

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 329**

51 Int. Cl.:

A61C 7/08 (2006.01)

A61C 19/04 (2006.01)

A61C 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.02.2013 PCT/IB2013/000143**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13114197**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2013 E 13707434 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 2809258**

54 Título: **Identificación de las fuerzas sobre un diente**

30 Prioridad:

02.02.2012 US 201213365167

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

15.11.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MATOV, VADIM;
FARADJEV, IGOR;
PESENTI, BASTIEN;
GEYN, SERGEY y
TENZIN, KONSTANTIN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 731 329 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

Identificación de las fuerzas sobre un diente

Campo técnico

5 La presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para la identificación virtual de las fuerzas colocadas sobre los dientes.

Antecedentes

10 Muchos de los tratamientos dentales implican el reposicionamiento de los dientes desalineados y el cambio de las configuraciones de la mordida para mejorar el aspecto estético y la función dental. El reposicionamiento por ortodoncia se puede lograr, por ejemplo, por medio de la aplicación de fuerzas controladas a uno o más dientes durante un periodo de tiempo.

15 Un ejemplo de reposicionamiento de ortodoncia que puede ocurrir a través de un proceso dental usa uno o más aparatos dentales de posicionamiento, tales como alineadores, para la realineación de los dientes. La colocación de un aparato sobre los dientes puede proporcionar fuerzas controladas en ubicaciones específicas para mover los dientes de manera gradual hacia una nueva configuración. La repetición de este proceso con aparatos sucesivos en configuraciones progresivas puede mover los dientes a través de una serie de disposiciones intermedias hasta una disposición deseada final.

20 De manera típica, con el fin de diseñar cada alineador, se determina la progresión de los dientes desde una posición inicial hasta una posición final, a través de un dispositivo de computación. Esta progresión luego se segmenta en una pluralidad de segmentos y se forma un alineador que se basa en cada una de las posiciones de los dientes en esos segmentos.

25 En la actualidad, se diseñó un plan de tratamiento que comienza con una configuración actual de los dientes, y propone una configuración final, por medio de la generación, a través de un dispositivo de computación, de una trayectoria para los dientes desde la configuración actual hasta la configuración final, y la segmentación de esa trayectoria en múltiples segmentos y la formación de los aparatos con base en los datos de cada uno de estos segmentos.

30 Cada aparato puede entonces ser colocado de manera secuencial sobre los dientes de un paciente con la teoría de que el aparato dental actuará en los dientes para mover cada diente en una dirección particular hacia su posición del siguiente segmento progresivo. Sin embargo, en algunos casos, el aparato no mueve los dientes a la posición del siguiente segmento progresivo por una serie de razones, como se discute a continuación. Por consiguiente, en estos casos a continuación, se debe revisar el plan de tratamiento y se deben crear nuevos alineadores para remediar el posicionamiento diferente del esperado de uno o más de los dientes. La patente WO 2010/059988 desvela sistemas y procedimientos de ortodoncia para sistemas mejorados de movimiento de los dientes.

Breve Descripción de los Dibujos

35 La Figura 1A ilustra un modelo dental virtual inicial de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 1B ilustra un modelo dental virtual de destino correspondiente al modelo dental virtual inicial ilustrado en la Figura 1A de acuerdo con la presente divulgación.

La Figura 2 ilustra un ejemplo de un modelo dental virtual inicial, un aparato dental, y un ejemplo de una interfaz de usuario de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

40 La Figura 3 ilustra un ejemplo de los aparatos dentales tridimensionales virtuales con fuerzas identificadas y un ejemplo de una interfaz de usuario de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 4 ilustra un modelo de dientes tridimensional virtual de ejemplo y un ejemplo de una interfaz de usuario para la identificación de la fuerza colocada en un diente de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

45 La Figura 5 ilustra un modelo de dientes tridimensional virtual de ejemplo y un ejemplo de una interfaz de usuario para la identificación de la fuerza colocada en un diente de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

La Figura 6 ilustra un sistema para la identificación virtual de la fuerza colocada en un diente de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

50 La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para la identificación de la fuerza colocada en un diente de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

Descripción Detallada

La invención se define en las reivindicaciones, en las que un procedimiento implementado por medio de un dispositivo de computación para la identificación virtual de la fuerza colocada en un diente se define en la reivindicación 1; un sistema para la identificación virtual de la fuerza colocada en los dientes de acuerdo con la reivindicación 1 se define en la reivindicación 8 y un medio legible por el dispositivo de computación no transitorio se define en la reivindicación 14.

Las formas de realización de la presente divulgación incluyen formas de realización relacionadas con el dispositivo de computación, el sistema y el procedimiento para las pruebas virtuales de la fuerza colocada en un diente y se describen en la presente memoria. Por ejemplo, una o más formas de realización incluyen un procedimiento para la identificación virtual de la fuerza colocada en un diente. Algunos de tales procedimientos pueden incluir, por ejemplo, la recepción de datos de ortodoncia iniciales (IOD) que incluyen datos de los dientes, la creación de un conjunto virtual de dientes a partir de los IOD, la identificación de un modelo de destino virtual de los dientes con base en los IOD que representan un plan de tratamiento, la recepción de información del aparato dental que incluye por lo menos una de las propiedades y características de los materiales del aparato dental, la colocación virtual de un aparato dental, formado a partir de la información del aparato dental, en el conjunto virtual de dientes.

Una o más formas de realización pueden colocar de manera virtual un aparato dental con geometría de la cavidad de la primera etapa del plan de tratamiento sobre los IOD y la identificación de las fuerzas reales aplicadas a los dientes contenidos en los IOD por el aparato dental. Una o más formas de realización pueden incluir la determinación de las fuerzas deseadas a ser aplicadas por el aparato dental para mover los dientes a las posiciones de los dientes de la primera etapa y el diseño de la geometría de la cavidad optimizada del aparato dental y/o la posición para alcanzar las fuerzas deseadas para mover los dientes a las posiciones de los dientes de la siguiente etapa con base en las propiedades del material del aparato dental, las características y la forma de los dientes.

Las formas de realización de la presente divulgación se pueden usar en el diseño de productos de aparatos dentales para su uso en la boca de un paciente, tales como anclajes y otros accesorios y potencialmente a las superficies del alineador (por ej., muescas, crestas, espesor, forma, orientación, etc.), las propiedades del material, y su interacción con los dientes. Las formas de realización pueden permitir a un usuario identificar las fuerzas presentes en un conjunto de dientes en una de las mandíbulas de la boca o en ambas mandíbulas (por ej., a medida que los dientes y/o las superficies de aparatos en mandíbulas opuestas interactúan entre sí).

Varias formas de realización pueden ser beneficiosas en la determinación de la cantidad de fuerza para aplicar a cada diente y los dientes como un todo y componentes de la fuerza desde una o más direcciones y/o tipos (por ej., lineal, de torsional, etc.). Esta información, por ejemplo, se puede usar para determinar la forma y/o el posicionamiento del aparato dental u otro elemento para el movimiento de los dientes para acercarse a la fuerza y/o la dirección deseada para el movimiento de los dientes.

Por ejemplo, en la actualidad, un aparato dental (por ej., un accesorio o alineador) que tiene una forma ya diseñada se puede colocar en el diente o los dientes de un paciente con la teoría de que el aparato dental actuará sobre el diente para moverlo en una dirección particular. Sin embargo, esta teoría de manera típica es parte de un plan de tratamiento seleccionado, con base en la experiencia con el tipo de aparato dental, por un profesional del tratamiento y el resultado real, con base en las fuerzas reales en el trabajo, incluidos los de los otros dientes y otros aparatos dentales y/u otros elementos que se usan para el movimiento de los dientes, puede dar como resultado una orientación diferente de la esperada. Por lo tanto, esto puede dar como resultado más, menos, o diferentes movimientos para lograr el resultado deseado.

Por consiguiente, las fuerzas que actúan sobre los dientes y sus movimientos no han sido previamente consideradas en el análisis de las configuraciones de aparatos. A través del uso de las formas de realización de la presente divulgación, puede ser posible dar forma a los aparatos con base en la fuerza que puede, por ejemplo, reducir el número de tratamientos o movimientos y/o reducir la cantidad de fuerza usada, lo que puede dar como resultado un menor tiempo de tratamiento y/o la reducción de las molestias del paciente, entre otros beneficios.

Las formas de realización de la presente divulgación pueden permitir que el usuario pruebe de manera virtual la forma y/o la colocación de un accesorio y/u otra estructura de aparato con la perspectiva de su efecto sobre varios dientes (por ej., todo el conjunto de dientes en la mandíbula). Las formas de realización también pueden hacer ajustes a la forma y/o la colocación y/o volver a intentar el movimiento hasta que se logre el mejor resultado o el más satisfactorio.

En algunas formas de realización, se pueden obtener los datos de ortodoncia iniciales (IOD), por ejemplo, de la boca de un paciente real, los datos del tipodonto, y/o los datos de aparatos escaneados y se pueden determinar las fuerzas deseadas durante una porción de un plan de tratamiento para mover un diente de una posición a otra. Los datos de casos reales (por ej., de la boca de un paciente actual en particular o la boca de un paciente anterior) se pueden usar, por ejemplo, donde se puede desear un aparato dental para llevar a cabo un movimiento en particular con respecto a un posicionamiento de un diente particular debido a una maloclusión particular.

Los datos de casos de planes de tratamiento se pueden analizar para determinar el movimiento de un diente

particular de una posición a una posición subsiguiente con base en los movimientos de los otros dientes y/u otras estructuras en la boca del paciente. Esta información se puede usar entonces, por ejemplo, en el análisis de una forma de realización de fuerzas con respecto a uno o más accesorios propuestos y/u otros análisis de movimiento relacionados con el alineador.

5 Los ejemplos de la presente divulgación pueden proporcionar una interfaz de usuario donde se presenta un modelo virtual de los dientes en tres dimensiones. Una vez que se determinan las fuerzas y los momentos de las fuerzas (por ej., a través del uso de los IOD y/o los datos del aparato dental), se pueden presentar en la interfaz de usuario (por ej., se pueden presentar como flechas vectoriales que muestran la dirección y/o la magnitud de fuerza deseada) entre otra información sobre la fuerza que puede ser útil para el usuario.

10 Estas fuerzas pueden, por ejemplo, incluir las fuerzas de cualquier aparato dental en el diente, las fuerzas de los dientes vecinos, las fuerzas gingivales aplicadas y/o modificadas para efectos de otros dientes en el conjunto y sus fuerzas y/o movimientos, fuerzas de estructuras óseas y/u otras fuerzas que pueden afectar al diente. Algunas formas de realización pueden usar el espesor de la pared del aparato y/o datos de elementos (por ej., datos sobre elementos tales como muescas, estructuras de refuerzo). Esta información, por ejemplo, se puede medir con base en un aparato real, las mediciones tomadas a partir de un modelo virtual, y/o se puede estimar con base en un muestreo del espesor de las medidas tomadas de aparatos anteriores.

15 En algunos casos, puede ser esta combinación de fuerzas (algunas fuerzas pueden ser aditivas, neutrales, o sustractivas entre sí) que puede ser difícil de determinar sin el uso de formas de realización de la presente divulgación. Por consiguiente, las formas de realización de la presente divulgación pueden estimar con mayor precisión las fuerzas que se van a usar. En algunos casos, este tipo de análisis podría mover un diente más directamente a una ubicación de orientación y evitar movimientos adicionales que podrían ser necesarios si el análisis no se hizo. En algunas formas de realización, una fuerza mayor o menor puede ser determinada para ser usada para iniciar el movimiento del diente y, por lo tanto, el tratamiento puede ser más eficaz.

20 En algunos ejemplos, la fuerza se puede cuantificar con respecto a un único punto, tal como el centro de masa o el centro de rotación, asociado con un diente o puede estar asociada con una o más superficies de contacto de un diente (por ej., el contacto con otros dientes o el contacto con el aparato).

25 Las formas de realización de la presente divulgación pueden incluir muchas herramientas para la creación y la alteración de los aparatos dentales u otros elementos relacionados con el movimiento del diente. Estos elementos pueden incluir una o más bibliotecas de formas de dientes y datos del plan de tratamiento (por ej., datos de ortodoncia tales como tipodontos, datos reales de los dientes del paciente, y/o datos del plan de tratamiento), formas de aparatos dentales, datos relativos a los materiales de montaje que se podrían usar, y/o datos con respecto a otras características de un aparato dental o estructura de un diente o la boca que pueden ser beneficiosos en la determinación de una fuerza.

30 Algunas formas de realización también incluyen herramientas de edición para cambiar la forma de los aparatos dentales u otros elementos relacionados con el movimiento del diente. Por ejemplo, las herramientas adecuadas podrían incluir las que se proporcionan de manera típica con respecto a las aplicaciones de software de elaboración y/o de diseño asistidas por ordenador.

35 En algunas formas de realización, las fuerzas deseadas y las fuerzas reales se pueden ilustrar en el modelo virtual de forma que el usuario pueda ver las diferencias entre las fuerzas reales y las deseadas (por ej., los vectores de fuerza y/o de magnitud tanto para las fuerzas deseadas como las reales). Esto puede ser útil, por ejemplo, al permitir al usuario ver las diferencias y ajustar la forma o la posición del aparato dental u otro elemento relacionado con el movimiento del diente.

40 La fuerza real se puede entonces volver a calcular y luego ilustrar para mostrar la fuerza revisada de la forma revisada y/o la posición, en algunas formas de realización. El efecto resultante se puede mostrar en los otros dientes del conjunto en algunas formas de realización, que pueden ayudar al usuario a identificar cualquier problema imprevisto con un plan de tratamiento propuesto o la posición y/o la forma del aparato dental.

45 En algunos ejemplos, se pueden ilustrar múltiples posiciones y/o formas calculadas (por ej., las fuerzas generadas a partir de una primera posición y una segunda posición se pueden ilustrar juntas y, en algunos casos, con las fuerzas deseadas). Esto puede ser beneficioso, por ejemplo, para identificar cómo el cambio de una primera a una segunda posición afectó a las fuerzas. También puede ser beneficioso para identificar si el cambio de una primera a una segunda posición está ajustando las fuerzas creadas más cerca de las fuerzas deseadas, entre otros beneficios.

50 Los ejemplos pueden usar, por ejemplo, Geometría Diferencial Discreta para sus cálculos frente a otros sistemas que usan Análisis de Elementos Finitos. Esto puede ser beneficioso, por ejemplo, porque, dichas formas de realización pueden hacer cálculos mucho más rápido y/o con menos tiempo y/o recursos de computación, en muchos casos.

55 Se pueden usar varias formas de realización y ejemplos para determinar que la configuración resultante de los dientes se basaría en el aparato propuesto en el plan de tratamiento. Esto puede ser beneficioso, por ejemplo, para

determinar si el aparato propuesto movería el diente como se desea, si se debe usar otro tipo de aparato, o si el aparato se debe rediseñar para proporcionar el movimiento deseado del diente.

Algunas formas de realización y ejemplos pueden identificar si el aparato se estirará y dónde se va a producir tal estiramiento. Esto puede ser beneficioso, por ejemplo, para identificar los puntos en los que el aparato se debe reforzar para reducir o eliminar el estiramiento.

Un procedimiento propuesto incluye: recibir datos de ortodoncia iniciales (100) de los dientes de un paciente, identificar un modelo dental virtual de destino de los dientes con base en los IOD que representan un plan de tratamiento, identificar uno o más aparatos dentales creados de manera virtual usados en el plan de tratamiento, computar uno o más parámetros de la fuerza deseada de un aparato dental para alcanzar una posición final de un segmento particular del plan de tratamiento, y estimar las fuerzas reales generadas por el aparato dental creado de manera virtual como se aplica a uno o más dientes y verificar que el aparato dental creado de manera virtual está aplicando un parámetro de la fuerza deseada a los uno o más dientes.

Otro procedimiento incluye los siguientes elementos: la recepción de datos de ortodoncia iniciales (IOD) de los dientes, la recepción de posiciones deseadas de los dientes de un plan de tratamiento para los dientes contenidos en los IOD, el cómputo de una fuerza deseada y un par deseado a ser aplicado a los dientes para alcanzar las posiciones deseadas de los dientes, y el diseño de una forma y una posición del aparato dental optimizado para mover los dientes a las posiciones deseadas de los dientes.

Las formas de realización de la presente divulgación también pueden ser beneficiosas por razones que incluyen, el uso de información de la fuerza del mundo real, los datos de los dientes, y/u otros datos estructurales para calcular la posición para la colocación y/o la forma potencial de un aparato dental u otro elemento del aparato y/o conformación general de un aparato sin tener que probar todas estas iteraciones en un paciente o grupo de pacientes reales.

En la siguiente sección de la descripción detallada de la presente divulgación, se hace referencia a las figuras adjuntas que forman una parte de la misma, y en las que se muestra a modo de ilustración cómo se puede poner en práctica una serie de formas de realización de la divulgación. Estas formas de realización se describen con suficiente detalle para permitir a aquéllos con experiencia ordinaria en la técnica poner en práctica una serie de formas de realización de esta divulgación, y se ha de entender que se pueden usar otras formas de realización y que se pueden hacer cambios del proceso, eléctricos o mecánicos sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

Las figuras en la presente memoria siguen una convención de numeración en la que el primer dígito o dígitos corresponden al número de la figura de dibujo y los dígitos restantes identifican un elemento o componente en el dibujo. Los elementos o componentes similares entre diferentes figuras se pueden identificar por el uso de dígitos similares. Por ejemplo, 208 puede hacer referencia a elemento "8" en la Figura 2, y un elemento similar se puede mencionar como 408 en la Figura 4.

Como se apreciará, los elementos que se muestran en las diversas formas de realización en la presente memoria se pueden añadir, intercambiar, y/o eliminar con el fin de proporcionar un número de formas de realización adicionales de la presente divulgación. Además, como se apreciará, la proporción y la escala relativa de los elementos previstos en las figuras están destinados a ilustrar las formas de realización de la presente divulgación, y no se deben tomar en un sentido limitativo. Como se usa en la presente memoria, "un número de" algo se puede referir a uno o más de tales cosas.

Si bien el término general "ortodoncia" se usa en la presente memoria, la presente divulgación se puede referir a los tratamientos de naturaleza ortognática. Por ejemplo, en casos que incluyen el tratamiento de la estructura esquelética subyacente de un paciente, los dientes se pueden reorganizar por medio del reposicionamiento quirúrgico de los huesos subyacentes que sujetan los dientes con el fin de lograr una disposición de mordida final deseada. En ambos enfoques de tratamiento de ortodoncia y ortognática, la alineación de los dientes se puede evaluar antes, durante, y/o después del tratamiento.

Los profesionales del tratamiento suelen elegir un plan de tratamiento para los dientes de un paciente con base en la experiencia con ciertos tipos de elementos físicos y/o aparatos dentales a ser usados. A menudo se hace una suposición de que el aparato dental moverá los dientes o un determinado diente en una dirección particular con base en la forma del aparato dental.

Sin embargo, un resultado real con base en las fuerzas reales en funcionamiento puede dar como resultado una orientación diferente de la esperada, que puede ser un resultado no deseado. Con el uso de las instrucciones ejecutables por un dispositivo de computación, un profesional del tratamiento puede establecer un objetivo de tratamiento personalizado específico para cada diente o un conjunto de dientes para cada paciente individual. Con este objetivo de tratamiento en mente, una fuerza aplicada a un diente por un aparato dental se puede identificar y probar de manera virtual.

Los modelos dentales virtuales a partir de un escaneo de la dentición de un paciente pueden estar provistos de diseño asistido por ordenador y/o sistemas de fabricación, incluidos los sistemas de tratamiento dental. Los datos de

ortodoncia iniciales (IOD) que representan una disposición dental inicial se pueden obtener de una variedad de maneras.

5 Por ejemplo, se pueden obtener imágenes de los dientes del paciente para obtener datos digitales por el uso de luz estructurada directa o indirecta, rayos X rayos X tridimensionales, rayos láser, escaneo destructivo, imágenes o datos tomográficos asistidos por ordenador, imágenes de resonancia magnética, y/o tecnología de escaneo intraoral, reconstrucción fotográfica, y/u otras técnicas de toma de imágenes. Los IOD pueden incluir una disposición completa de los dientes de la boca, algunos, pero no todos los dientes en la boca, y/o puede incluir un solo diente.

10 Un modelo positivo y/o una impresión negativa de los dientes del paciente o un diente se pueden escanear por el uso de una placa de rayos X, escáner láser, un escáner destructivo, una luz estructurada, y/u otro sistema de adquisición de rango para producir los IOD. Los datos producidos por el sistema de adquisición de rango se pueden convertir a otros formatos para que sean compatibles con el software que se usa para la manipulación de imágenes dentro de los datos, como se describe en la presente memoria.

15 Con referencia ahora a la Figura 1A, se ilustra un modelo dental virtual inicial 100 de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación. Como se describe en la presente memoria, el modelo dental virtual inicial 100 se puede obtener a partir de un primer escaneo de una dentición del paciente antes del tratamiento o en un estado intermedio del tratamiento (por ej., antes de que el tratamiento se haya completado) o el escaneo final de una cierta fase del tratamiento. Una o más formas de realización de la presente divulgación incluyen la recepción de IOD virtuales y una posición deseada de un diente contenida en los IOD virtuales. El modelo dental virtual inicial (por ej., los IOD virtuales) también puede incluir un modelo de un diente individual (por ej., el diente 102-1) que es parte de un modelo dental completo, tal como un modelo dental virtual completo 100.

20 La Figura 1B ilustra un modelo dental virtual de destino 104. El modelo dental virtual de destino 104 se puede crear por medio de la modificación del modelo dental virtual inicial 100 de acuerdo con uno o más objetivos del tratamiento de un plan de tratamiento. Los uno o más objetivos del tratamiento pueden ser específicos para cada caso (por ej., específico para el paciente en particular en el que se basa el modelo dental virtual inicial 100). El modelo dental virtual de destino 104 también puede incluir un modelo de destino de un diente individual (por ej., el diente 102-2) que es parte de un modelo dental completo similar al modelo dental de destino completo 104. En algunas formas de realización, los IOD virtuales 100 y el modelo dental virtual de destino 104 se pueden visualizar a través de una interfaz de usuario en tres dimensiones.

25 Los planes de tratamiento están diseñados por medio de: el inicio con una configuración actual de los dientes (por ej., los IOD virtuales 100), la determinación del modelo dental virtual de destino 104, la generación de una trayectoria para los dientes desde los IOD virtuales hasta la configuración de destino, y la segmentación de esa trayectoria en múltiples segmentos para formar los aparatos. Las formas de realización de la presente divulgación pueden identificar y probar de manera virtual la fuerza aplicada a los dientes por un aparato diseñado o el elemento físico se puede usar para determinar que la configuración resultante real de los dientes se basaría en el alineador propuesto en el plan de tratamiento frente a la configuración prevista.

30 En algunas formas de realización, estas fuerzas pueden incluir las fuerzas de cualquier aparato dental en el diente, las fuerzas de los dientes vecinos, las fuerzas gingivales aplicadas y modificadas con base en los efectos de otros dientes en el conjunto y sus fuerzas y/o movimientos, las fuerzas de estructuras óseas y/u otras fuerzas que pueden afectar al diente. En algunas formas de realización, el espesor de la pared del aparato y los datos de los elementos (por ej., muescas, estructuras de refuerzo, forma, orientación con respecto a uno o más dientes, etc.) se pueden usar para determinar la configuración resultante real de los dientes frente a la configuración prevista. La información de fuerza se puede medir con base en un aparato real y/o se puede estimar con base en el muestreo del espesor de mediciones tomadas de otros aparatos que se han medido previamente.

35 La identificación y/o las pruebas virtuales de las fuerzas se pueden usar en la optimización de los productos para su uso en la boca de un paciente, tales como alineadores, anclajes, accesorios, y otros aparatos dentales, y potencialmente en las superficies del aparato (por ej., muescas, crestas, espesor, forma, orientación, etc.), las propiedades de los materiales del aparato, y su interacción con los dientes. La identificación y/o las pruebas virtuales de una o más fuerzas aplicadas permite a un usuario identificar las fuerzas presentes en un conjunto de dientes de un aparato dental y optimizar la forma y/o la posición del aparato dental de forma que las fuerzas deseadas estén actuando en los dientes para mover los dientes a lo largo de un segmento particular del plan de tratamiento.

40 Las pruebas virtuales de una fuerza aplicada a un diente también pueden ser beneficiosas en la determinación de la cantidad de fuerza que se aplica al diente y desde cuáles una o más direcciones. Esta información se puede usar para determinar la forma y/o el posicionamiento del aparato dental para acercarse a la fuerza y/o dirección necesaria deseada para el movimiento del diente.

45 La Figura 2 ilustra un ejemplo de modelo tridimensional de los dientes (por ej., los IOD 200), un aparato 204, y un ejemplo de una interfaz de usuario 208 para la identificación de la fuerza colocada en los dientes 200 de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación. El modelo de los dientes puede ser los IOD 200 o puede ser una posición de los dientes en un segmento de trayectoria del diente particular del plan de tratamiento

(por ej., la posición posterior a la posición de partida del plan de tratamiento). Por ejemplo, cada segmento de trayectoria del diente del plan de tratamiento puede tener aparatos o un aparato dental configurado para mover los dientes desde una posición posterior del segmento de trayectoria del diente a otra posición más próxima a una posición final del plan de tratamiento correspondiente.

- 5 En una o más formas de realización, un usuario puede colocar de manera virtual el aparato dental 204 con, por ejemplo, una geometría de la cavidad de la primera etapa del plan de tratamiento sobre los IOD 200 e identificar las fuerzas reales aplicadas a los dientes contenidos en los IOD 200 del aparato dental 204 con base en las propiedades del material del aparato dental, las características y/o la forma de los dientes.

10 Por ejemplo, la deformación elástica del aparato dental con base en las propiedades del material del aparato, las características y la forma de los dientes pueden determinar una cantidad de esfuerzo en el aparato, una fuerza y/o par aplicada a cada diente, y/o los contactos individuales del alineador en los dientes y su resistencia relativa. El hecho de conocer las fuerzas que actúan sobre el aparato dental y sobre los dientes le permite a un usuario crear las características del aparato dental con mayor precisión para mover de manera más eficiente los dientes desde una posición inicial hasta una posición final del plan de tratamiento correspondiente a un aparato dental.

15 La Figura 3 ilustra ejemplos de aparatos dentales tridimensionales y un ejemplo de una interfaz de usuario 308 para la identificación de la fuerza en el aparato dental y aplicada al conjunto virtual de dientes (por ej., los IOD 200 en la Figura 2) de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación. En una o más formas de realización, un usuario puede identificar de manera virtual la fuerza colocada en el aparato dental y en los dientes cuando el aparato dental se coloca sobre los IOD.

20 Como se ve en la Figura 3, hay tres aparatos dentales tridimensionales mostrados en la interfaz de usuario 308. El primer aparato dental 310 ilustra una cantidad de esfuerzo interna que actúa sobre el aparato dental cuando se coloca sobre los IOD. La cantidad de esfuerzo se indica como un número ligero de puntos a un número más abundante de la escala de puntos. Por ejemplo, las áreas del aparato dental 310 que tienen una baja cantidad de estrés se muestran como un número ligero de puntos, mientras que las áreas del aparato dental 310 que tienen cantidades más altas de estrés se muestran como un número más abundante de puntos.

El segundo aparato dental 312 en la interfaz de usuario 308 ilustra una fuerza y un par aplicado a cada diente. Los vectores 314 pueden representar la fuerza aplicada a un diente por el aparato dental. De manera adicional, los vectores 316 pueden representar el par aplicado a los dientes de los aparatos dentales. Los vectores pueden representar la fuerza, el par, y/o la magnitud de cada uno.

30 El tercer aparato dental 318 en la interfaz de usuario 308 ilustra los contactos individuales del aparato dental en los dientes y la resistencia relativa del contacto. Por ejemplo, las flechas 320 pueden ilustrar la dirección y la magnitud de la fuerza local donde el aparato dental entra en contacto con los dientes.

35 Por medio de la identificación de las fuerzas reales que actúan sobre el aparato dental y los dientes, el aparato dental y los elementos del aparato dental pueden ser editables por un usuario de forma que las fuerzas reales sean lo suficientemente similares a las fuerzas deseadas como se discute de manera adicional en la presente memoria.

40 Para una o más formas de realización, una vez que se identifican las fuerzas reales del aparato dental en el diente, se determinan una o más fuerzas deseadas que deben ser aplicadas por el aparato dental para mover los dientes a las posiciones de los dientes de la primera etapa. La Figura 4 ilustra un modelo de dientes tridimensional de ejemplo y un ejemplo de una interfaz de usuario 408 para la determinación de la fuerza deseada y el par colocado en un diente 422 de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación.

En una o más formas de realización, un usuario puede probar de manera virtual la forma y/o la colocación de un aparato dental u otra estructura de aparato (por ej., el elemento físico 421-1) y hacer ajustes a la forma o la colocación y volver a intentar el movimiento hasta se consiga el mejor resultado o el más satisfactorio.

45 El modelo de diente 422 incluye las flechas 426-1 y 426-2 que representan una fuerza deseada y los componentes del par para el movimiento del diente 422, por ejemplo, las flechas 426-1 y 426-2 pueden representar una fuerza ideal y los componentes del par para el movimiento.

50 El modelo de diente 422 también incluye el elemento de superficie del diente 424-1 (por ej., el aparato dental, la muesca, etc.) y una flecha 424-2 que puede representar una dirección y/o magnitud de la fuerza deseada del elemento, dado un conjunto de características físicas y/o del aparato. Un elemento o elementos (por ej., el elemento 424-1) pueden aplicar una fuerza y/o par al diente 422, que puede estar representada por la flecha 424-2.

Una posible ubicación 428 donde un elemento 424-1 puede ser colocado en el diente 422 también puede estar disponible en el modelo de diente y la interfaz de usuario 408. El diente, así como también los elementos del aparato dental pueden ser editables por un usuario como se discutió de manera adicional en la presente memoria.

55 Para una o más formas de realización, una vez que se identifican las fuerzas deseadas para el movimiento de uno o más dientes, se puede optimizar una geometría y/o una posición de cavidad del alineador para alcanzar las fuerzas

- 5 deseadas para mover los dientes a las posiciones deseadas de los dientes con base en las propiedades del material del aparato dental, las características y la forma de los dientes. El diseño de la geometría y/o la posición de la cavidad del alineador optimizada puede incluir las pruebas virtuales y el ajuste del aparato dental de manera iterativa para alcanzar las fuerzas deseadas para el movimiento de los dientes a la ubicación de los dientes de la primera etapa.
- La Figura 5 ilustra un modelo de dientes tridimensional de ejemplo y un ejemplo de una interfaz de usuario 508 para las pruebas de la fuerza colocada en un diente 522 de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación. En algunas formas de realización, un usuario puede tomar datos de la boca de un paciente real o un tipodonto y determinar las fuerzas deseadas durante una porción de un plan de tratamiento para mover un diente desde una posición hasta otra. Un tipodonto se puede referir a un modelo dental virtual que incluye un número de formas de dientes ideales (por ej., a partir de una biblioteca de referencia de formas de dientes idealizadas).
- 10 El uso de datos de casos reales puede ser útil, por ejemplo, donde se desea que un aparato dental lleve a cabo un movimiento en particular con respecto a un posicionamiento de un diente particular debido a una maloclusión particular. En algunas formas de realización, un usuario puede ingresar parámetros físicos de un aparato dental (por ej., el aparato, el alineador, una muesca, etc.) a ser creado o alterado en una ventana de ubicación y orientación 530.
- 15 Por ejemplo, un usuario puede ingresar parámetros tales como una longitud 532, una anchura 534, una prominencia 536, una profundidad 538 dentro del diente 522, un ángulo de activación 540, y un desplazamiento activador en superficies inactivas 542. En algunas formas de realización, el sistema se puede configurar para permitir a un usuario modificar otros ajustes, tales como un ancho del gradiente de iso-superficie 544 y un tamaño de vóxel 546. En diversas formas de realización, un usuario puede optar identificar el diente 522 por un número o algún otro identificador e ingresar u optar el identificador en un cuadro desplegable tal como la caja 548. Un usuario también puede optar por ingresar parámetros para un centro del aparato dental y una superficie activa (por ej., los parámetros 550 y 552).
- 20 En algunas formas de realización, se proporciona una interfaz de usuario (por ej., la interfaz de usuario 508), donde se presenta un modelo virtual del diente en tres dimensiones. Una vez que se determinan las fuerzas y los momentos de las fuerzas en el diente, se pueden presentar en la interfaz de usuario (por ej., se pueden presentar como flechas vectoriales que muestran la dirección y/o la magnitud de la fuerza o el estrés deseados), entre otra información sobre la fuerza que pueden ser útil para el usuario.
- 25 Las flechas vectoriales 526-1 y 526-2 pueden representar la fuerza deseada (por ej., ideal) y/o el par para el movimiento del diente 522, y la flecha vectorial 554 puede representar una fuerza y un par aplicados al diente 522 por un elemento 524-1. La flecha vectorial 524-2 puede representar una dirección y magnitud de la fuerza deseada (por ej., óptima) del elemento, dado un conjunto de elementos (por ej., el aparato dental, una muesca, etc.).
- 30 Los datos de casos de planes de tratamiento se pueden analizar para determinar el movimiento de un diente particular desde una primera posición, por ej., la posición inicial o una posición intermedia que es anterior a la posición posterior) hasta una posición posterior (por ej., deseada). Esta información entonces se puede usar en un análisis de las fuerzas con respecto a los aparatos dentales propuestos u otros análisis del movimiento relacionado con el alineador.
- 35 Las herramientas para la creación y/o la alteración de los aparatos dentales u otros elementos relacionados con el movimiento del diente se pueden usar para probar de manera virtual la fuerza colocada sobre un diente en algunas formas de realización. Estos elementos pueden incluir una o más bibliotecas de formas de dientes y datos del plan de tratamiento (por ej., tipodontos, datos de dientes de pacientes reales, y/o datos del plan de tratamiento), formas de aparatos dentales, datos relativos a los materiales de montaje que se podrían usar, y/o datos en relación con otras características de un alineador, un diente, y/o la estructura de la boca.
- 40 Los elementos también pueden incluir herramientas de edición para cambiar la forma de los aparatos dentales u otros elementos relacionados con el movimiento del diente. Por ejemplo, las herramientas adecuadas podrían incluir las que se proporcionan de manera típica con respecto a las aplicaciones de software de elaboración y/o de diseño asistidas por ordenador.
- 45 Como se explicó, en algunos ejemplos, las fuerzas deseadas y las fuerzas reales se pueden ilustrar en el modelo virtual de forma que el usuario puede ver las diferencias entre las fuerzas reales y las deseadas (por ej., la fuerza y/o los vectores de magnitud, tanto para las fuerzas deseadas como las reales). Esto puede ser útil, por ejemplo, al permitir al usuario ver las diferencias y ajustar la forma o la posición del aparato dental u otro elemento relacionado con el movimiento del diente. La fuerza real entonces se puede volver a calcular y/o ilustrar para mostrar la fuerza revisada de la forma y/o la posición revisadas.
- 50 También como se explicó con anterioridad, en algunos ejemplos, se pueden ilustrar múltiples posiciones y/o formas calculadas (por ej., las fuerzas generadas desde una primera posición y una segunda posición se pueden ilustrar juntas y, en algunos casos, con las fuerzas deseadas). Esto puede ser beneficioso, por ejemplo, para identificar cómo el cambio de una primera a una segunda posición afectó a las fuerzas. También puede ser beneficioso para
- 55

identificar si el cambio de una primera a una segunda posición está ajustando las fuerzas creadas más cerca de las fuerzas deseadas.

5 Se debe señalar que una fuerza que se puede cuantificar para el movimiento del diente es para el movimiento total del diente desde una primera posición hasta una segunda posición. Sin embargo, las fuerzas de las interacciones de las encías y los huesos para algunos cálculos de fuerza también se pueden incorporar y, por lo tanto, en algunas formas de realización, se pueden determinar las fuerzas para las diferentes etapas de movimiento, tal como la fuerza inicial necesaria para la descomposición ósea frente a la fuerza necesaria para el movimiento una vez que se ha producido la reestructuración ósea. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el movimiento desde una primera posición a una segunda posición se puede determinar por medio del cálculo de la fuerza suficiente para que el diente comience a moverse (por ej., la primera y la segunda posición podrían estar relativamente cerca o adyacentes y por lo tanto la fuerza para crear ese movimiento sería la fuerza que se necesita para empezar a mover el diente).

Las técnicas de modelado que involucran estructuras gingivales o hueso se pueden llevar a cabo, por ejemplo, por medio del modelado de la estructura de la raíz y/o la estructura del hueso de la mandíbula y/o la encía. Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, por el uso de los datos del paciente y/o los datos del tipodonto.

15 En algunos ejemplos, se puede calcular un centro de masa para el diente, y las fuerzas (por ej., fuerzas deseadas) se puede asociar con el centro de masa. En algunas formas de realización, se puede calcular un centro de rotación, y las fuerzas se pueden asociar con el centro de rotación.

20 En algunas formas de realización, se puede identificar una posible área de colocación 528 en la que se puede posicionar un accesorio en un diente. Esta información se puede obtener a través de los datos experimentales programados en el software y/o introducidos por el usuario o múltiples usuarios. Además, esto se puede calcular con base en las fuerzas que se van a generar.

25 Por ejemplo, en algunas formas de realización, las fuerzas generadas se pueden determinar para un accesorio que ha sido seleccionado por el usuario para su colocación sobre el diente y una posible área de colocación 528 se puede identificar para la colocación del accesorio sobre el diente. La colocación del accesorio puede estar basada, por ejemplo, en la posible área de colocación 528 que resultaría en un resultado determinado que estaría dentro de una proximidad de umbral para el resultado deseado. En algunas formas de realización, a medida que se cambia la forma y/o la orientación del aparato dental, la posible área de colocación se puede volver a calcular.

30 La posible área de colocación 528 podría estar basada, por ejemplo, en áreas donde se podría lograr en realidad la unión (por ej., las porciones del diente, donde un accesorio estaría suficientemente adherido al diente, de forma que no se despegue u sea obstruido por una estructura tal como una superficie del diente que no se forma por la unión a la misma o demasiado lejos por debajo de la encía). Este cálculo se podría determinar a través de datos experimentales o basarse en una o más características del diente, y/o materiales a usar (por ej., las características de adhesión de la superficie del diente, las características de adhesión del material de adhesión, las características de adhesión del material de aparato dental, la forma de la superficie de adhesión del accesorio, y/o la forma de la superficie del diente, etc.).

35 Por ejemplo, la posible área de colocación 528 puede no incluir las áreas de borde, las superficies excesivamente curvas, y/o las superficies contorneadas del diente debido a que la adhesión a las superficies puede ser difícil, en algunas situaciones. Puede que no sea razonable usar algunas áreas del diente, dado que ciertas áreas no se asocian o conectan de manera correcta con una superficie de un aparato, y como tal, en algunos ejemplos, la información de asociación y/o la información de la superficie se pueden usar en la determinación de posible áreas de colocación.

40 Por ejemplo, la asociación inadecuada puede incluir, por ejemplo, una posición de aparato que se calcula para estar indeseablemente cerca de o en contacto con un diente vecino, una posición del aparato que afecta de manera negativa al diente vecina y/o el área que rodea a la posible área de colocación, una posición que no proporcionaría un ajuste adecuado entre el accesorio y otro aparato tal como un alineador, y/o que impacta de manera negativa al área alrededor de un alineador y/o el aparato, entre otros. La conexión inadecuada con una superficie de un aparato puede incluir, por ejemplo, no tener una superficie de diente que proporcionaría una superficie de unión segura para la unión de un mismo aparato, entre otros.

45 En algunos ejemplos, la posible área de colocación 528 puede ser "dinámica" en que puede cambiar a medida que cambian ciertos criterios (por ej., la forma y/o el tipo de aparato, el material de adhesión, el material del aparato, etc.). Por ejemplo, un accesorio de una forma particular puede tener resultados más preferibles cuando se coloca sobre una primera área de un diente que un segundo accesorio que tiene una segunda forma, tal vez, con una forma de superficie diferente sobre la superficie a ser unida a la superficie del diente y, por lo tanto, la posible área de colocación se puede cambiar de forma que la interfaz de usuario pueda indicar los cambios a un usuario.

55 Como se discute en la presente memoria, en una o más formas de realización, un usuario puede colocar de manera virtual un aparato dental tal como un aparato sobre los IOD para identificar las fuerzas que actúan sobre el aparato. Por ejemplo, la identificación de fuerzas que actúan sobre el aparato puede determinar si el aparato se relajará y donde ocurrirá tal relajación. Esto puede ser beneficioso, por ejemplo, para identificar los puntos en los que el

aparato debe ser reforzado para reducir o eliminar la relajación.

La Figura 6 ilustra un sistema para la identificación virtual de la fuerza colocada en un diente de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación. En el sistema que se ilustra en la Figura 6, el sistema incluye un dispositivo de computación 656 que tiene un número de componentes acoplados al mismo. El dispositivo de computación 656 incluye un procesador 658 y la memoria 660. La memoria 660 puede incluir diversos tipos de información que incluyen los datos 662 y las instrucciones ejecutables 664 discutidas en la presente memoria.

La memoria y/o el procesador pueden estar situados en el dispositivo de computación 656 o fuera del dispositivo en algunas formas de realización. Como tal, como se ilustra en la forma de realización de la Figura 6, un sistema puede incluir una interfaz de red 666. una interfaz de este tipo puede permitir el procesamiento en otro dispositivo de computación en red o tales dispositivos se pueden usar para obtener información sobre el paciente o instrucciones ejecutables para su uso con diversas formas de realización proporcionadas en la presente memoria.

Como se ilustra en el ejemplo de la Figura 6, un sistema puede incluir una o más interfaces de entrada y/o salida 668. Tales interfaces se pueden usar para conectar el dispositivo de computación con uno o más dispositivos de entrada o salida.

Por ejemplo, en el ejemplo que se ilustra en la Figura 6, el sistema puede incluir la conectividad a un dispositivo de escaneo 670, una base de la cámara 672, un dispositivo de entrada 674 (por ej., un teclado, un ratón, etc.), un dispositivo de visualización 676 (por ej., un monitor), una impresora 678, y uno o más de otros dispositivos de entrada. La interfaz de entrada/salida 668 puede recibir los datos, almacenables en el dispositivo de almacenamiento de datos (por ej., la memoria 660), lo que representa un modelo dental digital de la dentición de un paciente.

En algunos ejemplos, el dispositivo de escaneo 670 se puede configurar para escanear uno o más moldes físicos de la dentición de un paciente. En una o más formas de realización, el dispositivo de escaneo 670 se puede configurar para escanear la dentición del paciente directamente. El dispositivo de escaneo 670 se puede configurar para ingresar datos a los módulos de aplicación 680.

La base de la cámara 672 puede recibir una entrada procedente de un dispositivo de imágenes (por ej., un dispositivo de imágenes de dos dimensiones) tal como una cámara digital o un escáner de fotografías impresas. La entrada desde el dispositivo de formación de imágenes se puede almacenar en el dispositivo de almacenamiento de datos (por ej., la memoria 660).

El procesador 658 se puede configurar para proporcionar una indicación visual de un modelo dental virtual en la pantalla 676 (por ej., en una interfaz gráfica de usuario que se ejecuta en el procesador 658 y visible en la pantalla 676). La interfaz gráfica de usuario puede estar configurada para permitir a un profesional del tratamiento u otro usuario ingresar los objetivos del tratamiento, para crear un modelo dental virtual de destino 602, y/o ingresar parámetros de aparato dental deseados o reales. Las entradas recibidas a través de la interfaz gráfica de usuario se pueden enviar al procesador 658 como datos y/o se puede almacenar en la memoria 660.

Tal conectividad puede permitir la entrada y/o salida de datos y/o instrucciones entre otros tipos de información. Si bien algunas formas de realización se pueden distribuir entre varios dispositivos de computación dentro de una o más redes, tales sistemas como se ilustra en la Figura 6 pueden ser beneficiosos en que permiten la captura, el cálculo, y/o el análisis de información discutida en la presente memoria.

El procesador 658, en asociación con el dispositivo de almacenamiento de datos (por ej., la memoria 660), se puede asociar con los datos y/o los módulos de aplicación 680. El procesador 658, en asociación con la memoria 660, puede almacenar y/o usar los datos y/o ejecutar las instrucciones para proporcionar un número de módulos de aplicación para las pruebas de manera virtual de la fuerza colocada en un diente.

Tales datos pueden incluir el modelo dental virtual inicial 600 y el modelo dental virtual de destino 602. Tales módulos de aplicación pueden incluir un módulo de creación 682, un módulo de verificación 684, un módulo de identificación 686, y/o un módulo de visualización 688.

El módulo de cómputo 684 se puede configurar para computar una posición deseada, una orientación deseada, y una magnitud relativa deseada de fuerza de contacto puntual de un aparato dental para lograr el modelo dental virtual de destino 602. Además, el módulo de cómputo puede determinar una fuerza deseada que está presente en el aparato dental con base en las propiedades de los materiales del aparato dental, las características y la forma de los dientes.

El módulo de creación 682 se puede configurar para crear de manera virtual un aparato dental con base en un plan de tratamiento. Por ejemplo, el módulo de creación 682 puede crear una pluralidad de aparatos dentales, tales como aparatos, que están configurados para mover los dientes a partir del modelo dental virtual inicial 600 al modelo dental virtual de destino 602, en el que cada aparato está configurado para mover los dientes una porción de la trayectoria desde el modelo dental virtual inicial 600 hasta el modelo dental virtual de destino 602. En algunas formas de realización, un aparato dental solo se puede usar para mover los dientes hacia el modelo dental virtual de destino

602.

5 El módulo de identificación 686 se puede configurar para identificar las fuerzas reales presentes en el aparato dental creado y en los dientes y verificar que el aparato dental esté aplicando los parámetros de fuerza deseada a los dientes contenidos en el modelo dental virtual inicial. Por ejemplo, el módulo de identificación 686 puede probar el aparato dental creado de manera virtual y verificar que tiene la posición, la orientación, la magnitud relativa de la fuerza de contacto puntual deseada, una cantidad deseada de esfuerzo, y los contactos individuales deseados del aparato dental.

10 El módulo de visualización 688 se puede configurar para exhibir el aparato dental creado de manera virtual y la fuerza de contacto puntual. El módulo de visualización 688 puede estar configurado para exhibir la información sobre el dispositivo de visualización 676.

La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para la identificación de fuerza colocada en los dientes de acuerdo con una o más formas de realización de la presente divulgación. En 790, se reciben los datos de ortodoncia virtuales iniciales (IOD) de los dientes.

15 Los IOD pueden ser recibidos en una variedad de formas y puede contener una variedad de información. Por ejemplo, los IOD pueden incluir una estructura de la encía y una estructura ósea de la boca, junto con un modelo inicial de los dientes o del diente.

20 Se pueden obtener imágenes de los dientes del paciente para obtener datos digitales por el uso de luz estructurada directa y/o indirecta, rayos X, rayos X tridimensionales, rayos láser, escaneo destructivo, imágenes y/o datos tomográficos asistidos por ordenador, imágenes de resonancia magnética, tecnología de escaneo intraoral, reconstrucción fotográfica, y/u otras técnicas de toma de imagen. Los IOD pueden incluir cualquier porción de la boca, de una disposición del diente de toda la boca para un solo diente.

25 Un modelo positivo y/o una impresión negativa de los dientes del paciente o un diente se pueden escanear por el uso de una placa de rayos X, un escáner láser, un escáner destructivo, luz estructurada, y/u otro sistema de escaneo para producir datos para los IOD. En algunas formas de realización, los datos producidos por el sistema de escaneo se pueden convertir a otros formatos para que sean compatibles con el software que se usa para la manipulación de imágenes dentro de los datos.

30 Una posición de diente deseada de un plan de tratamiento para los dientes contenidos en los IOD virtuales se recibe en 792. La posición deseada puede ser la elección de un tratamiento profesional y/o el paciente. La posición deseada puede ser también una posición que se ha usado para pacientes anteriores con posicionamiento similar de los dientes.

35 En 794, se computa una fuerza deseada y/o par a ser aplicado a los dientes con el fin de alcanzar las posiciones deseadas de los dientes. La fuerza y/o par se puede aplicar por el uso de un aparato dental (por ej., aparato, hoyuelo, etc.). Por el uso de esta fuerza deseada y/o par, se puede crear un aparato dental de manera virtual por el uso de un número de herramientas de creación mencionadas con anterioridad, que incluyen herramientas de edición para cambiar la forma de los aparatos dentales u otros elementos relacionados con el movimiento del diente. El aparato dental se puede ajustar de manera óptima en 796 hasta que se alcanza la fuerza deseada y el par para el movimiento del diente desde una posición inicial a la posición deseada.

40 En algunas formas de realización, se puede determinar una fuerza real generada por un aparato dental elegido por un paciente, un profesional del tratamiento, y/u otro usuario. Con base en esta fuerza real, se puede elegir un área para la colocación del aparato dental en el diente.

También se puede determinar un área para la colocación del aparato dental en el diente sin la determinación fuerza real. La fuerza deseada y el par a aplicar al diente se pueden comparar con la fuerza real determinada, y los resultados se pueden presentar a un usuario a través de una interfaz de usuario.

45 Esto puede ser útil, por ejemplo, al permitir al usuario ver las diferencias y ajustar la forma o la posición del aparato dental u otro elemento relacionado con el movimiento del diente. La fuerza real se puede volver a calcular y/o ilustrar para mostrar una fuerza revisada de la forma y/o la posición revisada.

50 Por ejemplo, la posición deseada, la orientación deseada, y/o la magnitud relativa deseada de la fuerza de contacto puntual se pueden volver a computar con una nueva restricción si el aparato dental no alcanza el resultado, objetivo del tratamiento, o modelo deseados. El aparato dental también se puede recrear con una forma diferente si no se cumplen los resultados deseados.

55 En 798, se diseñan los elementos estructurales del alineador que incluyen componentes optimizados dadas las propiedades del material para administrar una fuerza deseada. Una vez que se determinan las fuerzas y/o los momentos de las fuerzas en el diente, se pueden presentar en la interfaz de usuario (por ej., se pueden presentar como flechas vectoriales que muestran la dirección y/o magnitud de la fuerza deseada) entre otra información acerca de la fuerza que pueden ser útiles para el usuario.

- 5 La identificación virtual de fuerza colocada sobre un diente y el aparato dental puede ser beneficiosa por muchas razones, que incluyen el uso de la información de la fuerza del mundo real, los datos de los dientes, y/u otros datos estructurales para calcular la posición para la colocación y/o forma potencial de un aparato dental u otra característica del aparato sin tener que probar todas estas iteraciones en un paciente o grupo de pacientes reales. Los resultados pueden incluir un movimiento más preciso de los dientes, lo cual de este modo reduce el tiempo de tratamiento e incrementa la satisfacción del paciente, entre otros.
- 10 Estas formas de realización se describen con suficiente detalle para permitir a aquéllos con experiencia ordinaria en la técnica poner en práctica una o más formas de realización de la presente divulgación. Se ha de entender que se pueden usar otras formas de realización y que se pueden hacer cambios del proceso, eléctricos, y/o estructurales sin apartarse del alcance de la presente divulgación.
- 15 Como se apreciará, los elementos que se muestran en las diversas formas de realización en la presente memoria se pueden añadir, intercambiar, combinar, y/o eliminar con el fin de proporcionar un número de formas de realización adicionales de la presente divulgación. La proporción y la escala relativa de los elementos previstos en las figuras están destinados a ilustrar las formas de realización de la presente divulgación, y no se deben tomar en un sentido limitativo.
- 20 Como se usa en la presente memoria, "un" o "un número de" algo se puede referir a uno o más de tales cosas. Por ejemplo, "un número de dispositivos de computación" se puede referir a uno o más dispositivos de computación.
- Si bien las formas de realización específicas se han ilustrado y descrito en la presente memoria, aquéllos con experiencia en la técnica apreciarán que cualquier disposición calculada para alcanzar las mismas técnicas se puede sustituir por las formas de realización específicas mostradas. Esta divulgación se destina a cubrir cualesquiera y todas las adaptaciones o variaciones de las diversas formas de realización de la divulgación.
- 25 Se ha de entender que la descripción anterior se ha llevado a cabo de una manera ilustrativa, y no uno restrictiva. La combinación de las formas de realización anteriores, y otras formas de realización no descritas de manera específica en la presente memoria será evidente para aquéllos con experiencia en la técnica tras la revisión de la descripción anterior.
- El alcance de las diversas formas de realización de la divulgación incluye otras aplicaciones en las que se usan las estructuras y procedimientos anteriores. Por lo tanto, el alcance de diversas formas de realización de la divulgación se debe determinar con referencia a las reivindicaciones adjuntas, junto con el alcance completo de equivalentes que abarcan tales reivindicaciones.
- 30 En la descripción detallada anterior, diversos elementos se agrupan en formas de realización de ejemplo ilustradas en las figuras con el fin de simplificar la divulgación. Este procedimiento de la divulgación no se debe interpretar como el reflejo de una intención de que las formas de realización de la divulgación requieren más elementos que los que se citan de manera expresa en cada reivindicación.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento implementado por medio de un dispositivo de computación para la identificación virtual de la fuerza colocada sobre un diente, que comprende:
 - la recepción de datos de ortodoncia iniciales (IOD), que incluyen datos de los dientes;
 - 5 la creación de un conjunto virtual de dientes (100) a partir de los IOD;
 - la identificación de un modelo de destino virtual de los dientes (104) con base en los IOD que representa un plan de tratamiento;
 - la recepción de información del aparato dental que incluye por lo menos una de las propiedades y características de los materiales del aparato dental;
 - 10 la colocación virtual de un aparato dental, formado a partir de la información del aparato dental, en el conjunto virtual de dientes;
 - el cómputo de uno o más parámetros de la fuerza deseada de un aparato dental con base en la información a partir de los IOD y la información del aparato dental para moverse hacia una posición final de un segmento particular de un plan de tratamiento; y
 - 15 la estimación de una o más fuerzas reales generadas por el aparato dental colocado de manera virtual como se aplica a uno o más dientes con base en la información a partir de los IOD y la información del aparato dental y la verificación de que el aparato dental colocado de manera virtual está aplicando un parámetro de la fuerza deseada a los uno o más dientes con base en una comparación de la una o más fuerzas deseadas y la una o más fuerzas reales estimadas.
- 20 2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procedimiento incluye el diseño de un aparato dental optimizado por las pruebas y el ajuste virtual de la geometría y la posición del aparato dental de manera iterativa para alcanzar las fuerzas deseadas para mover los dientes a una posición de los dientes en la primera etapa con base en por lo menos una de las propiedades del material del aparato dental, sus características y las características de la cavidad oral para alcanzar un resultado deseado para el movimiento de los dientes a las
 - 25 ubicaciones de los dientes en la primera etapa.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que además incluye la visualización de las una o más fuerzas aplicadas a uno o más dientes y las fuerzas deseadas a través de una interfaz de usuario, y/o que además comprende la comparación de una o más fuerzas deseadas con las fuerzas reales estimadas correspondientes y la presentación de los resultados a través de una interfaz de usuario.
- 30 4. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las fuerzas deseadas y las fuerzas reales estimadas incluyen por lo menos uno de: puntos de contacto entre los dientes y el aparato dental, una magnitud relativa de fuerza de contacto puntual del aparato dental, una cantidad de esfuerzo en el aparato dental, y los contactos individuales del aparato dental.
- 35 5. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el plan de tratamiento tiene una pluralidad de aparatos dentales y en el que los aparatos incluyen un alineador y un accesorio.
6. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la determinación de los parámetros de la fuerza deseada incluye datos de por lo menos uno de: la boca de un paciente, los datos del tipodonto, y los datos del aparato dental escaneados.
- 40 7. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las propiedades y características de los materiales del aparato dental incluyen el espesor del aparato dental, las muescas en el aparato dental, las estructuras de refuerzo, y la resistencia del material usado para construir el aparato dental.
8. Un sistema para la identificación virtual de la fuerza colocada sobre los dientes que comprende: un procesador (658); una memoria (660) que tiene instrucciones ejecutables por el procesador para ejecutar el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.
- 45 9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que los parámetros de la fuerza deseada y las fuerzas reales estimadas presentes incluyen por lo menos uno de una magnitud relativa de fuerza de contacto puntual del aparato dental, una cantidad de esfuerzo en el aparato dental, y los contactos individuales del aparato dental.
- 50 10. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la magnitud relativa de la fuerza de contacto puntual se exhibe en una interfaz de usuario como flechas vectoriales de fuerza y par que muestran una dirección y una magnitud, y/o en el que la cantidad de esfuerzo en el aparato dental se exhibe en una interfaz de usuario como una escala de colores.

11. El sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que los contactos individuales del aparato dental se muestran como flechas.
12. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que las fuerzas reales estimadas presentes en el aparato dental creado de manera virtual se muestran en una interfaz de usuario.
- 5 13. El sistema de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el sistema incluye una biblioteca de datos que incluye por lo menos uno de: formas de dientes, formas de aparatos, características de aparatos, características de los materiales de montaje, estructuras de los dientes, y estructuras de la boca.
- 10 14. Un medio legible por el dispositivo de computación no transitorio que tiene instrucciones ejecutables que se pueden ejecutar por un procesador (658) para provocar que un dispositivo de computación lleve a cabo un procedimiento para la identificación virtual de la fuerza colocada sobre un diente, de acuerdo con la reivindicación 1.
- 15 15. El medio de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el diseño de la forma y la posición del aparato dental optimizado incluye:
las pruebas y el ajuste virtual del aparato dental de manera iterativa para tratar de llegar a la fuerza y el par deseados para el movimiento de un diente particular desde una posición inicial hasta una posición deseada con base en la comparación.
16. El medio de acuerdo con la reivindicación 15, que además incluye:
la visualización de la fuerza deseada y el par deseado a través de una interfaz de usuario; y
la visualización de la fuerza y el par reales estimados aplicados a los dientes por el aparato dental a través de la interfaz de usuario.
- 20 17. El medio de acuerdo con la reivindicación 15, en el que uno de: la posición, la forma y la orientación del aparato dental son modificados por el usuario a través de la interfaz de usuario si no se obtienen la fuerza y el par deseados.
- 25 18. El medio de acuerdo con la reivindicación 14, en el que uno nuevo de: la posición, la forma y la orientación se calcula y se sugiere al usuario a través de la interfaz de usuario.

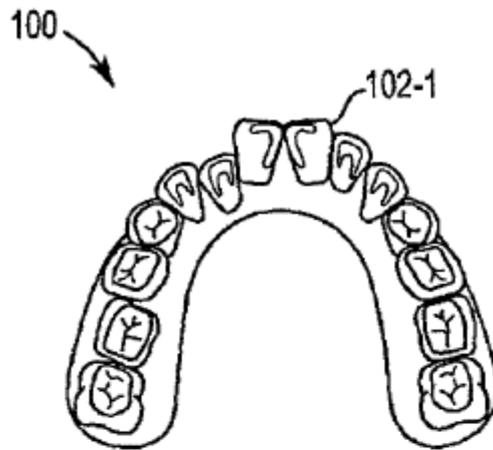


Fig. 1A

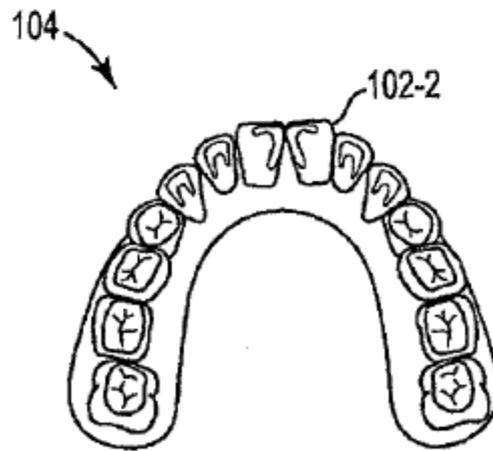


Fig. 1B

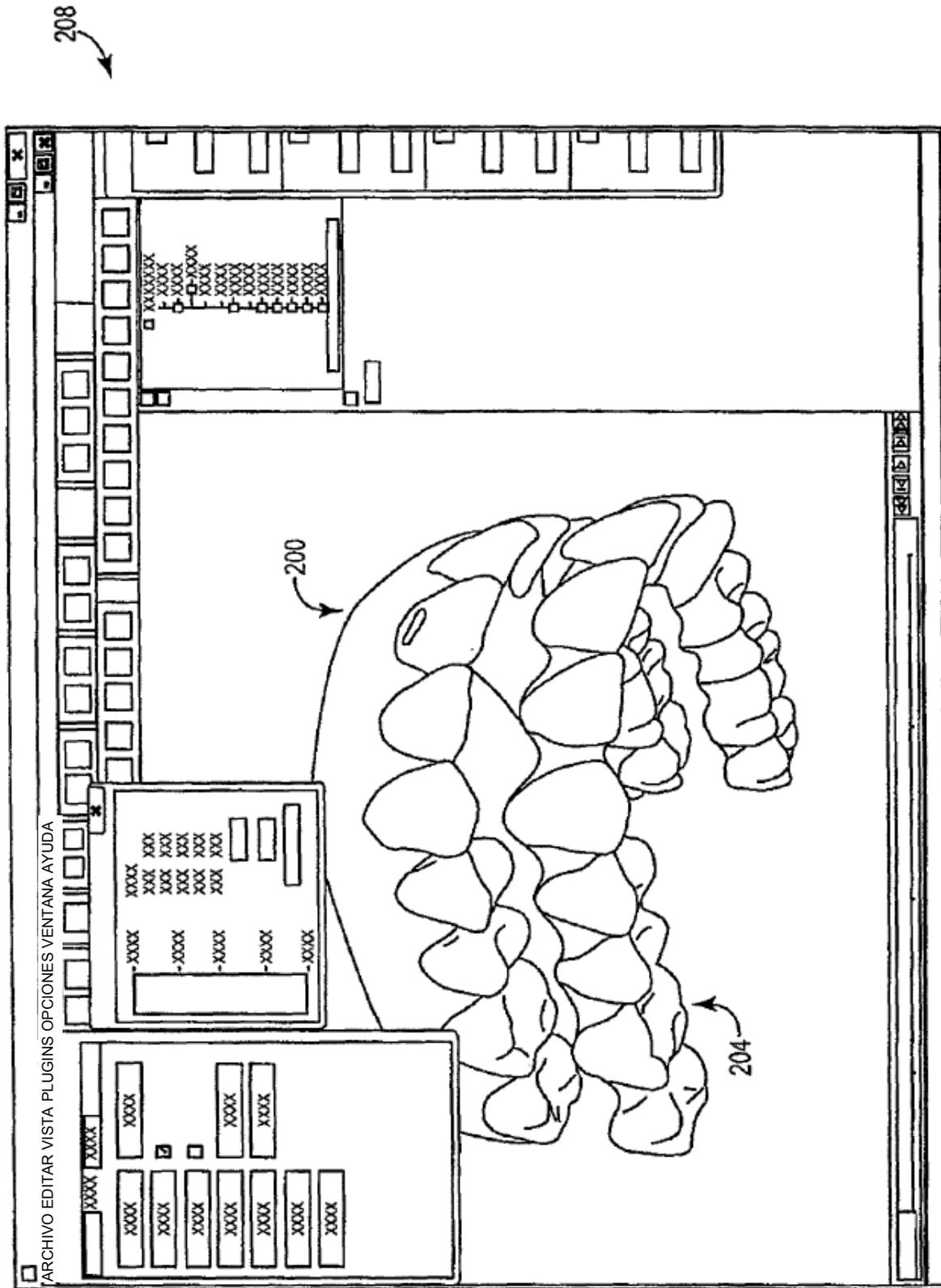


Fig. 2

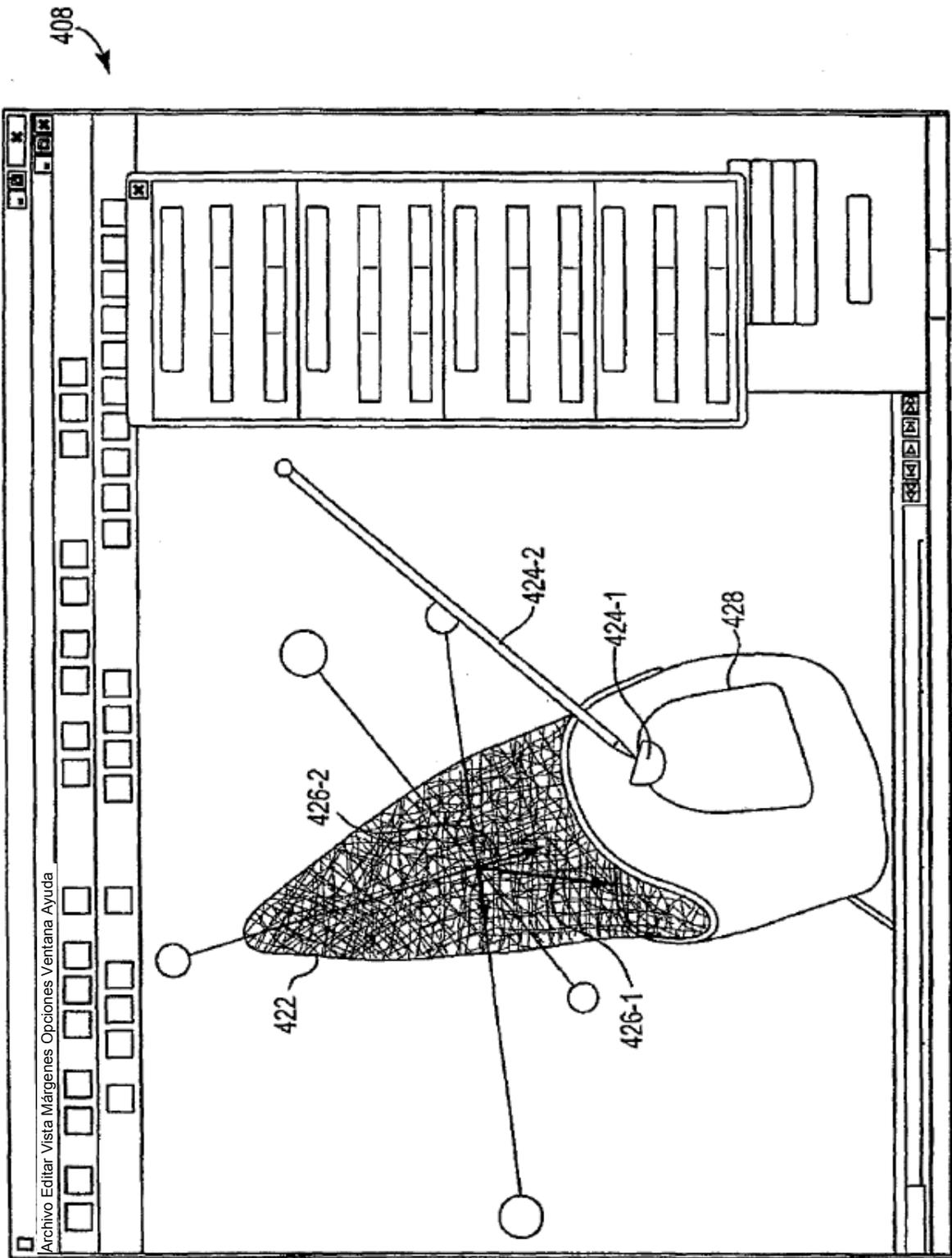


Fig. 4

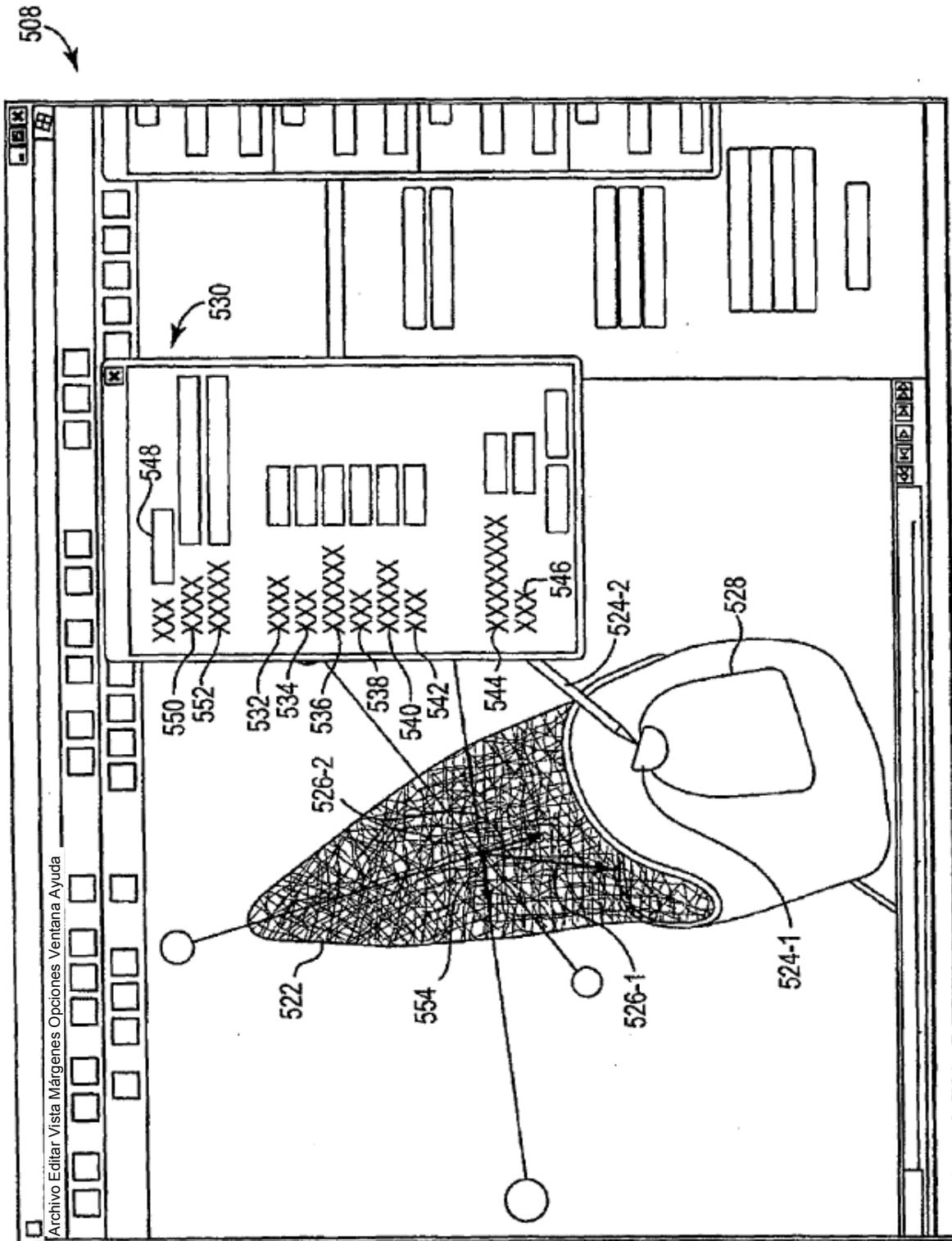


Fig. 5

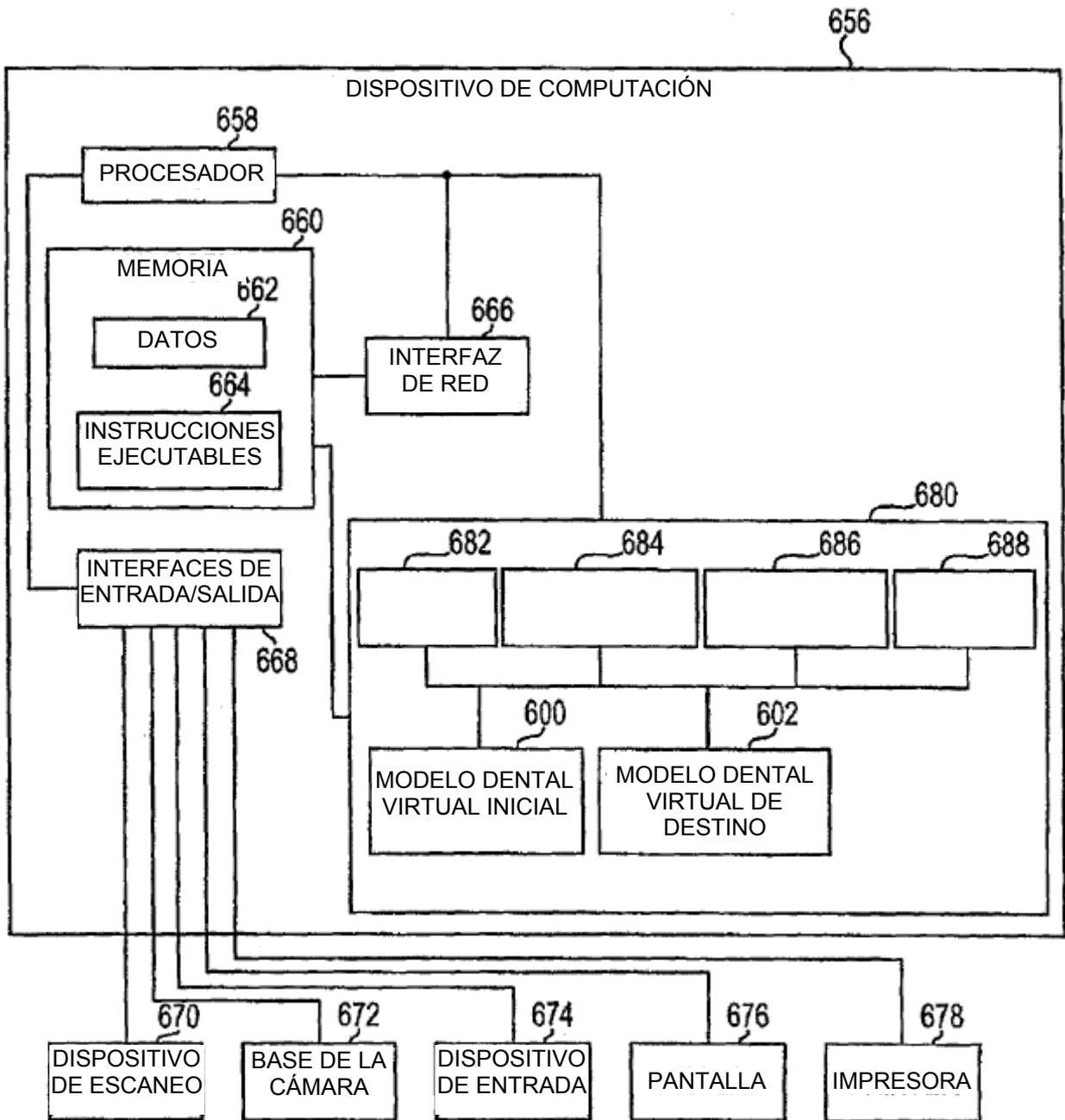


Fig. 6

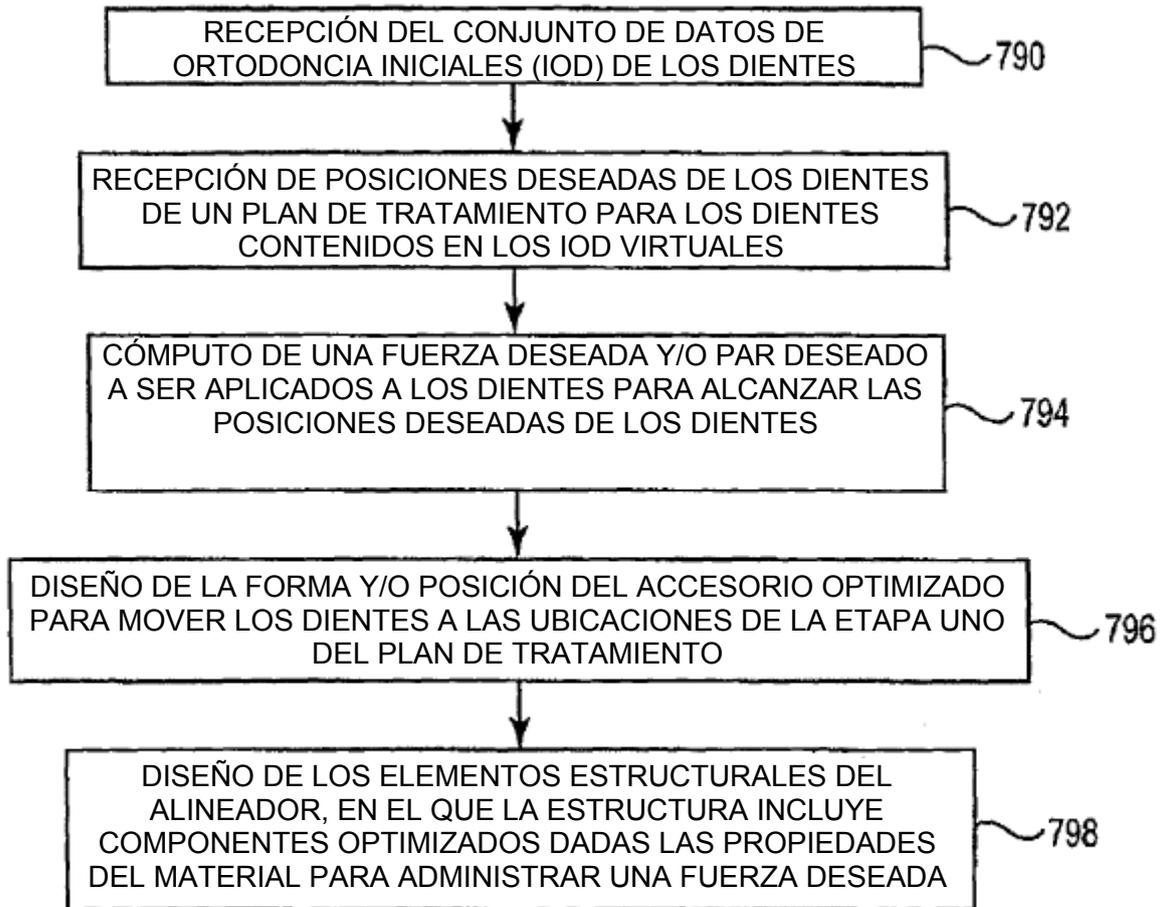


Fig. 7