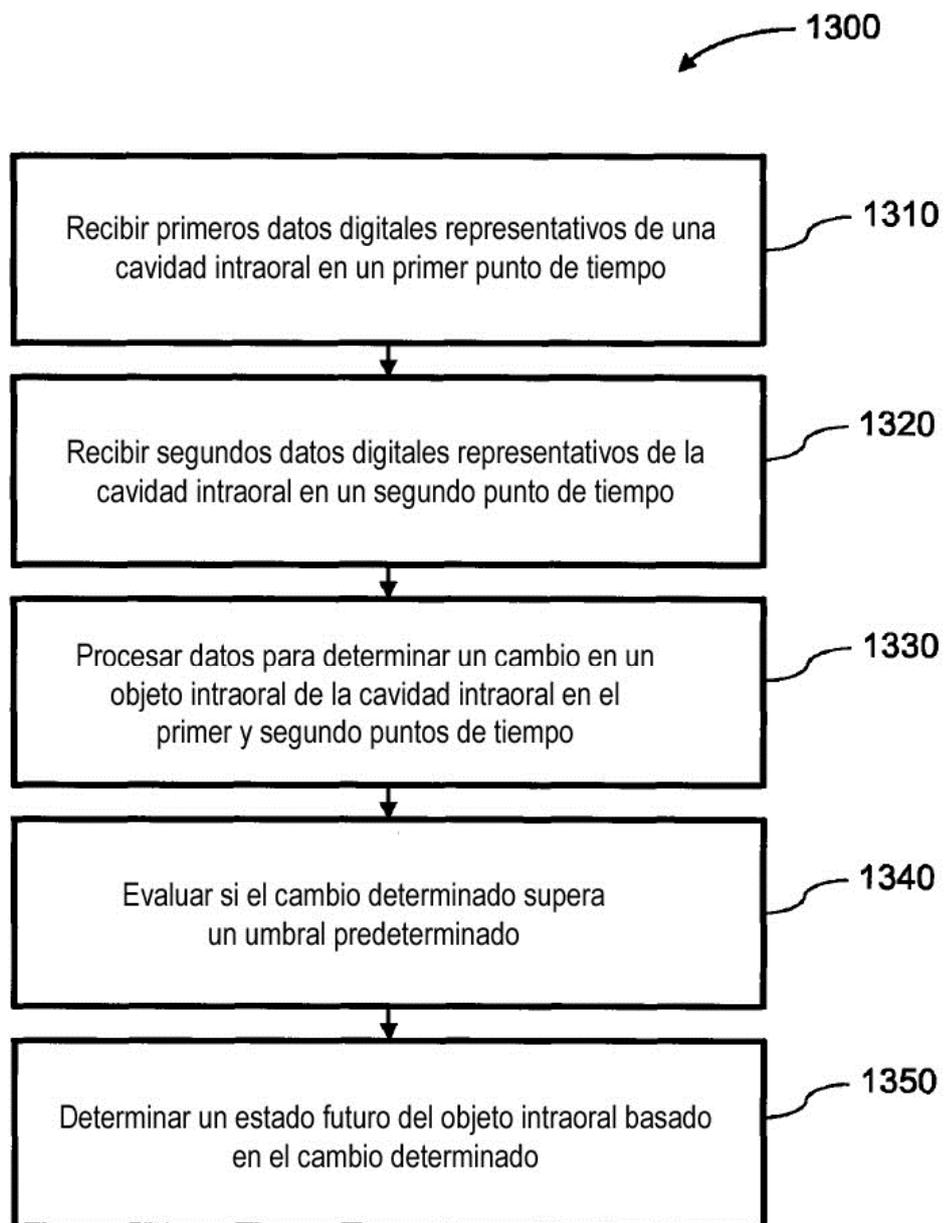


FIG. 13