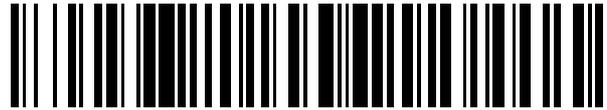


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 796**

51 Int. Cl.:

**A61C 7/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.08.2007 E 07825050 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015 EP 2056734**

54 Título: **Sistema y procedimiento de modelación de la reducción interproximal de dientes**

30 Prioridad:

**30.08.2006 US 468639**

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

**02.11.2015**

73 Titular/es:

**ALIGN TECHNOLOGY, INC. (100.0%)  
2560 ORCHARD PARKWAY  
SAN JOSE, CA 95131, US**

72 Inventor/es:

**CHENG, JIHUA;  
CHOI, WONCHEOL y  
MATOV, VADIM**

74 Agente/Representante:

**MORGADES MANONELLES, Juan Antonio**

**ES 2 549 796 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento de modelación de la reducción interproximal de dientes

5 **Sector técnico**

La presente invención se refiere de manera general a tratamientos de ortodoncia y en particular a un sistema y a un procedimiento para modelación y aplicación de reducción interproximal de dientes para facilitar un tratamiento de ortodoncia.

10

**Antecedentes de la invención**

Un problema experimentado durante los tratamientos de ortodoncia es la interferencia o "apiñamiento" residual de dientes adyacentes debido a insuficiente reducción interproximal (IPR). La habilidad de resolver la interferencia de dientes para crear suficiente espacio e IPR durante el tratamiento es una cuestión importante en el creciente sector de la ortodoncia informatizada. Para crear dicha separación, se utilizan muy frecuentemente procedimientos de pulido y/u otros procesos de corrección, pero la determinación de dichos pulido y corrección pueden resultar muy difíciles. El documento US 2006/0068355 A1 da a conocer, por ejemplo, un sistema y procedimiento informatizados para el modelado de la IPR de dientes de un paciente para facilitar el tratamiento de ortodoncia.

15

20

Por ejemplo, los clínicos no conocen en general en qué zona o región específica se debe efectuar el pulido de un diente particular, si se necesita pulido. Los clínicos no saben en general dónde está situada la región de pulido, dado que las funciones actuales de cuantificación de la colisión facilitan solamente la magnitud de la colisión. Estos procedimientos para determinar una región de pulido son reactivos por naturaleza, en vez de ser predicativos. Estas limitaciones confunden frecuentemente al clínico que pule o corrige un diente en mayor medida de lo que sería necesario, resultando en la producción de intersticios entre dos dientes adyacentes después del tratamiento. Además, estas limitaciones pueden confundir al clínico haciendo que pule o corrija un diente en menor medida de lo necesario y/o que pule o corrija en una zona errónea, resultando ello en la generación de un espacio insuficiente, lo que dificulta el desplazamiento del diente a su posición objetivo. Además, después del pulido del diente, la IPR del diente sometido a pulido no se puede visualizar fácilmente en el tratamiento virtual. Además, después de dicho tratamiento de pulido, el clínico no puede tener la adecuada seguridad de si el diente pulido o corregido tiene suficiente separación o se encuentra todavía en colisión con dientes adyacentes, haciendo difícil un ajuste adicional. Dado que la geometría del pulido para el diente no está representada adecuadamente, se tiene como resultado el cálculo incorrecto de la colisión entre dientes.

25

30

35

**Resumen de la invención**

De acuerdo con varios aspectos de la presente invención, se dan a conocer un sistema y procedimientos para el modelado y aplicación de reducción interproximal (IPR) de dientes para facilitar el tratamiento de ortodoncia. Estos procedimientos para el modelado de la geometría IPR del diente pueden comprender la generación y construcción de la geometría IPR del diente por modificación de la geometría del diente, por ejemplo, mediante procesos de pulido/corrección o deformación, o cualquier otro proceso de modificación local o aplicado de la geometría IPR del diente, tal como extrusión, intrusión, redondeo, suavización y similares. Además, estos procedimientos pueden ser utilizados solos o combinados de manera adecuada para generar y conseguir la geometría IPR modificada del diente.

40

45

De acuerdo con una realización a título de ejemplo, se da a conocer un sistema informatizado para modelado de la IPR de dientes de un paciente para facilitar el tratamiento de ortodoncia, comprendiendo dicho sistema informatizado: un microprocesador que comprende una pluralidad de algoritmos, un dispositivo de memoria y en el que dicho sistema informatizado para modelado IPR es configurado para: determinar si es necesario el pulido para un diente entre cualesquiera dientes adyacentes; generar un modelo tridimensional de la IPR del diente basándose en la colisión potencial con un diente adyacente y utilizando dicho modelo de IPR del diente para facilitar la planificación del tratamiento, de manera que la generación de un modelo de IPR del diente para dicho diente comprende la construcción de un plano de pulido para dicho diente y en el que dicho sistema informatizado está configurado para construir dicho plano de pulido para dicho diente determinando la dirección normal de dicho plano de pulido basándose en sistemas de coordenadas locales para dicho diente u otras referencias apropiadas y, como mínimo, un diente adyacente y determinar un punto objetivo entre contornos asociados con dicho diente y dicho, como mínimo, un diente adyacente, siendo construido dicho plano de pulido para que atravesase dicho punto objetivo y en dicha dirección normal.

50

55

60

De acuerdo con otra realización, se da a conocer un procedimiento informatizado para modelado de la IPR del diente de un paciente para facilitar el tratamiento de ortodoncia, comprendiendo dicho procedimiento informatizado para modelado de la IPR del diente: determinar si se requiere pulido para un primer diente entre cualesquiera dientes adyacentes, generar un modelo de IPR del diente para un primer diente basándose en la colisión potencial con cualesquiera dientes adyacentes; y

65

utilizar dicho modelo de IPR del diente para facilitar la planificación del tratamiento, de manera que la generación de un modelo de IPR del diente para dicho diente comprende la construcción de un plano de pulido para dicho diente, y en el que dicho procedimiento informatizado está configurado para construir dicho plano de pulido para dicho diente determinando una dirección normal de dicho plano de pulido, basándose en sistemas de coordenadas locales para dicho diente u otras referencias apropiadas y, como mínimo, un diente adyacente y determinar un punto objetivo entre contornos asociados con dicho diente y dicho, como mínimo, un diente adyacente, siendo construido dicho plano de pulido de manera que atraviese dicho punto objetivo y en dicha dirección normal.

**Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones a título de ejemplo de la presente invención se describirán en relación con los dibujos adjuntos, en los que los numerales iguales indican iguales elementos y en los que:

Las figuras 1A y 1B muestran diagramas de flujo de un sistema y procedimiento a título de ejemplo, para tratamiento, comprendiendo la construcción de un modelo de IPR del diente y aplicación, de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la presente invención;

La figura 2 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento a título de ejemplo de construcción de un modelo de IPR de un diente, de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la presente invención;

Las figuras 3A y 3B muestran representaciones gráficas a título de ejemplo de un plano de pulido y magnitudes del pulido, de acuerdo con realizaciones a título de ejemplo de la presente invención;

La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento a título de ejemplo para la construcción de un plano de pulido, de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la presente invención;

La figura 5 muestra un sistema de coordenadas local del diente a título de ejemplo, de acuerdo con una realización a título de ejemplo de la presente invención;

La figura 6 muestra una representación gráfica de una vista, a título de ejemplo, en un plano de proyección para la construcción del plano de pulido, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 7 muestra visualizaciones gráficas a título de ejemplo de planos de pulido de la derecha y de la izquierda de acuerdo con una realización, a título de ejemplo, de la presente realización; y

Las figuras 8A y 8B muestran informes de colisión de acuerdo con realizaciones a título de ejemplo de la presente invención.

**Descripción detallada**

La presente invención se puede describir en términos de diferentes componentes y fases de proceso. Se debe observar que dichos componentes y etapas de trabajo se pueden realizar por una serie de componentes de hardware y de software configurados para llevar a cabo las funciones especificadas. Por ejemplo, la presente invención puede utilizar varios dispositivos electrónicos de control, dispositivos de representación por visualización, terminales de entrada y similares que pueden llevar a cabo una serie de funciones bajo el control de uno o varios sistemas de control, microprocesadores u otros dispositivos de control. De forma adicional, la presente invención puede ser practicada en cualquier número de contextos de ortodoncia y las realizaciones, a título de ejemplo, relativas a un sistema y procedimiento para modelado y aplicación de reducción interproximal de dientes para facilitar tratamiento de ortodoncia, tal como se ha descrito, son solamente unas pocas de las aplicaciones a título de ejemplo para la invención. Por ejemplo, los principios, características y procedimientos explicados se pueden aplicar a cualquier aplicación de tratamiento de ortodoncia.

De acuerdo con varios aspectos de la presente invención, se da a conocer un sistema y procedimiento para el modelado y aplicación de reducción interproximal de dientes para facilitar tratamiento de ortodoncia. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 1A, de acuerdo con una realización a título de ejemplo, un procedimiento de modelado de geometría de IPR del diente 104 está configurado con metodología del tratamiento 100 que inicialmente determina en un proceso si hace falta pulido para dos dientes adyacentes 102, por ejemplo, en una fase o posición final u otras etapas intermedias.

Si se requiere pulido, tal como se determina dentro del proceso 102, se lleva a cabo un procedimiento para modelado de la IPR 104 que comprende la construcción y/o cálculo del modelo de la IPR y geometría del diente. Los procedimientos para el modelado (IPR) de la geometría del diente pueden comprender la generación y construcción de una geometría del diente con IPR modificado al efectuar el pulido/corrección o procesos de deformación o cualesquiera otros procesos de modificación locales o aplicados de la IPR de la geometría del diente, por ejemplo, por extrusión, intrusión, redondeo, suavización y similares. Además, dichos procedimientos pueden ser utilizados solos o adecuadamente combinados para generar y construir la geometría del diente con IPR modificado.

De acuerdo con una realización a título de ejemplo, se construye un plano de pulido para determinar la magnitud de pulido o corrección para dos dientes adyacentes, en otras palabras, el volumen a eliminar entre dos dientes adyacentes. Además, esta determinación puede incluir de manera adecuada la especificación de la forma de llevar a cabo el proceso de pulido o de corrección, tal como la región y magnitud del pulido para cada uno de los dientes adyacentes. Se debe observar que los términos “pulido” o “corrección” se utilizan de forma intercambiable cuando se hace referencia a la eliminación del volumen del diente de la geometría del diente la IPR.

Después del pulido del diente, la geometría modificada del diente puede ser reconstruida para posibilitar al clínico representar la geometría después del pulido o corrección y también para calcular la colisión/intersticio en cada etapa del tratamiento. Como resultado, la aplicación del modelo de IPR del diente por parte del clínico puede tener lugar para facilitar la planificación del movimiento de los dientes 106.

Si bien el modelado de la IPR y el pulido dentro de la metodología del tratamiento 100 se puede describir y/o ilustrar como base de la etapa final o posición final de los dientes, se debe observar que el pulido puede ser distribuido en múltiples etapas, en cualquier sucesión desde la etapa inicial a la etapa final. De este modo, también se pueden generar múltiples modelos de IPR de la geometría del diente, de manera que dichos múltiples modelos de IPR del diente corresponden a cualquiera o a todas las etapas de pulido o corrección, es decir, se pueden realizar múltiples modelos de geometría cambiables o dependientes de la etapa para cualquiera o todas las etapas de pulido o corrección. De manera similar, si bien los cálculos de magnitudes de pulido descritos se basan en la etapa final en la que la magnitud de pulido comprende la magnitud total de pulido, en otras realizaciones la magnitud del pulido se puede distribuir de manera adecuada en una o varias etapas desde una etapa inicial a una etapa final, comprendiendo la suma de las cantidades múltiples de pulido la cantidad total de pulido.

La metodología de tratamiento 100 y/o los procesos dentro de la misma que se pueden facilitar de manera adecuada desde uno o varios sistemas de control configurados para proporcionar las funciones que se han dado a conocer. Estos sistemas de control pueden comprender uno o varios microprocesadores, sistemas de memoria y/o dispositivos de entrada/salida para procesar y/o modelar datos e información, y pueden comprender uno o varios algoritmos de software configurados para generar un modelado completo del diente y/o para llevar a cabo otras funciones que se definen en esta descripción.

La determinación de si el pulido es necesario para dos dientes adyacentes 102 puede ser llevada a cabo de diferentes maneras por la utilización de un sistema de control a título de ejemplo. Por ejemplo, haciendo referencia adicional a la figura 1B, un sistema de control puede iniciar la determinación de si es necesario el pulido 102 por la carga de uno o varios archivos de dientes segmentados 108 en un ordenador principal u otro sistema de proceso del sistema de control. A continuación, la transformación de cada diente en su etapa final puede ser obtenida 110 para aplicara a continuación la transformación a vértices de cada diente 112. El sistema de control puede seleccionar adecuadamente un diente específico como primer diente de la mandíbula del paciente 114 a comprobar en cuanto a requerimientos de pulido, y a continuación determinar el diente adyacente 116 para dicho primer diente. El sistema de control puede comprobar entonces para observar si existe solape con este diente adyacente 118/120 y a continuación proceder a construir el modelo IPR 104 si existe solape para el diente con sus dientes adyacentes. Si bien el procedimiento para determinar si se requiere pulido para los dientes adyacentes 102 puede comprender de manera adecuada la carga de archivos de dientes 108 y conseguir y aplicar la transformación a vértices de cada diente a pulir de forma potencial 110/112, se pueden utilizar cualesquiera otras metodologías, etapas o procesos para la preparación de dientes para determinar si existe solape.

Después de proceder a construir el modelo de IPR 104, el procedimiento 100 puede determinar entonces si se debe proceder al diente siguiente determinando nuevamente si se requiere pulido 102 o si se debe proceder a la planificación de movimiento de dientes 106 si se ha hecho la comprobación de todos los dientes. Para determinar si se debe proceder al diente siguiente, el procedimiento de tratamiento 100 puede comprender las etapas de determinar si un diente que ha sido comprobado o tenía un modelo de IPR construido es el último diente de la mandíbula del paciente 122 y en este caso proceder a la planificación 106. Si no es el último diente, el procedimiento 100 puede pasar entonces al diente siguiente de la mandíbula 124 y determinar los dientes adyacentes 118 para dicho diente siguiente. Después de ello, la comprobación del solape 118, la construcción del modelo de IPR del diente 104 y/o el proceso a determinar si el diente siguiente es el último de la mandíbula del paciente 122 se puede llevar a cabo nuevamente pasando a la planificación del movimiento de los dientes 126.

La construcción del modelo 104 de la IPR del diente es configurado de manera adecuada para especificar la forma de llevar a cabo el proceso de pulido, tal como la zona y magnitud de pulido o corrección para cada uno de los dientes adyacentes. Con referencia a las figuras 2, de acuerdo con una realización a título de ejemplo, un procedimiento para la construcción del modelo de IPR del diente 200 comprende la construcción de un plano de pulido 202, tal como el plano de pulido 302 para dos dientes adyacentes A y B que se han mostrado en la figura 3A. Utilizando el plano de pulido para modelar la IPR del diente 204, el procedimiento 200 para la construcción del modelo de IPR del diente puede determinar entonces la magnitud de pulido 206, tal como por ejemplo las magnitudes de pulido 304 (d1) y 306 (d2) que se han mostrado en la figura 3B.

De acuerdo con un ejemplo que no se refiere a la invención, en vez de la construcción de una superficie de pulido que comprende un plano de pulido 202, un procedimiento a título de ejemplo para la construcción del modelo de IPR del diente 200 puede comprender la construcción de otra configuración de la superficie de pulido, tal como una superficie ranurada definida adecuadamente por puntos de control. Por ejemplo, dicha superficie ranurada puede ser generada por cualquier metodología convencional para conseguir superficies ranuradas, tal como B-Spline, Bezier, Hermite, Non-Uniform Rational B-Splines (NURBS) o cualquier otra superficie adecuada, a través de puntos de control asociados con una superficie ranurada. De manera similar, en vez de una superficie de pulido, tal como superficies ranuradas o planos de pulido, un procedimiento para la construcción del modelo de IPR del diente puede comprender la construcción de cualquier otra referencia a IPR para definir un modelo de IPR del diente. Después de la generación y construcción de la superficie de pulido u otras referencias IPR para modelar la geometría de la IPR del diente 204, el procedimiento 200 para la construcción del modelo de IPR del diente puede determinar entonces la magnitud de pulido 206.

Haciendo referencia a la figura 4, figura 5 y figura 6, se ha mostrado un procedimiento a título de ejemplo 400 para la construcción del plano de pulido. Este procedimiento es llevado a cabo cuando dos dientes adyacentes se determina que tienen solape, tal como los dientes adyacentes A y B y el solape 308 de la figura 3A. El procedimiento 400 inicia de manera adecuada la construcción de un primer plano en un primer diente, por ejemplo, el diente A y un segundo plano en el segundo diente, por ejemplo, el diente B 402. Para construir estos planos, se utilizan sistemas de coordenadas locales u otras referencias apropiadas para los dientes adyacentes A y B, tal como los que se han mostrado en la figura 5. Por ejemplo, un plano A se ha construido a través del origen del sistema de coordenadas local del diente A y cuya normal se encuentra en la dirección del eje Y del sistema de coordenadas local del diente A, mientras que un plano B es construido a través del origen del sistema de coordenadas local del diente B y cuya normal se encuentra en la dirección del eje Y del sistema de coordenadas local del diente B. Por ejemplo, se han mostrado el plano representativo A 602 y el plano B 604 con referencia adicional a la figura 6. En vez de utilización de sistemas de coordenadas locales, se han contemplado otras referencias apropiadas, tales como un eje facial de la línea de corona clínica (FACC), un punto de eje facial (FA), un centro de diente o cualquier otra característica clínica o geométrica capaz de proporcionar referencias para facilitar la construcción de los planos que se prevén en esta invención.

A continuación, el procedimiento 400 halla la intersección del plano A 602 y el plano B 604 que comprende una línea recta 404, en otras palabras, encuentra una línea de intersección. De acuerdo con una realización a título de ejemplo, se construye a continuación un plano de proyección que es perpendicular a la línea de intersección y a continuación se determina un punto de intersección entre la línea de intersección y el plano de proyección. Por ejemplo, con referencia a la figura 6 que comprende una vista del plano de proyección, la línea de intersección 606 aparece como un punto único cuando se observa sobre el plano de proyección, definiendo la intersección de la línea 606 y el plano de proyección el punto de intersección.

Si bien el plano de proyección puede ser construido de manera adecuada, al construir los planos A y B 402, hallando la línea de intersección 404 y construyendo el plano de proyección perpendicular a la línea de intersección, el plano de proyección puede ser construido adecuadamente en otras varias formas, de acuerdo con otras realizaciones de ejemplo. Por ejemplo, de acuerdo con otra realización a título de ejemplo, la normal del plano de proyección se puede determinar mediante la ecuación:

$$\text{Vector normal del plano de proyección} = W_A \cdot NZ_A + W_B \cdot NZ_B$$

en la que  $NZ_A$  es el vector unidad del eje Z del sistema de coordenadas locales para el diente A y  $NZ_B$  es el vector unidad del eje Z del sistema de coordenadas locales para el diente B, permitiendo la construcción del plano de proyección, y  $W_A$  y  $W_B$  son los coeficientes de ponderación de  $NZ_A$  y  $NZ_B$  siendo  $W_A \geq 0$ ,  $W_B \geq 0$  y  $W_A + W_B = 1$ . Por ejemplo, los coeficientes de ponderación  $W_A$  y  $W_B$  pueden comprender cada uno de ellos un  $\frac{1}{2}$ , por ejemplo, para igual ponderación y, por lo tanto, impacto de los coeficientes de ponderación  $W_A$  y  $W_B$ , o cualquier otra relación apropiada ( $W_A:W_B$ ). Por ejemplo, cuando la dirección  $NZ_A$  es más preferible por parte del clínico, la proporción es mayor de 1, es decir,  $W_A > W_B$ . Cuando la dirección  $NZ_B$  es más preferible por el clínico, la relación es menor de 1, es decir,  $W_A < W_B$ . Si ninguna de ellas es preferente, la proporción se puede seleccionar simplemente como 1, es decir,  $W_A = W_B = 0,5$ . De acuerdo con otra realización a título de ejemplo, la normal del plano de proyección se puede determinar también mediante la ecuación:

$$\text{Vector normal del plano de proyección} = \sum W_i \cdot NZ_i$$

en la que  $NZ_i$  es el vector unidad del eje Z del sistema de coordenadas locales para el diente i, y n es el número total de dientes de la mandíbula del paciente y  $W_i$  es el coeficiente de ponderación de  $NZ_i$ , siendo  $W_i \geq 0$  y  $\sum W_i = 1$ . Si no existe preferencia de dirección de  $NZ_i$  cada  $W_i$  puede ser simplemente selecciona igual como  $i/n$ . Cuando la dirección de  $NZ_i$  es más preferible, su correspondiente  $W_i$  es mayor que  $i/n$ . Cuando ciertas direcciones de  $NZ_i$  son menos preferibles, su correspondiente  $W_i$  es menor que  $i/n$ .

De acuerdo con otra realización a título de ejemplo, la forma de arco de la curva se puede utilizar para construir el plano de proyección. Una curva en forma de arco es una curva suave que es una aproximación de todos los puntos

de eje facial (FA) de la mandíbula de un paciente. De forma ideal, una curva en forma de arco comprende la posición óptima de puntos FA después del tratamiento. Por ejemplo, en una realización a título de ejemplo, la curva en forma de arco es creada por los puntos FA en la etapa final. En la curva en forma de arco, se hallan un punto intermedio entre un punto FA en el diente A y un punto FA en el diente B para construir un plano oscilante, que es utilizado como plano de proyección. De acuerdo con otro ejemplo de realización, el plano oclusal puede ser utilizado como plano de proyección. El plano oclusal es construido para el arco inferior. Para dientes bien alineados, el plano oclusal es el plano que pasa por las puntas de los incisivos frontales y los puntos más elevados de los primeros molares, de manera tal que todas las puntas de los dientes (excepto las puntas de los caninos) se encuentran por debajo del plano. En una realización a título de ejemplo, el plano oclusal es el plano que se aproxima mejor a los cuatro puntos mencionados.

Después de hallar el punto de intersección 406, se determinan contornos asociados con el primer diente A y el segundo diente B 408. En este proceso, todos los vértices de la superficie de la corona del diente A son proyectados sobre el plano de proyección, comprendiendo el contorno de los puntos de proyección el contorno A, por ejemplo, un contorno 608 mostrando una figura 6 y todos los vértices de la superficie de la corona del diente B son proyectados sobre el plano de proyección, comprendiendo el contorno de los puntos de proyección el contorno B, por ejemplo, un contorno 610 mostrado en la figura 6. A continuación se halla una línea tangente para contorno A 608 y una línea tangente para el contorno B 610 que pasan por el punto de intersección 410. Por ejemplo, se pueden determinar una línea tangente A 612 y una línea tangente B 614 que pasan por el punto de intersección 606 de la figura 6.

A continuación, se construye una línea normal cuya dirección determina la dirección normal para el plano de pulido 412. De acuerdo con ello, con una realización a título de ejemplo, haciendo referencia adicional a la figura 6, se calcula la bisectriz 616 del ángulo de intersección formado por la línea tangente A 612 y la línea tangente B 614. Se construye una línea normal 618 que se encuentra en el plano de proyección y que es perpendicular a la bisectriz 616. La línea normal 618 puede ser construida también de otras formas. Por ejemplo, de acuerdo con una realización a título de ejemplo, el vector de dirección de la línea normal 618 se puede determinar por la ecuación:

$$\text{Vector de dirección de la línea normal} = W_A * NY_A + W_B * NY_B$$

siendo  $NY_A$  el vector unidad del eje Y del sistema local de coordenadas para el diente A y  $NY_B$  el vector unidad para el eje Y del sistema de coordenadas local para el diente B, y  $W_A$  y  $W_B$  son los coeficientes de ponderación de  $NY_A$  y  $NY_B$  siendo  $W_A \geq 0$ ,  $W_B \geq 0$  y  $W_A + W_B = 1$ . Por ejemplo, los coeficientes de ponderación  $W_A$  y  $W_B$  pueden comprender cada uno de ellos un  $\frac{1}{2}$ , por ejemplo para igual ponderación y, por lo tanto, impacto de los coeficientes de ponderación  $W_A$  y  $W_B$ , o cualquier otra relación apropiada ( $W_A:W_B$ ). Cuando la dirección  $NY_A$  es más preferible por parte del clínico, la proporción es mayor de 1, es decir,  $W_A > W_B$ . Cuando la dirección  $NY_B$  es más preferible por el clínico, la relación es menor de 1, es decir,  $W_A < W_B$ . Si ninguna de ellas es preferible, la proporción se puede seleccionar simplemente como 1, es decir,  $W_A = W_B = 0.5$ . De acuerdo con otra realización a título de ejemplo, la curva en forma de arco puede ser utilizada para construir la línea normal 618 y la dirección. En una curva en forma de arco, se hallan un punto intermedio entre un punto FA del diente A y un punto FA del diente B y el vector tangente en este punto intermedio se ha utilizado como vector de dirección de la línea normal 618. Con independencia de la metodología utilizado para construir la línea normal 618, la dirección de la línea normal 618 comprende la dirección normal del plano de pulido.

De acuerdo con una realización a título de ejemplo, se determina 414 a continuación un punto intermedio que comprende un punto medio entre los puntos extremos de los contornos del diente A 608 y diente B 610. Por ejemplo, el punto más a la derecha del contorno A 608 en la dirección normal es determinado como primer punto extremo A 620 y el punto más a la izquierda del contorno B 610 en la dirección normal es determinado como segundo punto extremo B 622. Un punto medio 624 del segmento de línea entre los puntos extremos A 620 y B 622 puede ser hallado a continuación. Después de haber identificado el punto medio 624 se puede construir 416 un plano de pulido 626 de modo adecuado que pasa por un punto medio 624 y cuya dirección normal comprende la dirección de la línea normal 618.

Dicha utilización del punto medio 624 es adecuada cuando los dientes adyacentes A y B tienen que ser pulidos de forma igual, es decir, en el caso en el que la proporción de pulido para los dientes A y B sea una proporción 1:1. No obstante, de acuerdo con otras realizaciones a título de ejemplo, cuando se tienen que llevar a cabo diferentes magnitudes de pulido para dos dientes adyacentes A y B, se utiliza de manera adecuada otro punto intermedio entre el punto final A 620 y el punto final B 622. Por ejemplo, cuando se requieren diferentes magnitudes de pulido, el plano de pulido normal 626 puede ser determinado en primer lugar. A continuación, se pueden determinar de forma automática diferentes magnitudes de pulido para dos dientes adyacentes A y B, por ejemplo calculando la proporción basada en la magnitud o volumen para dos dientes adyacentes A y B, o de forma interactiva, permitiendo al clínico tener acceso a un interfaz de usuario y especificar manualmente la proporción de las dos cantidades a pulir. Entonces el plano de pulido se puede determinar por la línea normal 618 y el punto intermedio tal como se determina por la proporción de selección de las dos cantidades de pulido de los dientes A y B.

Haciendo referencia nuevamente a la figura 2, después de haber construido un plano de pulido 202, a continuación el plano de pulido puede ser utilizado para modelar la IPR 204. Por ejemplo, de acuerdo con una realización a título

de ejemplo, haciendo referencia adicionalmente a la figura 7, un plano de pulido de la izquierda 702 y un plano de pulido de la derecha 704 pueden ser utilizados para pulir el modelo tridimensional del diente, utilizándose el modelo de diente pulido como modelo de diente IPR para planificación posterior del tratamiento. De acuerdo con otros ejemplos que no se relacionan con la invención, en vez de utilizar el plano de pulido para facilitar el pulido de la geometría tridimensional del diente IPR, se puede utilizar otro tipo de superficie de pulido, por ejemplo, una superficie ranurada.

De acuerdo con otra realización a título de ejemplo, en vez de utilizar un modelo de diente corregido para obtener la geometría IPR del diente modificado, se puede utilizar un procedimiento a título de ejemplo con un modelo de diente deformado para proporcionar el modelo de diente IPR. Por ejemplo, la geometría de los vértices situado a la izquierda o a la derecha del plano de pulido de la izquierda 702 o a la derecha del plano de pulido de la derecha 704 se pueden ajustar proyectando la totalidad de los puntos a la izquierda del plano de pulido de la izquierda sobre el plano de pulido de la izquierda 702 y la totalidad de los puntos a la derecha del plano de pulido de la derecha sobre el plano de pulido de la derecha 704, resultando este cambio de coordenadas de los vértices en un modelo de diente deformado que entonces puede ser utilizado como modelo IPR del diente. De acuerdo con otras realizaciones a título de ejemplo, en vez de proyectar todos los puntos mencionados sobre los planos de pulido de la izquierda o de la derecha 702 y 704, dicha proyección de puntos se puede llevar a cabo sobre otras superficies de pulido, tal como superficies estriadas y similares. Este modelo de diente deformado puede proporcionar otra implementación opcional del modelado IPR del diente que puede ser más simple o más fácil en comparación con los otros procedimientos a título de ejemplo. Además, otros procedimientos locales o aplicados de modificación de la geometría IPR del diente, tales como extrusión, intrusión, redondeo, suavización y similares pueden ser utilizados también de manera adecuada, solos o en combinación, basándose en los procedimientos de pulido/corrección y/o modelado de dientes deformados basados en el potencial de colisión entre cualesquiera dientes adyacentes.

Basándose en los modelos de IPR de dientes desarrollados, se puede determinar a continuación la magnitud del pulido 206, dado que la cantidad de pulido se puede cuantificar y visualizar. Por ejemplo, la magnitud del pulido se puede representar por la distancia desde el punto más a la izquierda/más a la derecha de un modelo de diente pulido con respecto al plano de pulido o a la superficie de pulido. Asimismo, la magnitud del pulido puede ser representada por el volumen corregido. De esta manera, por ejemplo, el modelo corregido o deformado IPR del diente puede comprender el modelo digital 3D que puede ser visualizado en el sistema del ordenador.

Después de que un diente haya sido pulido para evitar colisión, la geometría del diente se cambiará como también la relación aproximada entre dicho diente y cualesquiera dientes adyacentes. Cuando tiene lugar dicho pulido, pueden haber varios posibles resultados para los dientes procedentes del pulido basándose en el modelo IPR, tal como el desarrollo de un intersticio entre los dientes adyacentes, reducción en la colisión y/o contacto continuado de los dientes entre sí. Esta información de aproximación post-pulido reunida a partir del modelo IPR del diente se puede facilitar en el informe de colisión/intersticio al proveedor del tratamiento para facilitar la planificación de etapas adicionales, nueva programación y/o ajustes de los planes de tratamiento.

Por ejemplo, con referencia a las figuras 8A (post-pulido) y 8B (pre-pulido), informes a título de ejemplo de colisión/intersticio pueden identificar de manera apropiada la magnitud de la colisión y/o intersticio entre dientes en varias etapas de tratamiento. De este modo, por ejemplo, si bien la magnitud de colisión entre dientes 1(25) y 1(24) aumenta lentamente durante la etapa 7 y puede comprender 0,50 mm en un modelo pre-pulido en la etapa 7, después de pulido mediante el modelo IPR del diente, la colisión se elimina entre los dientes adyacentes 1(25) y 1(24) en la totalidad del proceso. Mientras tanto, la magnitud de la colisión entre los dientes 1(24) y 2(23) aumenta durante la etapa 7 hasta aproximadamente 0,39 mm en un modelo pre-pulido, después del pulido con el modelo IPR del diente, la colisión entre los dientes adyacentes 1(24) y 2(23) se reduce sustancialmente en las etapas 1 a 5 con ciertas magnitudes mínimas de colisión y se elimina en las etapas 6 y 7. A través de dicho tratamiento mejorado de colisión/intersticio, se pueden disponer otras planificaciones de etapas, nueva programación y/o ajustes por el proveedor del tratamiento para facilitar tratamiento mejorado utilizando informes de colisión/intersticio como referencia útil.

La presente invención ha sido descrita anteriormente con referencia a diferentes realizaciones a título de ejemplo. No obstante, el alcance de la presente invención queda definido en las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema informatizado para modelado de la IPR de dientes de un paciente para facilitar tratamiento de ortodoncia, comprendiendo dicho sistema informatizado:

- 5 un microprocesador que comprende una pluralidad de algoritmos;
- un dispositivo de memoria; y en el que
- dicho sistema informatizado para modelado IPR es configurado para:
  - determinar si es necesario el pulido para un diente entre cualesquiera dientes adyacentes;
  - 10 generar un modelo tridimensional de IPR del diente basándose en colisión potencial con cualesquiera diente adyacente; y
  - utilizar dicho modelo IPR del diente para facilitar la planificación del tratamiento, de manera que la generación de un modelo de IPR del diente para dicho diente comprende la construcción de un plano de pulido (202, 302, 626) para dicho diente, y en el que dicho sistema informatizado está configurado para construir dicho plano de pulido para dicho diente determinando la dirección normal de dicho plano de pulido basándose en sistemas de coordenadas locales para dicho diente u otras referencias apropiadas y, como mínimo, un diente adyacente y determinar un punto objetivo entre contornos asociados con dicho diente y dicho como mínimo un diente adyacente, siendo construido dicho plano de pulido para que atravesase dicho punto objetivo y en dicha dirección normal.

2. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicho sistema informatizado está configurado además para determinar la magnitud de pulido (304, 306) para dicho diente.

3. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicha generación de modelo IPR del diente para dicho diente utiliza una geometría IPR del diente modificada para representar dicho modelo IPR del diente.

4. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicha generación de un modelo IPR del diente para dicho diente comprende la utilización, como mínimo, de un diente corregido y un diente deformado para representar dicho modelo IPR del diente.

5. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicha construcción de un plano de pulido para dicho diente es utilizado para construir, como mínimo, uno de un modelo corregido IPR del diente y un modelo deformado IPR del diente.

6. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicho sistema informatizado está configurado para determinar la dirección normal de dicho plano de pulido por construcción de una línea normal (618) que tiene un vector de dirección definido por la ecuación:

$$\text{Vector de dirección de la línea normal} = W_A * NY_A + W_B * NY_B$$

siendo  $NY_A$  el vector unidad del eje Y del sistema local de coordenadas para el diente A y  $NY_B$  el vector unidad para el eje Y del sistema de coordenadas local para el diente B, y  $W_A$  y  $W_B$  son los coeficientes de ponderación de  $NY_A$  y  $NY_B$  siendo  $W_A \geq 0$ ,  $W_B \geq 0$  y  $W_A + W_B = 1$ .

7. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicho sistema informatizado está configurado para determinar la dirección normal de dicho plano de pulido utilizando una curva en forma de arco.

8. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicho sistema informatizado está configurado para determinar la dirección normal de dicho plano de pulido por construcción de una línea normal (618) que se encuentra dentro de un plano de proyección y que es perpendicular a una bisectriz (616), estando calculada dicha bisectriz basándose en el ángulo de intersección formado por una primera tangente (812) asociada con dicho diente y una segunda línea tangente asociada con dicho, como mínimo, un diente adyacente.

9. Sistema informatizado, según la reivindicación 8, en el que dicho plano de proyección está definido por la ecuación:

$$\text{Normal del plano de proyección} = W_A * NZ_A + W_B * NZ_B$$

en la que  $NZ_A$  es el vector unidad del eje Z del sistema de coordenadas locales para el diente A y  $NZ_B$  es el vector unidad del eje Z del sistema de coordenadas locales para el diente B, permitiendo la construcción del plano de proyección, y  $W_A$  y  $W_B$  son los coeficientes de ponderación de  $NZ_A$  y  $NZ_B$  siendo  $W_A \geq 0$ ,  $W_B \geq 0$  y  $W_A + W_B = 1$ .

10. Sistema informatizado, según la reivindicación 1, en el que dicho plano de proyección está definido por la ecuación:

$$\text{Normal del plano de proyección} = \sum W_i * NZ_i$$

en la que  $NZ_i$  es el vector unidad del eje Z del sistema de coordenadas locales para el diente i, y n es el número total de dientes de la mandíbula del paciente y  $W_i$  es el coeficiente de ponderación de  $NZ_i$ , siendo

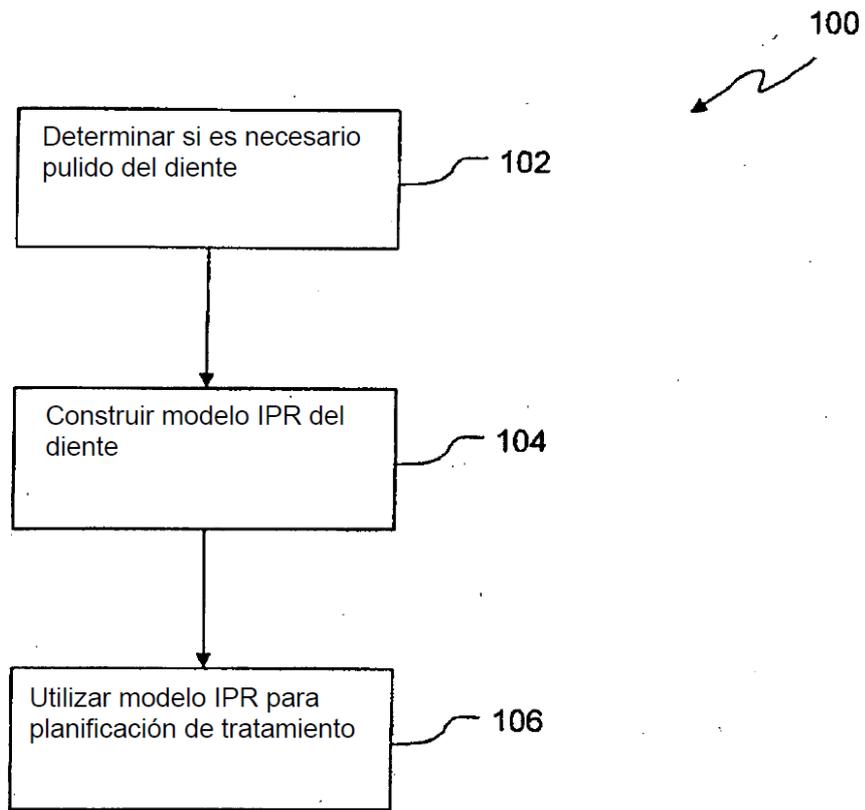
5  $W_i \geq 0$  y  $\sum W_i = 1$ .

11. Sistema informatizado, según la reivindicación 8, en el que dicho plano de proyección está construido por: construcción de un primer plano en dicho diente (602) a través de un origen del sistema de coordenadas local para dicho diente, con una normal para dicho primer plano en una dirección del eje Y de dicho sistema de coordenadas local para dicho diente; construcción de un segundo plano en, como mínimo, un diente adyacente (604) de dicho diente a través de un origen de un sistema local de coordenadas para dicho, como mínimo, un diente adyacente con una normal para dicho segundo plano en una dirección de eje Y de dicho sistema de coordenadas local para dicho diente adyacente y hallar una línea de intersección (606) entre dicho primer plano y dicho segundo plano, en el que dicho plano de proyección está construido perpendicularmente a dicha línea de intersección.

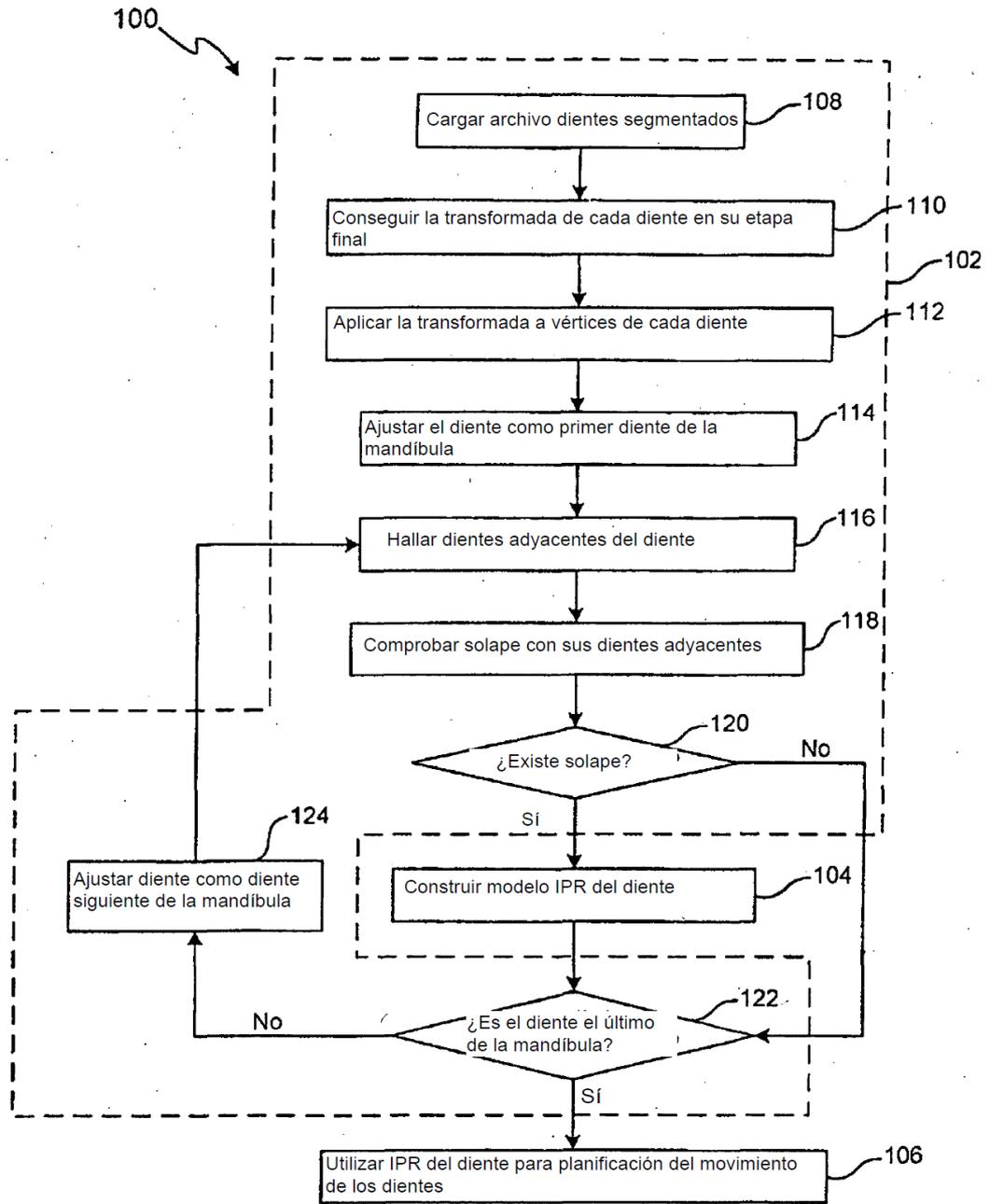
12. Sistema informatizado, según la reivindicación 11, en el que dicha primera línea tangente y dicha segunda línea tangente están construidas por:  
hallar un punto de intersección definido entre dicha línea de intersección y dicho plano de intersección, siendo dicho plano de proyección perpendicular a dicha línea de intersección;  
proyectar vértices en una superficie de corona de dicho diente para definir un contorno de dicho diente;  
proyectar vértices sobre una superficie de corona de dicho, como mínimo, un diente adyacente para definir un contorno de dicho, como mínimo, un diente adyacente; construir dicha primera línea tangente a través de dicho punto de intersección y tangente a dicho contorno de dicho diente; y  
construir dicha segunda línea tangente a través de dicho punto de intersección y tangente a dicho contorno de dicho, como mínimo, un diente adyacente.

13. Sistema informatizado, según la reivindicación 12, en el que dicho punto objetivo comprende un punto medio o un punto intermedio configurado entre puntos extremos asociados con dicho contorno de dicho diente y dicho contorno de dicho, como mínimo, un diente adyacente.

14. Procedimiento informatizado para dicho modelado IPR de dientes de un paciente para facilitar tratamiento de ortodoncia, comprendiendo dicho procedimiento informatizado para modelado IPR de dientes:  
determinar si se requiere pulido para un primer diente entre cualesquiera dientes adyacentes;  
generar un modelo IPR del diente para un primer diente basándose en colisión potencial con cualesquiera dientes adyacentes; y  
utilizar dicho modelo de IPR del diente para facilitar la planificación del tratamiento, de manera que la generación de un modelo de IPR del diente para dicho diente comprende la construcción de un plano de pulido para dicho diente y en el que dicho procedimiento informatizado está configurado para construir dicho plano de pulido para dicho diente determinando una dirección normal de dicho plano de pulido, basándose en sistemas de coordenadas locales para dicho diente u otras referencias apropiadas y, como mínimo, un diente adyacente y determinar un punto objetivo entre contornos asociados con dicho diente y dicho, como mínimo un diente adyacente, siendo construido dicho plano de pulido de manera que atraviese dicho punto objetivo y en dicha dirección normal.

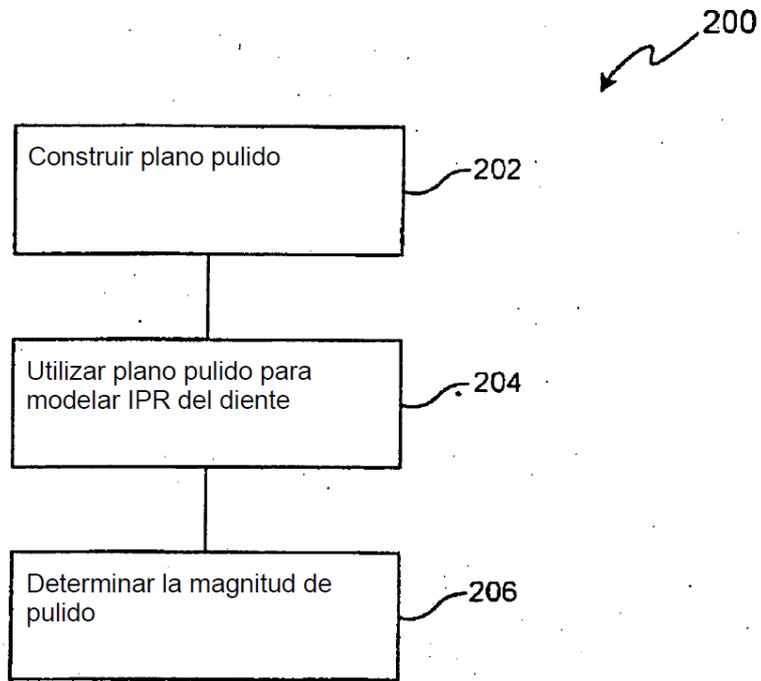


**FIG. 1A**

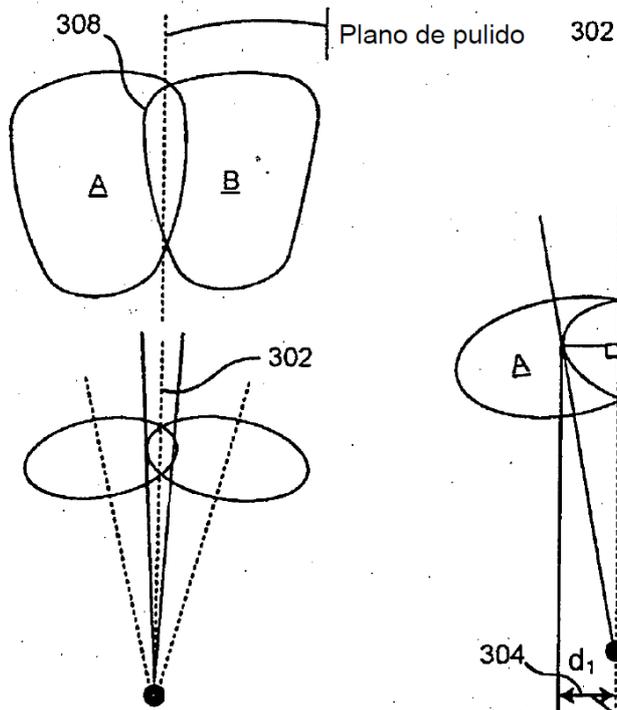


AT-1017 ALG. U.S. PAT. & TRADE OFF. DIV. 49500 1100 Page 2 of 9

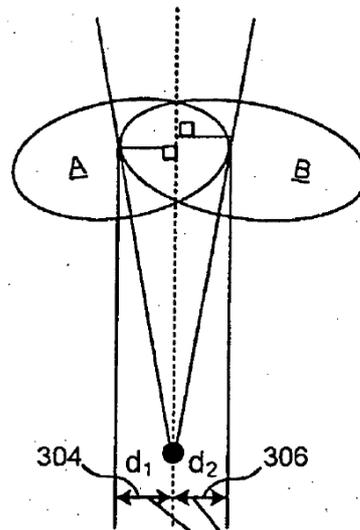
FIG. 1B



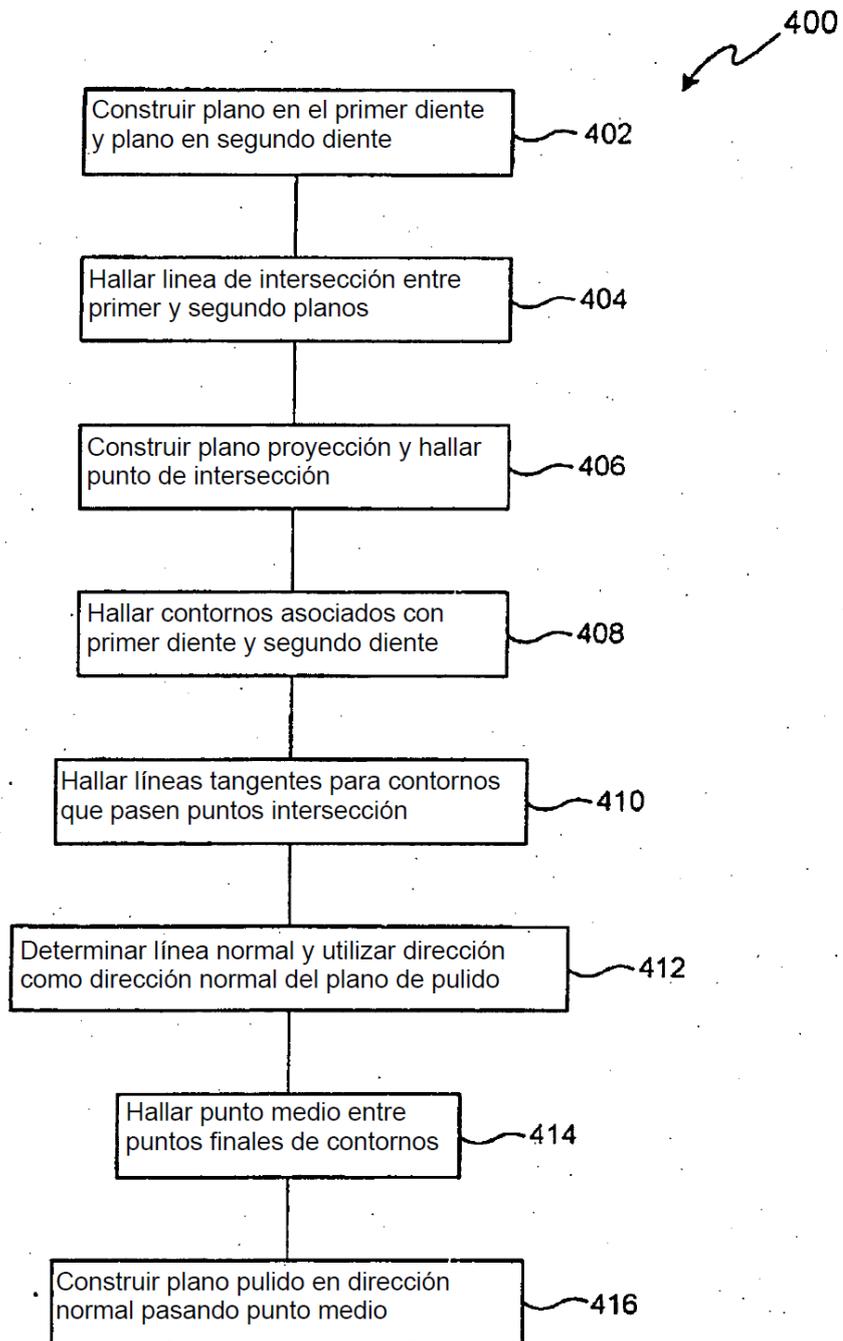
**FIG. 2**



**FIG. 3A**



**FIG. 3B** | Magnitud de pulido



**FIG. 4**

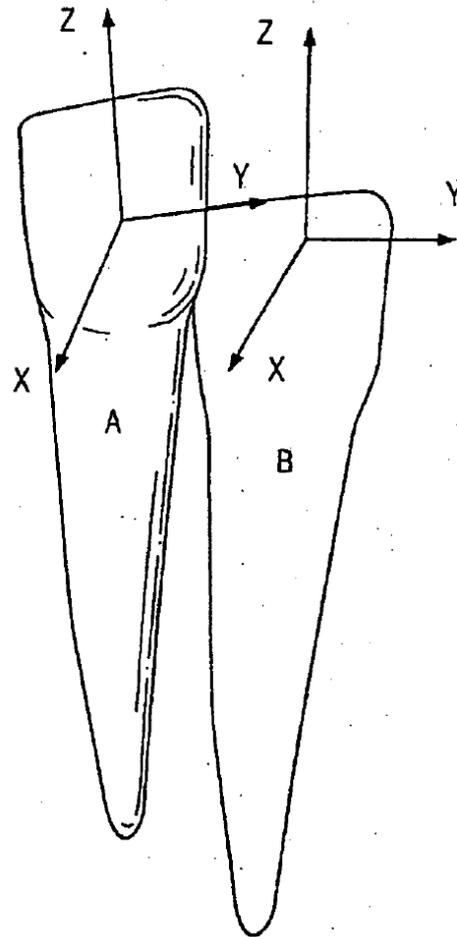


FIG.5

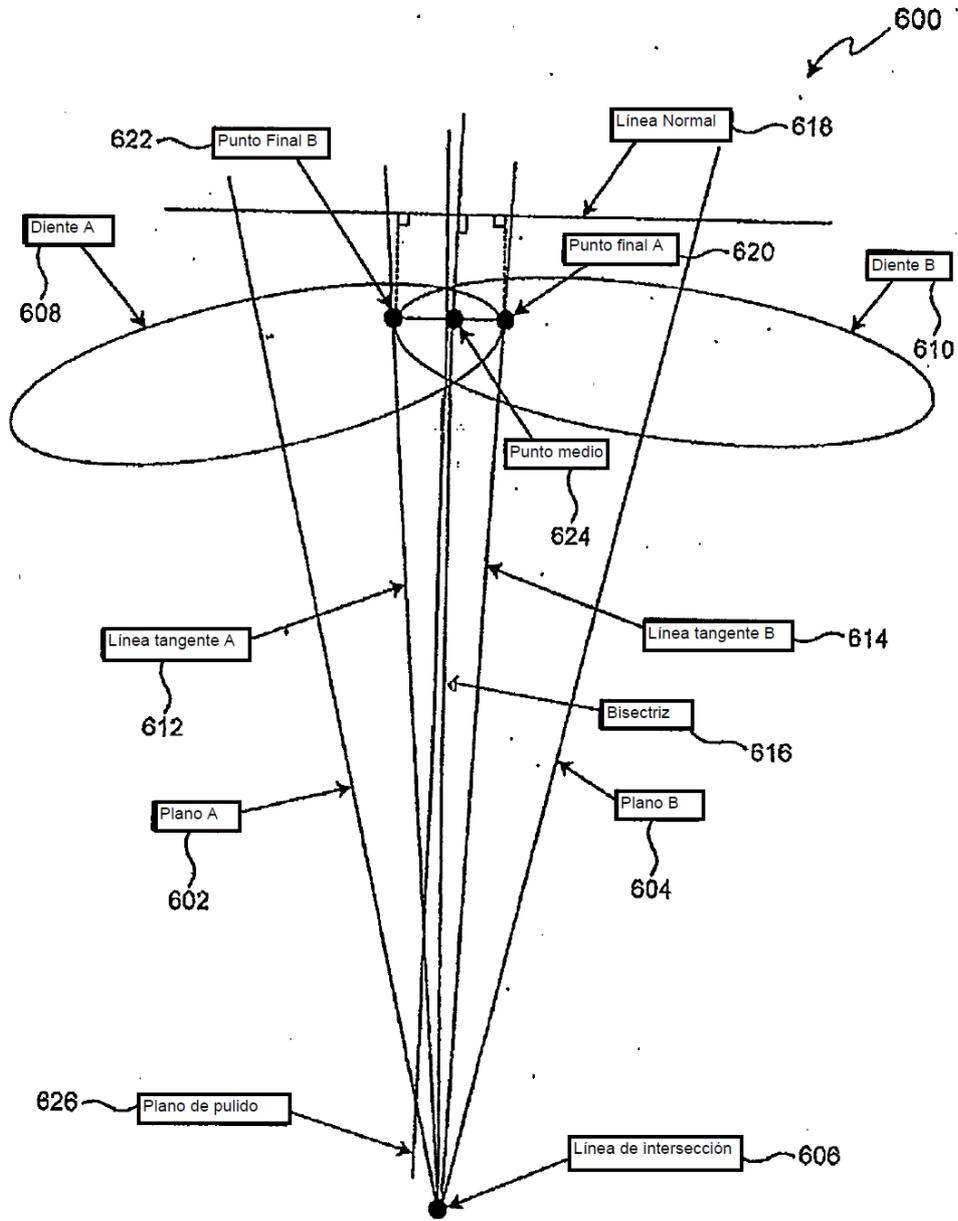


FIG. 6

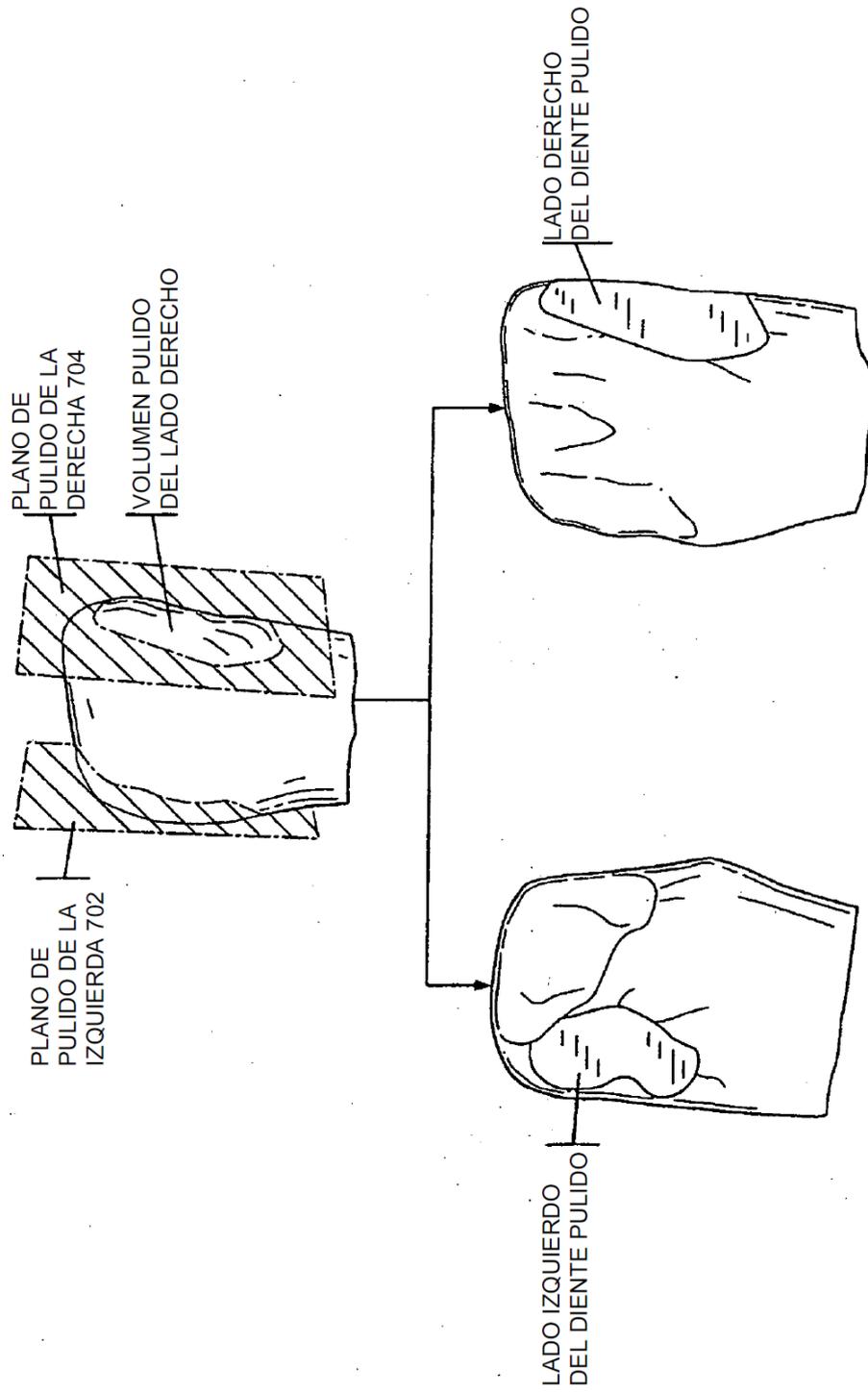


FIG.7

Editor de Etapas - Mandíbula inferior														
Etapa	7(31)	6(30)	5(29)	4(28)	3(27)	2(26)	1(25)	1(24)	2(23)	3(22)	4(21)	5(20)	6(19)	7(18)
0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.08	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.14	.00	.00	.02	.00	.00	.00
3	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.12	.00	.00	.05	.01	.00	.00
4	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.08	.00	.00	.07	.01	.00	.00
5	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.05	.00	.00	.05	.00	.00	.00
6	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
7	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
8														

Marco clave	Distancia movimiento	Colisión	Espacio	Sobrecorrección
-------------	----------------------	----------	---------	-----------------

Colisión después del pulido de dientes

**FIG. 8A**

Editor de Etapas - Mandíbula inferior														
Etapa	7(31)	6(30)	5(29)	4(28)	3(27)	2(26)	1(25)	1(24)	2(23)	3(22)	4(21)	5(20)	6(19)	7(18)
0	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
1	.00	.00	.00	.00	.02	.00	.03	.08	.02	.00	.00	.00	.00	.00
2	.00	.00	.00	.00	.09	.05	.12	.22	.08	.05	.03	.01	.00	.00
3	.00	.00	.00	.00	.17	.10	.20	.32	.14	.10	.08	.03	.00	.00
4	.00	.00	.00	.02	.23	.15	.28	.40	.20	.15	.12	.04	.00	.00
5	.00	.00	.00	.03	.30	.20	.35	.44	.27	.20	.13	.05	.00	.00
6	.00	.00	.00	.04	.37	.24	.43	.42	.33	.25	.12	.05	.00	.00
7	.00	.00	.00	.05	.43	.28	.50	.39	.39	.30	.10	.05	.00	.00
8														

Marco clave	Distancia movimiento	Colisión	Espacio	Sobrecorrección
-------------	----------------------	----------	---------	-----------------

Colisión sin pulido

**FIG. 8B**