(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 614 492**

(51) Int. CI.:

G06Q 50/22 (2012.01)
A61C 7/00 (2006.01)
A61C 7/08 (2006.01)
A61C 13/00 (2006.01)
G06Q 50/24 (2012.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2007 PCT/US2007/081313**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2008 WO08046079**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2007 E 07854020 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2074582**

(54) Título: **Sistema y procedimiento para facilitar mediciones y diagnósticos dentales automatizados**

(30) Prioridad:

13.10.2006 US 581067

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.05.2017

(73) Titular/es:

ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)
2560 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131, US

(72) Inventor/es:

MATOV, VADIM;
WU, FUMING;
KUO, ERIC y
LOUNG, JENGHUEI, GENE

(74) Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para facilitar mediciones y diagnósticos dentales automatizados.

CAMPO DE LA DESCRIPCIÓN

La presente descripción se refiere, en general, a tratamiento dental y, en particular, a un sistema y un procedimiento para mediciones y diagnósticos de maloclusión dental automatizados para facilitar un tratamiento dental.

ANTECEDENTES

Unas mediciones precisas y completas las características de los dientes, y diagnósticos basados en tales mediciones son importantes en el creciente campo de la ortodoncia computacional y otros sistemas de tratamiento dental asistidos por ordenador. Aunque se han desarrollado diversas técnicas para ortodoncia computacional basadas en impresión utilizando modelos tridimensionales ("3-D"), las mediciones dentales asociadas se llevan a cabo manualmente en la mayoría de los casos. Por ejemplo, tales mediciones dentales se obtienen típicamente por un practicante de ortodoncia en gran medida en base a la experiencia, el conocimiento y la percepción subjetiva del practicante de ortodoncia particular.

Además de llevar mucho tiempo, este tipo de técnicas de medición son susceptibles de análisis subjetivo y error humano. Como resultado, la fiabilidad de tales técnicas manuales es menor que la ideal y potencialmente dificulta el proceso de tratamiento de ortodoncia. Además, índices potencialmente beneficiosos para la evaluación dental y de ortodoncia, tales como índices de registros de evaluación por pares (PAR), índices de discrepancia del Consejo Americano de Ortodoncia (ABO), y sistemas de clasificación objetiva ABO y similares no se utilizan tan a menudo como es posible debido a la dificultad en las mediciones manuales y cálculos manuales. Por ejemplo, tradicionalmente, el índice PAR se ha calculado manualmente sobre modelos dentales utilizando unas reglas especialmente configuradas, una vía que lleva mucho tiempo, influenciada significativamente por percepciones subjetivas y, por lo tanto, propensa a inexactitudes y errores.

Cabe señalar que US 2005/0019721 A1 describe un procedimiento implementado por ordenador para tratar dientes generando una disposición digital de los dientes y especificando una secuencia de movimientos de los dientes para mover los dientes a una disposición deseada. De acuerdo con esta secuencia, se fabrican uno o más aparatos.

De US 2004/0197728 A1 son conocidos sistemas y procedimientos para tratar los dientes de un paciente utilizando una variedad de herramientas y aplicaciones de proveedores. Los sistemas y procedimientos escanean los dientes y analizan los datos escaneados y planean una trayectoria de tratamiento. Además, se generan uno o más aparatos para mover los dientes.

De US 2004/019-7727 es conocido un procedimiento para evaluar un plan de tratamiento de ortodoncia para pacientes. Un grupo de instrucciones de software proporcionan herramientas de interfaz gráfica de usuario mediante las cuales el usuario puede crear un plan de tratamiento propuesto en 3 dimensiones y una estación de trabajo proporciona herramientas para la evaluación del plan de tratamiento propuesto.

En vista de lo anterior, sería deseable disponer de procedimientos y sistemas para proporcionar diagnósticos óptimos objetivos y una planificación de tratamiento, así como una evaluación e investigación del tratamiento dental mejoradas.

DESCRIPCIÓN DE LA DESCRIPCIÓN

Un procedimiento implementado por ordenador para mediciones dentales automatizados de acuerdo con la reivindicación 1. Un aparato para realizar mediciones dentales automatizados de acuerdo con la reivindicación 16.

Estas y otras características y ventajas de la presente descripción se comprenderán tras examinar la siguiente descripción detallada de la explicación y de los dibujos que se acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1A muestra un sistema de minería de datos dentales de ejemplo;
La figura 1B muestra un análisis de la evolución de uno o más aparatos dentales;
La figura 1C muestra varios datos de tipo de movimiento utilizados en una realización del sistema de minería de datos;
La figura 1D muestra un análisis de la evolución de uno o más aparatos dentales;
Las figuras 1E-1F muestran varias realizaciones de un agrupador para generar planes de tratamiento;

La figura 2A es un diagrama de flujo de especificación de un proceso de un curso de tratamiento que incluye un subproceso para el cálculo de formas de alineador de acuerdo con la descripción;
La figura 2B es un diagrama de flujo de un proceso para el cálculo de formas de alineador;
La figura 3 es un diagrama de flujo de un subproceso para la creación de modelos de elementos finitos;
La figura 4 es un organigrama de un subproceso para el cálculo de cambios de alineador;
La figura 5A es un diagrama de flujo de un subproceso para calcular cambios en la forma del alineador;
La figura 5B es un diagrama de flujo de un subproceso para calcular cambios en la forma del alineador;
La figura 5C es un diagrama de flujo de un subproceso para calcular cambios en la forma del alineador;
La figura 5D es una vista esquemática que ilustra el funcionamiento del subproceso de la figura 5B;
La figura 6 es un diagrama de flujo de un proceso para calcular formas para grupos de alineadores;
La figura 7 es un diagrama de ejemplo de un modelo de raíz estadístico;
La figura 8 muestra diagramas de ejemplo de modelado de la raíz;
La figura 9 muestra diagramas de ejemplo de TC de los dientes;
La figura 10 muestra una interfaz de usuario de ejemplo mostrando los dientes;
La figura 11 es un diagrama de bloques del sistema general para poner en práctica las diversas realizaciones de la presente descripción;
La figura 12 ilustra una representación tabular del sistema de indexación almacenada en la unidad de almacenamiento de la figura 11 de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 13 ilustra una representación de posibles objetivos de tratamiento para cualquier caso de ortodoncia determinado en un aspecto de la presente descripción;
La figura 14 ilustra una representación en matriz de los posibles objetivos de tratamiento que se muestra en la figura 13 formateada de acuerdo con la representación tabular que se muestra en la figura 12 de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 15 ilustra la categoría de longitud del arco inferior para utilizarse en el sistema de indexación de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 16 ilustra la visualización del proceso de selección para utilizarse en el sistema de indexación para el principal problema identificado como "dientes de conejo" de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 17 ilustra una visualización del proceso de selección de ejemplo 1700 para capturar un componente de la discrepancia de la dimensión sagital para el lado derecho del paciente en una realización de la presente descripción;
La figura 18 ilustra una visualización del proceso de selección de ejemplo 1700 para capturar un componente de la discrepancia de la dimensión sagital para el lado izquierdo del paciente en una realización de la presente descripción;
La figura 19 ilustra una visualización de un proceso de selección de ejemplo 1900 para capturar un componente de la dimensión vertical en una realización de la presente descripción;
La figura 20 ilustra una visualización de un proceso de selección de ejemplo 2000 para capturar un componente de la dimensión horizontal/transversal en una realización de la presente descripción;
La figura 21 ilustra una visualización de un proceso de selección de ejemplo 2100 para capturar un componente de la categoría de discrepancia de la longitud de arco de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 22 ilustra una visualización de un proceso de selección de ejemplo 2200 para capturar otro componente de la categoría de discrepancia de la longitud de arco de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 23 ilustra una visualización de resumen de un paciente de ejemplo 2300 aparece en el terminal 1101 para utilizarse en el sistema de indexación de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 24 ilustra una base de datos de pacientes 2400, de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 25 ilustra el proceso de selección de componentes representativos para utilizarse en el sistema de indexación de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 26 ilustra una serie de direcciones de bases de datos de ejemplo generadas mediante combinando la dirección de un estado inicial con la dirección deseada del tratamiento en una realización de la presente descripción;
La figura 27 ilustra una base de datos de ejemplo para un paciente en otra realización de la presente descripción;
La figura 28 es un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento para la identificación de un perfil de dentición utilizando el sistema de indexación de acuerdo con una realización de la presente descripción;
La figura 29A es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo para mediciones y diagnósticos dentales automatizados de maloclusión dental para facilitar el tratamiento dental de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente descripción;
La figura 29B es un diagrama de bloques de un sistema de ejemplo para mediciones y diagnósticos dentales automatizados de maloclusión dental para facilitar el tratamiento dental de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente descripción;
La figura 29C es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo para mediciones y diagnósticos dentales automatizados de maloclusión dental para facilitar el tratamiento dental de acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente descripción;
La figura 30 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de ejemplo para mediciones y diagnósticos dentales automatizados de maloclusión dental para facilitar el tratamiento dental de acuerdo con otra realización de ejemplo de la presente descripción;

La figura 31 es un diagrama de bloques de un sistema de ejemplo para mediciones y diagnósticos dentales automatizados de maloclusión dental para facilitar el tratamiento dental de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente descripción; y

Las figuras 32A-32J ilustran unas representaciones gráficas de mediciones relacionadas con ortodoncia automatizadas de acuerdo con realizaciones de ejemplo de la presente descripción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La presente descripción puede describirse aquí en términos de diversos componentes y etapas de procesamiento. Debe apreciarse que tales componentes y etapas pueden realizarse mediante cualquier número de componentes de hardware y software configurados para realizar las funciones especificadas. Por ejemplo, la presente descripción puede emplear diversos dispositivos electrónicos de control, dispositivos de visualización, terminales de entrada y similares, que puedan llevar a cabo una variedad de funciones bajo el control de uno o más sistemas de control, microprocesadores u otros dispositivos de control. Además, la presente descripción puede ponerse en práctica en cualquier número de contextos de ortodoncia o dentales y las realizaciones de ejemplo relativas a un sistema y procedimiento para mediciones y diagnósticos dentales automatizados de maloclusión de dientes para facilitar un tratamiento dental tal como se describe aquí son sólo algunos de los ejemplos de aplicaciones para la descripción. Por ejemplo, los principios, características y procedimientos descritos pueden aplicarse a cualquier aplicación o proceso en el que sea deseable mediciones automatizadas de características anatómicas, topológicas u otras.

Cabe señalar que, a efectos ilustrativos, los diversos procedimientos y sistemas de ejemplo pueden describirse en relación con un solo diente de un paciente; sin embargo, debe entenderse que tales procedimientos y sistemas de ejemplo pueden implementarse de manera adecuada en más de un diente y/o todos los dientes en un paciente, tales como molares, premolares, caninos e incisivos en un paciente. Por ejemplo, los procedimientos y sistemas de ejemplo pueden implementarse convenientemente llevando a cabo un proceso, operación o etapa particular en uno o más dientes antes de proceder a un proceso, operación o etapa posterior, o llevando a cabo todos o esencialmente todos los procesos, operaciones o etapas en un diente particular antes de proceder a otro diente, o cualquier combinación de los mismos. Además, tales procesos, etapas u operaciones pueden llevarse a cabo adecuadamente en diversas etapas de tratamiento de un paciente, desde etapas iniciales a través de cualquier etapa intermedia y/o final.

Actualmente son posibles planes de tratamiento digital con herramientas de planificación de tratamientos de ortodoncia tridimensionales, tales como ClinCheck® de Align Technology, Inc. u otro software disponible de eModels y OrthoCad, entre otros. Estas tecnologías permiten al clínico utilizar la dentición del paciente actual como punto de partida para personalizar el plan de tratamiento. La tecnología ClinCheck® utiliza un modelo digital específico del paciente para trazar un plan de tratamiento, y utiliza después un escaneado de los resultados del tratamiento obtenido para evaluar el grado de éxito de los resultados en comparación con el plan de tratamiento digital original, tal como se describe en la solicitud de patente americana nº de serie 10/640.439, presentada el 21 de agosto 2003 y la solicitud de patente americana nº de serie 10/225.889 presentada el 22 de agosto de 2002. El problema con el plan de tratamiento digital y la evaluación de resultados es la abundancia de datos y la falta de normas y una metodología eficiente mediante la cual pueda evaluarse "el éxito del tratamiento" a nivel de cada paciente. Para analizar la información, se utiliza un sistema de minería de datos dentales.

La figura 1A muestra un sistema de minería de datos dentales de ejemplo. En este sistema, se almacenan grupos de datos de tratamiento dental y de resultados 1 en una base de datos o almacén de información 2. Los datos se extraen mediante un software de minería de datos 3 que genera resultados 4. El software de minería de datos puede interrogar la información capturada y/o actualizada en la base de datos 2 y puede generar un flujo de datos de salida que correlacione un problema de los dientes del paciente con una solución del aparato dental. Hay que tener en cuenta que la salida del software de minería de datos puede enviarse, más ventajosamente, de manera autoreflexiva, como una entrada posterior a por lo menos la base de datos y el algoritmo de correlación de minería de datos.

El resultado del sistema de minería de datos de la figura 1A se utiliza para definir las configuraciones de aparatos o cambios en las configuraciones del aparato para mover los dientes de manera incremental. Los movimientos dentales serán los normalmente asociados al tratamiento de ortodoncia, incluyendo traslación en todas las tres direcciones ortogonales, rotación de la línea central del diente en las dos direcciones ortogonales con ejes de rotación perpendiculares a una línea central vertical ("angulación de raíz" y "torsión"), así como rotación de la línea central del diente en la dirección de ortodoncia con un eje paralelo a la línea central vertical ("rotación pura").

En una realización, el sistema de minería de datos captura el movimiento planificado del tratamiento tridimensional, la posición inicial y la posición dental final conseguida. El sistema compara el resultado con el plan, y el resultado puede obtenerse utilizando cualquier metodología de tratamiento incluyendo aparatos extraíbles, así como aparatos

fijos, tales como brackets y alambres, o incluso otros tratamientos dentales tales como comparación obtenida para planificar cirugía ortognática, periodoncia, restauradora, entre otras.

En una realización, se utiliza una herramienta de superposición de los dientes para coincidir archivos de tratamiento de cada escaneado de arco. El escaneado de refinamiento se superpone al inicial para llegar a una coincidencia en base a la anatomía del diente y el sistema de coordenadas del diente. Después que los dientes en los dos arcos coinciden, la herramienta de superposición pide una referencia con el fin de relacionar el arco superior con el arco inferior. Cuando se selecciona la opción "filtrado estadístico", la herramienta de superposición mide la cantidad de movimiento para cada diente eliminando primero como referencia los que se mueven (determinado por la diferencia de posición entre el estado actual y el anterior) más de una desviación estándar por encima o por debajo de la media de circulación de todos los dientes. Los dientes restantes se seleccionan entonces como referencia para medir el movimiento de cada diente.

La figura 1B muestra un análisis de la evolución de uno o más aparatos dentales. En unas gráficas de dispersión se representa movimiento "obtenido" frente a movimiento "deseado", y se generan unas líneas de tendencia. Las gráficas de dispersión se muestran para demostrar dónde se encuentran todos los puntos de datos "dispersos", y las líneas de tendencia se generan para mostrar el rendimiento de los aparatos dentales. En una realización, las líneas de tendencia se seleccionan para que sean lineales (que pueden ser curvilíneas); por lo tanto, las líneas de tendencia se presentan como las líneas rectas que "mejor se ajustan" para todos datos "dispersos". El rendimiento de los alineadores se representa como la pendiente de una línea de tendencia. La intercepción del eje Y modela el movimiento accidental que se produce cuando se llevan los alineadores. La previsibilidad se mide por R^2 que se obtiene a partir de un cálculo de regresión de datos "obtenidos" y "deseados".

La figura 1C muestra varios datos de tipo de movimiento utilizados en una realización del sistema de minería de datos. Ejemplos de grupos de datos cubren Expansión/Constricción (+/- Traslación en X), Mesialización/Distalización (+/- Traslación en Y), Intrusión (-Traslación en Z), Extrusión (+Traslación en Z), Volteo/Angulación (Rotación en X), Torsión/indinación (Rotación en Y), y Rotación Pura (Rotación en Z).

La figura 1D muestra un análisis de la evolución de uno o más aparatos dentales. Para el tipo de movimiento que se ilustra en la figura 1D, el movimiento obtenido es de aproximadamente un 85% del movimiento deseado para este grupo particular de datos.

Tal como se ilustra destacadamente en la figura 1D, el movimiento dental real generalmente retrasa el movimiento deseado de los dientes en muchas etapas. En el caso de un tratamiento con secuencias de aparatos de polímero, tales retardos juegan un papel importante en el diseño del tratamiento, debido a que el movimiento del diente y dichos resultados negativos tal como malestar del paciente varían positivamente con la magnitud de las discrepancias.

En una realización, parámetros clínicos en etapas tales como 170 (figura 2A) y 232 (figura 2B) se hacen más precisos permitiendo la desviación estadística deseada desde la posición real de los dientes. Por ejemplo, un movimiento objetivo posterior podría reducirse debido a una gran probabilidad calculada de que el movimiento objetivo de los dientes no se haya conseguido de manera adecuada, con el resultado de que existe una elevada probabilidad de que la etapa de movimiento subsiguiente requiera completar el trabajo destinado a una etapa anterior. Del mismo modo, el movimiento deseado podría sobrepasar las posiciones deseadas sobre todo en las primeras etapas de manera que el movimiento real esperado se controla mejor. Esta realización sacrifica el objetivo de minimizar tiempo de ida y vuelta a favor de obtener una mayor probabilidad de resultados en fase terminal deseados. Esta metodología se lleva a cabo dentro de unos planes de tratamiento específicos para grupos de casos similares de pacientes.

La Tabla 1 muestra la agrupación de dientes en una realización. La convención de signos de los movimientos dentales se indica en la Tabla 2. Los diferentes movimientos de los dientes de los 60 arcos seleccionados se demostraron en la Tabla 3 con un rendimiento clasificado por orden descendente. El rendimiento del aparato puede dividirse en 4 grupos diferentes: alto (79-85%), medio (60-68%), inferior a la media (52-55%), e insuficiente (24-47%). La Tabla 4 muestra la clasificación de la previsibilidad del movimiento. La previsibilidad se divide en 3 grupos: muy predecible (0,76-0,82), predecible (0,43-0,63) e impredecible (0,10-0,30). Para el grupo de datos particular, por ejemplo, los resultados son los siguientes:

1. El rendimiento de intrusión de incisivo, e intrusión de anterior es elevado. El rango para intrusión de incisivo es de aproximadamente 1,7 mm, y para intrusión de anterior es de aproximadamente 1,7 mm. Estos movimientos son muy predecibles.
2. El rendimiento de intrusión de canino, torsión de incisivo, rotación de incisivo y torsión de anterior están en la media. El rango para intrusión de canino es de aproximadamente 1,3 mm, para la torsión de incisivo es de

aproximadamente 34 grados, la rotación de incisivo es de aproximadamente 69 grados, y para la torsión de anterior es de aproximadamente 34 grados. Estos movimientos son predecibles o bien muy predecibles.

3. El rendimiento de inclinación de premolar, mesialización de premolar, rotación de molar, y expansión de posterior son inferiores a la media. El rango para mesialización de premolar es de aproximadamente 1 milímetro, para inclinación de premolar es de aproximadamente 19 grados, para rotación de molar es de aproximadamente 27 grados y para expansión de posterior es de aproximadamente 2,8 milímetros. La inclinación y la mesialización de premolar son impredecibles, mientras que el resto son movimientos predecibles.

4. El rendimiento de extrusión de anterior e incisivo, rotación de dientes redondos y premolares, inclinación de canino, distalización de molar, y torsión de posterior son insuficientes. El rango de extrusión de anterior es de aproximadamente 1,7 milímetros, para la extrusión de incisivo es de aproximadamente 1,5 mm, para la rotación de dientes redondos es de 67 grados, para la rotación de premolar es de aproximadamente 63 grados, para inclinación de canino es de aproximadamente 26 grados, para distalización de molar es de aproximadamente 2 milímetros, y para la torsión de posterior es de aproximadamente 43 grados. Todos son movimientos impredecibles de excepto la rotación de premolar aórtica que es predecible.

TABLA
Grupos de dientes en estudio

Dientes

Incisivos	# 7, 8, 9, 10, 23, 24, 25, 26
Caninos	# 6, 11, 22, 27
Premolares	# 4, 5, 12, 13, 20, 21, 28, 29
Molares	# 2, 3, 14, 15, 18, 19, 30, 31
Anteriores	# 6, 7, 8, 9, 10, 11, 22, 23, 24, 25, 26, 27
Posteriores	# 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 28, 29, 30, 31
Redondos	# 4, 5, 6, 11, 12, 13, 20, 21, 22, 27, 28, 29

TABLA 2
Convenio de signos de movimientos de los dientes
Tipo de Movimiento

Traslación en X (Expansión/ constricción)	(-) es lingual	(+) es bucal
Rotación en X (inclinación)		
Cuadrantes derecha superior e inferior	(-) es distal	(+) es mesial
Cuadrantes izquierda superior e inferior	(-) es mesial	(+) es distal
Traslación en Y (Mesialización/ Distalización)		
Cuadrantes derecha superior e inferior	(-) es distal	(+) es mesial
Cuadrantes izquierda superior e inferior	(-) es mesial	(+) es distal
Rotación en Y (Torsión)	(-) es corona lingual	(+) es corona bucal
Traslación en Z	(-) es intrusión	(+) es extrusión (intrusión/extrusión)
Rotación en Z	(-) es en sentido horario	(+) es en sentido antihorario (Rotación Pura)

TABLA 3
Clasificación de Índice de Rendimiento de Movimiento

Grupo	Movimiento	Modelo	Índice de Rendimiento	Efecto Secundario	Previsibilidad
Incisivo	Intrusión	Lineal	85%	0,03	0,82
Anterior	Intrusión	Lineal	79%	0,03	0,76
Canino	Intrusión	Lineal	68%	-0,10	0,43
Incisivo	Torsión	Lineal	67%	0,21	0,63
Anterior	Torsión	Lineal	62%	0,15	0,56
Incisivo	Rotación	Lineal	61%	-0,09	0,76
Premolar	Inclinación	Lineal	55%	0,35	0,27
Molar	Rotación	Lineal	52%	0,11	0,58
Posterior	Expansión	Lineal	52%	0,11	0,48
Premolar	Mesialización	Lineal	52%	0,00	0,30
Premolar	Rotación	Lineal	47%	0,28	0,63
Molar	Distalización	Lineal	43%	0,02	0,20
Canino	Inclinación	Lineal	42%	0,10	0,28
Posterior	Torsión	Lineal	42%	1,50	0,28
Redondo	Rotación	Lineal	39%	-0,14	0,27
Anterior	Extrusión	Lineal	29%	-0,02	0,13
Incisivo	Extrusión	Lineal	24%	0,02	0,10

TABLA 4
Clasificación de previsibilidad movimiento

Grupo	Movimiento	Modelo	Índice de Rendimiento	Efecto Secundario	Previsibilidad
Incisivo	Intrusión	Lineal	85%	0,03	0,82
Anterior	Intrusión	Lineal	79%	0,03	0,76
Incisivo	Rotación	Lineal	61%	-0,09	0,76
Incisivo	Torsión	Lineal	67%	0,21	0,63
Premolar	Rotación	Lineal	47%	0,28	0,63
Molar	Rotación	Lineal	52%	0,11	0,58
Anterior	Torsión	Lineal	62%	0,15	0,56
Posterior	Expansión	Lineal	52%	0,11	0,48
Canino	Intrusión	Lineal	68%	-0,10	0,43
Premolar	Mesialización	Lineal	52%	0,00	0,30
Canino	Inclinación	Lineal	42%	0,10	0,28
Posterior	Torsión	Lineal	42%	1,50	0,28
Premolar	Inclinación	Lineal	55%	0,35	0,27
Redondo	Rotación	Lineal	39%	-0,14	0,27
Molar	Distalización	Lineal	43%	0,02	0,20
Anterior	Extrusión	Lineal	29%	-0,02	0,13
Incisivo	Extrusión	Lineal	24%	0,02	0,10

En una realización, pueden aplicarse analizadores basados en datos. Estos analizadores basados en datos pueden incorporar una serie de modelos tales como modelos estadísticos paramétricos, modelos estadísticos no paramétricos, modelos de agrupamiento, modelos adyacentes más próximos, procedimientos de regresión, y redes neuronales (artificiales) diseñadas. Antes de la operación, se construyen unos analizadores o modelos basados en datos utilizando una o más sesiones de entrenamiento. Los datos utilizados para construir el analizador o modelo en estas sesiones se denominan típicamente datos de entrenamiento. A medida que se desarrollan analizadores por datos examinando únicamente ejemplos de entrenamiento, la selección de los datos de entrenamiento puede afectar significativamente a la precisión y la velocidad de aprendizaje del analizador basado en datos. Un enfoque utilizado hasta ahora genera un grupo de datos independiente denominado grupo de prueba para fines de entrenamiento. El grupo de prueba se utiliza para evitar un sobreajuste del modelo o analizador a los datos de entrenamiento. El sobreajuste se refiere a la situación en la que el analizador ha memorizado los datos de entrenamiento tan bien que no se ajusta o categoriza los datos que no se ven. Típicamente, durante la construcción del analizador o modelo, el rendimiento del analizador se prueba contra el grupo de prueba. La selección de los parámetros del analizador o modelo se realiza de manera iterativa hasta que el rendimiento del analizador en la clasificación del grupo de prueba alcanza un punto óptimo. En este punto, se completa el proceso de entrenamiento. Una alternativa al uso de un grupo de entrenamiento y prueba independiente es el uso de una metodología denominada validación cruzada. La

validación cruzada puede utilizarse para determinar valores de parámetros para un analizador o un modelo paramétrico para un analizador no paramétrico. En la validación cruzada, se selecciona un único grupo de datos de entrenamiento. A continuación, se construye una serie de diferentes analizadores o modelos presentando diferentes partes de los datos de entrenamiento como unidades de prueba a los analizadores en un proceso iterativo. La estructura de parámetros o modelos se determina entonces en base los resultados combinados de todos los modelos o analizadores. Bajo el enfoque de validación cruzada, el analizador o modelo típicamente se readapta con datos utilizando la estructura modelo óptima determinada.

En una realización, el software de minería de datos 3 (figura 1A) puede ser una "araña" o "rastreador" para tomar datos en la base de datos 2 (figura 1A) para indexación. En una realización, se llevan a cabo operaciones de agrupamiento para detectar patrones en los datos. En otra realización, se utiliza una red neuronal para reconocer cada patrón ya que la red neural es bastante robusta en el reconocimiento de patrones de tratamiento dental. Una vez que se han caracterizado las características de tratamiento, la red neural compara entonces la información dental de entrada con plantillas de vocabulario de tratamiento almacenadas conocidas por el reconocedor de la red neuronal, entre otros. Los modelos de reconocimiento pueden incluir un Modelo Oculto de Markov (HMM), un modelo de programación dinámica, una red neural, una lógica difusa, o un adaptador de plantillas, entre otros. Estos modelos pueden utilizarse solos o en combinación.

La programación dinámica considera todas las trayectorias posibles de M "marcos" a N puntos, sujeto a costes especificados para realizar transiciones de cualquier punto i a cualquier marco determinado k a cualquier punto j en el próximo marco k + 1. Debido a que la mejor trayectoria desde el punto actual hasta el punto siguiente es independiente de lo que ocurre más allá de ese punto, el coste total mínimo [i(k), j(k+1)] de una trayectoria a través de i(k) que termina en j(k+1) es el coste de la propia transición más el coste de la trayectoria mínima para i (k). Preferiblemente, los valores de las trayectorias predecesoras pueden mantenerse en una matriz MxN, y el coste acumulado pueda mantenerse en una matriz 2xN para contener los costes acumulados de la posible columna inmediatamente anterior y la columna actual. Sin embargo, este procedimiento requiere importantes recursos informáticos.

La programación dinámica requiere una enorme cantidad de cálculos. Para que el reconocedor encuentre el alineamiento de tiempo óptimo entre una secuencia de marcos y una secuencia de modelos de nodos, éste debe comparar la mayoría de los marcos contra una pluralidad de modelos de nodos. Un procedimiento para reducir la cantidad de cálculo requerido para la programación dinámica es utilizar la poda. La poda termina la programación dinámica de una parte determinada de la información del tratamiento dental contra un modelo de tratamiento determinado si la calificación de la probabilidad parcial para esa comparación cae por debajo de un umbral determinado. Esto reduce enormemente el cálculo.

Considerado como una generalización de la programación dinámica, en la realización preferida se utiliza un modelo oculto de Markov para evaluar la probabilidad de que se produzca una secuencia de observaciones O(1), O(2),. . . O(t),. . . , O(T), donde cada observación O(t) puede ser un símbolo discreto bajo el enfoque VQ o bien un vector continuo. La secuencia de observaciones puede ser modelada como una función probabilística de una cadena de Markov subyacente que tenga transiciones de estado que no sean directamente observables.

En la realización preferida, el modelo de Markov se utiliza para modelar probabilidades para secuencias de observaciones de tratamiento. Las transiciones entre estados se representan mediante una matriz de transición A=[a(i,j)]. Cada término a(i,j) de la matriz de transición es la probabilidad de hacer una transición a un estado j dado que el modelo se encuentra en el estado i. La probabilidad de símbolos de salida del modelo está representada por un grupo de funciones B=[b (j), donde el término b(j) de la matriz de símbolos de salida es la función, que cuando se evalúa sobre un valor especificado O(t), devuelve la probabilidad de enviar una observación O(t), dado que el modelo se encuentra en el estado j. El primer estado está siempre obligado a ser el estado inicial para el primer marco de tiempo de la cadena de Markov, sólo un grupo prescrito de transiciones de estado de izquierda a derecha son posibles. Se define un estado final predeterminado a partir del cual no pueden producirse transiciones a otros estados.

En una realización, se restringen transiciones a la reentrada de un estado o la entrada a uno de los dos estados siguientes. Tales transiciones se definen en el modelo como probabilidades de transición. Por ejemplo, un patrón de tratamiento que actualmente tiene un marco de señales de características en el estado 2, tiene una probabilidad de reentrada en el estado 2 de a(2,2), una probabilidad de entrada en el estado 3 de a(2,3) y una probabilidad de entrada en el estado 4 de a(2 ,4) = 1 - a (2,2) - a(2,3). La probabilidad de entrada en el estado 1 a(2,1) o la probabilidad de entrada en el estado 5 a(2,5) es cero y la suma de las probabilidades de a(2,1) a a(2,5) es uno. Aunque la realización preferida restringe las gráficas de flujo al presente estado o a los dos estados siguientes, un experto en la materia puede construir un modelo HMM con restricciones de transición más flexibles, si bien todavía la suma de todas las probabilidades de transición de cualquier estado debe dar uno.

En cada estado j del modelo, el marco de características actual puede ser identificado con uno de un grupo de símbolos de salida predefinidos o puede marcarse de manera probabilística. En este caso, la probabilidad del símbolo de salida b(j) (O(t)) corresponde a la probabilidad asignada por el modelo de que el símbolo del marco de características sea O(t). La disposición de modelos es una matriz A=[a(i,j)] de probabilidades de transición y una técnica de cálculo B = [b(j) (O(t))].

En una realización, el modelo de Markov está formado para un patrón de referencia a partir de una pluralidad de secuencias de patrones de entrenamiento y las probabilidades de símbolos de salida son densidades de probabilidad de funciones gaussianas multivariadas. La información del tratamiento dental pasa por el extractor de características. Durante el aprendizaje, la serie de vectores de características resultante es procesada por un estimador de parámetros, cuya salida se proporciona al modelo oculto de Markov. El modelo oculto de Markov se utiliza para derivar un grupo de plantillas de patrones de referencia, siendo cada plantilla representativa de un patrón identificado en un grupo de vocabulario de patrones de tratamiento de referencia. Las plantillas de referencia del modelo de Markov se utilizan después para clasificar una secuencia de observaciones en uno de los patrones de referencia en base a la probabilidad de generar las observaciones de cada plantilla de patrones de referencia del modelo de Markov. Durante el reconocimiento, el patrón desconocido puede identificarse entonces como el patrón de referencia con la probabilidad más alta en la calculadora de probabilidad.

La plantilla de HMM tiene una serie de estados, presentando cada uno un valor discreto. Sin embargo, dado que las características de los patrones de tratamiento pueden tener un patrón dinámico al contrario que con un valor único, la adición de una red neural en el extremo delantero del HMM en una realización proporciona la capacidad de representar estados con valores dinámicos. La capa de entrada de la red neural comprende neuronas de entrada. Las salidas de la capa de entrada se distribuyen a todas las neuronas de la capa media. Del mismo modo, las salidas de la capa media se distribuyen a todas las neuronas de salida, cuyas neuronas de salida corresponden, una a una, a estados internos del HMM. Sin embargo, cada salida tiene probabilidades de transición para sí misma o para otras salidas, formando así un HMM modificado. Cada estado del HMM formado de este modo es capaz de responder a una señal dinámica particular, lo que se traduce en un HMM más robusto. Alternativamente, la red neuronal puede utilizarse sola sin recurrir a las probabilidades de transición de la arquitectura de HMM.

Los flujos de salida o resultados 4 de la figura 1A se utilizan como realimentación en la mejora del diseño del aparato dental y/o el uso por médicos. Por ejemplo, los resultados de minería de datos pueden utilizarse para evaluar el rendimiento en base a enfoques en etapas, para comparar índices de rendimiento de los aparatos en base a enfoques de tratamiento, y evaluar el rendimiento comparando diferentes formas y posiciones de fijación en los dientes.

La capacidad para estudiar la eficacia específica de los dientes y el rendimiento del producto para grandes grupos de resultados de tratamiento permite realizar comparaciones estadísticamente significativas entre dos o más poblaciones de casos. En el caso de que los dos grupos estudiados contengan diferencias en enfoque de tratamiento, diseño del aparato, o protocolo de fabricación, las diferencias observadas en el rendimiento del producto tal como se presenta por los datos enviados, pueden atribuirse a la aproximación, diseño, o protocolo de fabricación. El resultado final es un mecanismo de retroalimentación que permite que el clínico o bien el fabricante pueda optimizar el diseño del producto y el uso en base a datos de rendimiento a partir de un tamaño de la muestra significativamente grande utilizando datos medibles objetivos.

La teoría del tratamiento de ortodoncia no está universalmente acordada, y el tratamiento real y los resultados están sujetos a incertidumbres adicionales de medición de variables del paciente, de relaciones respecto a variables del paciente no medidas, así como de una aceptabilidad variable del paciente. Como resultado, diferentes clínicos pueden preferir diferentes planes de tratamiento para un único paciente. Por lo tanto, un único plan de tratamiento puede no ser aceptado por todos los clínicos ya que no se trata de un plan de tratamiento "correcto" universalmente aceptado.

Las siguientes realizaciones permiten una mayor satisfacción del clínico y una mayor satisfacción del paciente mediante la adaptación de parámetros de tratamiento a las preferencias de los clínicos. El sistema detecta diferencias en preferencias de tratamiento por observación estadística de los historiales de tratamiento de los clínicos. Por ejemplo, los clínicos varían en cuál es la probabilidad de que realicen una extracción de premolares en casos con apiñamiento comparable. Incluso si no hay un registro suficiente de tratamientos anteriores para un clínico dado, el apiñamiento puede realizarse sobre otras variables de predicción tales como ubicación geográfica, variables relacionadas con el entrenamiento, o el tamaño y la naturaleza de la práctica, para observar diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de tratamiento.

La minería de datos puede descubrir patrones estadísticamente significativos de diferentes resultados de tratamiento obtenidos por diferentes clínicos para pacientes comparables. Por ejemplo, casos de pacientes agrupados podrían presentar sistemáticamente un menor número de complicaciones con un clínico en comparación con otro. Tal

diferencia detectada por la herramienta de minería de datos podría utilizarse como indicador para retroalimentación al clínico con peor rendimiento, así como indicador para la solicitación de diferencias de tratamiento utilizado por el clínico con mejor rendimiento.

En una realización, se utilizan técnicas de agrupamiento con casos previamente completados para categorizar complicaciones del tratamiento y resultados. Se construyen entonces unos modelos de probabilidad de riesgo dentro de cada grupo. Los nuevos casos se asignan después a los mismos grupos en base a la similitud de variables de pre-tratamiento. Los riesgos dentro de cada grupo de pacientes con tratamientos terminados se utilizan entonces con nuevos casos para predecir resultados del tratamiento y riesgos de complicaciones. Los pacientes de alto riesgo se marcan entonces para una atención especial, posiblemente incluyendo etapas adicionales en el plan de tratamiento o intervención clínica adicional.

En otra realización, se agrupan médicos en grupos de acuerdo con las preferencias de tratamiento clínico observadas, y se ajustan parámetros de tratamiento dentro de cada grupo para coincidir más estrechamente con las preferencias de tratamiento observadas. Los médicos sin historiales observados se asignan a grupos en base a la similitud de las variables conocidas por los que se encuentran en grupos de tratamiento con historiales conocidos.

La figura 1E muestra un proceso de ejemplo para prácticas de agrupamiento. En primer lugar, el proceso agrupa una práctica de tratamiento en base al historial de tratamiento médico tal como preferencias de tratamiento, resultados y variables demográficas y profesionales (20). A continuación, el sistema modela limitaciones clínicas preferidas dentro de cada grupo (22). A continuación, el sistema asigna clínicos sin historial de tratamiento a grupos 20 en base a variables demográficas y profesionales (24). En una realización, el sistema realiza un proceso 100 (véase la figura 2A) por separado dentro de cada grupo, utilizando restricciones clínicas específicas del grupo (26). Además, el sistema actualiza grupos y asignaciones de grupos a medida que llega un nuevo tratamiento y evolución de datos (28).

La figura 1F muestra otra realización de un sistema de minería de datos para generar tratamientos propuestos. En primer lugar, el sistema identifica/agrupa historiales de pacientes que tienen un seguimiento detallado (por ejemplo, múltiples escaneados en alta resolución), en base a detallados datos de seguimiento, diagnóstico, parámetros y resultados de tratamiento y variables demográficas (40). Dentro de cada grupo, el sistema modela discrepancias entre la posición prevista y posiciones reales obtenidas a partir de datos de seguimiento (42). Además, dentro de cada grupo, el sistema modela el riesgo para resultados especiales no deseados (44). En un segundo nivel de agrupación, se agrupan historiales de pacientes con datos de seguimiento menos detallados en base a variables disponibles. La agrupación de segundo nivel es lo suficientemente parcial para que cada uno del mayor número de grupos de segundo nivel pueda asignarse a grupos calculados en 40 o bien considerarse como un nuevo grupo (46). El sistema refina modelos de etapas 42 con registros adicionales de grupos (48) de etapas 46. También puede refinar modelos de etapas 44 con registros adicionales de grupos (50) de etapas 48. En un tercer nivel de agrupación, el sistema asigna nuevos pacientes a grupos de etapas 46 en base a variables de diagnóstico, demográficas y físicas iniciales (52). Dentro de cada grupo de etapa 52, el sistema modela discrepancias esperadas entre la posición prevista y posiciones reales (54). A partir de la etapa 54, el sistema utiliza información de posición esperada revisada si es relevante (incluyendo 232 y 250, figura 2B) (67). Además, dentro de cada grupo de etapa 52, el sistema modela un riesgo para resultados no deseados (56). A partir de la etapa 56, el sistema también marca casos que requieren una atención especial y limitaciones clínicas (como en 204 y 160, figuras 2B y 2A) (69). El proceso personaliza entonces un plan de tratamiento para cada grupo (58) de etapas 52. A continuación, el sistema recoge datos de manera iterativa (61) y vuelve al principio para identificar/agrupar historiales de pacientes (40). Además, los grupos pueden ser revisados y reasignados (63). El sistema también identifica continuamente grupos sin una buena representación para un análisis de seguimiento adicional (65).

En los entornos de tratamientos clínicos, no es rentable obtener o procesar los datos completos de alta resolución posibles en cada etapa del movimiento de los dientes. Por ejemplo:

- Los pacientes pueden utilizar varios aparatos entre visitas a clínicos.
- Un paciente dado puede presentar solo una serie de impresiones dentales.
- Los problemas de radiación pueden limitar el número de escaneados de TC o de rayos X utilizados.
- Los clínicos generalmente no tienen tiempo para reportar información espacial detallada sobre cada diente en cada visita.

Debido a estas y otras limitaciones, la planificación del tratamiento se realiza necesariamente en base a información parcial.

En una realización, la información que falta se aproxima sustancialmente haciendo coincidir las características predictivas entre pacientes y una muestra representativa para la cual se recoge información de seguimiento detallada. En este caso, los pacientes se marcan en base a resultados de tratamiento mal anticipados para

solicitudes de información de seguimiento, tal como recogida y análisis de grupos adicionales de impresiones de dientes. La información resultante se utiliza entonces para refinar grupos de pacientes y tratamiento de pacientes asignados después a los grupos.

En general, los datos del paciente se escanean y los datos se analizan utilizando el sistema de minería de datos que se ha descrito anteriormente. El sistema propone un plan de tratamiento para que lo apruebe el odontólogo. El odontólogo puede aceptar o solicitar modificaciones al plan de tratamiento. Una vez que se ha aprobado el plan de tratamiento, puede comenzar la fabricación del (de los) aparato(s).

La figura 2A ilustra el flujo general de un proceso de ejemplo 100 para definir y generar aparatos de reposicionamiento para un tratamiento de ortodoncia de un paciente. El proceso 100 incluye los procedimientos, y es adecuado para el aparato de la presente descripción, tal como se describirá. Las etapas de cálculo del proceso se implementan ventajosamente como módulos de programa de ordenador para la ejecución en uno o más ordenadores digitales convencionales.

Como etapa inicial, se adquiere un molde o un escaneado de los dientes o la boca del tejido de un paciente (110). Esta etapa generalmente implica tomar moldes de los dientes y las encías del paciente y, adicionalmente o alternativamente, puede implicar tomar mordidas de cera, escaneado por contacto directo, imágenes por rayos X, imágenes por tomografía, imágenes por ecografía, y otras técnicas para obtener información sobre la posición y la estructura de los dientes, mandíbulas, encías y otros tejidos ortodónticamente relevantes. A partir de los datos así obtenidos, se deriva un grupo de datos digitales que representan la disposición inicial (es decir, pretratamiento) de los dientes del paciente y otros tejidos.

El grupo de datos digitales iniciales, que puede incluir tanto datos en bruto de operaciones como datos de escaneado que representan modelos de superficie derivados de los datos en bruto, se procesa para segmentar los constituyentes del tejido unos de otros (etapa 120). En particular, en esta etapa se producen estructuras de datos que representan digitalmente coronas de los dientes individuales. Ventajosamente, se producen modelos digitales de los dientes enteros, incluyendo superficies y estructuras de la raíz ocultas medidas o extrapoladas.

La posición de los dientes final deseada -- es decir, el resultado final deseado y previsto del tratamiento de ortodoncia -- puede ser recibido de un clínico en forma de receta, puede calcularse a partir de principios de ortodoncia básicos, o puede extrapolarse informáticamente a partir de una receta clínica (etapa 130). Con una especificación de las posiciones finales deseadas de los dientes y una representación digital de los propios dientes, puede especificarse la posición final y la geometría de la superficie de cada diente (etapa 140) para formar un modelo completo de los dientes en el extremo deseado de tratamiento. En general, en esta etapa se especifica la posición de cada diente. El resultado de esta etapa es un grupo de estructuras de datos digitales que representa un reposicionamiento ortodónticamente correcto de los dientes modelados respecto al tejido presunto estable. Los dientes y el tejido se represen ambos como datos digitales.

Teniendo tanto una posición de inicio como una posición final para cada diente, el proceso define después una trayectoria de los dientes para el movimiento de cada diente. En una realización, las trayectorias de los dientes están optimizadas en el agregado para que los dientes se muevan de la manera más rápida con la menor cantidad de movimiento de ida y vuelta para llevar a los dientes desde sus posiciones iniciales a sus posiciones finales deseadas. (El movimiento de ida y vuelta es algún movimiento de un diente en cualquier dirección aparte de directamente hacia la posición final deseada. El movimiento de ida y vuelta a veces es necesario para permitir que los dientes se muevan más allá unos de los otros.) Las trayectorias de los dientes están segmentadas. Los segmentos se calculan de manera que el movimiento de cada diente dentro de un segmento se mantiene dentro de los límites del umbral de traslación lineal y rotacional. De esta manera, los puntos finales de cada segmento de la trayectoria pueden constituir un reposicionamiento clínicamente viable, y el agregado de los puntos extremos del segmento constituyen una secuencia clínicamente viable de posiciones de los dientes, de modo que el movimiento de un punto al siguiente en la secuencia no da lugar a una colisión de los dientes.

Los límites del umbral de traslación lineal y rotacional se inicializan, en una implementación, con valores por defecto en base a la naturaleza del aparato a utilizar. Pueden calcularse valores límite adaptados de manera más individual a partir de datos específicos del paciente. Los valores límite también puede actualizarse en base al resultado de un cálculo del aparato (etapa 170, descrita más adelante), lo cual puede determinar que, en uno o más puntos a lo largo de una o más trayectorias de los dientes, las fuerzas que pueden ser generadas por el aparato en la configuración entonces existente de los dientes y el tejido sean incapaces de efectuar el reposicionamiento que está representado por uno o más segmentos de la trayectoria de los dientes. Con esta información, el subproceso que define trayectorias segmentadas (etapa 150) puede recalcular las trayectorias o las subtrayectorias afectadas.

En diversas etapas del proceso y, en particular, después de que se han definido las trayectorias segmentadas, el proceso puede interactuar, y generalmente lo hará, con un clínico responsable para el tratamiento del paciente

(etapa 160). La interacción del clínico puede implementarse utilizando un proceso cliente programado para recibir posiciones y modelos de los dientes, así como información de la trayectoria desde un ordenador servidor o proceso en el cual se apliquen otras etapas de proceso 100. El proceso cliente está programado ventajosamente para permitir al clínico visualizar una animación de las posiciones y las trayectorias y permitir que el clínico restablezca las posiciones finales de uno o más de los dientes y especificar restricciones a aplicar a las trayectorias segmentadas. Si el clínico realiza cualquiera de estos cambios, el subproceso de definir trayectorias segmentadas (etapa 150) se lleva a cabo de nuevo.

Las trayectorias de dientes segmentadas y los datos de posición de los dientes asociados se utilizan para calcular configuraciones de aparatos clínicamente aceptables (o variaciones sucesivas en la configuración del aparato) que moverán los dientes en la trayectoria de tratamiento definida en las etapas especificadas por los segmentos de la trayectoria (etapa 170). Cada configuración del dispositivo representa una etapa en la trayectoria del tratamiento para el paciente. Las etapas se definen y se calculan de modo que cada posición discreta puede seguirse por el movimiento de los dientes en línea recta o simple rotación desde las posiciones de los dientes obtenidas mediante la etapa discreta anterior y de modo que la cantidad de reposicionamiento requerido en cada etapa implique una cantidad ortodónticamente óptima de la fuerza en la dentición del paciente. Al igual que con la etapa de definición de la trayectoria, esta etapa de cálculo del aparato puede incluir interacciones e incluso interacciones iterativas con el clínico (etapa 160). La operación de una etapa de proceso 200 que implementa esta etapa se describirá con mayor detalle a continuación.

Habiendo calculado definiciones de aparatos, el proceso 100 puede proceder a la etapa de fabricación (etapa 180) en la cual se fabrican los aparatos definidos por el proceso, o se produce información electrónica o impresa que puede utilizarse por un proceso manual o automatizado para definir configuraciones del aparato, o variaciones en las configuraciones del aparato.

La figura 2B ilustra un proceso 200 que implementa la etapa de cálculo del aparato (figura 2A, etapa 170) para alineadores de recubrimiento polimérico del tipo descrito en la patente americana mencionada anteriormente nº 5.975.893. Las entradas al proceso incluyen una forma de alineador inicial 202, varios parámetros de control 204, y una configuración final deseada para los dientes al final del segmento de la trayectoria de tratamiento actual 206. Otras entradas incluyen modelos digitales de los dientes en posición en la mandíbula, modelos de tejido de la mandíbula, y especificaciones de una forma de alineador inicial y del material del alineador. Utilizando los datos de entrada, el proceso crea un modelo de elementos finitos del alineador, los dientes y el tejido, con el alineador en posición en los dientes (etapa 210). A continuación, el proceso aplica un análisis de elementos finitos al modelo de elementos finitos compuesto de alineador, dientes y tejido (etapa 220). El análisis se realiza hasta que se obtiene un estado de salida, en cuyo momento el proceso evalúa si los dientes han llegado a la posición final deseada para el segmento de trayectoria actual, o una posición lo suficientemente cerca de la posición final deseada (etapa 230). Si los dientes no llegan a una posición final aceptable, el proceso calcula una nueva forma de alineador candidato (etapa 240). Si se llega a una posición final aceptable, se evalúan los movimientos de los dientes calculados por el análisis de elementos finitos para determinar si son ortodónticamente aceptables (etapa 232). Si no es así, el proceso también procede a calcular una nueva forma de alineador candidato (etapa 240). Si los movimientos son ortodónticamente aceptables y los dientes han llegado a una posición aceptable, la forma del alineador actual se compara con las formas del alineador previamente calculadas. Si la forma actual es la mejor solución hasta el momento (etapa de decisión 250), se guarda como mejor candidato hasta el momento (etapa 260). Si no es así, se guarda en una etapa opcional como posible resultado intermedio (etapa 252). Si la forma del alineador actual es el mejor candidato hasta el momento, el proceso determina si es lo suficientemente buena como para ser aceptada (etapa de decisión 270). Si es así, el proceso termina. De lo contrario, el proceso continúa y calcula otra forma candidato (etapa 240) para su análisis.

Los modelos de elementos finitos pueden crearse utilizando un software de aplicación de programa de ordenador disponible en una variedad de proveedores. Para crear modelos de geometría sólida, pueden utilizarse programas de ingeniería asistida por ordenador (CAE) o de diseño asistido por ordenador (CAD), tal como AutoCAD® productos de software disponibles de Autodesk, Inc., de San Rafael, California. Para crear modelos de elementos finitos y análisis de los mismos, pueden utilizarse productos de programas de una serie de proveedores, incluyendo el producto PolyFEM disponible de CADSI de Coralville, Iowa, el software de simulación Pro/Mechanica disponible de Parametric Technology Corporation de Waltham, Mass., los productos de software de diseño I-DEAS disponibles de Structural Dynamics Research Corporation (CEDR) de Cincinnati, Ohio, y el producto MSC/NASTRAN disponible de MacNeal-Schwendler Corporación de los Ángeles, California.

La figura 3 muestra un proceso 300 de creación de un modelo de elementos finitos que puede utilizarse para llevar a cabo la etapa 210 del proceso 200 (figura 2). La entrada al proceso de creación del modelo 300 incluye datos de entrada 302 que describen los dientes y tejidos y datos de entrada 304 que describen el alineador. Los datos de entrada que describen los dientes 302 incluyen los modelos digitales de los dientes; modelos digitales de estructuras de tejidos rígidos, si están disponibles; especificaciones de forma y viscosidad para un fluido muy viscoso que

modela el tejido del sustrato en el cual se encuentran incrustados los dientes y al cual se encuentran conectados los dientes, en ausencia de modelos específicos de esos tejidos; y condiciones de contorno que especifican los límites inamovibles de los elementos del modelo. En una implementación, los elementos del modelo incluyen solamente modelos de los dientes, un modelo de un fluido de sustrato de incrustación muy viscoso, y unas condiciones de contorno que definen, en efecto, un contenedor rígido en el cual se encuentra contenido el fluido modelado. Hay que tener en cuenta que las características del fluido pueden diferir por grupos de pacientes, por ejemplo, en función de la edad.

Se crea un modelo de elementos finitos de la configuración inicial de los dientes y el tejido (etapa 310) y opcionalmente se almacena en caché para su reutilización en iteraciones posteriores del proceso (etapa 320). Tal como se hizo con los dientes y los tejidos, se crea un modelo de elementos finitos del alineador de recubrimiento polimérico (etapa 330). Los datos de entrada para este modelo incluyen datos que especifican el material del cual está realizado el alineador y la forma de la alineador (entrada de datos 304).

El alineador modelo es manipulado entonces informáticamente para colocarlo en los dientes modelados en la mandíbula modelo para crear un modelo compuesto de un alineador en posición (etapa 340). Opcionalmente, se calculan las fuerzas requeridas para deformar el alineador para ajustarse en los dientes, incluyendo cualquier hardware conectado a los dientes, y se utilizan como factor de mérito en la medición de la aceptabilidad de la configuración del alineador particular. Opcionalmente, se estiman las posiciones de los dientes utilizadas a partir de un modelo probabilístico en base a etapas de tratamiento anteriores y otra información del paciente. En una alternativa más simple, sin embargo, la deformación del alineador se modela aplicando una fuerza suficiente hacia su interior para hacer que sea lo suficientemente grande para encajar en los dientes, colocando el alineador modelo en los dientes modelo en el modelo compuesto, estableciendo las condiciones de los dientes y el tejido modelo par que sean infinitamente rígidos, y permitiendo que el alineador modelo se relaje en posición sobre los dientes fijos. Las superficies del alineador y los dientes se modelan para interactuar sin rozamiento en esta etapa, por lo que el modelo alineador logra la configuración inicial correcta sobre los dientes modelo antes de que el análisis de elementos finitos comience a encontrar una solución al modelo compuesto y calcule el movimiento de los dientes bajo la influencia del alineador distorsionado.

La figura 4 muestra un proceso 400 para el cálculo de la forma de un alineador siguiente que puede utilizarse en los cálculos del alineador, etapa 240 del proceso 200 (figura 2B). Se utiliza una variedad de entradas para calcular la forma del alineador candidato siguiente. Éstas incluyen entradas 402 de datos generados por la solución de análisis de elementos finitos del modelo compuesto y datos 404 definidos por la trayectoria actual de los dientes. Los datos 402 derivados del análisis de elementos finitos incluyen el tiempo real transcurrido durante el cual se llevó a cabo el reposicionamiento simulado de los dientes; las posiciones de los dientes finales reales calculadas mediante el análisis; la fuerza lineal y de torsión máxima aplicada a cada diente; la velocidad lineal y angular máxima de cada diente. A partir de la información de la trayectoria entrada, los datos de entrada 404 incluyen las posiciones de los dientes iniciales para el segmento de la trayectoria actual, las posiciones de los dientes deseadas al final del segmento de la trayectoria actual, la velocidad de desplazamiento máxima admisible para cada diente, y la fuerza máxima admisible de cada tipo para cada diente.

Si se encontrase que un alineador previamente evaluado viola una o más restricciones, el proceso 400 puede utilizar opcionalmente datos de entrada adicionales 406. Estos datos 406 puede incluir información que identifique las restricciones violadas por el alineador previamente evaluado y cualquier rendimiento insuficiente identificado del mismo. Adicionalmente, el proceso 400 puede utilizar datos de entrada 408 relativos a restricciones violadas por dispositivos dentales anteriores y un rendimiento insuficiente de los mismos.

Habiendo recibido los datos de entrada iniciales (etapa 420), el proceso se repite en los dientes móviles en el modelo. (Algunos de los dientes puede ser identificados como inmóviles, y forzarse a que lo sean.) Si la posición final y la dinámica de movimiento del diente seleccionado en ese momento por el alineador previamente seleccionado es aceptable (rama "sí" de la etapa de decisión 440), el proceso continúa seleccionando, para su consideración, un diente siguiente (etapa 430) hasta que todos los dientes han sido considerados (la rama "hecho" de la etapa 430 a la etapa 470). De lo contrario (la rama "no" de la etapa 440), se calcula un cambio en el alineador en la región del diente seleccionada en ese momento (etapa 450). El proceso entonces vuelve hacia atrás para seleccionar el siguiente diente actual (etapa 430) tal como se ha descrito.

Cuando se han considerado todos los dientes, los cambios del agregado realizados en el alineador son evaluados contra limitaciones definidas previamente (etapa 470), cuyos ejemplos ya se han mencionado. Las restricciones pueden ser definidas con referencia a una variedad de otras consideraciones, tales como la fabricabilidad. Por ejemplo, pueden definirse restricciones para establecer un grosor máximo o mínimo del material del alineador, o establecer una cobertura máxima o mínima del alineador en las coronas de los dientes. Si se cumplen las restricciones de alineación, se aplican los cambios para definir una nueva forma del alineador (etapa 490). De lo

contrario, los cambios en el alineador se revisan para cumplir las restricciones (etapa 480), y se aplican los cambios revisados para definir la nueva forma del alineador (etapa 490).

La figura 5A ilustra una implementación de la etapa de calcular un cambio del alineador en una zona de un diente actual (etapa 450). En esta implementación, se utiliza un motor de inferencia basado en reglas 456 para procesar los datos de entrada descritos anteriormente (entrada 454) y un grupo de reglas 452a-452n en una base de reglas 452. El motor de inferencia 456 y las reglas 452 definen un sistema de producción que, cuando se aplica a los datos de entrada fácticos, produce una serie de conclusiones de salida que especifican los cambios que deben introducirse en el alineador en la zona del diente actual (salida 458).

Las reglas 452a. . . 452n presentan la forma en dos partes convencional: una parte-si que define un estado y una parte-entonces que define una conclusión o acción que se afirma si se cumple la condición. Los estados pueden ser simples o pueden ser conjunciones o disyunciones complejas de múltiples afirmaciones. Un grupo de reglas de ejemplo, que define cambios que deben introducirse en el alineador, incluye lo siguiente: si el movimiento del diente es demasiado rápido, añadir material de conducción al alineador opuesto a la dirección de movimiento deseada; si el movimiento del diente es demasiado lento, añadir material de conducción para sobrecorregir la posición del diente; si el diente se encuentra demasiado lejos de la posición final deseada, añadir material para sobrecorregir; si el diente se ha movido demasiado lejos de la posición final deseada, añadir material para rigidizar el alineador donde el diente se mueve para encontrarse con éste; si se ha añadido una cantidad máxima de material de conducción, añadir material para sobrecorregir el reposicionamiento del diente y no añadir material de conducción; si el movimiento del diente es en una dirección distinta de la dirección deseada, retirar y añadir el material con el fin de redirigir el diente.

En una realización alternativa, ilustrada en las figuras 5B y 5C, se calcula una configuración absoluta del alineador, en lugar de una diferencia incremental. Tal como se muestra en la figura 5B, un proceso 460 calcula una configuración absoluta para un alineador en una zona de un diente actual. Utilizando datos de entrada que ya se han descrito, el proceso calcula la diferencia entre la posición final deseada y la posición final alcanzada del diente actual (462). Utilizando la intersección de la línea central del diente con el nivel del tejido de la encía como punto de referencia, el proceso calcula el complemento de la diferencia en todos los seis grados de libertad de movimiento, a saber, tres grados de traslación y tres grados de rotación (etapa 464). A continuación, el diente modelo se desplaza de su posición final deseada en las cantidades de las diferencias del complemento (etapa 466), que se ilustra en la figura 5B.

La figura 5D muestra una vista plana de un alineador modelo ilustrativo 60 en un diente modelo ilustrativo 62. El diente se encuentra en su posición final deseada y la forma del alineador está definida por el diente en esta posición final. El movimiento real del diente calculado por el análisis de elementos finitos se ilustra colocando el diente en la posición 64 en lugar de en la posición deseada 62. Un complemento de la posición final calculada se ilustra como posición 66. La siguiente etapa de proceso 460 (figura 5B) define el alineador en la región del diente actual en esta iteración del proceso por la posición del diente modelo desplazado (etapa 468), calculada en la etapa anterior (466). Esta configuración del alineador calculada en la zona del diente actual se ilustra en la figura 5D como forma 68 que está definida por el diente modelo reposicionado en la posición 66.

En la figura 5C se muestra otra etapa en el proceso 460, que también puede ser implementada como una regla 452 (figura 5A). Para mover el diente actual en la dirección de su eje central, el tamaño del diente modelo que define esa zona del alineador, o la cantidad de espacio permitido en el alineador para el diente, se hace más pequeño en la zona alejada de la cual el proceso de ha decidido mover el diente (etapa 465).

Tal como se muestra en la figura 6, el proceso 200 (figura 2B) de cálculo de la forma para un alineador para una etapa en una trayectoria de tratamiento es una etapa en un proceso 600 de cálculo de las formas de una serie de alineadores. Este proceso 600 comienza con una etapa de inicialización 602 en la cual se obtienen valores de datos iniciales, de control y de restricción.

Cuando se ha encontrado una configuración de alineador para cada etapa o segmento de la trayectoria de tratamiento (etapa 604), el proceso 600 determina si todos los alineadores son aceptables (etapa 606). Si es así, el proceso se ha completado. De lo contrario, el proceso lleva a cabo, opcionalmente, un grupo de etapas 610 en un intento de calcular un grupo de alineadores aceptables. En primer lugar, una o más de las limitaciones de los alineadores se relaja(n) (etapa 612). Entonces, para cada segmento de la trayectoria con un alineador inaceptable, el proceso 200 (figura 2B) de la configuración de un alineador se realiza con las nuevas restricciones (etapa 614). Si todos los alineadores son ahora aceptables, el proceso 600 sale (etapa 616).

Los alineadores pueden ser inaceptables por diversas razones, algunas de las cuales son gestionadas por el proceso. Por ejemplo, si se requiere cualquier movimiento imposible (etapa de decisión 620), es decir, si se requiere que el proceso de cálculo de la forma 200 (figura 2B) efectúe un movimiento para el cual no se disponía de ninguna regla o ajuste, el proceso 600 pasa a ejecutar un módulo que calcula la configuración de una unión de hardware al

diente al cual pueden aplicarse unas fuerzas para efectuar el movimiento requerido (etapa 640). Debido a que la adición de hardware puede tener un efecto que sea más que local, si se añade hardware al modelo, el bucle externo del proceso 600 se ejecuta de nuevo (etapa 642).

Si no se requieren movimientos imposibles (rama "no" de la etapa 620), el proceso transfiere el control a un proceso de definición de la trayectoria (tal como la etapa 150, figura 2A) para redefinir aquellas partes de la trayectoria de tratamiento que tienen alineadores inaceptables (etapa 630). Esta etapa puede incluir variar los incrementos de movimiento del diente, es decir, variar la segmentación, en la trayectoria de tratamiento, variar la trayectoria seguida por uno o más dientes en la trayectoria de tratamiento, o ambas. Después de que se ha redefinido la trayectoria de tratamiento, el bucle externo del proceso se ejecuta de nuevo (etapa 632). El recálculo se limita ventajosamente a recalcular únicamente aquellos alineadores en las partes redefinidas de la trayectoria de tratamiento. Si todos los alineadores son ahora aceptables, el proceso sale (etapa 634). Si sigue existiendo alineadores inaceptables, el proceso puede repetirse hasta que se encuentra un grupo aceptable de alineadores o se supera un límite de iteración (etapa 650). En este punto, así como en otros puntos de los procesos que se describen en esta memoria, como en el cálculo de hardware adicional (etapa 640), el proceso puede interactuar con un operador humano, tal como un clínico o un técnico, para solicitar asistencia (etapa 652). La asistencia que proporciona un operador puede incluir definir o seleccionar anclajes apropiados para anclarse a un diente o un hueso, definiendo un elemento elástico añadido para proporcionar una fuerza necesaria para uno o más segmentos de la trayectoria de tratamiento, sugiriendo una alteración a la trayectoria de tratamiento, ya sea en la trayectoria de movimiento de un diente o en la segmentación de la trayectoria de tratamiento, y aprobando una desviación o relajación de una restricción operativa.

Tal como se ha mencionado anteriormente, el proceso 600 se define y se parametrizada a través de diversos elementos de datos de entrada (etapa 602). En una implementación, estos datos de inicialización y de definición incluyen los siguientes elementos: límite de iteración para el bucle externo del proceso general; especificación de factores de mérito que se calculan para determinar si un alineador es lo suficientemente bueno (véase la figura 2B, el etapa 270); una especificación del material del alineador; una especificación de las limitaciones que debe cumplir la forma o la configuración de un alineador para que sea aceptable; una especificación de las fuerzas y movimientos de posicionamiento y velocidades que son ortodónticamente aceptables; una trayectoria de tratamiento inicial, que incluye la trayectoria de movimiento para cada diente y una segmentación de la trayectoria de tratamiento en segmentos, cada segmento para obtenerse mediante un alineador; una especificación de las formas y posiciones de cualquier anclaje instalados en los dientes o de otra manera; y una especificación de un modelo para el hueso de la mandíbula y otros tejidos en el cual, o sobre el cual, se encuentran situados los dientes (en la implementación que se describe, este modelo consiste en un modelo de un fluido de sustrato viscoso en el cual se encuentran incrustados los dientes y que presenta unas condiciones de contorno que definen esencialmente un contenedor para el fluido).

La figura 7 es un diagrama de ejemplo de un modelo de raíz estadístico. Tal como se muestra en la misma, utilizando los procesos de escaneado que se han descrito anteriormente, se identifica una parte superior escaneada 701 de un diente. La parte superior escaneada, incluyendo la corona, se complementa entonces con una raíz 3D modelada. El modelo 3D de la raíz puede modelarse estadísticamente. El modelo 3D de la raíz 702 y el modelo 3D de la parte superior 700 forman conjuntamente un modelo 3D completo de un diente.

La figura 8 muestra diagramas de ejemplo de modelado de la raíz, mejorado utilizando información dental adicional. En la figura 8, la información dental adicional es información de rayos X. Se escanea una imagen de rayos X de los dientes 710 para proporcionar una vista 2D de las formas de los dientes completos. En la imagen de rayos X se identifica un contorno de un diente de destino. El modelo 712, tal como se desarrolla en la figura 7, se modifica de acuerdo con la información adicional. En una realización, el modelo de los dientes de la figura 7 se transforma para formar un nuevo modelo 714 que se ajusta a los datos de rayos-X.

La figura 9 muestra un diagrama de ejemplo de un escaneado TC de los dientes. En esta realización, las raíces se derivan directamente de un escaneado CBCT de alta resolución del paciente. Las raíces escaneadas originales pueden aplicarse entonces a coronas derivadas de una impresión, o utilizarse con las coronas existentes extraído de datos de Tomografía Computerizada de Haz Cónico (CBCT). Un único escaneado CBCT proporciona datos 3D y múltiples formas de datos de tipo de rayos X. Se evitan impresiones PVS.

En una realización, una fuente de rayos X de haz cónico y un detector de área 2D escanea la anatomía dental del paciente, preferiblemente en un intervalo angular de 360 grados y a lo largo de toda su longitud, mediante cualquiera de los diversos procedimientos en los que la posición del detector de área es fija respecto a la fuente, y un movimiento relativo de rotación y de traslación entre la fuente y el objeto proporciona el escaneado (irradiación del objeto por energía de radiación). Como resultado del movimiento relativo de la fuente de haz cónico a una pluralidad de posiciones de la fuente (es decir, "vistas") a lo largo de la trayectoria de escaneado, el detector adquiere una pluralidad correspondiente de grupos secuenciales de datos de proyección de haz cónico (también denominado aquí

datos de haz cónico o datos de proyección), siendo cada grupo de datos de haz cónico representativo de una atenuación de rayos x provocada por el objeto en una posición respectiva de las posiciones de la fuente.

La figura 10 muestra una interfaz de usuario de ejemplo que muestra los dientes erupcionados, que pueden mostrarse con información de raíz en otra realización. Cada diente es regulable individualmente utilizando un mango apropiado. En la realización de la figura 10, el mango permite a un operador mover el diente en tres dimensiones con seis grados de libertad.

El movimiento de los dientes es guiado en parte utilizando un sistema de secuenciación basado en la raíz. En una realización, el movimiento está limitado por una restricción de área de superficie mientras que, en otra realización, el movimiento está limitado por una restricción de volumen.

En una realización, el sistema determina un área de superficie para cada modelo de diente. El sistema suma entonces todas las áreas de superficie para todos los modelos de dientes que se han de mover. A continuación, el sistema suma todas las áreas de superficie de todos los modelos de dientes en el arco. Para cada etapa del movimiento de los dientes, el sistema comprueba que se cumple una relación o restricción de área predeterminada mientras se mueven los modelos de los dientes. En una implementación, la restricción puede ser asegurar que las áreas de superficie de los dientes en movimiento sean menores de las áreas de superficie totales de dientes en un arco de soporte de los dientes que se mueven. Si la relación es mayor que un número particular, tal como un 50%, el sistema indica una señal de error a un operador para indicar que los dientes deben moverse de más lentamente.

En otra realización, el sistema determina el volumen de cada modelo de diente. El sistema suma entonces los volúmenes de todos los modelos de los dientes que se mueven. A continuación, el sistema determina el volumen total de todos los modelos de dientes en el arco. Para cada etapa del movimiento de los dientes, el sistema comprueba que se cumple una relación o restricción de volumen predeterminado, mientras se mueven los modelos de los dientes. En una implementación, la restricción puede ser asegurar que el volumen de los dientes en movimiento sea menor que el volumen de todos los dientes en un arco de soporte de los dientes que se mueven. Si la relación es mayor que un número particular, tal como un 50%, el sistema indica una señal de error a un operador para indicar que los dientes deben moverse más lentamente.

Opcionalmente, se añaden otras características a los grupos de datos modelo de los dientes para producir características deseadas en los alineadores. Por ejemplo, puede ser deseable añadir parches de cera digitales para definir cavidades o rebajes para mantener un espacio entre el alineador y zonas particulares de los dientes o la mandíbula. También puede ser deseable añadir parches de cera digitales para definir formas estructurales onduladas o de otro tipo para crear zonas que presenten una rigidez particular u otras propiedades estructurales. En procesos de fabricación que se basan en la generación de modelos positivos para producir el aparato de reposicionamiento, la adición de un parche de cera al modelo digital generará un molde positivo que tiene la misma geometría del parche de cera añadido. Esto puede realizarse globalmente en la definición de la forma de base de los alineadores o en el cálculo de formas de alineador particulares. Una característica que puede añadirse es un borde alrededor de la línea de las encías, lo cual puede producirse añadiendo un alambre de modelo digital en la línea de las encías de los dientes modelos digitales a partir de los cuales está fabricado el alineador. Si un alineador está fabricado aplicando a presión un material polimérico en un modelo físico positivo de los dientes digitales, el alambre a lo largo de las líneas de las encías hace que el alineador presente un borde alrededor del mismo que proporciona una rigidez adicional a lo largo de la línea de las encías.

En otra técnica de fabricación opcional, se ajustan a presión dos láminas de material sobre el modelo de diente positivo, donde una de las láminas se corta a lo largo del arco del vértice del alineador y el otro queda recubierto en la parte superior. Esto proporciona un grosor doble de material del alineador a lo largo de las paredes verticales de los dientes.

Los cambios que pueden realizarse al diseño de un alineador están limitados por la técnica de fabricación que se utilizará para producirlo. Por ejemplo, si el alineador se fabrica por ajuste a presión de una lámina polimérica sobre un modelo positivo, el grosor del alineador viene determinado por el grosor de la lámina. Como consecuencia, el sistema generalmente ajustará el rendimiento del alineador variando la orientación de los dientes modelo, los tamaños de las partes de los dientes modelo, la posición y la selección de los anclajes, y la adición o eliminación de material (por ejemplo, añadiendo alambres o creando hoyuelos) para variar la estructura del alineador. El sistema puede ajustar opcionalmente el alineador especificando que uno o más de los alineadores tengan que fabricarse a partir de una lámina de un grosor que no sea el estándar, para proporcionar más o menos fuerza a los dientes. Por otra parte, si el alineador se fabrica mediante un proceso de estéreo-litografía, el grosor del alineador puede variarse localmente, y pueden añadirse características estructurales tales como bordes, hoyuelos y ondulaciones sin modificar el modelo digital de los dientes.

El sistema también puede utilizarse para modelar los efectos de aparatos más tradicionales, tales como retenedores y los aparatos de ortodoncia y, por lo tanto, utilizarse para generar diseños y programas de tratamiento óptimos para los pacientes particulares.

La figura 11 es un diagrama de bloques del sistema de indexación global 1100 para poner en práctica las diversas realizaciones de la presente descripción. El sistema de indexación 1100 en una realización incluye un terminal 1101, que puede configurarse como un ordenador personal, estación de trabajo, o una unidad central, y que incluye un dispositivo de entrada de interfaz de usuario 1103 y un dispositivo de salida de interfaz de usuario 1105, una unidad de almacenamiento 1107, y un servidor central 1109.

Haciendo referencia a la figura 11, el dispositivo de entrada de interfaz de usuario 1103 puede incluir un teclado y puede incluir, además, unos dispositivos señaladores y/o un escáner, incluyendo un escáner de rayos X o intra-oral. El dispositivo señalador puede ser un dispositivo señalador indirecto tal como un ratón, una rueda de desplazamiento, un panel táctil o una tableta gráfica, o un dispositivo señalador directo, tal como una pantalla táctil incorporada en el dispositivo de salida de interfaz de usuario 1105. Dentro del alcance de la presente descripción, pueden utilizarse otros tipos de dispositivos de entrada de interfaz de usuario, tales como sistemas de reconocimiento de voz.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 11, el dispositivo de salida de interfaz de usuario 1105 puede incluir una impresora y un subsistema de visualización, que incluya un controlador de visualización y un dispositivo de visualización conectado al controlador. El dispositivo de visualización puede ser un tubo de rayos catódicos (CRT), un dispositivo de panel plano tal como una pantalla de cristal líquido, o un dispositivo de proyección. El subsistema de visualización también puede proporcionar visualización no visual tal como salida de audio.

El sistema de indexación 1100 que se muestra en la figura 11 incluye también la unidad de almacenamiento de datos 1107 que está configurada para, bajo el acceso y control de un servidor central 1109 o bien una aplicación cliente, mantener la programación básica y construcciones de datos que proporcionan la funcionalidad de la presente descripción. El software se almacena en la unidad de almacenamiento 1107, la cual puede incluir una unidad de memoria y una unidad de almacenamiento de archivos. La unidad de memoria puede incluir una memoria principal de acceso aleatorio (RAM) para el almacenamiento de instrucciones y datos durante la ejecución del programa y una memoria de sólo lectura (ROM) en la cual se almacenen instrucciones fijas.

La unidad de almacenamiento de archivos de la unidad de almacenamiento de datos 1107 puede proporcionar almacenamiento (no volátil) persistente para archivos de programa y de datos, y típicamente incluye por lo menos una unidad de disco duro y por lo menos una unidad de CD-ROM (con medios extraíbles asociados). También puede haber otros dispositivos tales como una unidad de disquete y unidades ópticas (todas con sus medios extraíbles asociados). Además, la unidad de almacenamiento de archivos puede incluir unidades de tipo con cartuchos de medios extraíbles, tales como cartuchos de disco duro y cartuchos de discos flexibles. Una o más de las unidades puede estar situada en una ubicación remota, tal como en el servidor central 1109 en una red de área local o en un sitio en Internet o todo el sistema puede ser una aplicación de software independiente residente en el sistema del usuario.

En un aspecto de la presente descripción, el servidor central 1109 puede configurarse para comunicarse con el terminal 1101 y la unidad de almacenamiento de datos 1107 para acceder al software almacenado en la unidad de almacenamiento de datos 1107 en base y en respuesta a la entrada recibida desde el terminal 1101, y para llevar a cabo un procesamiento adicional en base a los procedimientos y/o rutinas de acuerdo con las instrucciones o información de entrada recibida desde el terminal 1101.

Haciendo de nuevo referencia a la figura 11, el sistema de indexación 1100 de acuerdo con una realización de la presente descripción organiza necesidades de ortodoncia mediante las configuraciones más comunes de discrepancias de ortodoncia en las diferentes dimensiones: sagital, vertical, horizontal/transversal, y longitud del arco. Las categorías pueden expandirse para capturar específicamente otros componentes tales como el perfil facial, configuraciones dentales individuales, relaciones funcionales dinámicas, y estados de los tejidos blandos circundantes; sin embargo, las discrepancias en estas cuatro categorías capturan una parte significativa de los problemas o inquietudes dentales de ortodoncia relacionados. Dentro de cada categoría, puede haber un número predeterminado de componentes individuales para caracterizar los estados potenciales para esa dimensión. Para cada estado puede crearse una combinación predeterminada de diferentes estados posibles. Esta colección de combinaciones predefinidas para cada componente, donde cada componente pertenece a una de las cuatro categorías principales descritas, en una realización, define una matriz de manera que cualquier paciente en cualquier punto del tiempo puede definirse como una dirección específica dentro de la matriz. Tanto la matriz como la dirección de la matriz puede almacenarse en la unidad de almacenamiento 1107.

La figura 12 ilustra una representación tabular de ejemplo de la matriz de sistema de indexación almacenada en la unidad de almacenamiento 1107 de la figura 11 de acuerdo con una realización de la presente descripción. La tabla de ejemplo 1200 de la figura 12 ilustra una versión simplificada de los posibles estados para un componente dentro de cada una de las cuatro categorías.

Haciendo referencia a la figura 12, la tabla 1200 incluye un campo de categoría 1201, un campo de componente de referencia 1202, y el campo de opciones predefinidas 1203. La tabla 1200 incluye también un número de campo de opciones 1204. El campo de categoría 1201 en una realización incluye las categorías para las cuales se almacena información del estado de la dentición de referencia. En la realización de ejemplo, las categorías pueden incluir: sagital, vertical, horizontal, y longitud de arco. En esta realización de ejemplo, el campo de componente de referencia 1202 incluye un componente común dentro de cada dimensión mediante el cual se valora la maloclusión. El campo de opciones predefinidas común 1203 incluye los diversos niveles de maloclusión para esa dimensión de la categoría. Por ejemplo, las maloclusiones comunes para el componente canino derecho de la categoría sagital son: Clase 2+ completa (mayor que Clase 2 de cúspide completa), Clase 2 (cúspide) completa, Clase 2 parcial (también denominada Clase 2 final), etc. Dentro de cada selección del componente dimensional se encuentra también una selección para "normal".

Haciendo referencia a la figura 12, el número de opciones de campo 1204 en una realización incluye el número de condiciones de referencia posibles en cada categoría, y también un número total de posibles combinaciones de condiciones de referencia. Por ejemplo, la categoría sagital tiene siete (7) posibles condiciones de referencia para el componente de relación de canino y la categoría vertical tiene siete (7) condiciones de referencia para el componente de sobremordida anterior. El ejemplo mostrado da 7 x 7 x 7 x 7 = 2401 posibles combinaciones de condiciones de referencia para los cuatro componentes, tal como se muestra en la tabla 1200 de la figura 12. En una realización, cada una de estas 2401 combinaciones de casos de pacientes se almacena en una base de datos en la unidad de almacenamiento 1107 (figura 11), por ejemplo, mediante el servidor central 1109. Puesto que puede haber numerosos componentes utilizados para describir cada una de las cuatro dimensiones de ortodoncia principales y no sólo uno de los componentes por dimensión tal como se ilustra, en la práctica, el número total de combinaciones que pueden utilizarse para describir un paciente puede ser sustancialmente mayor, pero, al mismo tiempo, será un número finito de manera que pueda ser indexado, catalogado y consultado tal como se describe en la figura 11.

En referencia a la tabla de índices 1200 que se ilustra en la figura 12, un identificador puede estar compuesto por una matriz de cuatro posiciones, o "de cuatro bits": ABCD. En esta matriz de cuatro bits, en una realización de la presente descripción, la posición "A" en la matriz corresponde a la dimensión sagital, la posición "B" en la matriz corresponde a la dimensión vertical, la posición "C" en la matriz corresponde a la dimensión horizontal, y la posición "D" en la matriz corresponde a la dimensión de la longitud del arco.

El número real o letra en la posición de cada "bit" de la matriz puede estar asociado al estado correspondiente en la categoría. Por ejemplo, haciendo referencia de nuevo a la tabla de ejemplo 1200 de la figura 12, un identificador 3256 representa: una Clase 2 parcial de canino derecho, con mordida profunda moderada anterior, línea media superior a la izquierda 0-1 mm, y apiñamiento bajo moderado. Este identificador "3256" corresponde a una dirección en una base de datos de indexación almacenada en la unidad de almacenamiento 1107 que se ha almacenado en la base de datos, información clínica relacionada para el emparejamiento particular de "3256" a un objetivo de tratamiento definido por el usuario (por ejemplo, descrito en más detalle a continuación con referencia a la figura 14).

Base de Datos de Caracterización Dental

Haciendo de nuevo referencia a la figura 11, el sistema de indexación 1100 en una realización de la presente descripción también puede utilizarse para representar uno o más dientes en la dentición de un paciente. Típicamente, la dentadura de un paciente adulto incluye 32 dientes. Los dentistas normalmente caracterizan cinco superficies de cada diente: mesial, oclusal/incisal, distal, bucal/facial y lingual. Cada una de estas superficies pueden ser naturales o cubiertas por una restauración tal como corona de amalgama de plata, compuesto, porcelana, oro, o metal. El diente también puede faltar o haber sido tratado con un canal de raíz o un implante. Estas combinaciones pueden ser representadas con un sistema de indexación para la dentición inicial, una dentición de destino (objetivo del tratamiento), y una dentición final que es el resultado del tratamiento.

Para cada diente en la dentición de un paciente, puede haber un número de posibles condiciones en base a las características del diente, tales como la superficie del diente y si el diente ha sido tratado o no se encuentra. Las combinaciones de diferentes posibles estados de los dientes definen una matriz. Una realización de ejemplo de la presente descripción incluye una dirección de 32 posiciones dentro de la matriz, donde cada posición en la dirección corresponde a un diente en la dentición de un paciente e induye una sub-dirección en la que caracteres alfanuméricos u otras representaciones representan el estado actual del diente.

Una subdirección de "5 bits" para cada diente incluye posiciones 12345, donde cada una de las posiciones "1" a "5" representa una de las cinco superficies del diente. En particular, la posición 1 de la sub-dirección corresponde a la superficie mesial del diente, la posición 2 de la sub-dirección corresponde a la superficie oclusal o incisal del diente, la posición 3 de la sub-dirección corresponde a la superficie distal del diente, la posición 4 de la sub-dirección corresponde a la superficie bucal o facial del diente, y la posición 5 de la subdirección corresponde a la superficie lingual del diente.

Además, cada uno de los siguientes caracteres "A" a "N" corresponde a un estado de la superficie del diente particular en la subdirección.

A = amalgama	H = corona de porcelana con canal de raíz
B = compuesto	I = amalgama con canal de raíz
C = recubrimiento de porcelana	J = compuesto con canal de raíz
D = oro	K = corona de oro con implante
E = corona de porcelana	L = corona de porcelana con implante
F = corona de oro	M = falta
G = corona de oro con canal de raíz	N = natural

Por ejemplo, considérese el siguiente identificador del paciente 1: NNABN. El identificador 1: NNABN representaría: número de dientes 1 de una dirección de 32 bits que tiene una superficie mesial natural (posición de subdirección 1), una amalgama oclusal (posición de subdirección 2), una superficie distal natural (posición de subdirección 3), un compuesto bucal/facial (posición de subdirección 4), y una superficie natural lingual (posición de subdirección 5).

En una realización de ejemplo de la dentición inicial del paciente, la dentición de destino (objetivo de tratamiento), y la dentición final, puede configurarse tal como, por ejemplo:

DirecciónTotal = SubDirección1: SubDirección2: SubDirección3

SubDirección1 = Dientes 1-32 iniciales
SubDirección2 = Dientes 1-32 objetivo
SubDirección3 = Dientes 1-32 actuales, punto de tiempo actual

de modo que cada uno de los 1-32 puede incluir, además, una sub-matriz de adición de 1-5 superficies, tal como se ha descrito anteriormente.

De esta manera, los dentistas pueden consultar fácilmente su base de datos de prácticas para determinar la cantidad de trabajo dental que se ha hecho y que queda por hacer. También pueden realizar un seguimiento de las tendencias de uso en su práctica y cuáles son los procedimientos más comunes en la práctica. La matriz del paciente también puede utilizarse en investigación forense para fines de identificación de pacientes, así como para seguridad nacional y otros propósitos de seguridad.

La figura 13 ilustra una tabulación de ejemplo de los posibles objetivos del tratamiento de la matriz de objetivos de tratamiento del sistema de indexación almacenados en la unidad de almacenamiento 1107 de la figura 111 de acuerdo con una realización de la presente descripción. Cuatro ejemplos de objetivos del tratamiento son los siguientes:

Objetivo de Tratamiento 1: Configuración pre-restauradora - la finalidad de este objetivo es posicionar mejor dientes específicos con el fin de mejorar la colocación de restauraciones dental, tales como coronas, puentes e implantes. Algunos de los componentes dentales del paciente pueden dejarse como están (sin tratar) en caso de que no contribuyan a la finalidad de la mejora del objetivo de restauración.

Objetivo Tratamiento 2: Alineación estética - la finalidad de este objetivo es alinear los dientes anteriores del paciente con el propósito de una estética mejorada. En términos generales, la mordida del paciente puede dejarse como está (sin tratar) si no contribuye a la finalidad de mejorar el componente estético de la sonrisa del paciente.

Objetivo Tratamiento 3: Mejora de la función anterior - la finalidad de este objetivo es mejorar la función anterior de los dientes a la vez que se mejora también el componente estético anterior. En términos generales, la oclusión posterior del paciente puede dejarse como está si no contribuye a la mejora de la función canina y/o estética anterior.

Objetivo Tratamiento 4: Configuración óptima - la finalidad de este objetivo es hacer que toda la mordida se encuentre cerca del ideal "de manual", incluye tanto la función canina como molar.

La figura 14 ilustra una versión ampliada de la figura 13 utilizando las características tal como se define por la tabulación que se muestra en la figura 12. Más específicamente, cada uno de los cuatro objetivos de tratamiento que se identifican en la figura 13 puede refinarse y formatearse de acuerdo con la tabulación y la indexación que se muestra en la figura 12 para describir el objetivo buscado del tratamiento en mayor detalle de acuerdo con cada componente individual.

Por ejemplo, para el objetivo del tratamiento 1 para la configuración pre-restauradora, un ejemplo de este objetivo de acuerdo con el formato de matriz de 4 bits de la figura 12 puede ser XXX4 donde la "X" es la relación existente del paciente para ese componente que se deja sin tratamiento, y sólo el cuarto dígito está previsto para tratamiento. Además, para el objetivo del tratamiento 2 para alineación estética, un ejemplo de este objetivo de acuerdo con el formato de matriz de 4 bits de la figura 2 puede ser XX44 donde "X" es la relación existente del paciente para ese componente que se deja sin tratamiento, y sólo el tercer y el cuarto dígito (que representan los componentes transversales y de longitud de arco, respectivamente) están previstos para el tratamiento.

Además, para el objetivo del tratamiento 3 para una mejora de la función anterior, un ejemplo de este objetivo de acuerdo con el formato de la matriz de 4 bits en la figura 12 puede ser 4X44 donde "X" es la relación existente del paciente para ese componente que se deja sin tratamiento. En este ejemplo, sólo el segundo componente de los dígitos (correspondiente a la dimensión vertical) no está previsto para el tratamiento. Por último, para el objetivo del tratamiento 4 para una óptima configuración, un ejemplo de este objetivo de acuerdo con la matriz de 4 bits definido en la figura 12, puede ser 4444.

Existen varias maneras para generar un identificador que represente un problema o un tipo de caso único de un paciente. Tradicionalmente, el procedimiento ha sido describir y definir una característica y tener la persona entrenada para identificar subjetivamente el estado o "etiqueta" que mejor representa el estado del paciente. Para reducir la variabilidad de este procedimiento se requiere una calibración y/o medidas objetivas para definir cada una de las etiquetas.

Otro procedimiento implica el uso de una interfaz basada en la imagen visual. Para caracterizar la dentición de un paciente, un usuario compara la dentición del paciente con imágenes de las condiciones de la dentición de referencia que describen la gravedad de la maloclusión, o la ausencia de ésta. El usuario identifica entonces dónde se encuentra el estado de la dentición del paciente dentro de un rango de estados de referencia que representan la maloclusión y selecciona la imagen que mejor representa el paciente, o bien selecciona una posición relativa del estado del paciente a partir de un gradiente continuo de representaciones de imágenes del paciente del problema específico. La interfaz de imagen visual puede ser presentada al usuario sin ninguna descripción o etiquetas para evitar cualquier sesgo preconcebido asociado a la etiqueta.

Se han descrito anteriormente imágenes visuales en el sistema de indexación ICON, por ejemplo, para describir un componente estético del paciente. En el sistema ICON, el evaluador selecciona 1 de 10 imágenes que mejor representan el componente estético anterior del paciente. A través de una calibración, varios usuarios son capaces de determinar el componente estético de un paciente con una consistencia razonable. El uso de una interfaz visual para capturar todos los componentes del estado dental de la ortodoncia del paciente, sin embargo, no se ha descrito anteriormente como una interfaz para la creación de una base de datos digital del paciente.

La figura 15 ilustra el componente de la longitud de arco inferior 1500 para utilizarse en el sistema de indexación de acuerdo con una realización de la presente descripción. Esta ilustración del componente de la longitud del arco inferior 1500 es una escala visual de ejemplo que permite al usuario seleccionar una imagen que sea similar al estado de la dentición del paciente. Haciendo referencia a la figura 5, se muestran siete imágenes del arco inferior, cada una representando un posible estado de referencia para la categoría de la longitud del arco inferior. En este ejemplo de realización, las imágenes 1501-1507 representan las 7 imágenes correspondientes a los campos individuales para el componente de "Longitud de Arco Inferior" de la dimensión "Longitud de Arco" de la figura 12. El usuario simplemente selecciona cuál de las siete imágenes se representa mejor en el paciente. O pueden ser capaces de seleccionar en entre qué dos imágenes adyacentes puede describirse mejor el paciente. No es necesario que sepan se qué etiqueta técnica o plazo se trata; simplemente tienen que seleccionar una imagen o un área entre dos imágenes en base a una comparación directa del estado existente con las imágenes presentadas.

En la realización de ejemplo que se muestra en la figura 15, cada una de las siete imágenes 1501-1507 tiene un carácter alfanumérico predefinido correspondiente. De este modo, cuando se selecciona una imagen, el carácter alfanumérico predefinido asociado se añade a la dirección del identificador del paciente. Marcando cada categoría con un carácter alfanumérico, la dentición del paciente puede caracterizarse mediante un direccionamiento alfanumérico. La salida al usuario puede explicar los detalles específicos de su selección con mayor detalle, incluyendo la descripción técnica y opciones de tratamiento asociadas a tal estado. En una realización alternativa, puede generarse un carácter alfanumérico cuando el usuario seleccione el área entre imágenes adyacentes, lo que representa que el estado del paciente se encuentra entre el estado de las imágenes adyacentes seleccionadas. La

interfaz de usuario también puede ser una combinación de selección directa de la imagen, así como una selección intermedia de imágenes.

Haciendo referencia ahora a la figura 16, se ilustra una visualización de información del doctor y el paciente de ejemplo 1600 para el sistema de indexación 1100 de acuerdo con una realización de la presente descripción. Esta visualización 600 incluye información entrada por el usuario en campos 1601-1603 para identificar a un paciente. En particular, en el campo 1601 se introduce el nombre de un paciente, en el campo 1602 se introduce el género del paciente, y en el campo 1603 se introduce el (los) problema(s) principal(es) de un paciente. La realización preferida del campo 1603 es una selección de la casilla de verificación de posibles estados predefinidos que pueden ser catalogados de acuerdo con las selecciones del usuario. Se apreciará que puede añadirse otra información del paciente. Una vez que se ha introducido la información del paciente, un usuario puede seleccionar un comando de entrada predefinido o botón para pasar a la siguiente pantalla, lo cual se ilustra en la figura 17.

Haciendo referencia a la figura 17, se muestra una visualización de un proceso de selección de ejemplo 1700 para la dimensión sagital (posición de la dirección de la matriz "A" en la figura 12) - componente bucal derecha, canino derecho /cúspide. Una serie de imágenes de estados de la dentición de referencia 1701-1703 se muestran en combinación con unos botones 1704 permitiendo que las imágenes se desplacen hacia la izquierda o hacia la derecha. Un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha para seleccionar 1704 la imagen del estado de la dentición de referencia que mejor refleja el estado actual del paciente en particular en la(s) posición(es) indicadas por las flechas resaltadas que se indican en 1702. En esta realización de ejemplo, un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha para seleccionar la relación de cúspide (canino) que es similar a la oclusión actual de un paciente.

Una vez realizada la selección, se pulsa el botón siguiente 1705 para pasar a la siguiente pantalla. La visualización del proceso de selección de ejemplo 1700 también incluye botones 1706-1709 para permitir que un usuario retroceda, acceda a un glosario, solicite asistencia, y guarde la información, respectivamente.

Haciendo referencia a la figura 18, se muestra una visualización del proceso de selección de ejemplo 1800 para la categoría sagital - bucal izquierda, componente cúspide izquierda. Una serie de imágenes de estados de la dentición de referencia 1801-1803 se muestran en asociación con unos botones 804 que permiten desplazar las imágenes hacia la izquierda o hacia la derecha. Un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha 804 para seleccionar la imagen del estado de la dentición de referencia que mejor refleja el estado actual del paciente. En esta realización de ejemplo, un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha para seleccionar la relación de cúspide que es similar a la oclusión actual de un paciente.

Una vez que se ha realizado la selección, se pulsa el siguiente botón 1805 para pasar a la siguiente pantalla, la cual se ilustra en la figura 19. La visualización del proceso de selección de ejemplo 1800 también incluye unos botones 1806-1809 para permitir que un usuario retroceda, acceda a un glosario, solicite asistencia, y guarde la información, respectivamente.

Haciendo referencia a la figura 19, se muestra una visualización del proceso de selección de ejemplo 1900 para la dimensión vertical (matriz de direcciones de posición "B" en la figura 12) - componente de sobremordida anterior. Se muestra una serie de imágenes de los estados de referencia 1901-1903 en combinación con unos botones 1904 que permiten que las imágenes se desplacen hacia la izquierda o hacia la derecha. Un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha para seleccionar 1904 la imagen del estado de la dentición de referencia que mejor refleja el estado actual del paciente. En esta realización de ejemplo, un usuario hace clic en unos botones de flecha izquierda o derecha 1904 para seleccionar el componente de relación de sobremordida vertical anterior que es similar al grado de mordida abierta o profunda de un paciente.

Una vez realizada la selección, se pulsa el botón siguiente 1905 para pasar a la siguiente pantalla, la cual se ilustra en la figura 20. La visualización del proceso de selección de ejemplo 1900 también incluye unos botones 1906-1909 para permitir que un usuario retroceda, acceda a un glosario, solicite asistencia, y guarde la información, respectivamente.

Haciendo referencia a la figura 20, se muestra una visualización del proceso de selección de ejemplo 2000 para la dimensión horizontal/transversal (posición de direcciones de la matriz "C" en la figura 12) - componentes de la línea media superior e inferior. Una imagen 1010 que representa un estado de dentición de referencia se altera haciendo clic en las flechas superiores 2001-2002 correspondientes al arco superior de la imagen 2010, y haciendo clic en las flechas inferiores 2003-2004 correspondientes al arco inferior de la imagen 1010 para coincidir mejor con la línea media de la imagen 2010 a una relación del componente de la línea media de un paciente. Una vez que se ha realizado la selección, se pulsa el botón siguiente 2005 para pasar a la siguiente pantalla, la cual se ilustra en la figura 21. La visualización del proceso de selección de ejemplo 2000 de la figura 20 incluye también unos botones

2006-2009 para permitir que un usuario retroceda, acceda a un glosario, solicite asistencia, y guarde la información, respectivamente.

Haciendo referencia a la figura 21, se muestra una visualización del proceso de selección de ejemplo 2100 para la categoría de longitud de arco superior. Asociada a los botones 2104, se muestra una imagen de un estado de la dentición de referencia 2101 y descripciones de estados de la dentición de referencia 2102, 2103 lo que permite desplazar hacia la izquierda o hacia la derecha la imagen de estado de la dentición de referencia y las descripciones. Un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha 2104 para seleccionar la imagen o la descripción del estado de la dentición de referencia que mejor refleja el estado actual del paciente. En esta realización de ejemplo, un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha 2104 para seleccionar la imagen o descripción del estado de la dentición de referencia que es similar a la longitud del arco superior de un paciente desde el punto de vista oclusal. En esta realización particular, si existe tanto apiñamiento como separación, se instruye a un usuario para que utilice la cantidad neta de apiñamiento o separación, pero puede ser posible tener cada aspecto capturado de manera independiente.

De nuevo, una vez que se ha realizado la selección, se pulsa el botón siguiente 2105 para pasar a la siguiente pantalla la cual se ilustra en la figura 22. La visualización del proceso de selección de ejemplo 2100 también incluye unos botones 2106-2109 para permitir que un usuario retroceda, acceda a un glosario, solicite asistencia, y guarde la información, respectivamente.

Haciendo referencia a la figura 22, se muestra una visualización del proceso de selección de ejemplo 2200 para la dimensión de la longitud del arco (posición de la matriz "D" en la figura 12) - componente de la longitud del arco inferior. Asociada a los botones 2204, se muestra una imagen de un estado de la dentición de referencia 2201 y descripciones de estados de la dentición de referencia 2202, 2203 lo que permite desplazar hacia la izquierda o hacia la derecha la imagen de estado de la dentición de referencia y las descripciones. Un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha 2204 para seleccionar la imagen o descripción del estado de la dentición de referencia que mejor refleja el estado actual del paciente para el componente de longitud de arco inferior de la longitud del arco. En esta realización de ejemplo, un usuario hace clic en los botones de flecha izquierda o derecha 2204 para seleccionar la imagen o descripción del estado de la dentición de referencia que es similar a la longitud del arco inferior de un paciente desde el punto de vista oclusal. En este ejemplo, si está presente apiñamiento como separación, se instruye al usuario para que utilice la cantidad neta de apiñamiento o separación. Puede ser posible, sin embargo, capturar el apiñamiento y la separación de manera independiente con el fin de derivar la discrepancia neta.

Una vez realizada la selección, se pulsa el botón siguiente 2205 para pasar a la siguiente pantalla, la cual se ilustra en la figura 23. La visualización del proceso de selección de ejemplo 2200 de la figura 22 incluye también unos botones 2206-2209 para permitir que un usuario retroceda, acceda a un glosario, solicite asistencia, y guarde la información, respectivamente.

La figura 23 ilustra una tabulación resumen de un paciente de ejemplo 1300 para la visualización de salida en el terminal 1101 para utilizarse en el sistema de indexación de acuerdo con una realización de la presente descripción. La visualización de resumen del paciente de ejemplo 2300 se genera a partir de la entrada de información de visualizaciones anteriores 1600-2200, tal como se ilustra en las figuras correspondientes 16-22, respectivamente. Haciendo referencia a la figura 23, las selecciones realizadas durante los procesos y las visualización descritas anteriormente e ilustradas en relación con las figuras 16 a 22 se resumen tal como se muestra en la visualización de resumen 2300 en una realización de la presente invención.

Por ejemplo, para cada categoría de la dentición de referencia que incluye la longitud sagital, vertical, horizontal y de arco, el correspondiente componente de referencia de maloclusión (por ejemplo, canino derecho, sobremordida anterior, línea media superior respecto a línea media inferior, y longitud de arco inferior, respectivamente), y cada uno de los cuales está asociado a una opción seleccionada de las predefinidas (por ejemplo, Clase 2 parcial canino derecho, mordida profunda moderada anterior, línea media superior a la izquierda 0-1 mm, y apiñamiento moderado inferior, respectivamente). También puede apreciarse en la figura 23 el valor seleccionado de las opciones predefinidas seleccionadas 1203 (figura 12) tal como se tabula y se ilustra en la figura 12. El usuario también puede editar la información del estado de la dentición en cada una de las categorías seleccionando el botón "EDIT" correspondiente para volver a la página deseada y volver a seleccionar la imagen correspondiente a esa categoría.

De esta manera, en una realización de la presente descripción, la información entrada por el usuario durante el proceso de selección se indexa y se cataloga en una base de datos del paciente (por ejemplo, la base de datos 2400 que se muestra en la figura 24 más adelante) del sistema de indexación 1100. En una realización de la presente descripción, el proceso de selección que se ha descrito en relación con las figuras 16-22 para la indexación y catalogación es transparente para el usuario. La información del paciente entrada por el usuario en el proceso de selección se utiliza para generar tanto la visualización de resumen, tal como se ilustra en la figura 23, como un

identificador que representa los estados dentición del paciente. Las figuras 16 a 22 ilustran la visualización del proceso de selección 1600 para utilizarse en el sistema de indexación 1100 para las diversas categorías de acuerdo con una realización de la presente invención. Éste es el proceso de selección para entrar información de la dentición de un paciente. Se apreciará que, aunque las figuras 17-22 ilustran estados de la dentición de referencia representados por imágenes gráficas, la presente descripción no pretende estar limitada a tales representaciones. Los estados de la dentición de referencia también pueden ser representados por símbolos, iconos, descripciones, gráficas, objetos 3-D, radiografías, formas y otros tipos de imágenes. Los estados de referencia también pueden ser definidos por el usuario a través de una imagen gráfica interactiva de manera que el usuario recree mejor el estado observado en el paciente como un medio de entrada para el sistema.

La figura 24 ilustra una base de datos de pacientes 2400 para utilizarse en el sistema de indexación 1100 de acuerdo con una realización de la presente descripción. La base de datos de pacientes 2400 incluye un campo de paciente 2401, un campo de dirección de base de datos de indexación 2402, y uno o más campos de categorías 2403. En la base de datos a modo de ejemplo de la figura 24, los campos de categorías 2403 incluyen un campo de categoría sagital 2404, un campo de categoría vertical 2405, un campo de categoría horizontal 2406, un campo de categoría longitud de arco superior 2407, un campo de categoría de longitud inferior 2408, un campo de rotación 2409, un campo de corrección vertical 2410 y un campo de corrección de línea media 2411.

Haciendo referencia a la figura 24, el campo de paciente 2401 incluye el nombre del paciente. El campo de dirección de la base de datos de indexación 2402 incluye el identificador del paciente. Este identificador del paciente corresponde a una dirección en la base de datos de indexación 1300, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 13. La dirección en la base de datos de indexación 1300 está asociada a información sobre el tratamiento para esa combinación de diagnóstico particular. Los campos de categorías 2403 que, en esta realización de ejemplo, son el campo de categoría sagital 2404, el campo de categoría vertical 2405, el campo de categoría horizontal 2406, el campo de categoría longitud de arco superior 2407, el campo de categoría longitud inferior 2408, el campo de rotación 2409, el campo correcto vertical 2410, y el campo correcto de línea media 2411, incluyen uno o más estados de la dentición del paciente en las respectivas categorías. Por ejemplo, en referencia a la figura 24, el estado de la dentición del paciente L. Smith en el campo de categoría sagital 2404 es "Clase I". El estado de la dentición del paciente M. Jones en el campo de categoría longitud de arco superior 2407 es "normal". Los campos de categorías 2403 también indican si el estado de referencia en cuestión es apto para el tratamiento (por ejemplo, mostrado por el indicador S/N).

De esta manera, la identificación del paciente puede configurarse para representar los estados del paciente. Por ejemplo, haciendo referencia al campo de la dirección de la base de datos de indexación 2402, se muestra que el identificador de L. Smith es "55772752". Puesto que el identificador incluye ocho posiciones, el identificador es una matriz de ocho posiciones. El número en cada posición del identificador representa un estado particular dentro de una categoría particular. En esta realización de ejemplo, la primera posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría sagital. Por ejemplo, el campo de categoría sagital 2404 indica que L. Smith tiene una maloclusión "Clase I". Por lo tanto, el número 5 en la primera posición del identificador representa una maloclusión "Clase I" en la categoría sagital.

Haciendo de nuevo referencia a la figura 24, la segunda posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría vertical. Por ejemplo, el campo de categoría vertical 2405 indica que L. Smith tiene una oclusión normal. Así, el número 5 en la segunda posición del identificador representa una oclusión normal en la categoría vertical. La tercera posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría horizontal. Por ejemplo, el campo de categoría horizontal 2406 indica que L. Smith tiene una mordida cruzada. Así, el número 7 en la tercera posición del identificador representa la mordida cruzada en la categoría horizontal.

Además, la cuarta posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría de longitud de arco superior. Por ejemplo, el campo de categoría de longitud de arco superior 2407 indica que L. Smith tiene apiñamiento moderado. Por lo tanto, el número 7 en la cuarta posición del identificador representa apiñamiento moderado en la categoría de longitud de arco superior. Además, la quinta posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría de longitud de arco inferior. Por ejemplo, el campo de categoría de longitud de arco inferior 2408 indica que L. Smith tiene una separación moderada. Por lo tanto, el número 2 en la quinta posición del identificador representa la separación moderada en la categoría de longitud arco inferior.

Además, la sexta posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría de rotación. Por ejemplo, el campo de categoría de rotación 2409 indica que L. Smith tiene una rotación de <20º. Así, el número 7 en la sexta posición del identificador representa una rotación de <20º en la categoría de rotación. Además, la séptima posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría de corrección vertical. Por ejemplo, el campo de categoría de corrección vertical 2410 indica que L. Smith no tiene extrusión. Así, el número 5 en la séptima posición del identificador representa sin intrusión/extracción en la categoría de corrección vertical.

Finalmente, haciendo referencia de nuevo a la figura 24, la octava posición de la matriz del identificador representa el estado del paciente en la categoría de corrección en la línea media. Por ejemplo, el campo de categoría de corrección de línea media 2411 indica que L. Smith tiene una corrección de la línea media de > 2 mm. Así, el número 2 en la octava posición del identificador representa una corrección de la línea media de > 2 mm en la categoría de corrección de línea media.

De esta manera, en una realización de la presente descripción, los estados en las categorías pueden estar dispuestos en un orden predeterminado, cada uno asociado a un numérico (por ejemplo, "el número 2 en la posición ocho del identificador que representa una corrección de la línea media superior a 2 mm en la categoría de corrección de la línea media para el paciente L. Smith), o un identificador predefinido tal como caracteres alfanuméricos, símbolos y similares. En una realización adicional, los estados en las categorías pueden disponerse en orden ascendente por dificultad y las categorías se clasifican en orden de dificultad de manera que es posible definir una matriz en la que 11111111 representa el caso más leve y 33333333 es el caso más grave en un identificador de la matriz de ocho posiciones, por ejemplo, tal como se ha descrito anteriormente. Además, cada índice en la matriz se pondera para derivar una puntuación compuesta del caso general.

La figura 25 ilustra una realización alternativa de la presente descripción para capturar una dirección en el proceso de selección para utilizarse en el sistema de indexación. La figura 25 ilustra la tabla 1200 de la figura 12 utilizada directamente como interfaz gráfica. En dicha realización, cada estado de referencia tal como se muestra y se ilustra en formato tabular como rectángulos puede representarse como botones de entrada de usuario con texto que puede pulsar para resaltar y seleccionar el estado de referencia apropiado. La suposición para este tipo de interfaz es que el usuario entiende las definiciones del texto con el fin de seleccionar el botón apropiado. Cuando se pulsan los botones para seleccionar un estado de referencia particular, las selecciones quedan marcadas (mostrado en negrita en la figura 25). Al hacer clic en cualquier botón dos veces se anulará la selección inicial de modo que puede realizarse otra selección. De esta manera, los usuarios que están más familiarizados con los distintos tipos de estados de referencia pueden ser capaces de entrar la información más rápidamente que a través de una interfaz basada en imagen visual. En este ejemplo, la dirección generada sería "3256". La columna "Valor seleccionado" en el lado derecho de la figura 25 es, en una realización, transparente al usuario/paciente, y no se muestra al usuario ya que la dirección no tiene relevancia para el usuario final, y es importante sólo para la consulta a la base de datos.

La figura 26 ilustra una serie de ejemplo de direcciones de la base de datos generadas mediante la combinación de una dirección de estado inicial con la dirección objetivo del tratamiento en una realización de la presente descripción. Tal como se indica en la tabla a modo de ejemplo 1200 de la figura 12, existen 2.701 combinaciones posibles de casos de pacientes o direcciones para cuatro componentes de siete posibles opciones de selección cada una. Por lo tanto, una dirección de identificador apunta a una de las 2.701 posibles combinaciones en la base de datos. Cada identificador se asocia a un campo almacenado en una base de datos de la unidad de almacenamiento 1107 (figura 11). Puede extenderse un identificador de manera que represente el estado del paciente en diferentes puntos temporales. Por ejemplo, la base de datos puede estar estructurada de manera que los puntos temporales para la dentición inicial, la dentición de destino, y la dentición final real se capturen como direcciones separadas. Por ejemplo, considérese la siguiente dirección:

ABCD: A*B*C*D*: A**B**C**D**

En esta disposición, las primeras cuatro posiciones "A" a "D" de la matriz representan la dentición inicial del paciente (tal como se ha descrito anteriormente), las posiciones "A *" a "D*" de la matriz representan la dentición de destino o el objetivo del tratamiento del paciente, y las posiciones "A**" a "D**" de la matriz representan la dentición final real o el resultado del tratamiento del paciente. Debido a que el número de posiciones en la matriz puede ser variable, y puesto que cada posición puede incluir símbolos, caracteres alfanuméricos u otras representaciones, la profundidad de los casos de pacientes individuales que se almacena puede ser detallada y específica para el paciente y/o el perfil o estado asociado. Utilizando los 4 posibles resultados del tratamiento ilustrados en la figura 14 y las 2.701 combinaciones posibles de la figura 12, esto equivale a 2.701 x 4 = 10.804 posibles combinaciones binarias entre inicial y objetivo.

La figura 27 ilustra una base de datos a modo de ejemplo para un paciente con una dirección de índices de "3256" y los cuatro posibles objetivos de tratamiento de 1 a 4. Las cuatro direcciones combinadas resultantes tienen datos diferentes para cada uno de los parámetros. Esta información se reporta al usuario (1) tras completar la caracterización del caso, con lo que todas las opciones de objetivos de tratamiento posibles se presentan al usuario, o bien (2) tras completar la caracterización del caso y la selección de un único objetivo del tratamiento, por lo que solamente se presenta al usuario la información de este par dirección-objetivo.

Para cada una de estas combinaciones emparejadas puede crearse una dirección combinada, con activos de bases de datos en un "buzón digital" asociado a cada dirección. Los activos para cada buzón digital pueden incluir:

información del plan de tratamiento relacionado con el emparejamiento caso-objetivo de tratamiento, tal como una descripción de texto del estado y objetivos de tratamiento, las precauciones del tratamiento, estimaciones de la duración del tratamiento, requisitos establecidos para los conocimientos del doctor, datos de prescripción, datos de casos de muestra, y dificultad del caso, pero sin limitarse a estos. Estos datos pueden generarse utilizando opinión de expertos, algoritmos de cálculo, y/o contenido de caso histórico.

Por ejemplo, respecto a la figura 23, donde el caso se identifica como "3256" y utilizando los 4 tipos de objetivos de tratamiento tal como se muestra en la figura 14, la combinación de los dos da cuatro direcciones de bases de datos distintas: 3256:1, 3256:2, 3256:3, y 3256:4. Cada una de las direcciones puede completarse con información específica para la combinación objetivo de tratamientos de cada caso. Las cuatro opciones pueden mostrarse simultáneamente al usuario como "opciones de tratamiento" o el usuario puede seleccionar un objetivo de tratamiento específico y tener un único dato de opción de tratamiento resultante específico. También es concebible que el usuario pueda seleccionar también cualquier número de objetivos específicos, y cada uno de los datos asociados a cada objetivo seleccionado se reporta al usuario dependiendo de parámetros de estado inicial seleccionado.

La figura 28 ilustra un procedimiento 2800 para la identificación de un problema o estado de la dentición de un paciente. El proceso 2800 se describe con más detalle en relación con las figuras 16-27. En la etapa 2801, el usuario comienza entrando información de identificación, tal como el nombre del doctor y el paciente, además del (de los) problema(s) principal(es) del paciente (figura 16). En una realización, esta comparación puede realizarse por el servidor central 1109 (figura 11) en base a información recibida, por ejemplo, desde el terminal 1101, y/o en base a información almacenada recuperada de la unidad de almacenamiento de datos 1107. Ésta y otras transacciones relacionadas en el proceso pueden llevarse a cabo a través de una red de datos tal como Internet a través de una conexión segura. El usuario selecciona entonces una de las dos interfaces de usuario para entrar el estado dental del paciente. El procedimiento preferido para el usuario novato es la interfaz de usuario visual (figura 17-22) que se muestra como etapa 2802. Probablemente, el usuario avanzado preferirá la interfaz de usuario alternativa (figura 25) ilustrada como etapa 2803.

Haciendo referencia a la figura 28, en la etapa 2804 se compara un estado de dentición inicial de un paciente en cada categoría con uno o más estados de referencia de la misma categoría. Después de comparar el estado de dentición inicial del paciente en cada categoría para uno o más estados de referencia para cada categoría respectiva, en la etapa 2804, se recibe el estado de referencia seleccionado similar al estado inicial del paciente en la misma categoría. Posteriormente, en la etapa 2805, se genera entonces el identificador del paciente en base a la combinación de caracteres alfanuméricos que corresponden a los estados de referencia seleccionados. Pueden realizarse modificaciones a las entradas durante la revisión de la página de resumen (etapa 2804) hasta que el usuario está satisfecho con la información presentada.

La salida después de que termine la entrada de datos es un resumen de traducción (figura 23), que da formato a la entrada del usuario en terminología técnicamente relevante y correcta. Al mismo tiempo, la entrada del usuario también se traduce en una dirección de base de datos que representa el estado actual del paciente (figura 25) - etapa 2805. Una vez creada la base de datos de direcciones, el usuario puede seleccionar ver todas las posibles opciones de tratamiento para este paciente (OPCIÓN 1), o seleccionar específicamente un tratamiento objetivo y ver el objetivo específico asociado a la selección del usuario (OPCIÓN 2). Para ver todas las posibles opciones de tratamiento para el paciente (OPCIÓN 1), se realiza una consulta a la base de datos (Figura 27) en la etapa 2806, y todos los datos asociados a la dirección de entrada se presentan al usuario en la etapa 2807 (FIN 1).

Haciendo de nuevo referencia a la figura 28, si el usuario desea seleccionar un objetivo específico, el objetivo específico se define primero por el usuario a través de una interfaz de selección en la etapa 2808 (figura 13), y la selección se traduce entonces en una dirección de base de datos en la etapa 2809 (figura 14), y las dos direcciones (estado del paciente y el objetivo del tratamiento) se fusionaron para crear una dirección combinada o índice en la etapa 2810 (figura 26). Esta dirección combinada se utiliza entonces para consultar la base de datos en la etapa 2811 (figura 27) con el fin de producir datos específicos a una única combinación de objetivos de tratamientos de estados del paciente en la etapa 2812 (FIN 2).

Para la opción 2, también puede ser posible que el usuario pueda seleccionar varios objetivos y solamente puedan producirse para el usuario los datos específicos a aquellos objetivos seleccionados. Una vez que el usuario ha llegado al FIN 1 o FIN 2, el usuario tiene la opción de comprar el producto para el fin de cualquiera de los objetivos de tratamiento seleccionados, seleccionando una receta de tratamiento pre-completada o semi-completada, que puede formar parte de los datos de salida presentados al usuario a través de esta experiencia.

Tal como se ha descrito anteriormente, la interfaz de usuario puede proporcionar uno o más casos de pacientes de la base de datos de indexación que coincida con el problema del paciente. Además, puede proporcionarse un rango de casos de pacientes de la base de datos de indexación que aborden componentes específicos del problema del

paciente. De esta manera, en una realización de la presente descripción, pueden crearse herramientas de búsqueda para ejecutar estadísticas utilizando los identificadores de los pacientes. Por ejemplo, una solicitud de búsqueda puede ser encontrar todos los casos 131X. En esta solicitud de búsqueda de ejemplo, X representa cualquier carácter en la cuarta posición de la dirección. Por lo tanto, la solicitud de búsqueda sería encontrar todos los identificadores de los pacientes que tengan "131" como los 3 primeros dígitos de su dirección de identificador del paciente.

Etiquetando casos históricamente tratados con esta metodología de identificación, puede crearse un catálogo de tratamiento de ortodoncia para futura referencia en la planificación del tratamiento y la evaluación de resultados del tratamiento. El resultado es una interfaz de usuario para capturar la descripción de un estado ortodóncico y clasificar el estado ortodóncico de una manera escalable y sistemática. Haciendo referencia de nuevo a la figura 28, una vez que el identificador se genera en la etapa 2805, puede determinarse una o más opciones de tratamiento utilizando la información generada a partir de una consulta a la base de datos. La una o más opciones de tratamiento generadas pueden almacenarse en la unidad de almacenamiento de datos 1107 (figura 11), y también, proporcionarse al terminal 1101 para su visualización en la unidad de visualización.

Teniendo en cuenta que el diagnóstico y la planificación de tratamiento de tratamientos de ortodoncia pueden incluir un componente subjetivo importante que puede variar dependiendo de las preferencias y el nivel de formación del doctor, el sistema de indexación proporciona una solución amplia, robusta, y un enfoque sustancialmente objetivo para establecer el diagnóstico del paciente, el objetivo del tratamiento y el plan de tratamiento. El identificador del paciente de la presente descripción que representa el caso del paciente, así como la finalidad del tratamiento objetivo y resultado final permite catalogar de manera objetiva perfiles de resultados del tratamiento, y evaluar el catálogo en base a probabilidades y distribuciones. Pueden asignarse índices tales como pronóstico y dificultad del caso a combinaciones de matriz, lo que permite tratar casos similarmente exitosos. Las opciones de tratamiento pueden ser correlacionadas para exhaustividad y facilidad de uso. Pueden asociarse productos de tratamiento, tales como aparatos, a combinaciones de matriz específicas de modo que su uso sugerido esté más ligado a un resultado exitoso.

Dentro del alcance de la presente descripción, también se contemplan otras realizaciones para la entrada de un estado de la dentición de un paciente. Por ejemplo, puede utilizarse un modelo tridimensional configurable para introducir la información. En dicha realización, el usuario puede volver a crear el estado de la dentición del paciente para la dimensión. Alternativamente, puede prepararse un modelo de gráficas tridimensionales para representar toda la gama de posibles estados de referencia para cualquier dimensión dada. En dicha realización, un usuario manipula un control deslizante para coincidir una etapa de la gama que se encuentre más cerca del estado real del paciente.

Se apreciará también que este procedimiento de caracterizar objetivamente un caso de acuerdo con componentes individuales no se limita a puntos temporales de pre-tratamiento, objetivo del tratamiento, y post-tratamiento, y que cualquier punto temporal durante el tratamiento y después del tratamiento puede catalogarse también de una manera similar utilizando el mismo sistema de entrada y base de datos.

También se apreciará que, en esta realización a modo de ejemplo, aunque sólo se describe un estado de referencia que se selecciona para una categoría particular, la presente descripción no pretende ser tan limitativa. La selección de uno o más estados de referencia dentro de cada categoría se encuentran dentro del alcance de la presente descripción.

En consecuencia, un procedimiento para la caracterización de una dentición de un paciente en una realización de la presente descripción incluye comparar une estado inicial del paciente en cada una de una pluralidad de categorías de dentición con uno o más estados de referencia en cada una de la pluralidad de categorías dentición, donde cada uno del uno o más estados de referencia tiene una representación correspondiente, seleccionando por lo menos un estado de referencia en una o más de la pluralidad de categorías de la dentición, donde cada estado de referencia seleccionado es similar al estado inicial del paciente en una misma categoría de dentición, y generando un identificador de paciente en base a las correspondientes representaciones de cada estado de referencia seleccionado.

En un aspecto, la pluralidad de categorías de dentición puede incluir por lo menos dos de: sagital, vertical, horizontal, superior, dimensiones de longitud de arco, o un número de un diente en una dentición de un paciente.

Por otra parte, el procedimiento puede incluir, además, determinar si cada estado inicial del paciente está indicado para el tratamiento en base a la información del tratamiento correspondiente al estado de referencia seleccionado, proporcionando una o más opciones de tratamiento para cada estado inicial del paciente indicado para el tratamiento, donde la una o más opciones de tratamiento incluyen uno o más de una descripción del tratamiento, un objetivo del tratamiento, un tiempo para completar el tratamiento, un nivel de dificultad, y un nivel de habilidad para completar el tratamiento, un ejemplo de la opción de tratamiento.

Además, en otro aspecto, el procedimiento puede incluir también comparar por lo menos una parte de la identificación del paciente con uno o más identificadores de referencia, en el que cada uno de los uno o más identificadores de referencia incluye una dentición de referencia inicial y una dentición de referencia final, seleccionar por lo menos un identificador de referencia a partir de los uno o más identificadores de referencia, en el que el identificador de referencia seleccionado incluye la parte del identificador del paciente, y la determinación de una dentición del paciente final en base a la dentición de referencia final correspondiente al identificador de referencia seleccionado.

Un procedimiento para la caracterización de una dentición de un paciente de acuerdo con otra realización de la presente descripción incluye recibir una dentición inicial de un paciente, generar un perfil inicial que representa la dentición inicial del paciente, identificar una maloclusión inicial a partir del perfil inicial, y comparar por lo menos una parte del perfil inicial con uno o más perfiles de referencia de denticiones de referencia, en los que dicho uno o más perfiles de referencia incluyen una maloclusión de referencia sustancialmente similar a la maloclusión inicial al principio, durante cualquier etapa de tratamiento, o una posición del tratamiento de los resultados finales.

Además, el procedimiento puede incluir también la etapa de seleccionar por lo menos uno de los uno o más perfiles de referencia, en los que dichos uno o más perfiles de referencia tienen una dentición de referencia final relacionada.

Además, en otro aspecto, el procedimiento incluye también proporcionar una dentición objetivo del paciente en base a la dentición de referencia final.

La etapa de generar un perfil inicial en una realización puede incluir categorizar visualmente la dentición inicial del paciente.

Además, el procedimiento puede incluir también la identificación de una o más opciones de tratamiento asociadas al uno o más perfiles de referencia.

Un sistema para proporcionar un sistema de indexación de perfiles de ortodoncia de acuerdo con todavía otra realización de la presente descripción incluye una unidad de almacenamiento, y una unidad de control conectada operativamente a la unidad de almacenamiento, y configurada para comparar un estado inicial del paciente en cada una de una pluralidad de categorías de dentición con uno o más estados de referencia en cada una de la pluralidad de categorías de dentición, donde cada uno de los uno o más estados de referencia tienen una representación correspondiente, seleccionan por lo menos un estado de referencia en una o más de la pluralidad de categorías de la dentición, donde cada estado de referencia seleccionado es similar al estado inicial del paciente en una misma categoría de dentición, y para generar un identificador de paciente en base a representaciones correspondientes de cada estado de referencia seleccionado.

La unidad de control puede configurarse para determinar si cada estado inicial del paciente es elegible para el tratamiento en base a información del tratamiento correspondiente al estado de referencia seleccionado, y para proporcionar una o más opciones de tratamiento para cada estado del paciente inicial elegible para el tratamiento.

También, la unidad de control puede configurarse, además, para comparar por lo menos una parte de la identificación del paciente con uno o más identificadores de referencia, donde cada uno de los uno o más identificadores de referencia incluye una dentición de referencia inicial y una dentición de referencia final, para seleccionar por lo menos un identificador de referencia a partir de los uno o más identificadores de referencia, en el que el identificador de referencia seleccionado incluye la parte del identificador del paciente, y para determinar una dentición del paciente final en base a la dentición de referencia final correspondiente al identificador de referencia seleccionado.

Además, puede conectarse operativamente un terminal a la unidad de control, y configurarse para transmitir uno o más del estado inicial del paciente, donde el terminal puede configurarse para incluir una unidad de visualización.

Un sistema para la caracterización de una dentición de un paciente de acuerdo con otra realización de la presente descripción incluye una unidad de control central configurada para generar un perfil inicial que representa la dentición inicial del paciente, identificar una maloclusión inicial a partir del perfil inicial, y comparar por lo menos una parte del perfil inicial con uno o más perfiles de referencia de la dentición de referencia, en el que dichos uno o más perfiles de referencia incluyen una maloclusión de referencia sustancialmente similar a la maloclusión inicial.

En otro aspecto, puede conectarse operativamente un terminal de usuario a la unidad de control central, el terminal de usuario configurado para transmitir la dentición inicial del paciente.

La unidad de control central puede configurarse, además, para seleccionar por lo menos uno de los uno o más perfiles de referencia, en el que dicho uno o más perfiles de referencia tiene una dentición referencia final relacionada.

Adicionalmente, la unidad de control central puede configurarse, además, para proporcionar una dentición objetivo del paciente en base a la dentición de referencia final.

La unidad de control central puede configurarse, además, para clasificar visualmente la dentición inicial del paciente.

Adicionalmente, la unidad de control central puede configurarse, además, para identificar una o más opciones de tratamiento asociadas al uno o más perfiles de referencia.

En todavía un aspecto adicional, una unidad de almacenamiento puede configurarse para almacenar uno o más de un perfil inicial, una maloclusión inicial, y una maloclusión de referencia.

Los diversos procedimientos descritos anteriormente, incluyendo los procesos realizados por el servidor central 1109 (figura 11) en el entorno de ejecución de aplicaciones de software en el sistema de indexación 1100 incluyendo los procesos y las rutinas descritas conjuntamente con las figuras pueden realizarse como programas de ordenador desarrollados utilizando una lenguaje orientado a objetos que permita el modelado de sistemas complejos con objetos modulares para crear abstracciones que sean representativas del mundo real, objetos físicos y sus interrelaciones. El software necesario para llevar a cabo el procedimiento de la invención, que puede ser almacenado en la memoria o en una unidad de almacenamiento de datos 1107 del sistema de indexación o internamente (no mostrado) dentro del servidor central 1109, puede ser desarrollado por una persona experta en la materia y puede incluir uno o más productos de programas de ordenador.

Aunque se ha descrito la caracterización de una dentición de adultos en relación con las realizaciones descritas anteriormente, las diversas realizaciones de la presente descripción pueden utilizarse para la caracterización de denticiones de niños. Además, de acuerdo con las realizaciones de la presente descripción, los diversos aspectos de la presente descripción pueden implementarse manualmente por el usuario, por ejemplo, utilizando documentación impresa, gráficas visuales, y/o imágenes fotográficas de los estados y/o las opciones de tratamiento, y, además, pueden incluir, dentro del alcance de la presente descripción, computación o cálculo manual los resultados. De esta manera, dentro del alcance de la presente descripción, las diversas realizaciones descritas anteriormente en el contexto de un sistema informatizado para la aplicación de los aspectos de la presente descripción pueden implementarse manualmente.

De acuerdo con diversos aspectos de la presente descripción, se disponen sistemas y procedimientos para facilitar mediciones y diagnósticos dentales automatizados de maloclusión dental para facilitar el tratamiento dental. Tales sistemas y procedimientos pueden ponerse en práctica con una mínima intervención humana para la medición de las características de la anatomía del diente, apiñamiento, separación y/o para establecer un diagnóstico para aspectos de maloclusión tales como mordida abierta, mordida cruzada, clases AP y similares. Por ejemplo, de acuerdo con una realización de ejemplo, con referencia a la figura 29A, un procedimiento de ejemplo 2900 para facilitar mediciones dentales automatizadas y diagnósticos de maloclusión dental está configurado para adquirir un modelo digital de los dientes de un paciente (2902), para establecer y/o detectar automáticamente datos y/o características de referencia (2904), y calcular automáticamente mediciones dentales (2906). De acuerdo con otros ejemplos de realización, por ejemplo, con referencia a la figura 29C, un sistema y un procedimiento automatizado de ejemplo 2900 también puede configurarse para detectar automáticamente maloclusiones (2920) y/o para calcular automáticamente índices de ortodoncia o dentales (2930).

Dicha medición dental automatizada y técnicas de diagnóstico del procedimiento 1100 pueden llevarse a cabo con uno o más sistemas informáticos mediante el uso de uno o más algoritmos. Por ejemplo, con referencia a la figura 29B, un sistema informático de ejemplo 2910 para facilitar mediciones dentales y diagnósticos automatizados de maloclusión dental puede comprender uno o más sistemas o módulos informáticos, tales como un sistema 2912 configurado para almacenar grupos de datos digitales, módulos de cálculo 2914 configurados para el cálculo de una o más mediciones dentales, y/o un sistema 2916 configurado para compilar datos de casos de tratamiento, tal como puede utilizarse para facilitar tratamientos posteriores de otros pacientes. Los sistemas 2912, 2914 y/o 2916 pueden comprender uno o más microprocesadores, sistemas de memoria y/o dispositivos de entrada/salida para el procesamiento de datos e información, que comprenden uno o más algoritmos de software configurados para calcular y/o realizar otras funciones indicadas aquí. Por ejemplo, el sistema informático de ejemplo 2910 puede comprender subsistemas de memoria o almacenamiento, procesadores, interfaces de red, dispositivos de entrada/salida y/u otros componentes tal como se describe en la patente americana nº 6.767.208, titulada "*System and Method for Positioning Teeth*", cedida a Align Technology, Inc., o cualquier otro componente de un sistema informático utilizado para ortodoncias computacionales.

La adquisición de un modelo digital de los dientes de un paciente (2902) puede conseguirse de varias maneras ahora conocidas o que se ideen de aquí en adelante, tal como cualquier metodología o proceso para la conversión de datos escaneados en una representación digital. Dicho modelo digital incluye el modelado de la pluralidad de dientes de un paciente, incluyendo posiciones relativas de arcos u otras indicaciones similares en modelos digitales de los dientes. Por lo tanto, esta metodología o procesos pueden incluir, por ejemplo, los descritos en la patente americana nº 5.975.893, titulada "*Method and System for Incrementally Moving Teeth*" cedida a Align Technology, Inc. Por ejemplo, con referencia a un procedimiento global para producir los aparatos de ajuste de posición incremental para su uso posterior por un paciente para reposicionar los dientes del paciente tal como se establece en la patente americana nº 5.975.893, como primera etapa, se obtiene un grupo de datos digitales que representan una disposición inicial de los dientes, denominado IDDS. Dicho IDDS puede obtenerse de distintas maneras. Por ejemplo, los dientes del paciente pueden escanearse o formarse imágenes utilizando tecnología conocida, tal como los rayos X, rayos x tridimensionales, imágenes tomográficas o grupos de datos asistido por ordenador, imágenes de resonancia magnética, y similares.

Los procedimientos para digitalizar tales imágenes convencionales para producir grupos de datos son bien conocidos y se describen en literatura de patente y médica. A modo de ejemplo, un enfoque consiste en obtener primero un molde de escayola de los dientes del paciente mediante técnicas bien conocidas, tales como las que se describen en "*Graber, Orthodontics: Principle and Practice* ", Segunda Edición, Saunders, Philadelphia, 1969, págs. 401-415. Después de obtener el moldeado de los dientes, puede escanearse digitalmente utilizando un escáner láser convencional u otro sistema de adquisición de rango para producir el IDDS. Es evidente que el grupo de datos producidos por el sistema de adquisición de rango puede convertirse a otros formatos para que sean compatibles con el software que se utiliza para manipular imágenes en el grupo de datos. En la patente americana nº 5.605.459, por ejemplo, se describen técnicas generales para producir moldes de escayola de los dientes y generar modelos digitales utilizando técnicas de escaneado con láser. De acuerdo con otra realización de ejemplo, la adquisición de un modelo digital de los dientes de un paciente también puede comprender estas técnicas, tal como se describe en la patente americana nº 6.767.208, titulada "*System and Method for Positioning Teeth*", cedida a Align Technology, Inc. En consecuencia, puede utilizarse cualquier metodología o proceso para la conversión de datos escaneados en una representación digital o de otro modo para la adquisición de un modelo digital de los dientes de un paciente para adquirir un modelo digital de los dientes (2902).

El establecimiento y/o la detección de datos y/o características de referencia (2904) automático puede comprender varias etapas y procesos y proporcionar varios tipos de referencias y características. Tales datos y/o características de referencia pueden detectarse de manera automática a través del sistema 2910 en base a la adquisición digital de los dientes, y están configurados para permitir que el clínico tenga diversas mediciones dentales calculadas automáticamente para facilitar el diagnóstico y el tratamiento. Por ejemplo, el sistema 2910 puede evaluar automáticamente datos de escaneado digital bidimensionales y tridimensionales del modelo digital para identificar automáticamente datos y características de referencia seleccionados configurados para facilitar las mediciones deseadas. Tales datos y características de referencia seleccionados pueden ser adecuadamente reconocidos a través de bases de datos, bibliotecas y otras aplicaciones de tipo memoria que comprendan datos y características de referencia de aspectos dentales que puedan permitir el reconocimiento automático de dichos datos y funciones de referencia a través de procedimientos implementados por ordenador.

De acuerdo con una realización de ejemplo, con referencia a un procedimiento de ejemplo 3000 que se ilustra en la figura 30, después de la adquisición de un modelo digital de dientes (3002), y en base a los correspondientes datos escaneados, el establecimiento y/o detección automática de datos y/o características de referencia (3004) puede comprender la creación automática de objetos de referencia (3042), el establecimiento automático de sistemas de referencia (3044), la detección automática de características dentales anatómicas (3046), y la construcción automática de referencias de ortodoncia (3048). Cualquiera de una o más de estas características, marcos y referencias puede utilizarse entonces por el sistema 3010 para calcular automáticamente las mediciones adecuadas.

El establecimiento automático de objetos de referencia (3042) comprende la determinación de diversas entidades de referencia (planos, regiones, etc.) para mediciones de posiciones de los dientes y/o características métricas para los dientes y, en particular, para permitir que el sistema 3100 determine automáticamente qué distancia separa ciertas características, objetos u otros artículos unos de otros. Con referencia a la figura 31, un sistema informatizado 3100, tal como el sistema 3100, puede obtener, o de otra manera establecer, uno o más objetos de referencia. Por ejemplo, un objeto de referencia puede comprender un plano de oclusión 3102, que es un plano medio de planos de soporte que aproximan la punta de los incisivos centrales y los caninos de los primeros molares de manera que todos los puntos de los dientes (excepto los puntos de los colmillos) se encuentran en uno de sus lados, y/o una superficie oclusal 3104. Por ejemplo, un plano de oclusión puede incluir un plano medio de planos de soporte que pasan a través de por lo menos tres puntos incluyendo dos puntos extremos de los incisivos. En la figura 32B se ilustra un ejemplo de plano oclusal.

Otro objeto de referencia puede ser un eje facial de la corona clínica (FACC) 3106 que comprende una curva geodésica sobre la parte facial de la corona de un diente entre extremidades oclusales y gingivales (para incisivos y caninos y premolares) y una curva a lo largo del surco para molares, teniendo así un punto final oclusal y un punto final gingival. En la figura 32C se ilustra un ejemplo del eje facial de la corona clínica (FACC). Además, un objeto de referencia puede comprender puntos 3108 de una curva a través del eje facial (FA), y/o una curva de abertura 3110 que comprende una curva a través de los puntos del eje facial del mismo arco. Un punto del eje facial (FA) incluye el punto medio del eje facial de la corona clínica (FACC), y un ejemplo se ilustra también en la figura 32C.

Otro objeto de referencia puede comprender también un plano medio de la corona clínica (MPCC) 3112 que comprende un plano medio de un diente correspondiente que es transversal a la superficie facial de la corona clínica. Haciendo referencia a las figuras, un ejemplo de plano medio de la corona clínica (MPCC) 3112 se ilustra en la figura 32C. Por otra parte, los objetos de referencia pueden comprender, además, una línea del eje facial (FA) 3114 que comprende una línea tangente al FACC en el punto del eje facial, un plano facial de la corona clínica (FPCC) 3116 que comprende un plano tangente a la superficie facial de una corona clínica en el punto del eje facial (FA), y una línea normal facial (FN) 3118 que comprende una línea normal en el plano facial de la línea del eje facial en un punto del eje facial (FA). Haciendo referencia una vez más a las figuras, un ejemplo de línea del eje facial (FA), un plano facial de la corona clínica (FPCC) y una línea normal facial (FN) se ilustran cada uno en la figura 32C.

Todavía además, los objetos de referencia pueden comprender un centro de resistencia 3120 que sea un punto convencional a través del cual pase cada eje de rotación del diente, una curva de forma de arco 3122, una plantilla de forma de arco 3124 comprende las posiciones finales de las curvas de la forma del arco para casos tratados con éxito, y/o una curva ideal de forma de arco 3126 que comprende una curva de plantilla de forma de arco que mejor se adapta a una forma de arco existente (tras un escalado apropiado). En consecuencia, el establecimiento automático de objetos de referencia (3042) puede comprender la determinación de diversa referencia estática, puntos de referencia, y/u otros objetos similares para facilitar mediciones de métricas o características para los dientes.

El establecimiento automático de marcos de referencia (3044) comprende el establecimiento de marcos de referencia para proporcionar una evaluación dinámica. En otras palabras, en una realización, el establecimiento automático de marcos de referencia (3044) permite la determinación de cuánto se supone que se mueven o, en realidad, se han movido los dientes. Por ejemplo, el establecimiento de tramas en base al FACC para cada diente puede utilizarse para evaluar automáticamente el movimiento de los dientes; sin embargo, el establecimiento automático de marcos de referencia (3044) puede estar basado en cualquier manera para establecer y/o utilizar marcos, siendo tal determinación aquí a través de métodos implementados por ordenador.

Haciendo referencia a la figura 30, la detección automática de características anatómicas dentales (3046) comprende la detección automática de puntos de referencia reales asociados al modelo de los dientes digitales. Por ejemplo, la detección automática de características anatómicas dentales (3046) puede comprender la detección automática de puntos de referencia tales como cúspides, rebordes, surcos, puntos de contacto o cualquier otro punto de referencia o marcas físicos asociados a los dientes. Además, la construcción automática de referencias de ortodoncia (3048) puede comprender la construcción automática de marcas abstractas, en lugar de puntos de referencia reales tal como se detecta automáticamente en (3046). Por ejemplo, la construcción automática de referencias de ortodoncia (3048) puede comprender la construcción de planos oclusales, cajas de arco y/o cualesquiera otras marcas abstractas que puedan construirse de manera adecuada.

Una vez que se ha establecido, detectado y/o construido de manera automática uno cualquiera o más objetos de referencia, marcos de referencia, características dentales, el sistema 2910 puede llevar a cabo un cálculo automático de mediciones dentales. El cálculo automático de mediciones dentales (3006) puede comprender, por ejemplo, el cálculo de dimensiones de los dientes y/o dimensiones del arco y similares en base a uno o más de las características dentales, objetos de referencia y/o marcos establecidos, detectados y/o construidos en procesos (3042), (3044), (3046) y (3048). De acuerdo con realizaciones de ejemplo, dicho cálculo de mediciones dentales puede obtenerse llevando a cabo mediciones automáticamente de punto a punto, mediciones de punto a plano, mediciones de plano a plano, mediciones de punto a curva o superficie, distancia a lo largo de una curva, ángulo entre direcciones, ángulo entre dirección y plano, ángulo entre las mediciones de planos, área de superficie, volumen, o combinaciones de los mismos, y en base a lo cual, llevar a cabo mediciones de ortodoncia automáticas tales como mediciones de resalte y sobremordida.

En una realización, el cálculo automático de las mediciones dentales (3006) 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 (3006) puede comprender el cálculo de la posición relativa angular, tal como angulación de la corona (punta), inclinación de la corona (torsión) y/o rotación de la corona (alrededor del eje del diente). La angulación de la corona es el ángulo desde una línea del eje facial (FA) y la

proyección del plano oclusal normal al plano facial. En la figura 32F se muestra un ejemplo de la angulación de la corona. La inclinación de la corona es un ángulo entre las proyecciones de la línea del eje facial (FA) y la proyección del plano oclusal normal al plano medio de la corona clínica (MPCC). En la figura 32G se muestra un ejemplo de inclinación de la corona. La rotación de la corona es un ángulo entre la proyección de la línea normal facial (FN) en el plano de oclusión y la forma de arco ideal para un diente particular. En la figura 32H se muestra un ejemplo de rotación de la corona.

Además, el cálculo automático de las mediciones dentales (3006) puede comprender el cálculo de la posición relativa de traslación de cada diente respecto a los otros dientes, tal como el nivel de la corona y/o la prominencia de la corona. El nivel de la corona comprende la distancia con signo desde el punto más alto del FACC al plano oclusal, mientras que la prominencia de la corona comprende la distancia con signo desde el punto del eje facial (FA) a la forma de arco ideal para un diente. En la figura 32I se ilustra un ejemplo de prominencia de la corona.

El cálculo automático de las mediciones dentales (3006) puede comprender también el cálculo de la superposición relativa, por ejemplo, la masificación local o cómo los dientes se obstruyen entre sí. Las mediciones de la superposición local pueden ser aplicadas adecuadamente de un diente a uno o ambos de cualquier diente adyacente, como un orden ortogonal y/o región de solapamiento. La medición de un orden ortogonal es un orden del diente y un diente adyacente en la dirección ortogonal a la forma de arco, y puede determinar si el diente se encuentra delante o detrás del diente adyacente. La región de solapamiento de un diente es la cantidad de solapamiento de un diente sobre un diente adyacente, según se determina por la proyección de la curva del arco o plano facial del diente.

Otra medición dental computacional puede comprender la coherencia relativa que es una derivada de mediciones de la posición angular relativa y de la posición de traslación relativa. En particular, la coherencia relativa de dos dientes adyacentes es una diferencia de sus posiciones relativas respecto a los componentes angulares y de traslación.

Otra medición dental computacional incluye, además, características de la forma de los dientes, tales como formas de la corona que son importantes para la eficacia de los alineadores dentales respecto al agarre los alineadores que está asociado a las características de la forma de los dientes. Por ejemplo, la anchura de mesial a distal, la anchura de bucal a lingual, la altura de la corona (la longitud de la corona en la dirección normal al plano oclusal) y otras características similares de los dientes, tales como curva *spline* alrededor de la base de la corona (curva *spline* en el límite de la corona y la superficie gingival) puede medirse automáticamente por el sistema 2910. Más particularmente, la anchura mesial a distal de un diente puede definirse como la distancia entre los puntos extremos horizontales del diente respecto al plano facial de la corona clínica (FPCC), donde la distancia se mide en la dirección de la normal del plano medio. En la figura 32E se ilustra un ejemplo de la anchura mesial a distal. Además, la anchura bucal a lingual de un diente puede incluir la distancia entre los puntos más interiores y más exteriores del diente respecto al plano medio de la corona clínica (MPCC), donde la distancia se mide en la dirección de la normal del plano facial. En la figura 32D se ilustra un ejemplo de anchura bucal a lingual de un diente.

El cálculo automático de mediciones dentales (3006) también puede comprender el cálculo de varias otras características dentales, tales como características de incisivos, caninos, premolares y molares. Por ejemplo, la tabla siguiente muestra características dentales y tipos asociados de características que pueden utilizarse para la medición dental automática de desalineación y/o maloclusión, donde los tipos de características incluyen características de puntos, (descrito por el punto central y la región central alrededor del punto central, por ejemplo una cúspide) y características alargadas (descrito por una curva y región central alrededor de la curva central, por ejemplo, surco y reborde):

	Características dentales	Tipo de característica
Características de incisivos	Reborde Incisal	Alargado
	Superficie Oclusal Incisal Superior	
Características de caninos	Cúspide de Canino	Punta
	Reborde de Canino	Alargado
Características de premolares	Cúspide bucal	Punta
	Cúspide lingual	Punta
	Surco central	Alargado
Características de molares	Cúspide mesiobucal	Punto
	Cúspide mesiobucal	Punto
	Cúspide distobucal	Punto
	Cúspide distobucal	Punto
	Surco central	Alargado
	Surco bucal	Alargado

En consecuencia, el cálculo automático de mediciones dentales (3006) puede comprender el cálculo de dimensiones de los dientes y/o dimensiones de arco y similares basado en una o más de las características dentales estáticas o dinámicas, objetos de referencia y/o marcos establecidos, detectados y/o construidos.

En realizaciones particulares, el cálculo automático de mediciones dentales (3006) puede incluir, además, la determinación de las características de alineación dental, tales como el ángulo de alineamiento del reborde de los incisivos, característica de alineación posterior inferior, característica de alineación posterior superior, altura relativa de borde marginal posterior, distancia de inclinación bucolingual de diente posterior, y contactos interproximales. Más específicamente, el ángulo de alineamiento del borde de los incisivos puede determinarse mediante el cálculo del ángulo entre la proyección del borde en el plano de oclusión y la tangente a la curva de la plantilla de forma de arco en el punto más cercano. La característica de alineación posterior inferior muestra la alineación paralela relativa de la curva a través de las cúspides mesiovestibular y distovestibular de los molares y las cúspides vestibulares de los premolares, respecto a la curva de la plantilla de la forma del arco.

Además, respecto a la curva a través de surcos centrales de molares y cúspides de premolares, la característica de alineación máximamente posterior es la relación entre la distancia mayor y menor entre la curva de referencia a través de la surco central y plantilla de forma de arco, respectivamente. La altura relativa del borde marginal posterior es la diferencia entre las distancias al plano oclusal de bordes marginales de dientes adyacentes, mientras que la distancia de inclinación bucolingual de un diente posterior es la mayor distancia entre las cúspides linguales y el plano oclusal. Además, los contactos interproximales de un diente son un par de distancias entre el diente y su diente adyacente.

Además, el cálculo automático de las mediciones dentales (3006) en otras realizaciones puede comprender el cálculo automático de características de mordida que incluyen, por ejemplo, contactos oclusales y relación oclusal a lo largo del arco. Más específicamente, las características de contacto oclusal de premolar o molar inferior son el grupo de distancias de las cúspides bucales al surco central (superficie oclusal) del diente opuesto. Las características de contacto oclusal de premolar o molar superior son el grupo de distancias de las cúspides linguales al surco central (superficie oclusal) del diente opuesto, y las características de contacto oclusal de los dientes anteriores inferiores (incisivos y caninos) son las distancias desde los bordes hacia superficie oclusal de dientes anteriores opuestos.

La relación oclusal a lo largo del arco proporciona una evaluación de hasta qué punto la mordedura es de relaciones de Clase I, Clase II o Clase III. Por ejemplo, las características de relación oclusal de Clase I incluyen las siguientes mediciones:

- Distancia desde la punta de la cúspide del canino superior al contacto de la abertura entre el canino inferior y premolar adyacentes (medido a lo largo de la curva de arco);
- Distancia desde la cúspide bucal del primer premolar superior al contacto interproximal entre premolar inferior (medido a lo largo de la curva del arco);
- Distancia desde la cúspide bucal del segundo premolar superior al contacto interproximal entre premolar inferior y el primer molar (medido a lo largo de la curva del arco);
- Distancia desde la cúspide mesiobucal del primer molar superior al surco bucal del primer molar inferior (medido a lo largo de la curva del arco);
- Distancia desde la cúspide mesiobucal del segundo molar superior al surco bucal del segundo molar inferior (medido a lo largo de la curva del arco).

Las siguientes tablas ilustran pares de entidades en la definición de Clase I

Cúspide Bucal Superior	Punto de contacto inferior entre
Punta de la cúspide del canino	Canino y premolar adyacente
Primer premolar	Premolares
Segundo premolar	Premolar y primer molar

Cúspide Mesiobucal Superior	Surco Bucal Inferior de
Primer molar	Primer molar
Segundo molar	Segundo molar

Además, las características de relación oclusal de Clase II comprenden las siguientes mediciones:

- Distancia desde la cúspide mesiobucal del primer molar superior al contacto de abertura o interproximal entre el segundo premolar y el primer molar inferior (medido a lo largo de la curva de arco).
- Distancia de la cúspide mesiovestibular del segundo molar superior al contacto de cavidad o interproximal entre el primer molar y el segundo molar inferior (medida a lo largo de la curva de arco).

La siguiente tabla ilustra pares de entidades en la definición de Clase II:

Cúspide Bucal Superior	Punto de contacto inferior entre
Primer molar	Segundo premolar y primer molar
Segundo molar	Primer molar y segundo molar

Adicionalmente, las características de la relación oclusal de Clase III comprenden las siguientes mediciones:
- Se extraen premolares inferiores;
- Distancia de la cúspide bucal del segundo premolar superior al surco bucal del primer molar inferior (medido a lo largo de la curva del arco).

La siguiente tabla ilustra pares de entidades en la definición de la Clase III

Cúspide Bucal Superior	Surco Bucal Inferior de
Segundo premolar	Primer molar

De esta manera, en realizaciones particulares, el sistema 2910 puede configurarse para calcular automáticamente características oclusales, tal como, realizando un cálculo de características de mordida incluyendo, por ejemplo, contactos oclusales y relación oclusal a lo largo del arco.

De acuerdo con otra realización de ejemplo, también puede configurarse un procedimiento automatizado para detectar automáticamente maloclusiones (3020). Por ejemplo, puede determinarse la extensión y la magnitud de maloclusiones tales como apiñamiento, separación, resalte, mordida abierta, mordida cruzada, clases de ángulos, contacto oclusal y/o similares de manera automática a partir de las diferentes mediciones dentales calculadas (3006) y luego visualizarse adecuadamente por el sistema 2910 a un clínico para facilitar el tratamiento y la planificación dental.

Por ejemplo, el resalte tal como se ilustra en una realización en la figura 32A, puede determinarse por la distancia desde el punto de intersección de una curva a través de los puntos medios de bordes incisales inferiores con el plano medio en el arco inferior, a superficies bucales de los incisivos superiores (en posiciones cerradas). Además, la sobremordida puede definirse como un porcentaje de superficies vestibulares de incisivos superiores que se encuentran por encima de la curva a través de los puntos medios de bordes incisales inferiores, tal como se ilustra, por ejemplo, en la figura 32J. De esta manera, en una realización, puede obtenerse una determinación automática de maloclusiones de manera precisa, fiable y/o eficiente.

Un procedimiento automatizado está configurado también para calcular automáticamente índices de ortodoncia o dentales (3030), tal como para la evaluación y valoración de maloclusiones obtenidas bajo (3020). Por ejemplo, el cálculo automático de índices de ortodoncia o dentales, tales como índices de registros de evaluación por pares (PAR), índices de discrepancia ABO, sistemas de clasificación objetivos ABO y similares se realizan en base a los resultados de las mediciones que se calculan de manera automática (3006). El índice PAR es un estándar ampliamente aceptado para medir y anotar la maloclusión de los dientes en ortodoncia, pero tradicionalmente ha sido un enfoque que llevaba mucho tiempo, influenciado significativamente por percepciones subjetivas y, por lo tanto, propensos a inexactitudes y errores. Sin embargo, utilizando los procedimientos de diagnóstico automatizados (3000), tales errores, inexactitudes y retrasos de tiempo se reducen y/o se eliminan sustancialmente. De acuerdo con una realización de ejemplo, el sistema 2910 puede calcular automáticamente un índice PAR mediante la determinación y evaluación de mediciones, tales como la búsqueda de puntos de contacto de dientes anteriores, la determinación de clases de mordida posterior, la detección o medición de mordida abierta posterior o mordida cruzada, el cálculo el resalte anterior y/o la medición de discrepancias de línea media.

El sistema 2910 calcula estos índices para permitir que un clínico evalúe eficientemente la complejidad de un caso y/o mida la calidad de los resultados del tratamiento en cualquier etapa del proceso de tratamiento. Además, el uso de estos índices permite calificar o valuar casos de tratamiento antes, durante y/o después del tratamiento. Pueden realizarse comparaciones de manera adecuada entre un tratamiento proyectado y uno real. El sistema 2910 está configurado para calcular los índices en base a información relacionada con casos tratados anteriormente que incluyen parámetros dentales similares a las mediciones dentales calculadas del paciente (2906), incluyendo, por ejemplo, estados dentales iniciales del paciente y las mediciones de ortodoncia determinadas. Por ejemplo, en la solicitud pendiente nº 11/379.198 titulada "*Method and System for Providing Indexing and Cataloguing of Orthodontic Related Treatment Profiles and Options*" cedida al titular de la presente solicitud, se describe información detallada adicional relacionada con la indexación de características dentales y tratamientos asociados.

De la manera que se ha descrito anteriormente, de acuerdo con diversos aspectos de la presente descripción, se dispone un sistema y un procedimiento para facilitar mediciones dentales automatizadas y diagnóstico de dientes

para facilitar un tratamiento dental, tal que puede ser utilizado para la medición y evaluación de características de la anatomía del diente, apiñamiento, separación y/o establecer un diagnóstico de aspectos de maloclusión tales como desalineación, mordida abierta, mordida cruzada, clases AP y similares, todo realizado con mínima intervención humana. De acuerdo con una realización de ejemplo, un sistema y un procedimiento automatizado de ejemplo están configurados para adquirir un modelo digital de dientes de un paciente, y después establecer y/o detectar automáticamente datos y características de referencia basadas en dicho modelo digital, y después calcular automáticamente mediciones dentales en base a dichos datos y/o características de referencia. Tal medición dental automatizada y técnicas de diagnóstico pueden llevarse a cabo con uno o más sistemas informáticos a través del uso de uno o más algoritmos o códigos informáticos.

La adquisición de un modelo digital de dientes de un paciente puede conseguirse de varias maneras ahora conocidas o que se ideen de aquí en adelante. De acuerdo con una realización de ejemplo, el establecimiento automático y/o la detección de datos y características de referencia se basa en los datos del modelo digital y puede comprender el establecimiento de objetos de referencia, el establecimiento de marcos de referencia, la detección de características dentales anatómicas, y/o la construcción de características de ortodoncia. El cálculo automático de las mediciones dentales puede llevarse a cabo entonces en base a una o más características dentales y objetos y marcos de referencia.

De acuerdo con otras realizaciones de ejemplo, el sistema y el procedimiento automatizado también pueden configurarse para detectar automáticamente malodusión y/o calcular automáticamente índices de ortodoncia o dentales.

Dentro del alcance de la presente descripción, las distintas etapas operativas, así como los componentes para llevar a cabo las etapas operativas, podrían aplicarse de maneras alternativas, dependiendo de la aplicación particular o considerando cualquier número de funciones de coste asociadas a la operación del sistema, por ejemplo, varios de los componentes y metodologías y/o etapas pueden eliminarse, modificarse o combinarse con otros componentes, metodologías y/o etapas. Además, se entiende que varios de los procedimientos y etapas que se describen aquí, tales como la generación de IDDS, cálculo de mediciones y/o índices pueden comprender cualquier otra técnica ahora conocida o que se idee de aquí en adelante desarrollada para facilitar tales procedimientos y etapas.

Se describen sistemas y procedimientos disponiendo una base de datos que comprende un compendio de por lo menos uno de historial de tratamiento del paciente; terapias de ortodoncia, información de ortodoncia y diagnóstico; el empleo de una técnica de minería de datos para interrogar dicha base de datos para generar de un flujo de datos de salida, correspondiendo el flujo de datos de salida con una malodusión de un paciente con un tratamiento de ortodoncia; y la aplicación del flujo de datos de salida para mejorar un aparato dental o un uso del aparato dental.

El resultado obtenido, si se mide, normalmente se determina utilizando un grupo de valores estándar tal como por la American Board of Orthodontics, contra el cual se compara el resultado final y normalmente se trata de un grupo de normas idealizadas de lo que debe ser la relación de oclusión ideal y mordida. Otro procedimiento para determinar el resultado es utilizar un índice de mejora relativa tal como PAR, IOTN, e ICON para medir grados de mejora como resultado del tratamiento.

La presente descripción proporciona procedimientos y aparatos para extraer relaciones en el resultado del tratamiento y utilizar los datos extraídos para mejorar planes de tratamiento o mejorar configuraciones de aparatos en un proceso de reposicionamiento de los dientes de una disposición inicial de los dientes a una disposición final de los dientes. La descripción puede funcionar para definir cómo se lleva a cabo el reposicionamiento mediante una serie de aparatos o mediante una serie de ajustes en aparatos configurados para variar la posición de los dientes individuales en incrementos. La descripción puede aplicarse ventajosamente para especificar una serie de aparatos formados como recubrimientos poliméricos que tienen las cavidades donde se alojan los dientes, es decir, recubrimientos del tipo descritos en la patente americana nº 5.975.893.

Los dientes de un paciente se reposicionan de una disposición inicial de los dientes a una disposición final de los dientes realizando una serie de ajustes de posición incrementales utilizando aparatos especificados de acuerdo con la descripción. En una implementación, la descripción se utiliza para especificar formas para los aparatos de recubrimiento polimérico mencionados anteriormente. El primer aparato de una serie tendrá una geometría seleccionada para reposicionar los dientes de la disposición inicial de los dientes a una primera disposición intermedia. El aparato está destinado para utilizarse hasta que se aproxima o se llega a la primera disposición intermedia, y luego se coloca sucesivamente en los dientes uno o más aparatos (intermedios) adicionales. El aparato final tiene una geometría seleccionada para reposicionar progresivamente los dientes desde la última disposición intermedia hasta una disposición de los dientes final deseada.

La descripción especifica los aparatos para aplicar un nivel de fuerza aceptable, producir molestias sólo dentro de límites aceptables, y conseguir el incremento deseado de reposicionamiento de dientes en un período de tiempo

aceptable. La descripción puede implementarse para interactuar con otras partes de un sistema de ortodoncia computacional y, en particular, para interactuar con un módulo de definición de la trayectoria que calcula las trayectorias que toman los dientes a medida que se reposicionan durante el tratamiento.

En general, en un aspecto, la descripción proporciona procedimientos y aparatos correspondientes para la segmentación de una trayectoria de tratamiento de ortodoncia en subetapas clínicamente apropiadas para reposicionar los dientes de un paciente. Los procedimientos incluyen proporcionar un modelo de elementos finitos digital de la forma y el material de cada uno de una secuencia de aparatos para aplicar a un paciente; proporcionar un modelo de elementos finitos digital de los dientes y tejido de la boca relacionado del paciente; calcular el efecto real de los aparatos en los dientes analizando los modelos de elementos finitos computacionalmente; y evaluar el efecto contra limitaciones clínicas. Implementaciones ventajosas pueden incluir una o más de las siguientes características. Los aparatos pueden ser aparatos de ortodoncia, incluyendo brackets y arcos de alambre, recubrimientos poliméricos, incluyendo recubrimientos fabricados por estéreo-litografía, retenedores, u otras formas de aparatos de ortodoncia. Las implementaciones pueden incluir comparar el efecto real de los aparatos con un efecto pretendido de los aparatos; e identificar un aparato como aparato no satisfactorio si el efecto real del aparato difiere más que un umbral del efecto deseado del aparato y modificar un modelo del aparato no satisfactorio de acuerdo con los resultados de la comparación. El aparato modelo y el resultante pueden modificarse alterando la forma del aparato no satisfactorio, añadiendo un hoyuelo, añadiendo material para provocar una sobrecorrección de la posición del diente, añadiendo un reborde de material para aumentar la rigidez, añadiendo un reborde de material a lo largo una línea de las encías para aumentar la rigidez, eliminando material para reducir la rigidez, o redefiniendo la forma para que sea una forma definida por el complemento de la diferencia entre el efecto deseado y el efecto real del aparato no satisfactorio. Las limitaciones clínicas pueden incluir una velocidad máxima de desplazamiento de un diente, una fuerza máxima sobre un diente, y una posición final deseada de un diente. La fuerza máxima puede ser una fuerza lineal o una fuerza de torsión. El porcentaje máximo de desplazamiento puede ser lineal o una velocidad de desplazamiento angular. El aparato de la descripción puede implementarse como un sistema, o puede implementarse como un producto de programa de ordenador, almacenado de manera tangible en un medio legible por ordenador, que tenga instrucciones operables para provocar que un ordenador realice las etapas del procedimiento de la descripción.

Entre las ventajas de la descripción se encuentran una o más de las siguientes. Los aparatos especificados de acuerdo con la descripción aplican no más de los niveles de fuerza ortodónticamente aceptables, provocan una incomodidad al paciente no mayor de una cantidad aceptable, y consiguen el incremento deseado de reposicionamiento de dientes en un período de tiempo aceptable. La descripción puede utilizarse para aumentar un proceso computacional o manual para definir trayectorias de dientes en el tratamiento de ortodoncia confirmando que las trayectorias propuestas pueden obtenerse por el aparato en cuestión y dentro de las limitaciones seleccionables por el usuario de una buena práctica de ortodoncia. El uso de la descripción para diseñar alineadores permite al diseñador (humano o automatizado) ajustar finamente el rendimiento de los alineadores respecto a restricciones particulares. También, puede conseguirse un control de la ortodoncia más preciso sobre el efecto de los alineadores y su comportamiento puede predecirse mejor de lo que sería de otro modo. Además, definir computacionalmente la geometría del alineador facilita una fabricación directa del alineador bajo control numérico.

Un procedimiento implementado por ordenador para mediciones dentales automatizadas en una realización incluye adquirir un modelo digital de dientes de un paciente, detectar automáticamente datos o características de referencia basadas en base al modelo digital, y calcular automáticamente mediciones dentales en base a dichos datos o características de referencia, donde las mediciones dentales están asociadas a una característica de oclusión del paciente.

En una realización, detectar automáticamente datos o características de referencia incluye establecer automáticamente objetos de referencia.

Además, detectar automáticamente datos o características de referencia puede incluir establecer automáticamente marcos de referencia.

También, detectar automáticamente datos o características de referencia puede incluir detectar automáticamente características anatómicas dentales.

Adicionalmente, detectar automáticamente datos o características de referencia puede incluir construir automáticamente referencias de ortodoncia.

Además, establecer automáticamente objetos de referencia puede incluir establecer automáticamente por lo menos uno de un plano oclusal, una superficie oclusal, un eje facial de la corona clínica (FACC), una curva a través de puntos del eje facial, una curva de abertura, un plano medio de la corona clínica (MPCC), una línea de eje facial

(línea-FA), un plano facial de la corona clínica (FPCC), una línea normal facial (línea -FN), un centro de resistencia, una curva de forma de arco, una plantilla de forma de arco, o una curva ideal de forma de arco.

El establecimiento automático de sistemas de referencia en un aspecto puede incluir el establecimiento de marcos para determinar automáticamente la extensión del movimiento de los dientes.

Además, el establecimiento automático de sistemas de referencia puede incluir el establecimiento de marcos en base al FACC para cada diente.

La detección automática de características dentales anatómicas puede incluir la detección de por lo menos uno de cúspides, rebordes, surcos, y puntos de contacto para cada diente.

Adicionalmente, la construcción automática de referencias de ortodoncia puede incluir la construcción de puntos de referencia abstractos.

La característica oclusal puede incluir uno o más de un resalte, una sobremordida, o una discrepancia de línea media.

El procedimiento en todavía otra realización puede incluir la detección automática de la característica oclusal en base a dichas mediciones dentales.

Adicionalmente, el procedimiento puede incluir, además, el cálculo automático de índices de ortodoncia en base a dichas mediciones dentales.

También, el procedimiento puede incluir el cálculo automático de un índice PAR en base a dichas mediciones dentales.

Todavía en otro aspecto, el procedimiento también puede incluir la generación de un grupo de instrucciones asociadas a una configuración de alineadores secuenciales para un tratamiento de ortodoncia.

El grupo de instrucciones puede generarse a partir de las mediciones dentales calculadas.

Un aparato para realizar mediciones dentales automatizadas de acuerdo con otra realización incluye uno o más procesadores y una memoria conectada al uno o más procesadores, la memoria configurada para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores adquiera un modelo digital de los dientes del paciente, detecten automáticamente datos o características de referencia en base a dicho modelo digital, y calculen automáticamente mediciones dentales en base a dichos datos o características de referencia, en el que las mediciones dentales están asociadas a una característica oclusal del paciente.

La memoria puede configurarse, además, para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores detecte automáticamente datos o características de referencia estableciendo automáticamente marcos de referencia.

La memoria puede configurarse para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores detecte automáticamente datos o características de referencia estableciendo automáticamente marcos de referencia.

En otro aspecto, la memoria puede configurarse para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores detecte automáticamente datos o características de referencia detectando automáticamente características dentales anatómicas.

La memoria puede configurarse, además, para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores detecte automáticamente datos o características de referencia construyendo automáticamente referencias de ortodoncia.

Todavía en otro aspecto, la memoria puede configurarse para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores establezca automáticamente marcos de referencia, estableciendo automáticamente por lo menos uno de un plano oclusal, una superficie oclusal, un eje facial de la corona clínica (FACC), una curva a través de puntos del eje facial, una curva de abertura, un plano medio de la corona clínica (MPCC), una línea del eje facial (FA), un plano facial de la corona clínica (FPCC), una línea normal facial (FN), un centro de resistencia, una curva de forma de arco, una plantilla de forma de arco, o una curva ideal de forma de arco.

El sistema de modelado informático, en un aspecto, puede configurarse para establecer automáticamente marcos de referencia estableciendo marcos en base al FACC para cada diente.

Además, la memoria puede configurarse, además, para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores detecte automáticamente características dentales anatómicas detectando por lo menos uno de cúspides, rebordes, surcos, o puntos de contacto de un diente.

Además, la memoria puede configurarse para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores construya automáticamente referencias de ortodoncia construyendo planos oclusales y cajas de arco.

Las mediciones dentales pueden estar asociadas a uno o más de un resalte, una sobremordida, o una discrepancia de línea media.

Además, la memoria puede configurarse, además, para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores detecte automáticamente una maloclusión en base a dichas mediciones dentales.

Además, todavía en otro aspecto, la memoria puede configurarse para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores calcule automáticamente los índices de ortodoncia en base a las mediciones dentales.

En otra realización, se dispone uno o más dispositivos de almacenamiento que tienen un código legible por un procesador incorporado en el mismo, dicho código legible por procesador para programar uno o más procesadores para realizar un procedimiento para mediciones dentales automatizadas, incluyendo el procedimiento adquirir un modelo digital de dientes de un paciente, detectar automáticamente datos o características de referencia en base al modelo digital, y calcular automáticamente mediciones dentales en base a dichos datos o características de referencia, en el que las mediciones dentales están asociadas a una característica oclusal del paciente.

Varias otras modificaciones y alteraciones en la estructura y el procedimiento de funcionamiento de esta descripción serán evidentes para los expertos en la materia sin apartarse del alcance de la descripción. Aunque la descripción se ha descrito en conexión con realizaciones preferidas específicas, debe entenderse que la descripción tal como se reivindica no debe limitarse indebidamente a dichas realizaciones específicas. Se pretende que las siguientes reivindicaciones definan el alcance de la presente descripción y que las estructuras y procedimientos dentro del alcance de estas reivindicaciones y sus equivalentes queden cubiertas por las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento implementado por ordenador (3000) para mediciones dentales automatizadas, que comprende:

adquirir (2902) un modelo digital de dientes de un paciente;
detectar automáticamente (2904) datos o características de referencia en base al modelo digital; y
calcular automáticamente (3006) mediciones dentales en base a dichos datos o características de referencia;
en el que las mediciones dentales están asociadas a una característica oclusal del paciente;
caracterizado por el hecho de que
el procedimiento comprende, además, calcular automáticamente índices dentales o de ortodoncia, en el que los índices se calculan en base a información relacionada con casos anteriores que incluyen parámetros similares a las mediciones dentales calculadas del paciente; y
utilizar los índices para calificar o evaluar casos de tratamiento antes del tratamiento.

2. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que detectar automáticamente (2904) datos o características de referencia comprende establecer automáticamente (3042) objetos de referencia.

3. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que detectar automáticamente (2904) datos o características de referencia comprende establecer automáticamente marcos de referencia.

4. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que detectar automáticamente (2904) datos o características de referencia comprende detectar automáticamente características dentales anatómicas.

5. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que detectar automáticamente datos o características de referencia comprende construir automáticamente referencias de ortodoncia.

6. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 2, en el que establecer automáticamente (3042) objetos de referencia comprende establecer automáticamente por lo menos uno de un plano oclusal, una superficie oclusal, un eje facial de la corona clínica (FACC), una curva a través de puntos del eje facial, una curva de abertura, un plano medio de la corona clínica (MPCC), una línea del eje facial (línea-FA), un plano facial de la corona clínica (FPCC), una línea normal facial (línea-FN), un centro de resistencia, una curva de forma de arco, una plantilla de forma de arco, o una curva ideal forma de arco.

7. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 3, en el que establecer automáticamente (3044) marcos de referencia comprende establecer marcos para determinar automáticamente la extensión del movimiento de los dientes.

8. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 7, en el que establecer automáticamente (3044) marcos de referencia comprende establecer marcos en función del FACC para cada diente.

9. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la detección automática de características anatómicas dentales de comprende la detección de por lo menos uno de cúspides, rebordes, surcos, y puntos de contacto para cada diente.

10. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 5, en el que construir automáticamente referencias de ortodoncia comprende la construcción de puntos de referencia abstractos.

11. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la característica oclusal incluye uno o más de un resalte, una sobremordida, o una discrepancia de línea media.

12.Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho procedimiento comprende, además, la detección automática de la característica oclusal en base a dichas mediciones dentales.

13. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procedimiento comprende, además, el cálculo automático de los índices de ortodoncia en base a dichas mediciones dentales.

14. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procedimiento comprende, además, generar un grupo de instrucciones asociadas a una configuración de alineadores secuenciales para un tratamiento de ortodoncia.

15. Procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el grupo de instrucciones se genera en base a las mediciones dentales calculadas.

16. Aparato (2910) para realizar mediciones dentales automatizadas, que comprende: uno o más procesadores; y una memoria conectada al uno o más procesadores, la memoria configurada para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores realice las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

17. Aparato (2910) de acuerdo con la reivindicación 16, en el que la memoria está configurada, además, para almacenar instrucciones que, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hace que el uno o más procesadores construya automáticamente referencias de ortodoncia construyendo planos oclusales y cajas de arco.

18. Uno o más dispositivos de almacenamiento que tienen un código legible por procesador incorporado en el mismo, dicho código legible por procesador para programar uno o más procesadores para realizar un procedimiento para mediciones dentales automatizadas, comprendiendo el procedimiento:
adquirir (2902) un modelo digital de dientes de un paciente;
detectar automáticamente (2904) datos o características de referencia en base al modelo digital; y
calcular automáticamente (3006) mediciones dentales en base a dichos datos o características de referencia, en el que las mediciones dentales están asociadas a una característica oclusal del paciente;
caracterizado por el hecho de que
el procedimiento comprende, además, calcular automáticamente índices de ortodoncia o dentales, en el que los índices se calculan base a información relacionada con casos anteriores que incluyen parámetros similares a las mediciones dentales calculadas del paciente; y
utilizar los índices para calificar o evaluar casos de tratamiento antes del tratamiento.

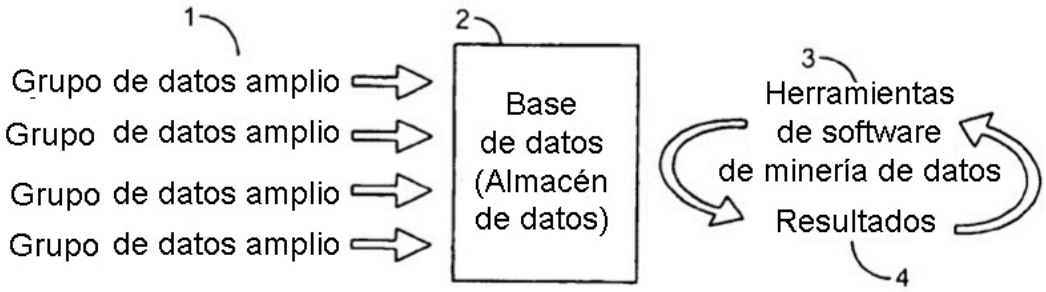
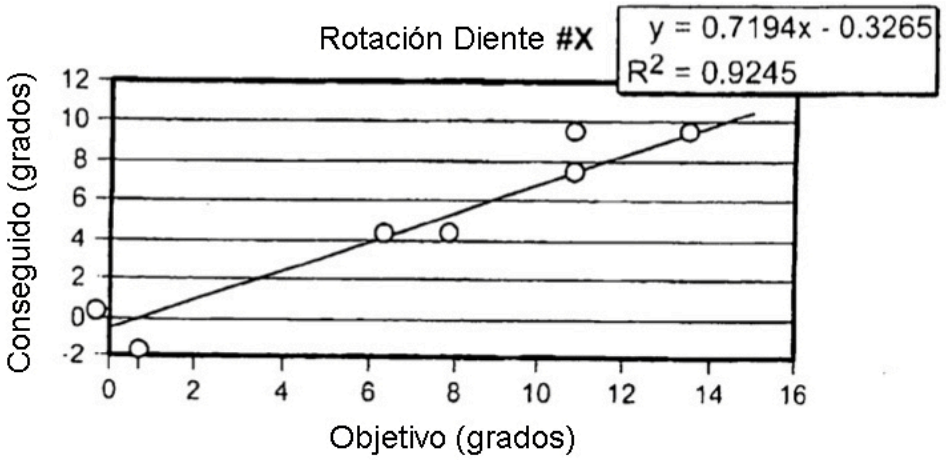


FIG. 1A



Pendiente = Índice de Rendimiento

R^2 = Previsibilidad

FIG. 1B

Tipo de Movimiento
Expansión/Constricción (Traslación X+/-)
Mesialización/Distalización (Traslación Y +/-)
Intrusión (Traslación -Z)
Extrusión (Traslación +Z)
Volteo/Angulación (Rotación X)
Torsión/inclinación (Rotación Y)
Rotación Pura (Rotación Z)

FIG. 1C

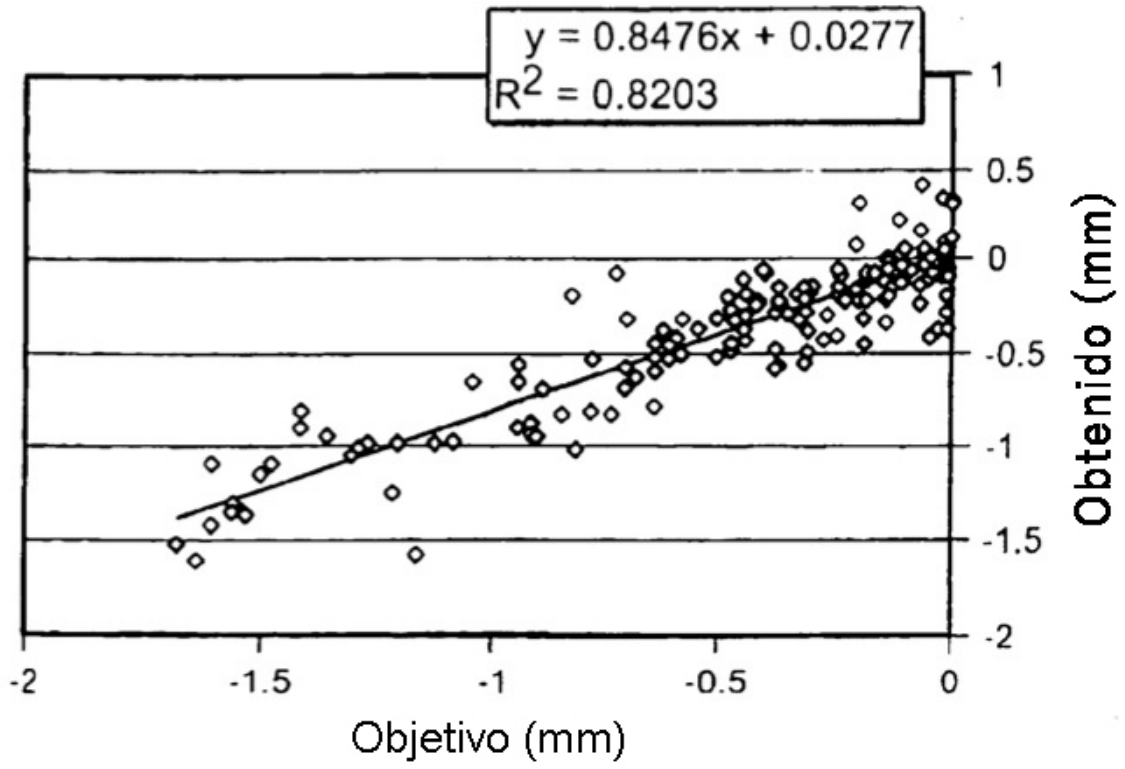


FIG. 1D

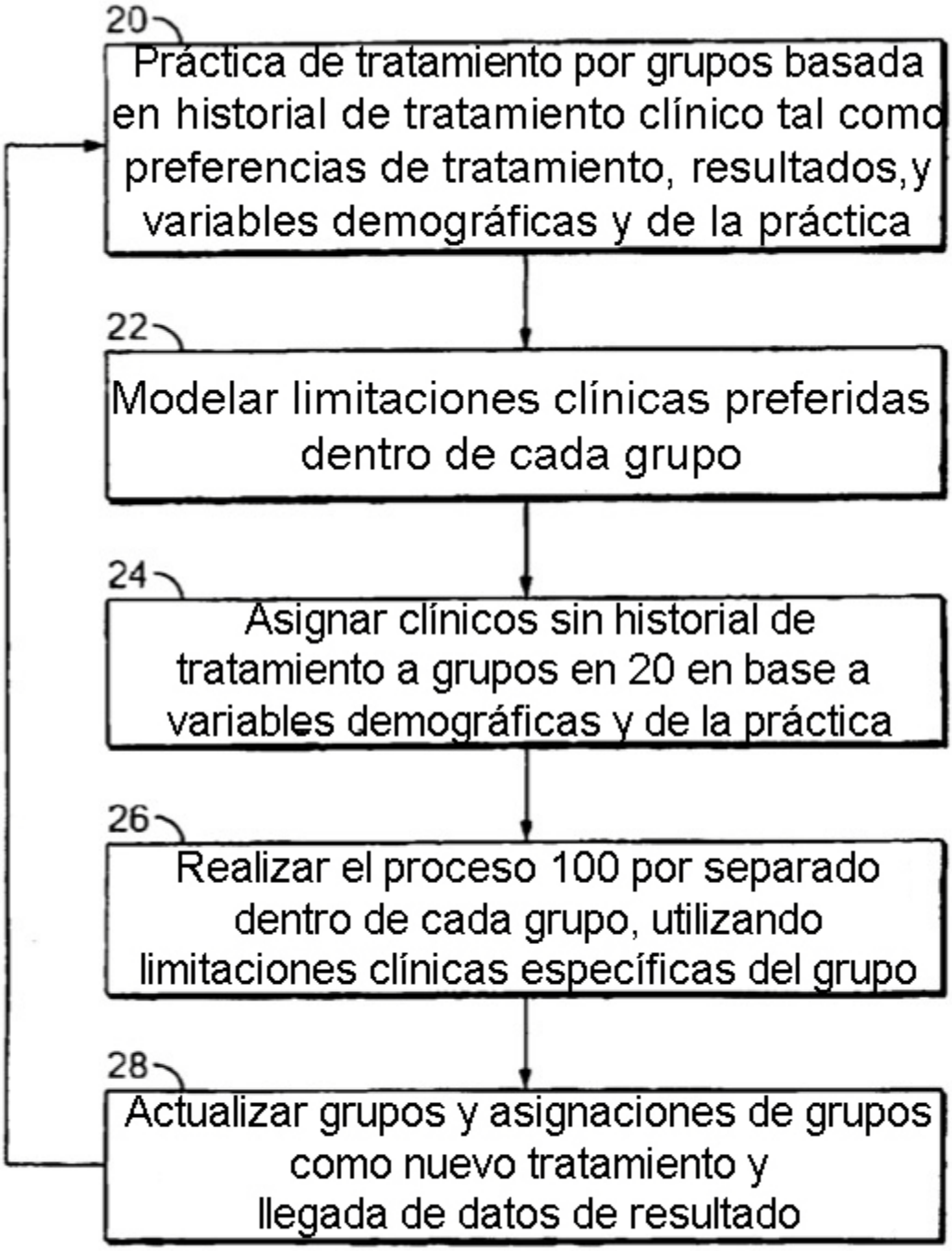

20
Práctica de tratamiento por grupos basada en historial de tratamiento clínico tal como preferencias de tratamiento, resultados,y variables demográficas y de la práctica
22
Modelar limitaciones clínicas preferidas dentro de cada grupo
24
Asignar clínicos sin historial de tratamiento a grupos en 20 en base a variables demográficas y de la práctica
26
Realizar el proceso 100 por separado dentro de cada grupo, utilizando limitaciones clínicas específicas del grupo
28
Actualizar grupos y asignaciones de grupos como nuevo tratamiento y llegada de datos de resultado

FIG. 1E

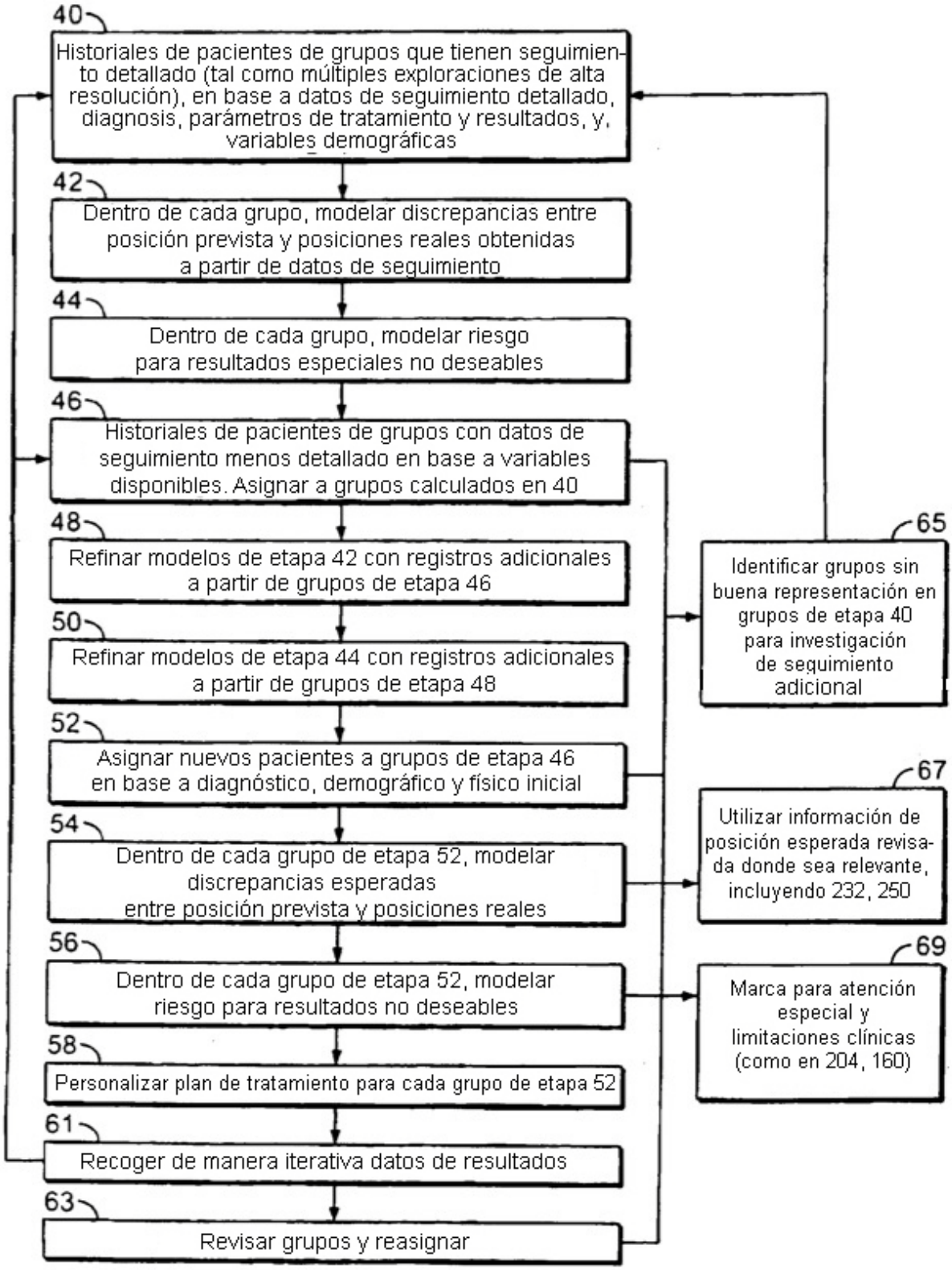

40
Historiales de pacientes de grupos que tienen seguimiento detallado (tal como múltiples exploraciones de alta resolución), en base a datos de seguimiento detallado, diagnosis, parámetros de tratamiento y resultados, y, variables demográficas
42
Dentro de cada grupo, modelar discrepancias entre posición prevista y posiciones reales obtenidas a partir de datos de seguimiento
44
Dentro de cada grupo, modelar riesgo para resultados especiales no deseables
46
Historiales de pacientes de grupos con datos de seguimiento menos detallado en base a variables disponibles. Asignar a grupos calculados en 40
48
Refinar modelos de etapa 42 con registros adicionales a partir de grupos de etapa 46
50
Refinar modelos de etapa 44 con registros adicionales a partir de grupos de etapa 48
52
Asignar nuevos pacientes a grupos de etapa 46 en base a diagnóstico, demográfico y físico inicial
54
Dentro de cada grupo de etapa 52, modelar discrepancias esperadas entre posición prevista y posiciones reales
56
Dentro de cada grupo de etapa 52, modelar riesgo para resultados no deseables
58
Personalizar plan de tratamiento para cada grupo de etapa 52
61
Recoger de manera iterativa datos de resultados
63
Revisar grupos y reasignar
65
Identificar grupos sin buena representación en grupos de etapa 40 para investigación de seguimiento adicional
67
Utilizar información de posición esperada revisada donde sea relevante, incluyendo 232, 250
69
Marca para atención especial y limitaciones clínicas (como en 204, 160)

FIG. 1F

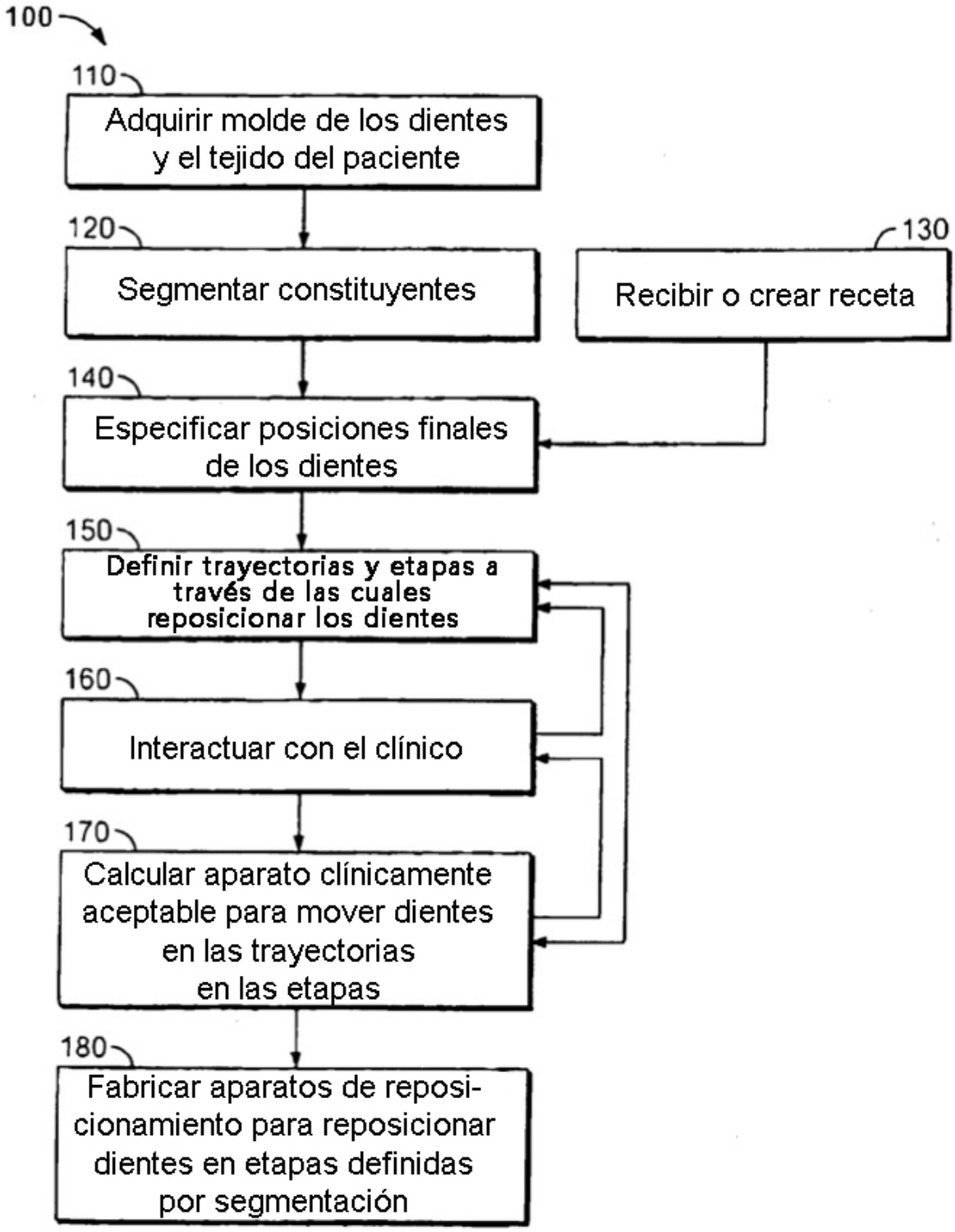

100
110
Adquirir molde de los dientes y el tejido del paciente
120
Segmentar constituyentes
130
Recibir o crear receta
140
Especificar posiciones finales de los dientes
150
Definir trayectorias y etapas a través de las cuales reposicionar los dientes
160
Interactuar con el clínico
170
Calcular aparato clínicamente aceptable para mover dientes en las trayectorias en las etapas
180
Fabricar aparatos de reposicionamiento para reposicionar dientes en etapas definidas por segmentación

FIG. 2A

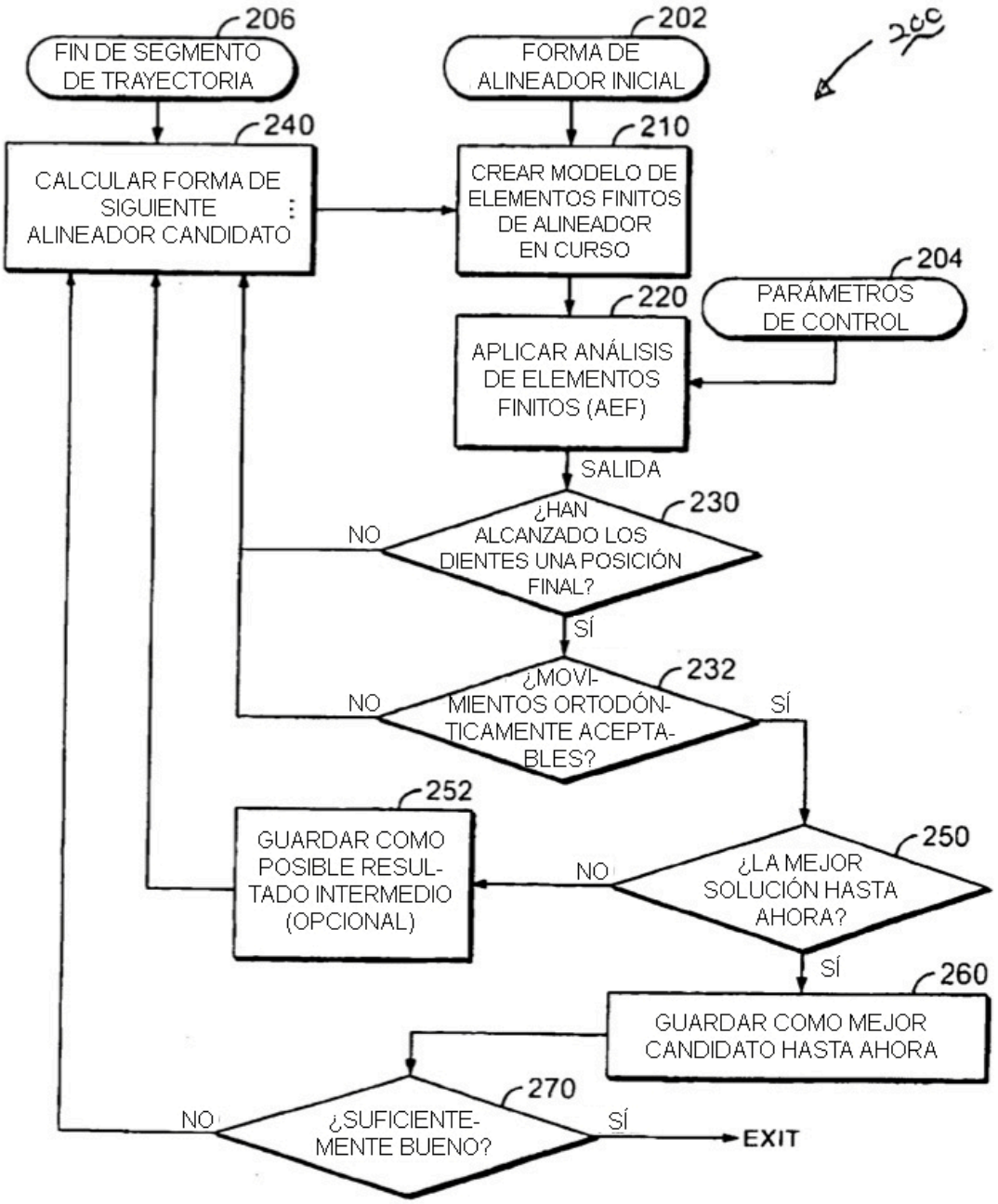

206
FIN DE SEGMENTO DE TRAYECTORIA
202
FORMA DE ALINEADOR INICIAL
200
240
CALCULAR FORMA DE SIGUIENTE ALINEADOR CANDIDATO
210
CREAR MODELO DE ELEMENTOS FINITOS DE ALINEADOR EN CURSO
204
PARÁMETROS DE CONTROL
220
APLICAR ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS (AEF)
SALIDA
230
¿HAN ALCANZADO LOS DIENTES UNA POSICIÓN FINAL?
NO
SÍ
232
¿MOVIMIENTOS ORTODÓNTICAMENTE ACEPTABLES?
NO
SÍ
252
GUARDAR COMO POSIBLE RESULTADO INTERMEDIO (OPCIONAL)
250
¿LA MEJOR SOLUCIÓN HASTA AHORA?
NO
SÍ
260
GUARDAR COMO MEJOR CANDIDATO HASTA AHORA
270
¿SUFICIENTEMENTE BUENO?
NO
SÍ
EXIT

FIG. 2B

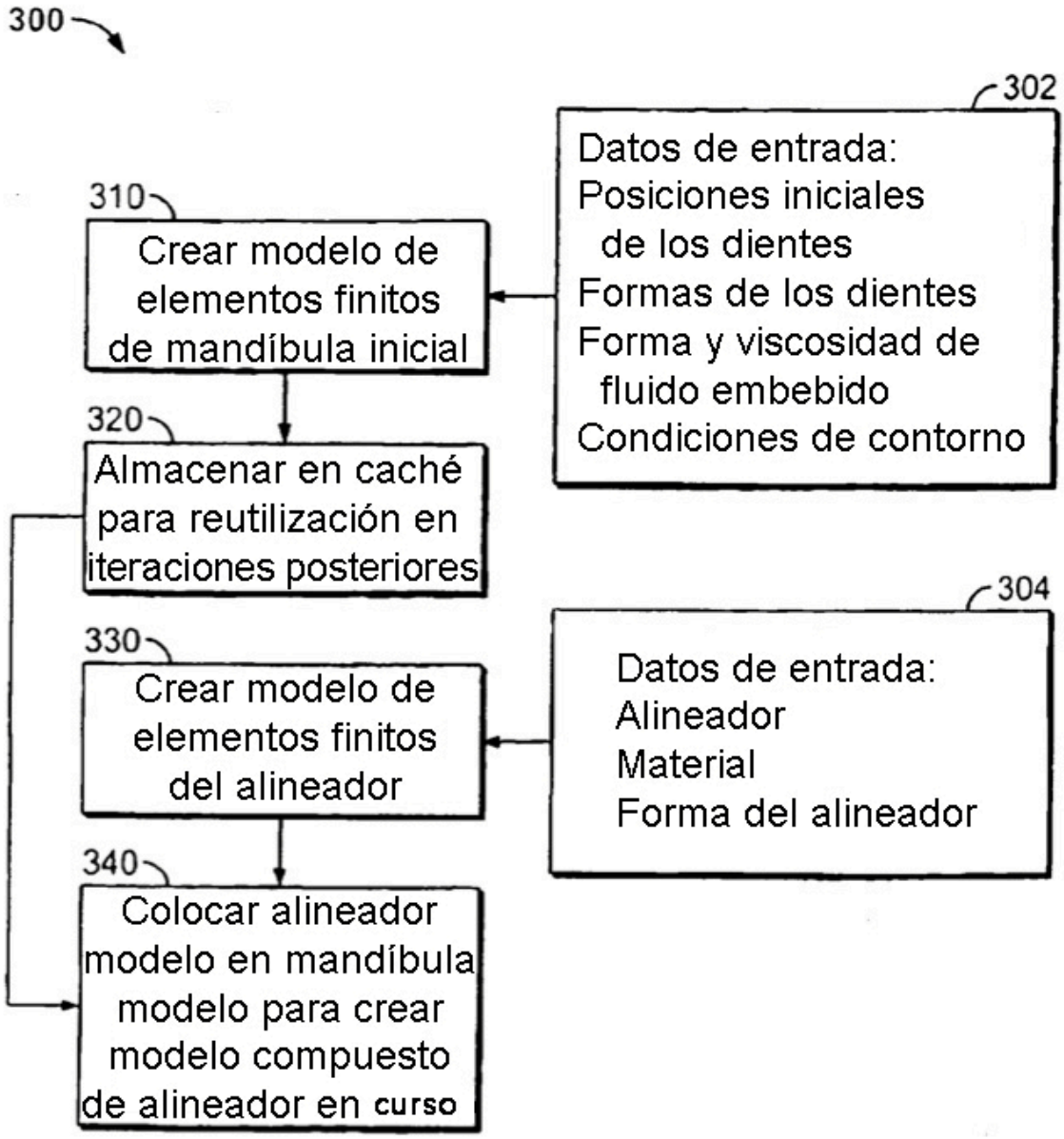

300
302
Datos de entrada:
Posiciones iniciales de los dientes
Formas de los dientes
Forma y viscosidad de fluido embebido
Condiciones de contorno
310
Crear modelo de elementos finitos de mandíbula inicial
320
Almacenar en caché para reutilización en iteraciones posteriores
304
Datos de entrada:
Alineador
Material
Forma del alineador
330
Crear modelo de elementos finitos del alineador
340
Colocar alineador modelo en mandíbula modelo para crear modelo compuesto de alineador en curso

FIG. 3

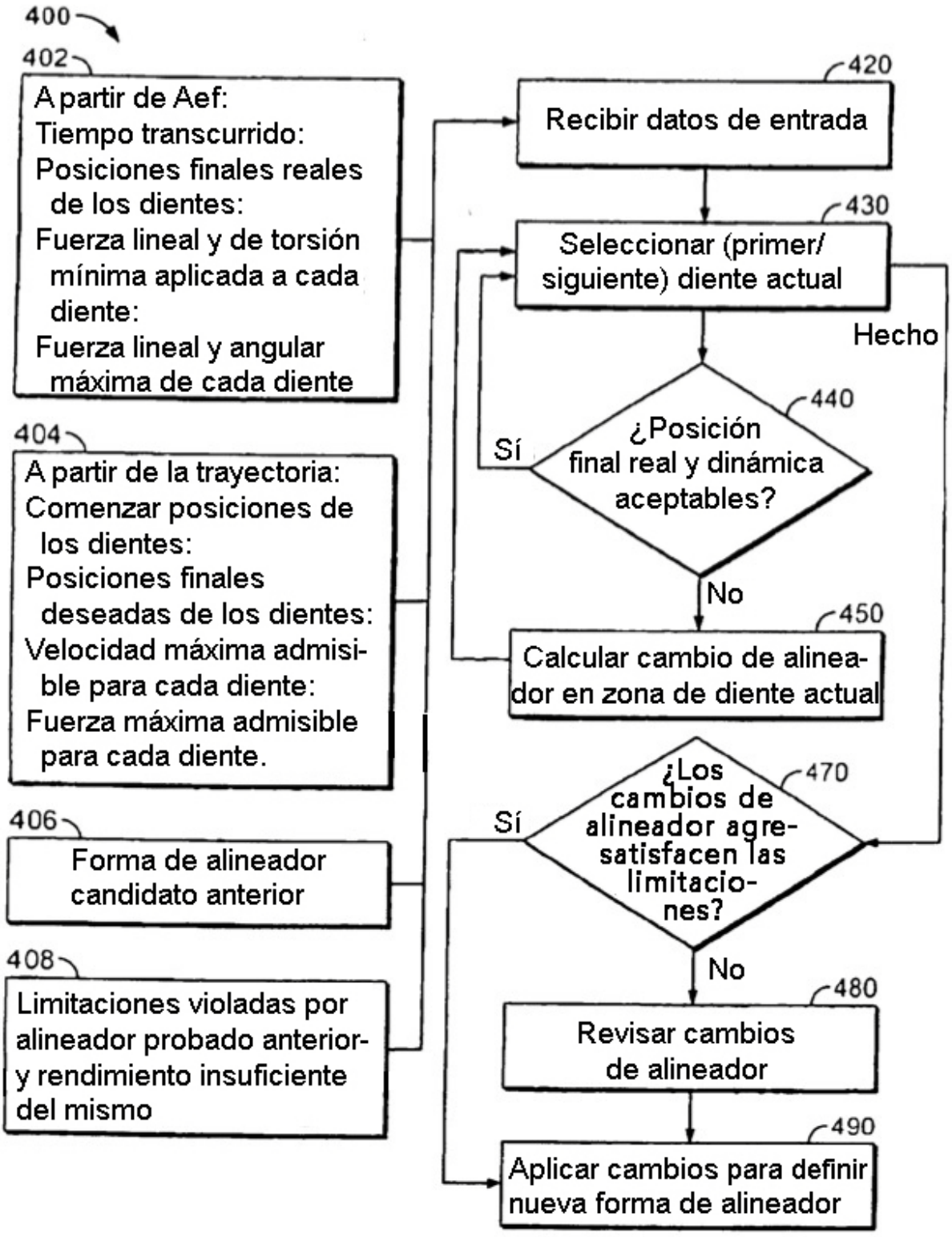

400
402
A partir de Aef:
Tiempo transcurrido:
Posiciones finales reales de los dientes:
Fuerza lineal y de torsión mínima aplicada a cada diente:
Fuerza lineal y angular máxima de cada diente
404
A partir de la trayectoria:
Comenzar posiciones de los dientes:
Posiciones finales deseadas de los dientes:
Velocidad máxima admisible para cada diente:
Fuerza máxima admisible para cada diente.
406
Forma de alineador candidato anterior
408
Limitaciones violadas por alineador probado anterior- y rendimiento insuficiente del mismo
420
Recibir datos de entrada
430
Seleccionar (primer/ siguiente) diente actual
Hecho
440
¿Posición final real y dinámica aceptables?
Sí
No
450
Calcular cambio de alineador en zona de diente actual
470
¿Los cambios de alineador agre- satisfacen las limitaciones?
Sí
No
480
Revisar cambios de alineador
490
Aplicar cambios para definir nueva forma de alineador

FIG. 4

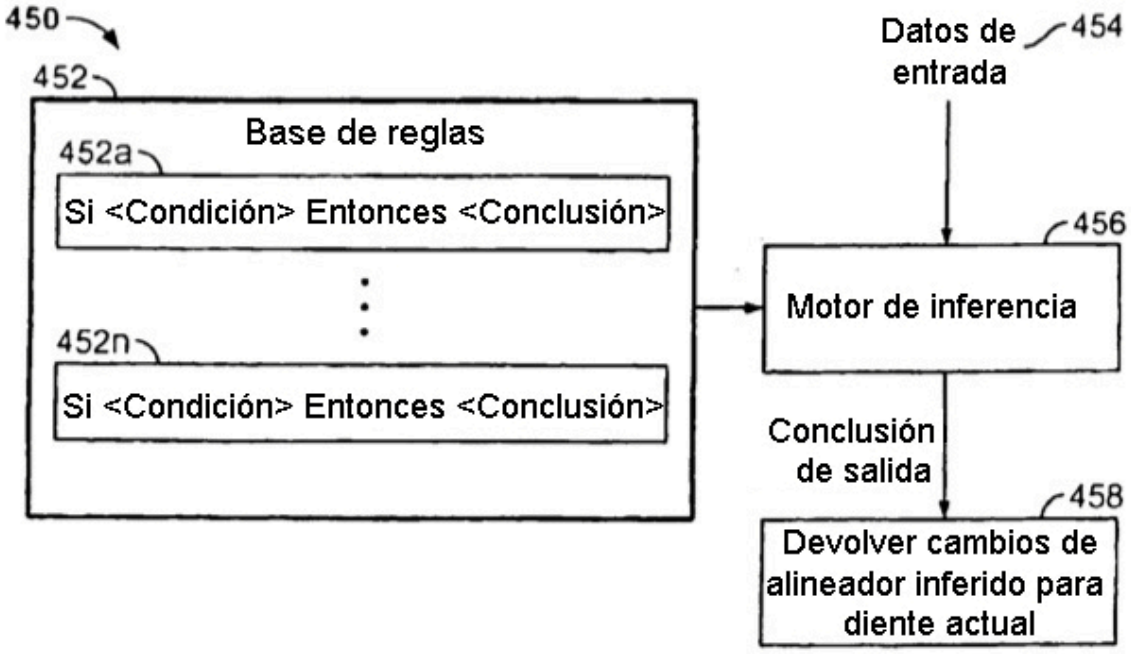

450
452
Base de reglas
452a
Si <Condición> Entonces <Conclusión>
452n
Si <Condición> Entonces <Conclusión>
Datos de entrada
454
456
Motor de inferencia
Conclusión de salida
458
Devolver cambios de alineador inferido para diente actual

FIG. 5A

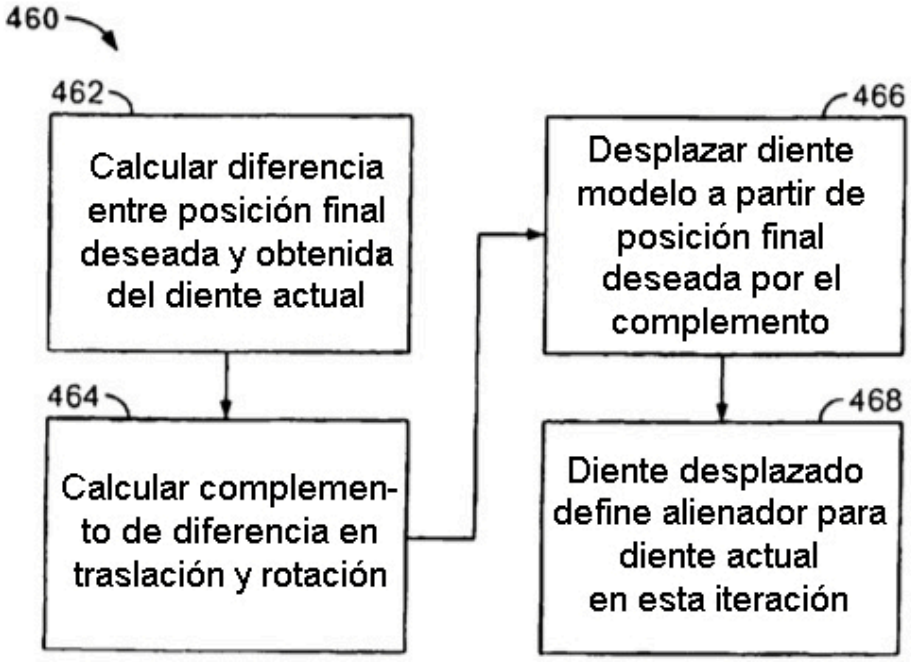

460
462
Calcular diferencia entre posición final deseada y obtenida del diente actual
464
Calcular complemento de diferencia en traslación y rotación
466
Desplazar diente modelo a partir de posición final deseada por el complemento
468
Diente desplazado define alienador para diente actual en esta iteración

FIG. 5B

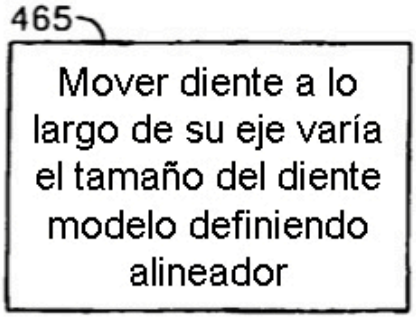

465
Mover diente a lo largo de su eje varía el tamaño del diente modelo definiendo alineador

FIG. 5C

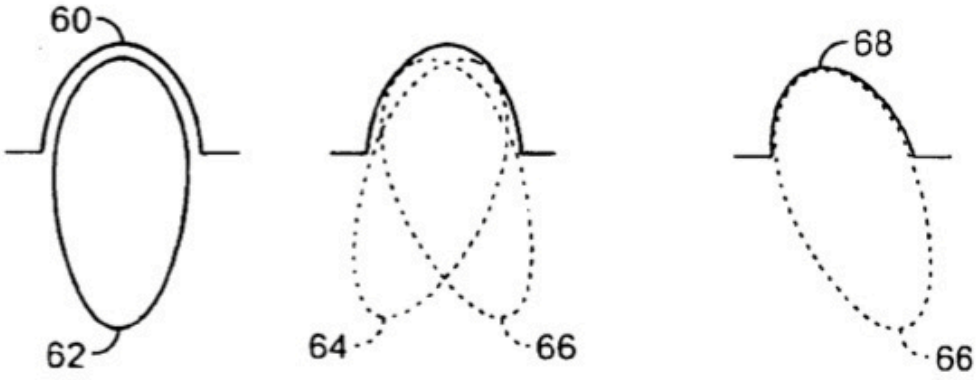

60
62
64
66
68
66

FIG. 5D

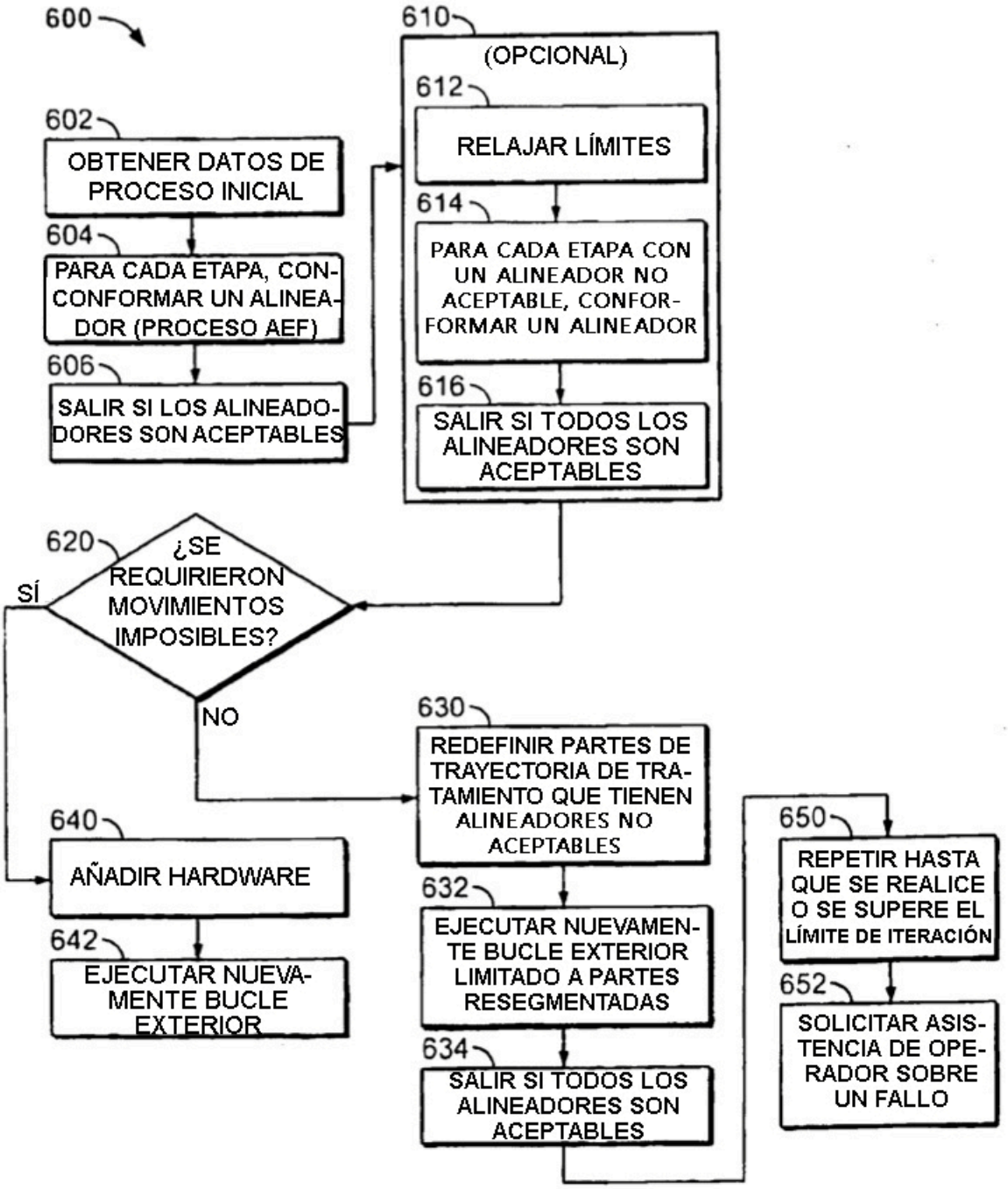

600
610
(OPCIONAL)
612
RELAJAR LÍMITES
602
OBTENER DATOS DE PROCESO INICIAL
614
PARA CADA ETAPA CON UN ALINEADOR NO ACEPTABLE, CONFORFORMAR UN ALINEADOR
604
PARA CADA ETAPA, CONCONFORMAR UN ALINEADOR (PROCESO AEF)
616
SALIR SI TODOS LOS ALINEADORES SON ACEPTABLES
606
SALIR SI LOS ALINEADODORES SON ACEPTABLES
620
¿SE REQUIRIERON MOVIMIENTOS IMPOSIBLES?
SÍ
NO
630
REDEFINIR PARTES DE TRAYECTORIA DE TRATAMIENTO QUE TIENEN ALINEADORES NO ACEPTABLES
640
AÑADIR HARDWARE
632
EJECUTAR NUEVAMENTE BUCLE EXTERIOR LIMITADO A PARTES RESEGMENTADAS
642
EJECUTAR NUEVAMENTE BUCLE EXTERIOR
634
SALIR SI TODOS LOS ALINEADORES SON ACEPTABLES
650
REPETIR HASTA QUE SE REALICE O SE SUPERE EL LÍMITE DE ITERACIÓN
652
SOLICITAR ASISTENCIA DE OPERADOR SOBRE UN FALLO

FIG. 6

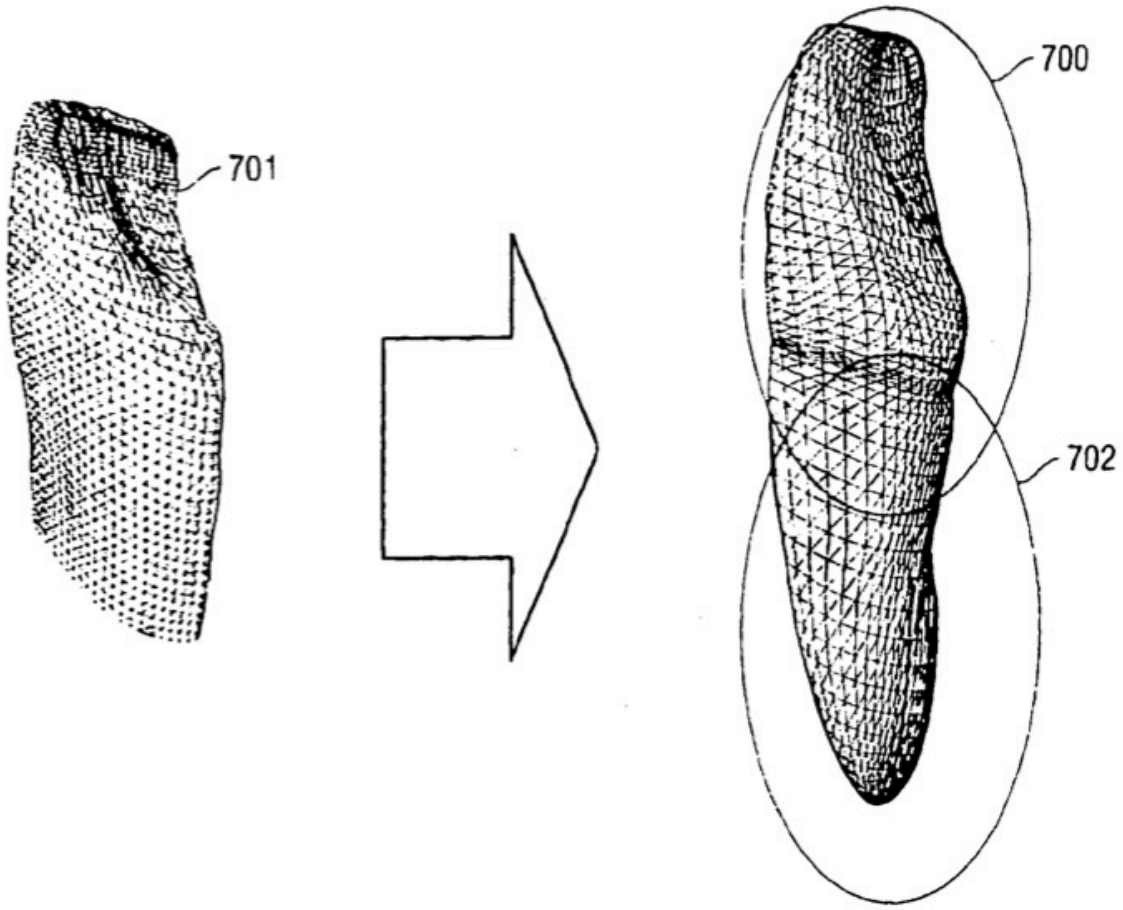


FIG. 7

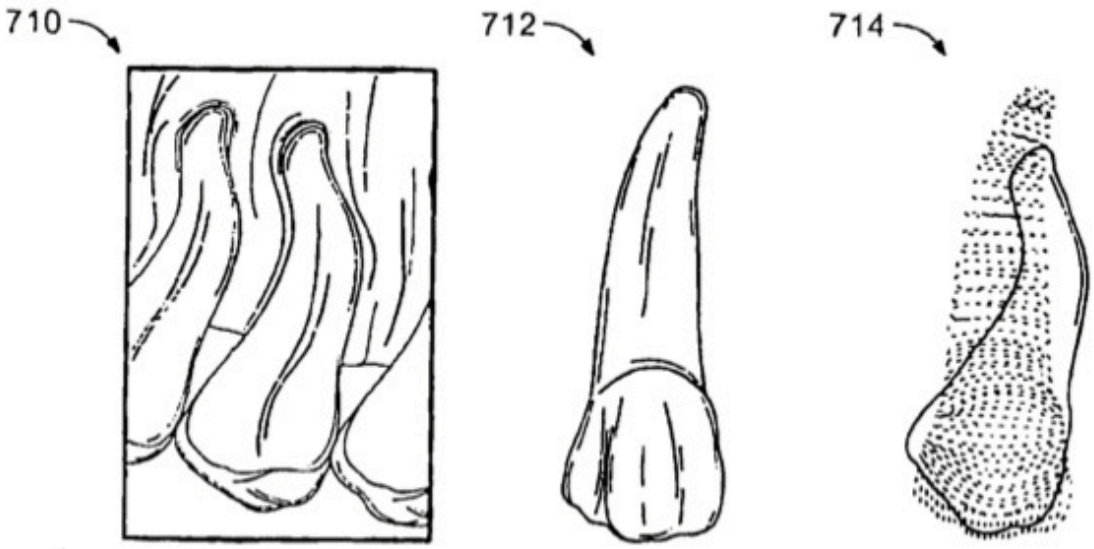


FIG. 8

FIG. 9

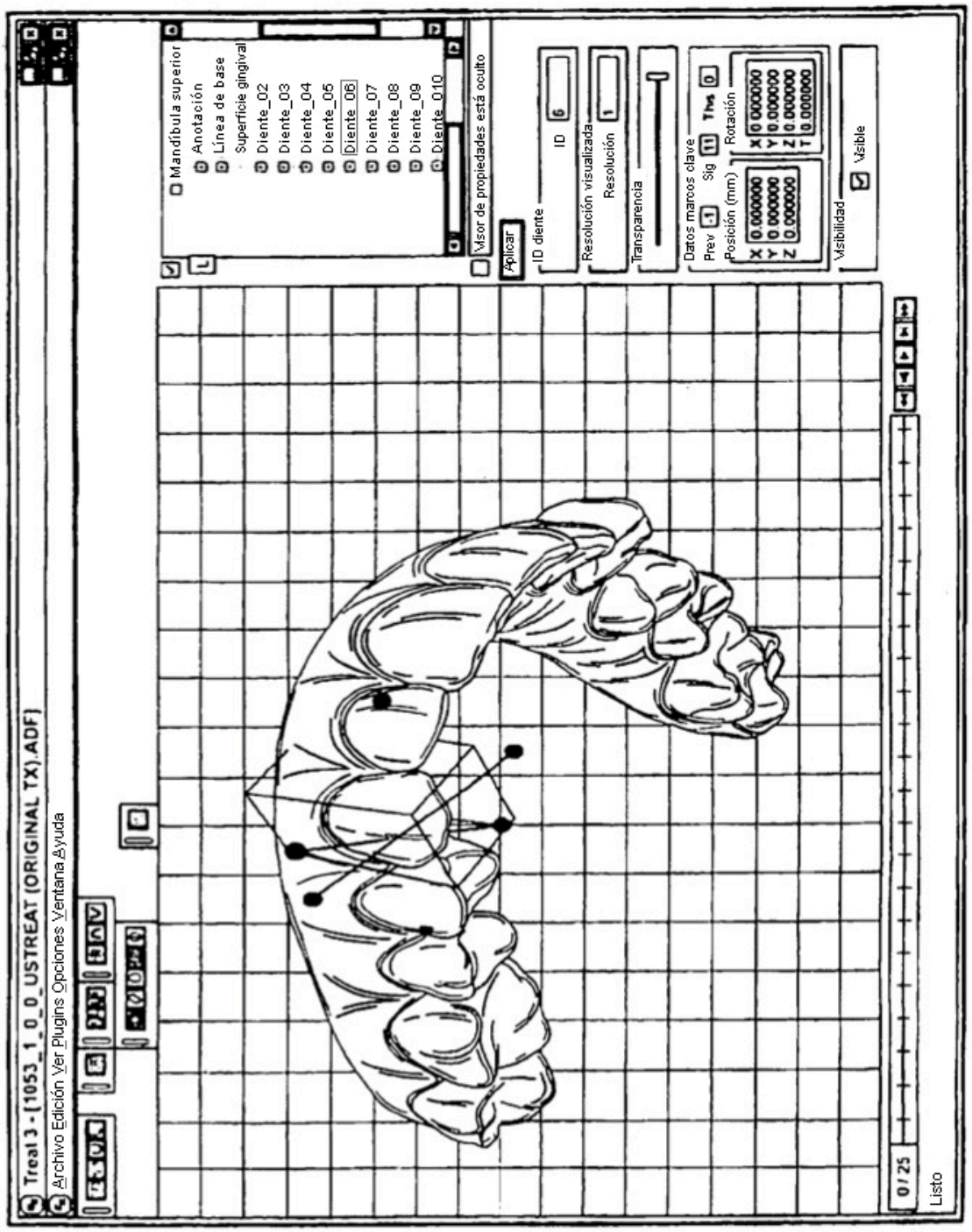

Treal 3 - [1053_1_0_0_USTREAT (ORIGINAL TX).ADF]
Archivo Edición Ver Plugins Opciones Ventana Ayuda
Mandíbula superior
Anotación
Línea de base
Superficie gingival
Diente_02
Diente_03
Diente_04
Diente_05
Diente_06
Diente_07
Diente_08
Diente_09
Diente_010
Visor de propiedades está oculto
Aplicar
ID diente
ID
6
Resolución visualizada
Resolución
1
Transparencia
Datos marcos clave
Prev
-1
Sig
11
This
0
Posición (mm)
Rotación
X 0.000000
Y 0.000000
Z 0.000000
X 0.000000
Y 0.000000
Z 0.000000
Visibilidad
Visible
0 / 25
Listo

FIG. 10

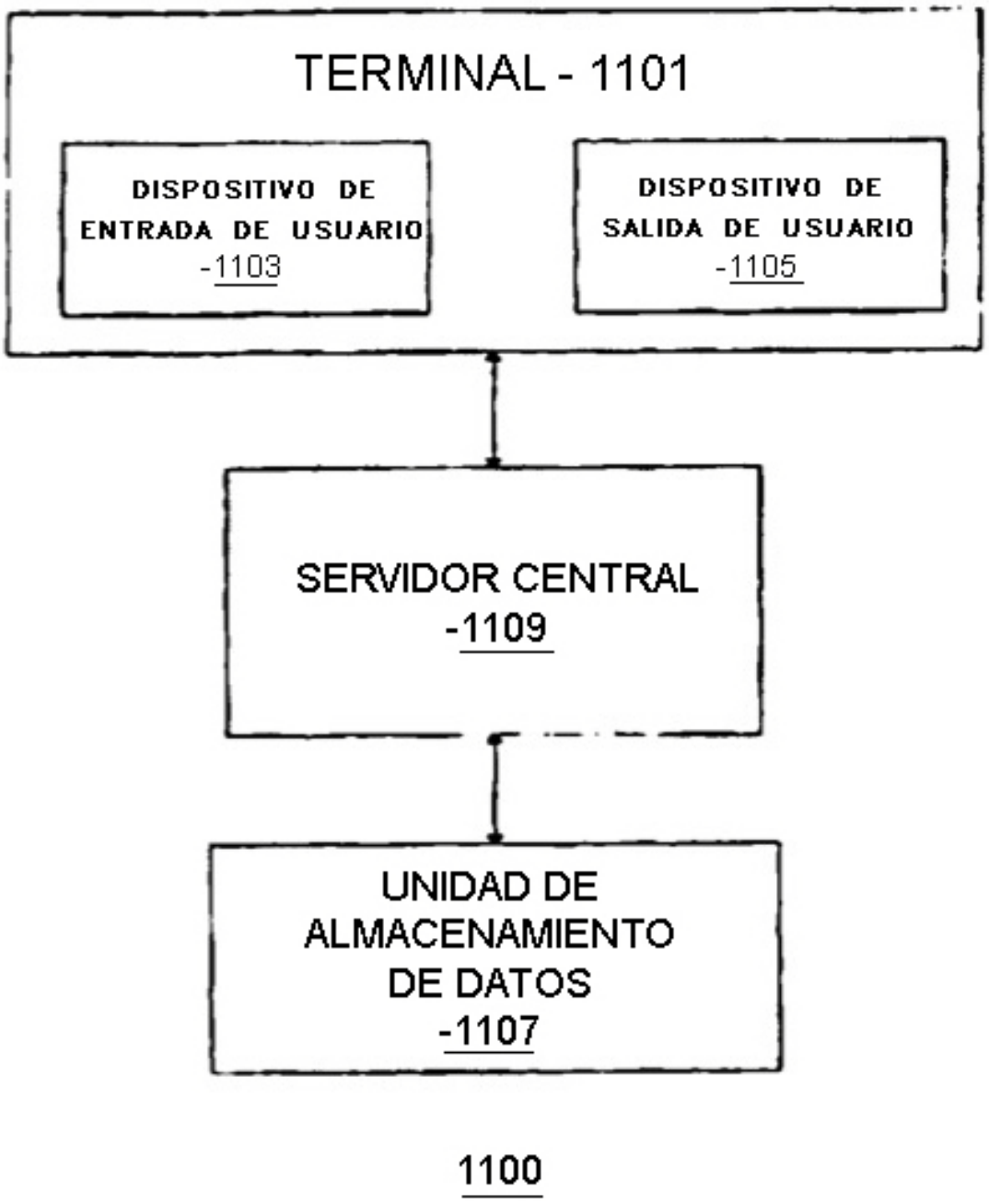

TERMINAL - 1101
DISPOSITIVO DE ENTRADA DE USUARIO -1103
DISPOSITIVO DE SALIDA DE USUARIO -1105
SERVIDOR CENTRAL -1109
UNIDAD DE ALMACENAMIENTO DE DATOS -1107
1100

FIG. 11

Categoría 1201	Componente 1202	#1 1203	#2 1203	#3 1203	#4 1203	#5 1203	#6 1203	#7 1203	Número de opciones 1204
Sagital	Canino derecho	Clase 2+ completa canino sup.	Clase completa canino sup.	Clase 2 parcial canino derecho	Clase 1 canino derecho	Clase 3 parcial canino derecho	Clase 3 completa canino derecho	Clase completa 3+ canino der.	7
Vertical	Sobremordida anterior	Mordida profunda anterior severa	Mordida profunda anterior moderada	Mordida profunda anterior suave	Sobremordida anterior normal	Mordida abierta anterior suave	Mordida abierta anterior moderada	Mordida abierta anterior severa	7
Horizontal	Línea media superior respecto a línea media inferior	Línea media superior a derecha 2+mm	Línea media superior a derecha 1-2 mm	Línea media superior a derecha 0-1 mm	Línea central superior centrada	Línea media superior a izquierda 0-1 mm	Línea media superior a izquierda 1-2 mm	Línea media superior a izquierda 2+ mm	7
Longitud de arco	Longitud de arco inferior	Apiñamiento severo inferior	Apiñamiento moderado inferior	Apiñamiento suave inferior	Sin discrepancia inferior	Separación suave inferior	Separación moderada inferior	Separación severa inferior	7

1200

FIGURA 12

		Objetivo
Objetivo de tratamiento	1	Configuración pre-restauradora
	2	Alineamiento estético
	3	Mejora de función anterior
	4	Configuración óptima

FIGURA 13

ES 2 614 492 T3

		OBJETIVO	DIRECCIÓN
Objetivo de tratamiento	1	Configuración pre-restauradora	XXX4
	2	Alineamiento estético	XX44
	3	Mejora de función anterior	4X44
	4	Configuración óptima	4444

FIG. 14

Espacio Severo 1501 | Espacio Moderado 1502 | Espacio Suave 1503 | Ninguno 1504 | Apiñamiento Suave 1505 | Apiñamiento Moderado 1506 | Apiñamiento Severo 1507

FIG. 15

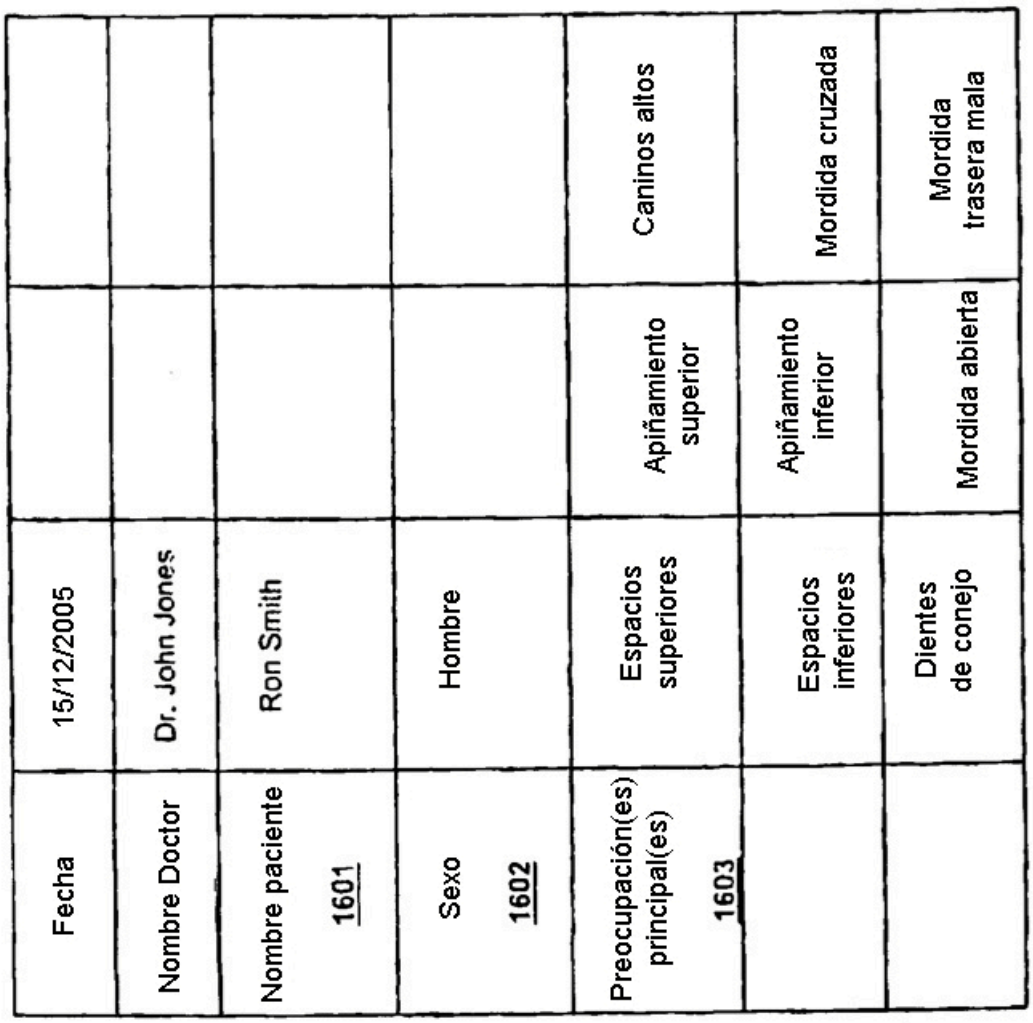

Fecha
15/12/2005
Nombre Doctor
Dr. John Jones
Nombre paciente
1601
Ron Smith
Sexo
1602
Hombre
Preocupación(es) principal(es)
1603
Espacios superiores
Espacios inferiores
Dientes de conejo
Apiñamiento superior
Apiñamiento inferior
Mordida abierta
Caninos altos
Mordida cruzada
Mordida trasera mala
1600

FIGURA 16

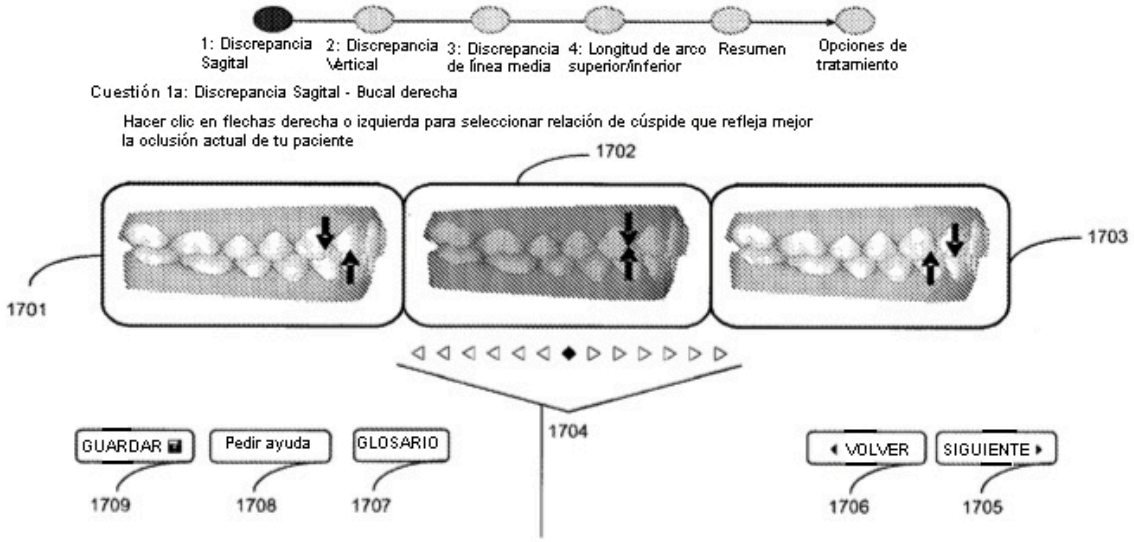

1: Discrepancia Sagital
2: Discrepancia Vertical
3: Discrepancia de línea media
4: Longitud de arco superior/inferior
Resumen
Opciones de tratamiento
Cuestión 1a: Discrepancia Sagital - Bucal derecha
Hacer clic en flechas derecha o izquierda para seleccionar relación de cúspide que refleja mejor la oclusión actual de tu paciente
1702
1701
1703
1704
GUARDAR
Pedir ayuda
GLOSARIO
VOLVER
SIGUIENTE
1709
1708
1707
1706
1705
1700

FIG. 17

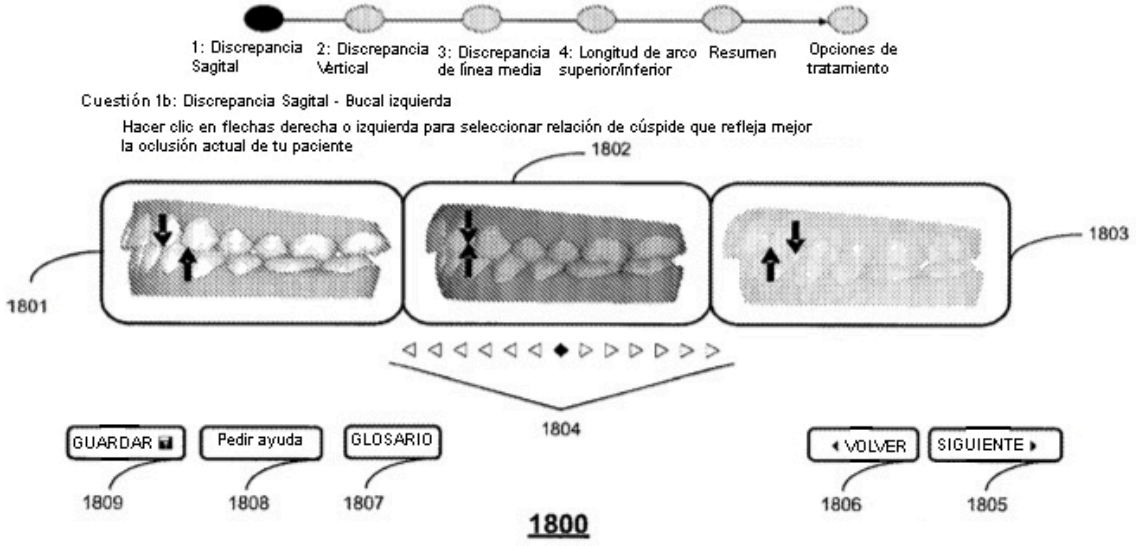
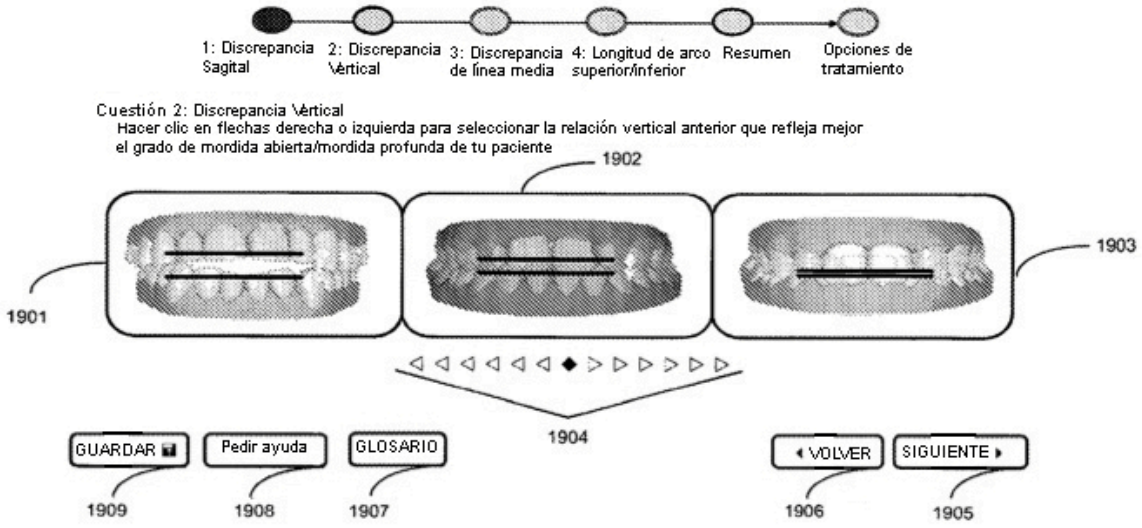
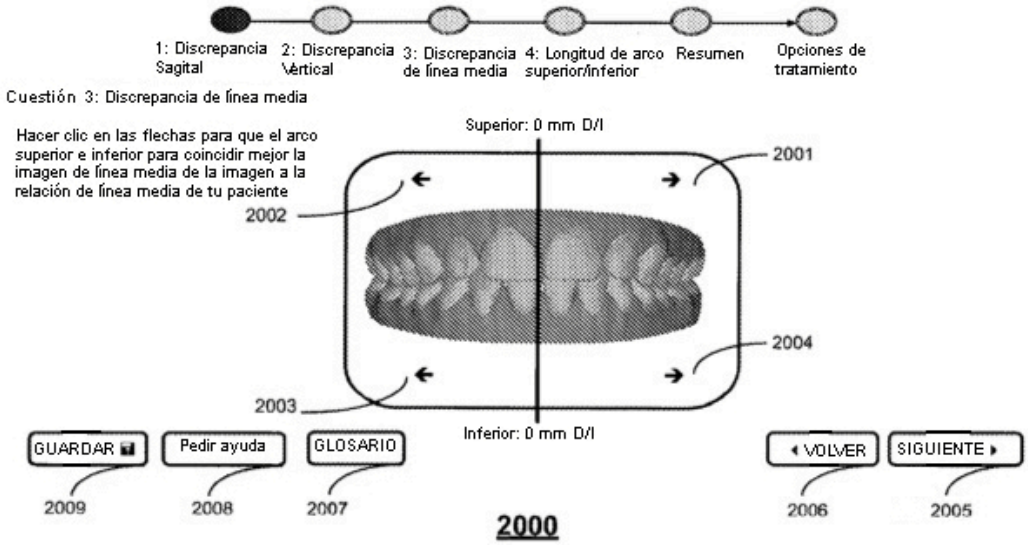

1: Discrepancia Sagital
2: Discrepancia Vertical
3: Discrepancia de línea media
4: Longitud de arco superior/inferior
Resumen
Opciones de tratamiento
Cuestión 1b: Discrepancia Sagital - Bucal izquierda
Hacer clic en flechas derecha o izquierda para seleccionar relación de cúspide que refleja mejor la oclusión actual de tu paciente
1802
1801
1803
1804
GUARDAR
Pedir ayuda
GLOSARIO
VOLVER
SIGUIENTE
1809
1808
1807
1806
1805
1800

FIG. 18



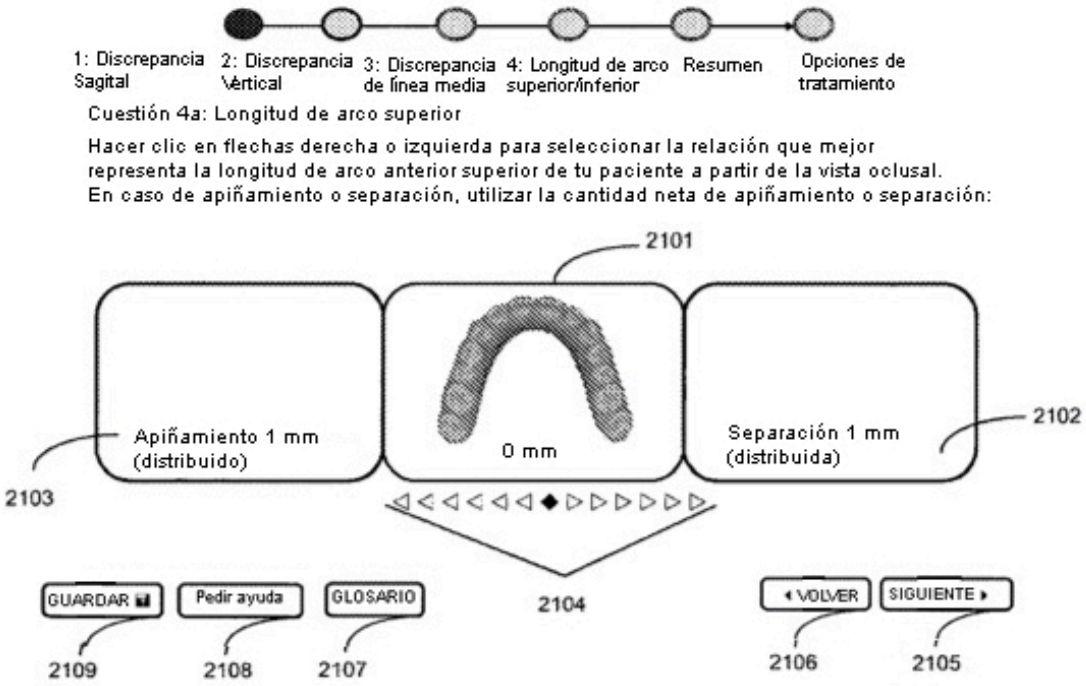
1900

FIG. 19



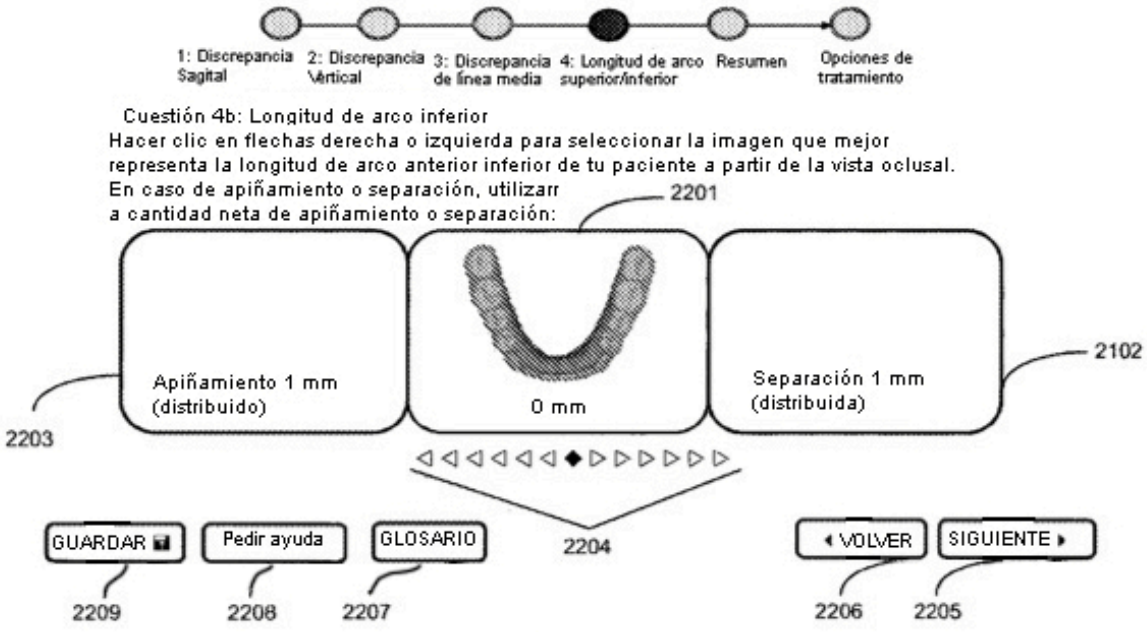
2000

FIG. 20



2100

FIG. 21



2200

FIG. 22

Resumen	Componente		
Sagital	Canino derecho	Clase 2 parcial canino derecho	EDITAR
Vertical	Sobremordida anterior	Mordida profunda anterior moderada	EDITAR
Horizontal	Línea media superior respecto a línea media inferior	Línea media superior a izquierda 0-1 mm	EDITAR
Longitud de arco	Longitud arco inferior	Apiñamiento moderado inferior	EDITAR

2300

FIG. 23

2403

Paciente	Dirección base de datos	Sagital	Vertical	Horizontal	Longitud de arco superior	Longitud de arco inferior	Rotación	Corrección vertical	Corrección de línea media
M. Jones	97557557	Clase II	Mordida profunda	Sin mordida cruzada	Separación normal	Apiñamiento moderado	Sin rotación	No intrusión/ extracción	Corrección línea media < 2 mm
¿Tratar?		S/N	S/N			S/N			S/N
L. Smith	55772752	Clase I	Normal	Mordida cruzada	Apiñamiento moderado	Separación moderada	Rotación < 20°	No intrusión/ extracción	Corrección línea media > 2 mm
¿Tratar?				S/N		S/N	S/N		S/N

2400

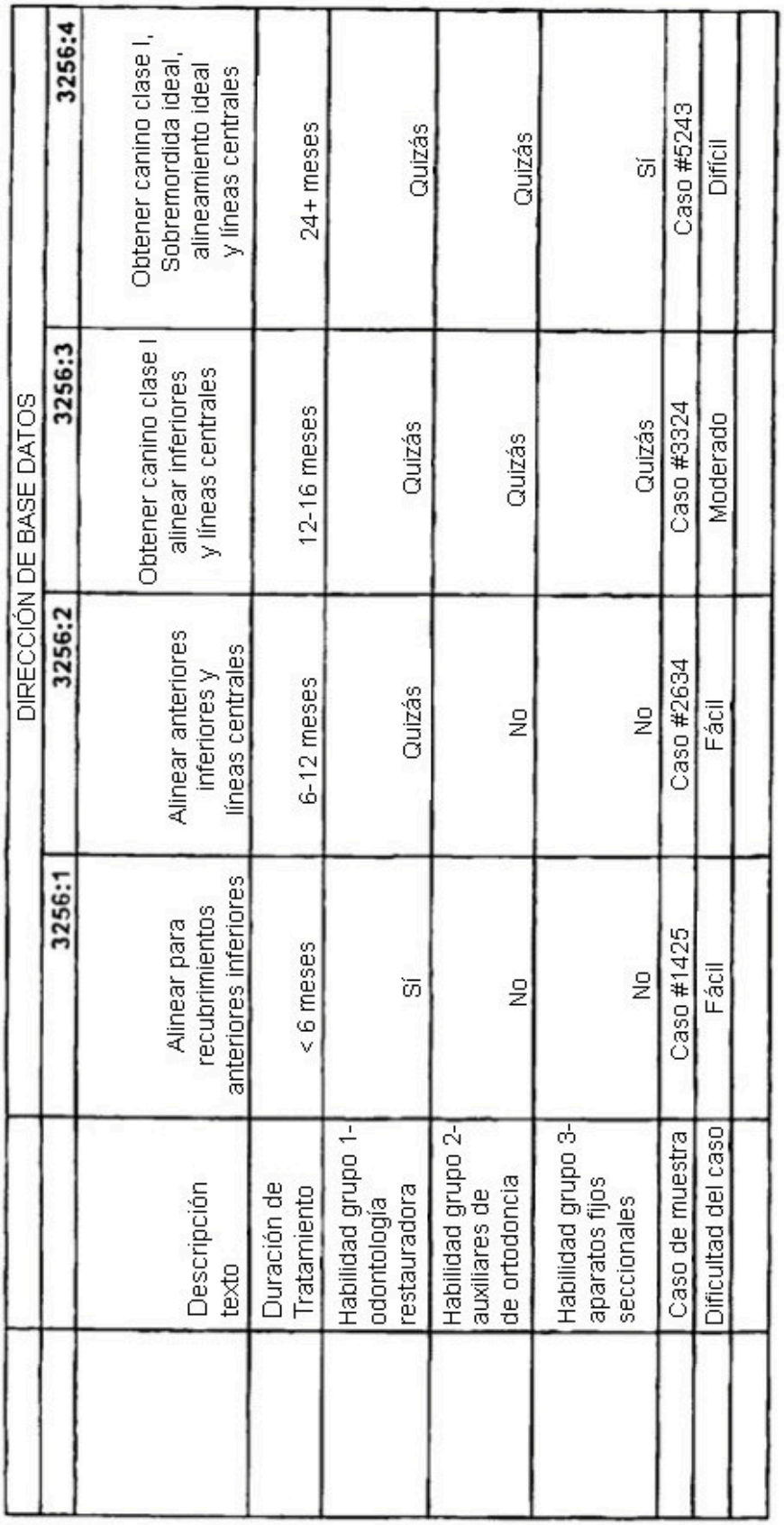
FIG. 24

	Dimensión	Componente	1	2	3	4	5	6	7	VALOR SELECCIONADO
A	Sagital	Canino derecho	Clase completa 2+ canino derecho	Clase comple-ta 2 canino derecho	Clase 2 parcial canino derecho	Clase 1 canino derecho	Clase 3 parcial canino derecho	Clase 3 completa canino superior	Clase 3+ completa canino derecho	3
B	Vertical	Sobre-mordida anterior	Mordida profunda anterior severa	Mordida profunda anterior moderada	Mordida abierta anterior suave	Sobre-mordida anterior normal	Mordida abierta anterior suave	Mordida abierta anterior moderada	Mordida abierta anterior severa	2
C	Horizontal	Línea media su-perior respecto a línea media inferior	Línea media superior a derecha 2+ mm	Línea media superior a derecha 1-2 mm	Línea media superior a derecha 0-1 mm	Línea media superior centrada	Línea media superior a izquierda 0-1 mm	Línea media superior a izquierda 1-2 mm	Línea media superior a izquierda 2+ mm	5
D	Longitud de arco	Longitud de arco inferior	Separación severa inferior	Separación moderada inferior	Separación suave inferior	Sin discrepancia inferior	Apiñamiento suave inferior	Apiñamiento moderado inferior	Apiñamiento severo inferior	6

FIGURA 25

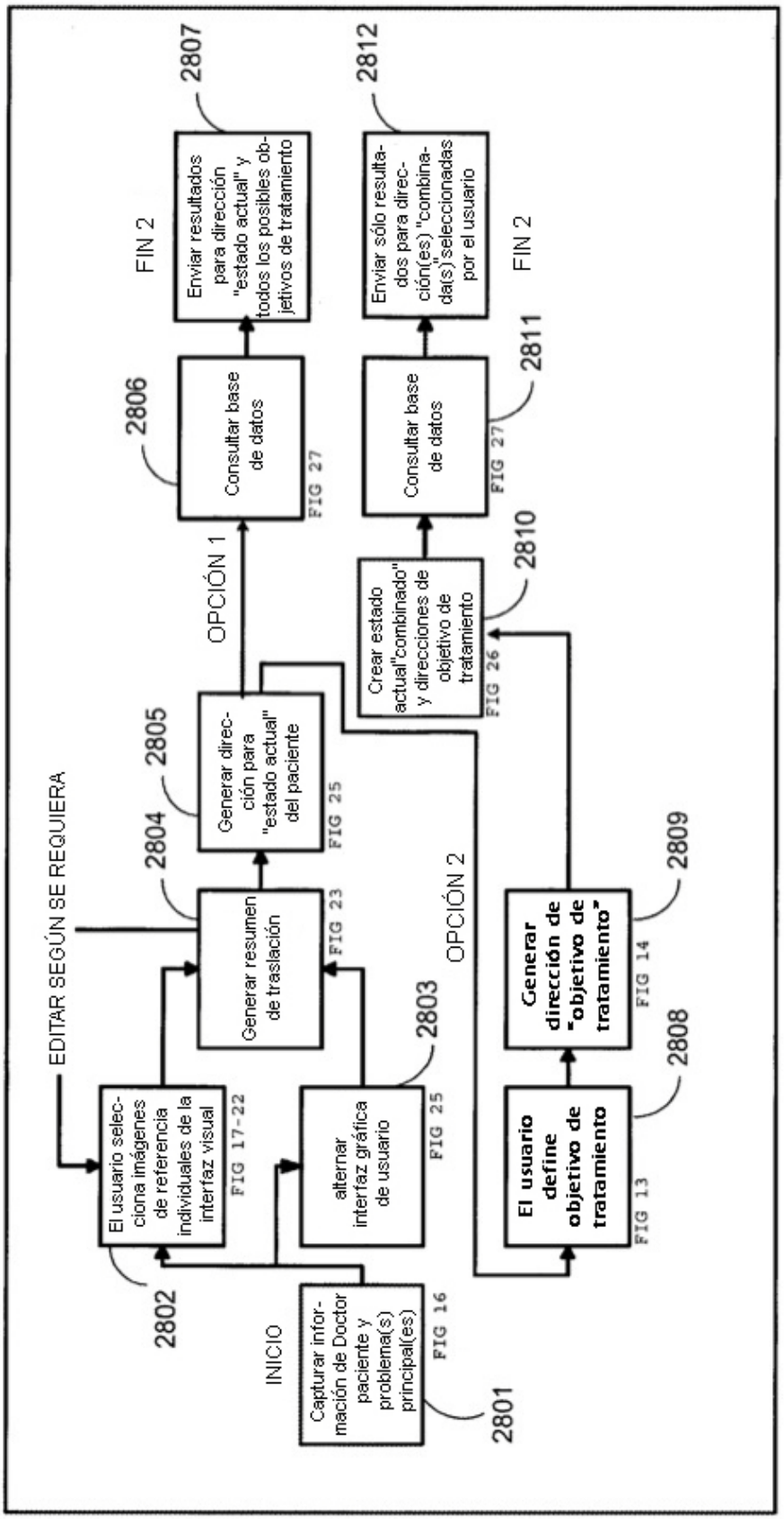
DIRECCIÓN INICIAL	DIRECCIÓN OBJETIVO (Condensada - FIG. 13)	DIRECCIÓN OBJETIVO (Expandida - FIG. 14)	DIRECCIÓN COMBINADA (Condensada)	DIRECCIÓN COMBINADA (Expandida)
3256	1	3254	3256:1	3256:3254
3256	2	3244	3256:2	3256:3244
3256	3	4244	3256:3	3256:4244
3256	4	4444	3256:4	3256:4444

FIGURA 26



	DIRECCIÓN DE BASE DATOS			
	3256:1	3256:2	3256:3	3256:4
Descripción texto	Alinear para recubrimientos anteriores inferiores	Alinear anteriores inferiores y líneas centrales	Obtener canino clase I alinear inferiores y líneas centrales	Obtener canino clase I, Sobremordida ideal, alineamiento ideal y líneas centrales
Duración de Tratamiento	< 6 meses	6-12 meses	12-16 meses	24+ meses
Habilidad grupo 1-odontología restauradora	Sí	Quizás	Quizás	Quizás
Habilidad grupo 2-auxiliares de de ortodoncia	No	No	Quizás	Quizás
Habilidad grupo 3-aparatos fijos seccionales	No	No	Quizás	Sí
Caso de muestra	Caso #1425	Caso #2634	Caso #3324	Caso #5243
Dificultad del caso	Fácil	Fácil	Moderado	Difícil

FIG. 27


INICIO
Capturar información de Doctor paciente y problema(s) principal(es)
FIG 16
2801
El usuario selecciona imágenes de referencia individuales de la interfaz visual
FIG 17-22
2802
alternar interfaz gráfica de usuario
FIG 25
2803
EDITAR SEGÚN SE REQUIERA
Generar resumen de traslación
FIG 23
2804
Generar dirección para "estado actual" del paciente
FIG 25
2805
OPCIÓN 1
Consultar base de datos
FIG 27
2806
Enviar resultados para dirección "estado actual" y todos los posibles objetivos de tratamiento
2807
FIN 2
OPCIÓN 2
El usuario define objetivo de tratamiento
FIG 13
2808
Generar dirección de "objetivo de tratamiento"
FIG 14
2809
Crear estado actual"combinado" y direcciones de objetivo de tratamiento
FIG 26
2810
Consultar base de datos
FIG 27
2811
Enviar sólo resultados para dirección(es) "combinada(s)"seleccionadas por el usuario
2812
FIN 2

2800

FIG. 28

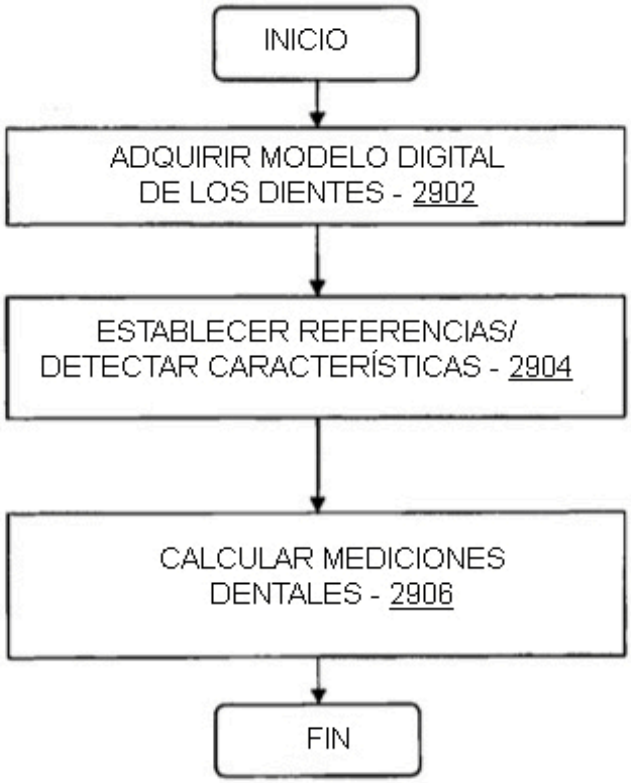


FIGURA 29A

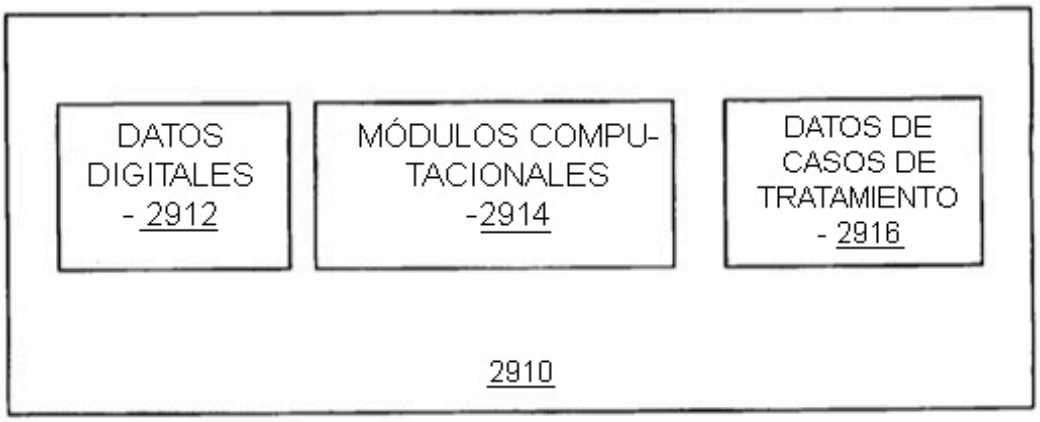


FIGURA 29B

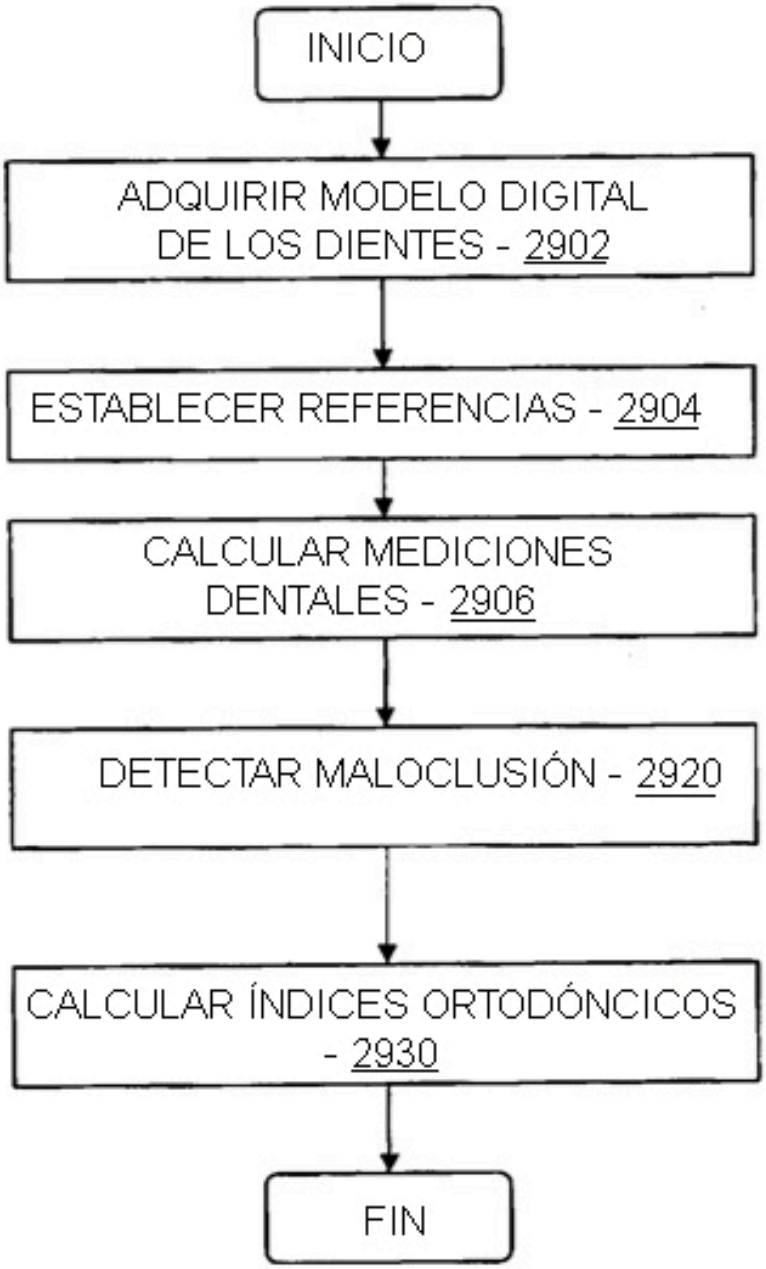

INICIO
ADQUIRIR MODELO DIGITAL DE LOS DIENTES - 2902
ESTABLECER REFERENCIAS - 2904
CALCULAR MEDICIONES DENTALES - 2906
DETECTAR MALOCLUSIÓN - 2920
CALCULAR ÍNDICES ORTODÓNCICOS - 2930
FIN
2900

FIGURA 29C

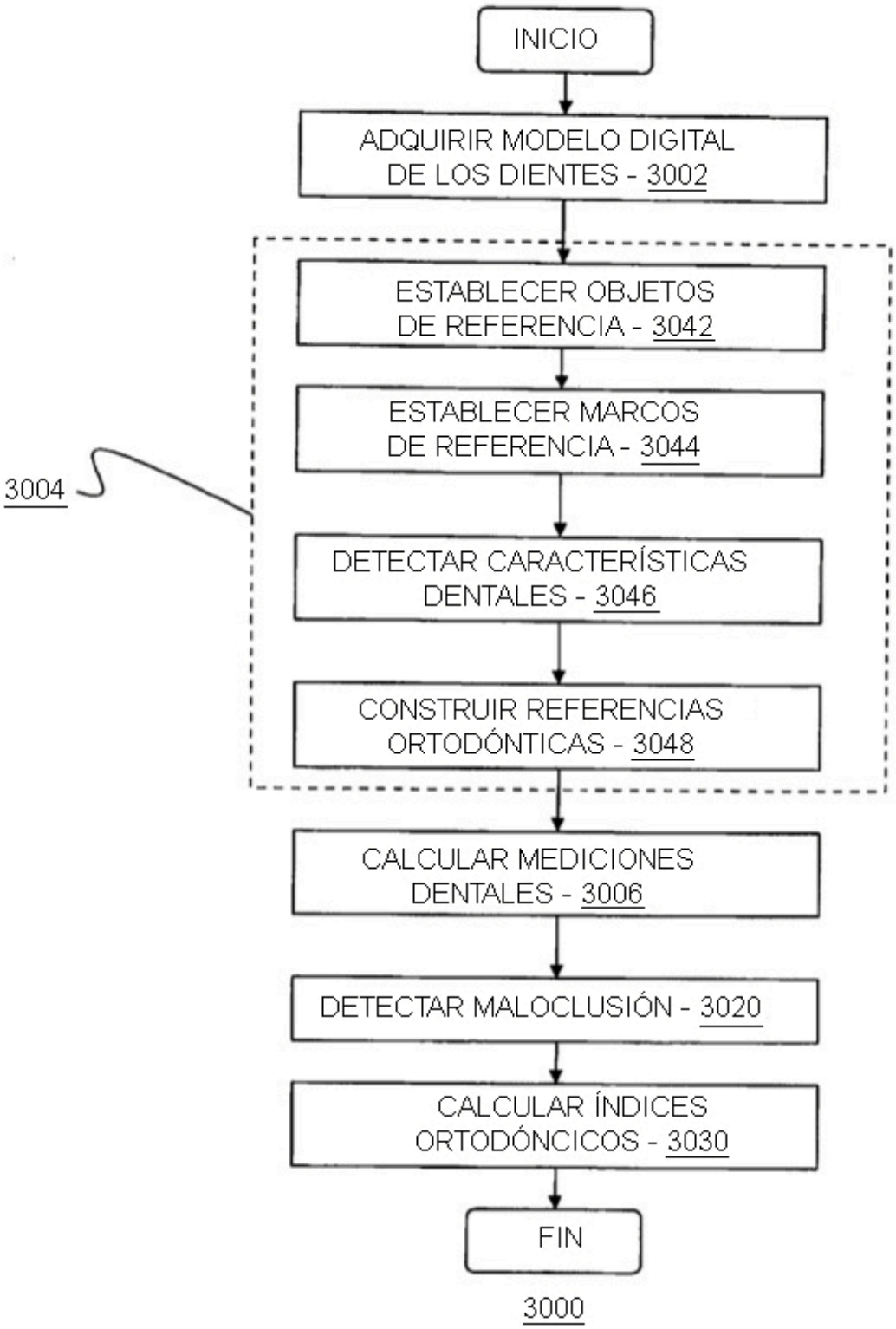

INICIO
ADQUIRIR MODELO DIGITAL DE LOS DIENTES - 3002
ESTABLECER OBJETOS DE REFERENCIA - 3042
ESTABLECER MARCOS DE REFERENCIA - 3044
3004
DETECTAR CARACTERÍSTICAS DENTALES - 3046
CONSTRUIR REFERENCIAS ORTODÓNTICAS - 3048
CALCULAR MEDICIONES DENTALES - 3006
DETECTAR MALOCLUSIÓN - 3020
CALCULAR ÍNDICES ORTODÓNCICOS - 3030
FIN
3000

FIGURA 30

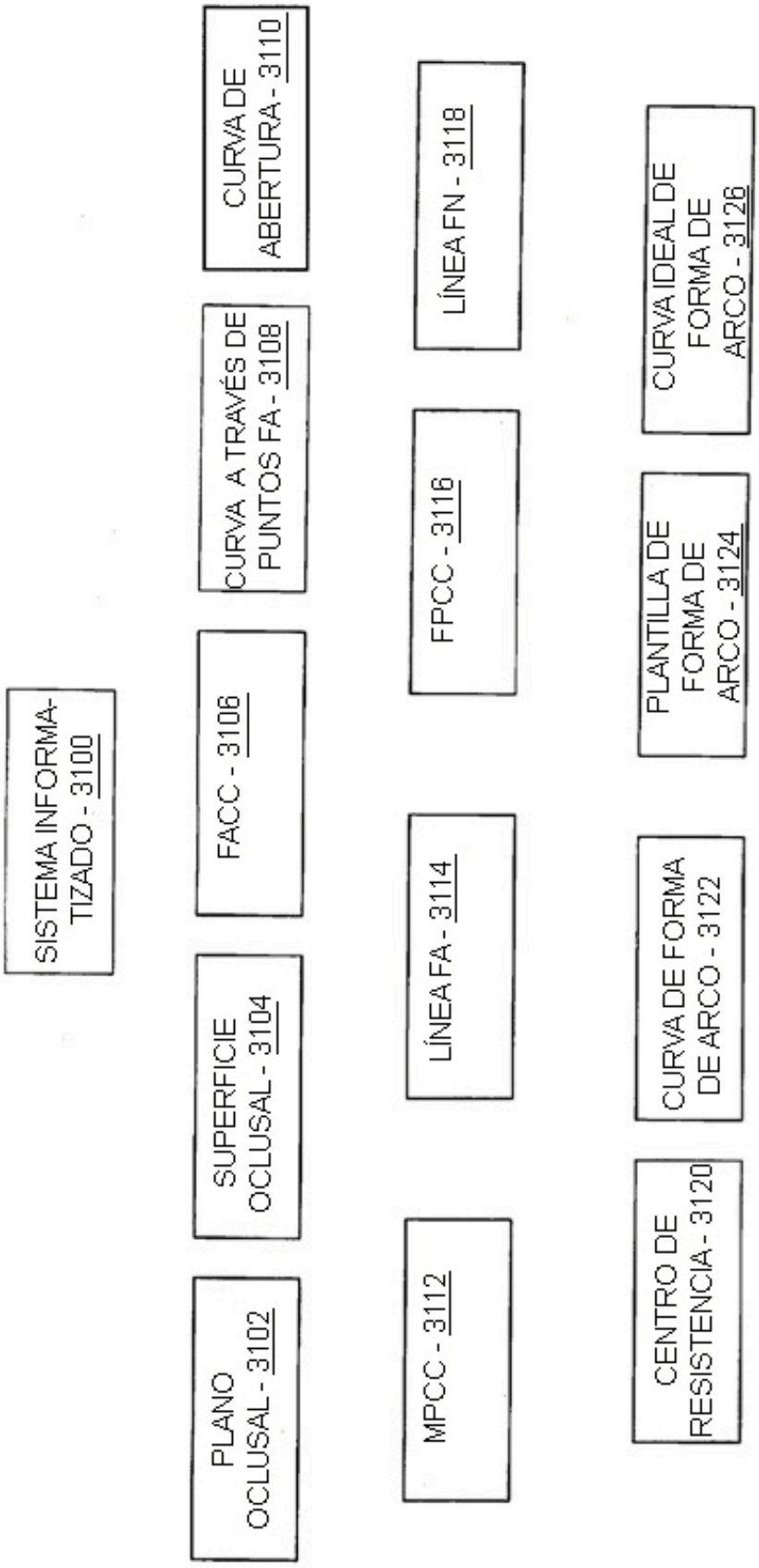

SISTEMA INFORMATIZADO - 3100
PLANO OCLUSAL - 3102
SUPERFICIE OCLUSAL - 3104
FACC - 3106
CURVA A TRAVÉS DE PUNTOS FA - 3108
CURVA DE ABERTURA - 3110
MPCC - 3112
LÍNEA FA - 3114
FPCC - 3116
LÍNEA FN - 3118
CENTRO DE RESISTENCIA - 3120
CURVA DE FORMA DE ARCO - 3122
PLANTILLA DE FORMA DE ARCO - 3124
CURVA IDEAL DE FORMA DE ARCO - 3126

FIGURA 31

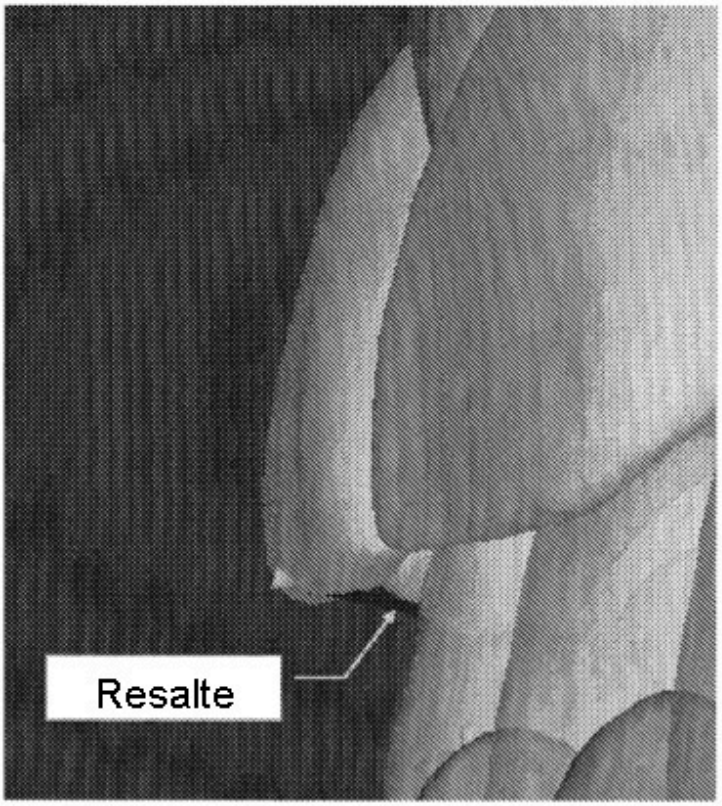


FIGURA 32A

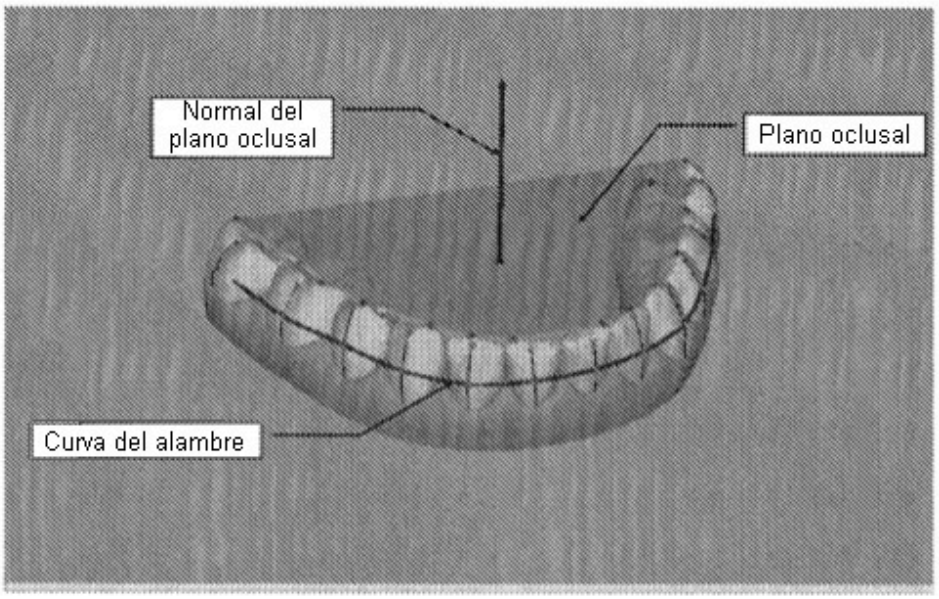


FIGURA 32B

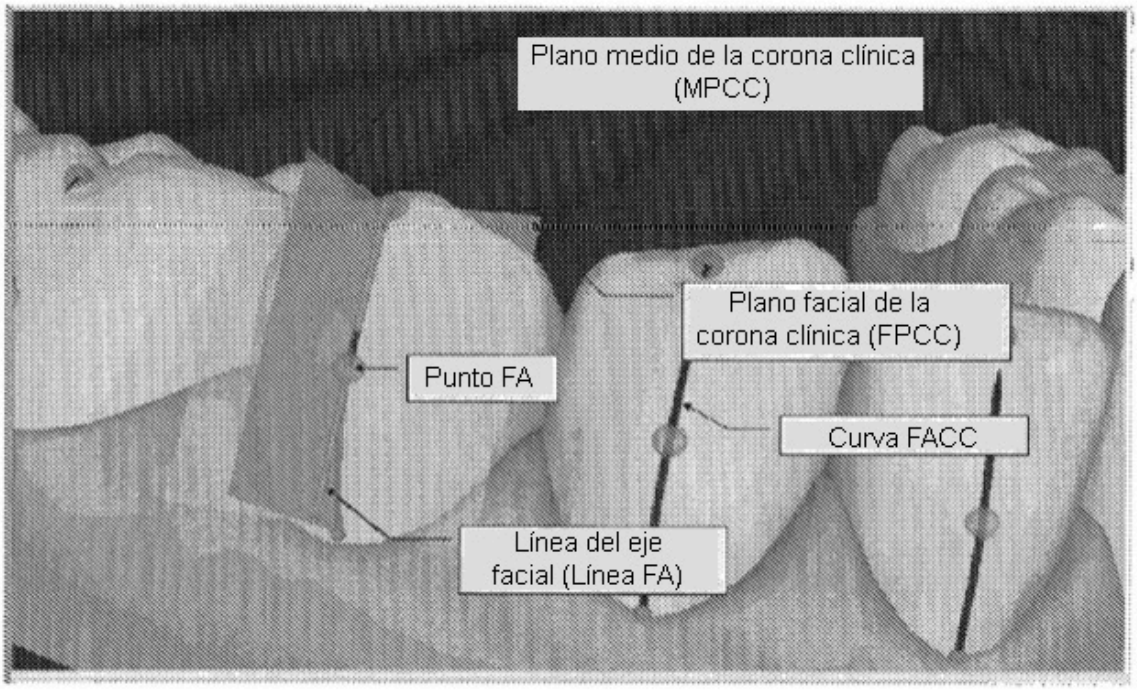


FIGURA 32C

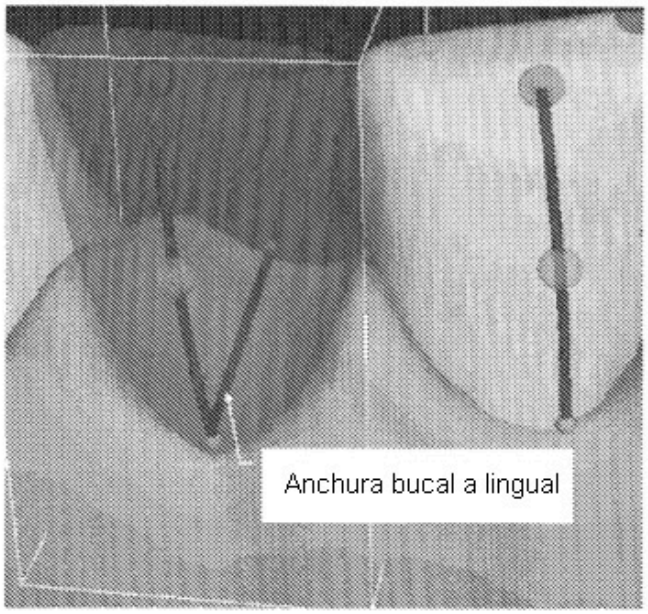


FIGURA 32D

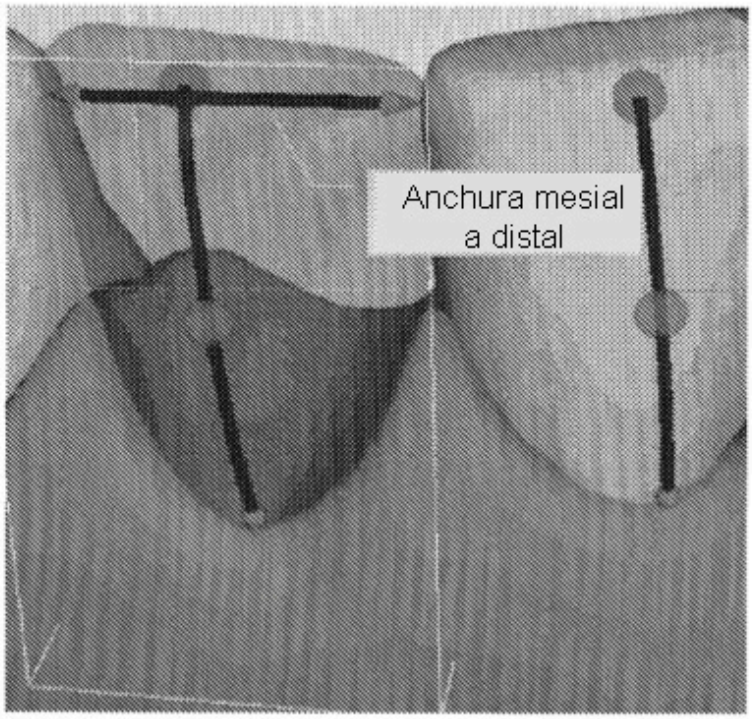


FIGURA 32E

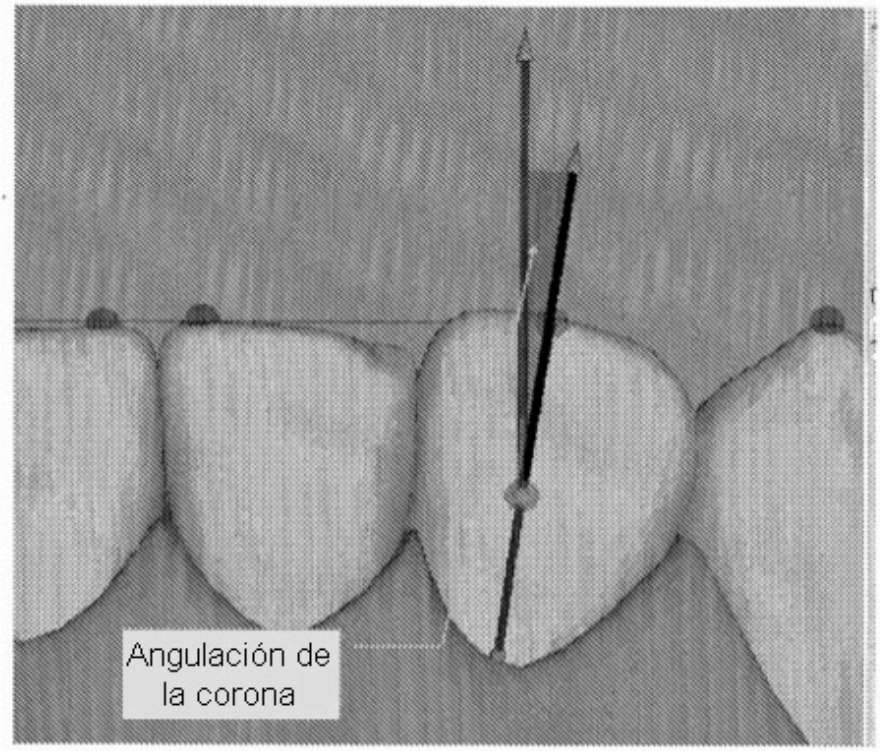


FIGURA 32F

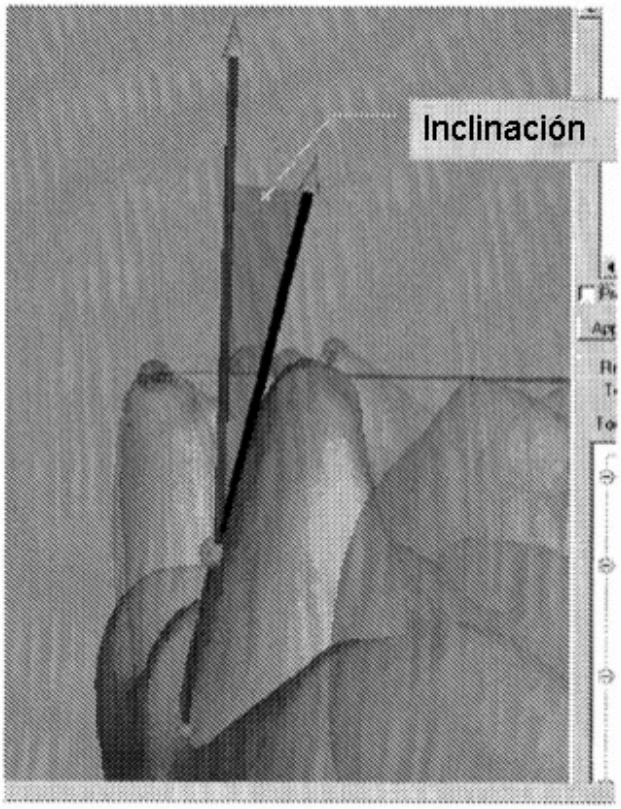


FIGURA 32G

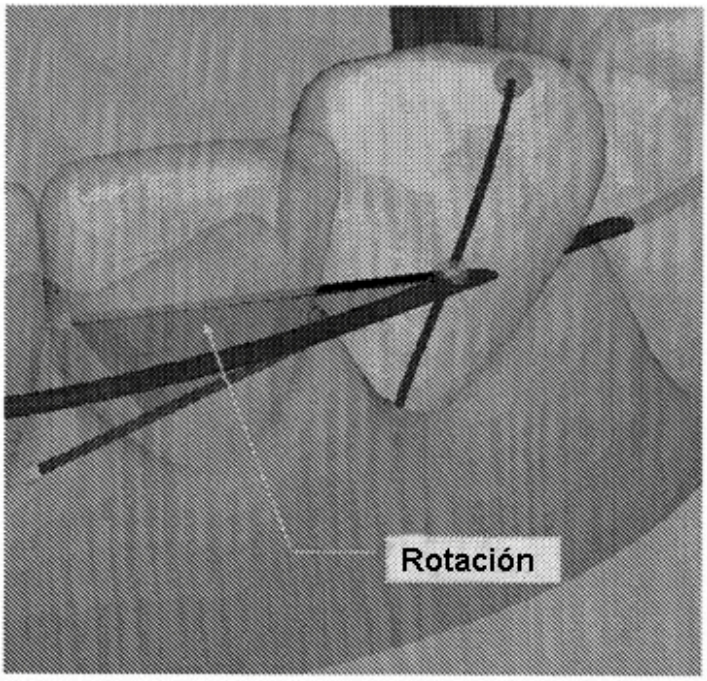


FIGURA 32H

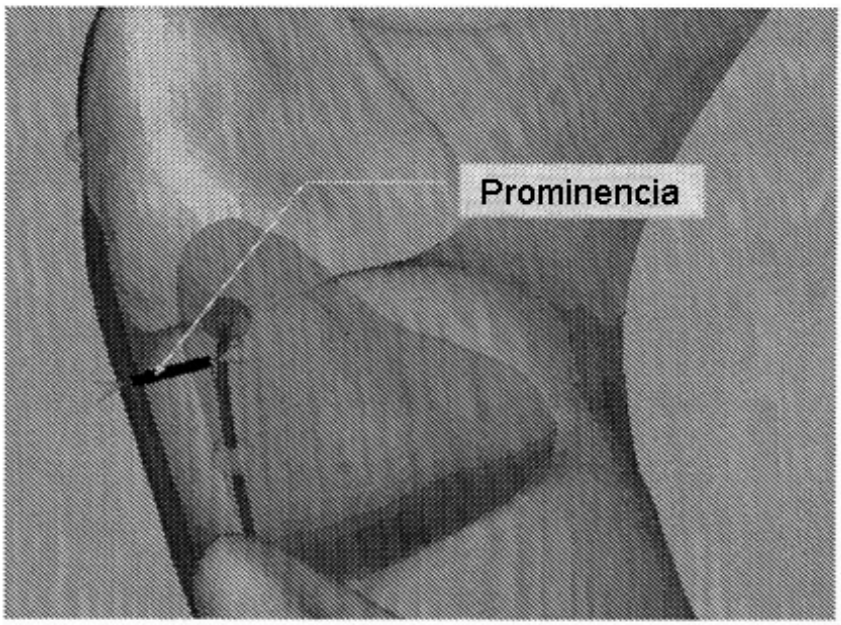


FIGURA 32I

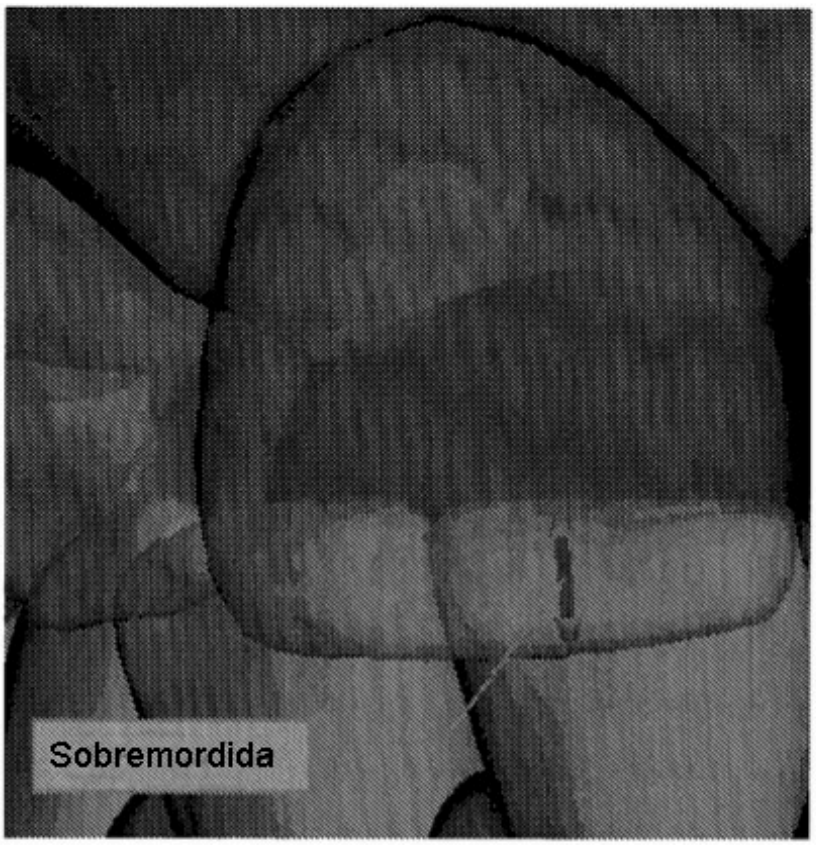


FIGURA 32J