

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 135**

51 Int. Cl.:

G06F 19/00 (2011.01)

A61F 2/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2007 E 14184395 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.05.2017 EP 2849105**

54 Título: **Método para planear el trasplante de unidades foliculares de cabello**

30 Prioridad:

05.10.2006 US 539022

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

02.10.2017

73 Titular/es:

**RESTORATION ROBOTICS, INC. (100.0%)
128 Baytech Drive
San Jose, CA 95134, US**

72 Inventor/es:

BODDULURI, MOHAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 635 135 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

Método para planear el trasplante de unidades foliculares de cabello

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere generalmente a los sistemas de planeación y su uso para planear el trasplante (es decir, recolección e implante) de las unidades foliculares de cabello en una superficie del cuerpo, generalmente el cuero cabelludo.

Antecedentes

10 Los procedimientos de trasplante de cabello se conocen bien, y típicamente involucran recolectar injertos de cabello donados por las áreas de los lados y trasera ("áreas donantes") del cuero cabelludo del paciente e implantar las unidades foliculares recolectadas en un área superior y calva ("área receptora"). Históricamente, los injertos recolectados eran relativamente largos (3-5 mm), aunque más recientemente, los injertos donantes pueden ser unidades foliculares individuales, que se agregan de manera natural de 1-3 (y mucho menos comúnmente, 4-5) folículos pilosos poco separados que se distribuyen aleatoriamente sobre la superficie del cuero cabelludo.

15 En un proceso bien conocido, una porción lineal del cuero cabelludo se retira de un área donante utilizando un escalpelo cortando en el tejido subcutáneo graso. La tira se disecciona (bajo un microscopio) en unidades de componentes foliculares, las cuales después se implantan en un área receptora en las incisiones o perforaciones respectivas hechas usando una aguja. Pueden usarse fórceps para sujetar y colocar los injertos individuales de la unidad folicular en los lugares perforados por la aguja, aunque otros instrumentos y métodos se conocen para llevar a cabo esta tarea.

20 La patente de Estados Unidos núm. 6,585,746 divulga un sistema de trasplante de cabello usando un sistema robótico, que incluye un brazo robótico y un introductor de folículo piloso asociado con el brazo robótico. Un sistema de vídeo se usa para producir una imagen tridimensional del cuero cabelludo del paciente, la cual se usa para estudiar los lugares del cuero cabelludo que recibirán injertos de cabellos implantados por el introductor de folículo bajo el control del brazo robótico.

25 Resúmen

30 De acuerdo con un aspecto de la invención, un método para crear una planeación para el trasplante estético de las unidades foliculares en una superficie del cuerpo de un paciente incluye el uso de un modelo tridimensional de una superficie del cuerpo para generar en el modelo propuesto las localizaciones de implante de la unidad folicular y las orientaciones de los folículos pilosos en base a ciertos puntos de control. El método puede incluir además adquirir imágenes de la superficie del cuerpo, procesar las imágenes para producir un modelo tridimensional de la superficie del cuerpo, y visualizar una representación gráfica del modelo de la superficie del cuerpo en el monitor. Un área receptora propuesta puede identificarse inicialmente, modificarse posteriormente, o ambas, basado al menos en parte en la entrada del usuario. A modo de ejemplos no limitantes, la entrada del usuario puede relacionarse con una densidad o un tipo (o una mezcla de tipos) de las unidades foliculares cuando se implanta en un área de la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora. A modo de otros ejemplos no limitantes la localización del área receptora puede relacionarse con una apariencia o dirección de crecimiento de los folículos pilosos de las unidades foliculares cuando se implanta en un área de la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora.

40 El método propuesto por la presente invención permite planear una línea de cabello frontal, así como también las diversas áreas de parches de cabello localizadas. A modo de ejemplo no limitante, la representación gráfica de las localizaciones y las orientaciones de los folículos pilosos propuestas puede basarse, al menos en parte, en una distribución aleatoria de las localizaciones de implante de las unidades foliculares a implantarse. El método puede incluir además identificar las áreas receptoras definidas por el usuario, o parches, en las cuales van a implantarse las unidades foliculares.

45 El método puede incluir además visualizar en el modelo de la superficie del cuerpo un área donante para la recolección de las unidades foliculares, en donde la localización del área donante visualizada se basa, al menos en parte, en la entrada recibida a través de la interfaz de usuario. La localización del área donante visualizada puede basarse alternativa o adicionalmente en una o más de (i) un nivel de cada uno de un tipo de la unidad folicular existente localizada en un área donante en la superficie del cuerpo real que corresponde al área donante visualizada, como se determina a partir de las imágenes adquiridas, (ii) una densidad mínima de las unidades

foliculares se deja en el área donante después que se ha producido la recolección seleccionada de las otras unidades foliculares, y (iii) un nivel aproximada de cada tipo, color, o ambos, de la unidad folicular existente a implantarse en un área de la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora visualizada.

5 En algunos ejemplos el método comprende además identificar las localizaciones de las unidades foliculares que se recolectarán a partir de un área sobre la superficie del cuerpo que corresponde al área donante visualizada, identificar las localizaciones de los lugares de implante en la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora visualizada en la cual se implantarán las unidades foliculares recolectadas, y proporcionar las localizaciones de recolección e implante respectivas a un sistema automatizado (por ejemplo, robótico) para llevar a cabo el procedimiento de implante.

10 De acuerdo con otra realización de la invención, un sistema para planear el trasplante de las unidades foliculares en una superficie del cuerpo de un paciente incluye una interfaz de usuario que comprende un procesador controlado por software y un dispositivo de entrada. El sistema se configura para visualizar en el monitor un modelo tridimensional de la superficie del cuerpo. El sistema de planeación se configura además para visualizar un área receptora propuesta para implantar las unidades foliculares en el modelo de superficie del cuerpo, en donde
15 la localización del área receptora visualizada puede identificarse inicialmente, modificarse posteriormente, o ambas, basado al menos en parte en la entrada del usuario. A modo de ejemplos no limitantes, la entrada del usuario puede relacionarse con una densidad o un tipo (o una mezcla de tipos) de unidades foliculares cuando se implanta en un área de la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora visualizada. A modo de otros ejemplos no limitantes la localización del área receptora visualizada puede relacionarse con una apariencia o dirección de
20 crecimiento de los folículos pilosos de las unidades foliculares cuando se implanta en un área de la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora visualizada.

El sistema puede configurarse también para identificar las áreas receptoras, por ejemplo, la línea de cabello o uno o más parches de cabello, en las cuales van a implantarse las unidades foliculares.

25 El sistema de planeación puede configurarse además para visualizar en el modelo de la superficie del cuerpo un área donante para la recolección de las unidades foliculares, en donde la localización del área donante visualizada se basa, al menos en parte, en la entrada recibida a través de la interfaz de usuario. La localización del área donante visualizada puede basarse alternativa o adicionalmente en una o más de (i) un nivel de cada uno de un tipo de la unidad folicular existente localizada en un área donante en la superficie del cuerpo real que corresponde al área donante visualizada, como se determina a partir de las imágenes adquiridas, (ii) una densidad mínima de las
30 unidades foliculares se deja en el área donante después que se ha producido la recolección seleccionada de las otras unidades foliculares, y (iii) un nivel aproximada de cada tipo, color, o ambos, de la unidad folicular existente a implantarse en un área de la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora visualizada.

35 En algunas realizaciones, el sistema de planeación identifica las localizaciones de las unidades foliculares que se recolectarán a partir de un área sobre la superficie del cuerpo que corresponde al área donante visualizada, y de los lugares de implante en la superficie del cuerpo que corresponde al área receptora visualizada en la cual se implantarán las unidades foliculares recolectadas, y las entradas de las localizaciones de recolección e implante respectivas a un sistema automatizado (por ejemplo, robótico) para llevar a cabo el procedimiento de implante.

40 En una realización, un sistema para crear una planeación para el trasplante estético de las unidades foliculares de cabello en una superficie del cuerpo incluye una interfaz de usuario que incluye un procesador controlado por software y un dispositivo de entrada de usuario, en donde el procesador se configura para visualizar un modelo tridimensional de la superficie del cuerpo, y para generar y visualizar en el modelo propuesto las localizaciones de implante de la unidad folicular y las orientaciones de los folículos pilosos en base a puntos de control específicos y las orientaciones en los puntos de control. De acuerdo con esta realización, un usuario puede ajustar interactivamente las localizaciones y las orientaciones del punto de control para de esta manera ajustar de forma
45 correspondiente las localizaciones de implante de la unidad folicular propuestas y las orientaciones del folículo piloso.

50 En una realización, un sistema para crear una planeación para el trasplante estético de las unidades foliculares de cabello en una superficie del cuerpo incluye una interfaz de usuario que incluye un procesador controlado por software y un dispositivo de entrada de usuario, en donde el procesador se configura para visualizar en un modelo tridimensional de la superficie del cuerpo una o más áreas receptoras de la unidad folicular propuestas. De acuerdo con esta realización, la interfaz de usuario se configura para generar y visualizar uno o más menús de entrada para recibir las entradas del usuario a través del dispositivo de entrada del usuario para definir y ajustar la una o más áreas receptoras propuestas.

5 En una realización, un método para crear una planeación para el trasplante estético de las unidades foliculares de cabello en una superficie del cuerpo incluye visualizar un modelo tridimensional de la superficie del cuerpo, generar y visualizar en el modelo propuesto las localizaciones de implante de la unidad folicular y las orientaciones de los folículos pilosos en base a puntos de control específicos y las orientaciones en los puntos de control, y ajustar interactivamente las localizaciones y las orientaciones del punto de control para de esta manera ajustar de forma correspondiente las localizaciones de implante de la unidad folicular propuestas y las orientaciones del folículo piloso.

10 En una realización, un sistema para crear una planeación para eliminar las unidades foliculares de cabello de una superficie del cuerpo incluye una interfaz de usuario que incluye un procesador controlado por software y un dispositivo de entrada de usuario, en donde el procesador se configura para visualizar un modelo tridimensional de la superficie del cuerpo, y para generar y visualizar un área de eliminación de cabello propuesta en el modelo de superficie del cuerpo. De acuerdo con esta realización, la interfaz de usuario se configura para generar y visualizar uno o más menús de entrada para recibir las entradas del usuario para ajustar el área de eliminación de cabello propuesta.

15 En una realización, un método para crear una planeación para eliminar las unidades foliculares de cabello de una superficie del cuerpo incluye visualizar un modelo tridimensional de una superficie del cuerpo, visualizar un área de eliminación de cabello propuesta en el modelo de superficie del cuerpo, y generar y visualizar uno o más menús de entrada para recibir las entradas del usuario para ajustar el área de eliminación de cabello propuesta.

20 Otros objetivos, realizaciones, y ventajas adicionales de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee en vista de las figuras acompañantes.

Breve descripción de las figuras

Las realizaciones de la invención se muestran a modo de ejemplo y no limitante en las figuras de los dibujos adjuntos, en los cuales las mismas referencias indican elementos similares, y en los cuales:

Las Figs. 1A y 1B son imágenes (dibujos) de un perfil frontal y lateral de la cabeza de un paciente.

25 **Las Figs. 2-6** son capturas de pantalla del monitor respectivas de una interfaz de usuario generadas por el software de modelado usado para crear un modelo de superficie tridimensional de la cabeza de un paciente en base a las imágenes adquiridas, de acuerdo con una realización.

30 **La Fig. 7** es otra captura de pantalla del monitor de una interfaz de usuario generada por el software de modelado para crear un modelo tridimensional en base a los parámetros de entrada de apariencia seleccionados en lugar de las imágenes adquiridas.

Las Figs. 8A y 8B son vistas en perspectiva frontal y posterior respectivas que representan un modelo de superficie tridimensional completo de la cabeza de un paciente en base a las imágenes adquiridas.

La Fig. 9 representa un límite de la línea de cabello frontal propuesto que recubre el modelo de la superficie del cuerpo de las **Figs. 8A y 8B**.

35 **La Fig. 10** representa un área de parche de cabellos propuesta que recubre el modelo de la superficie del cuerpo de las **Figs. 8A y 8B**.

La Fig. 11 es una captura de pantalla del monitor de una interfaz de usuario generada por un modelo de planeación construido de acuerdo con una realización.

40 **La Fig. 12** es otra captura de pantalla del monitor generada por un modelo de planeación construido de acuerdo con una realización, que representa un diseño de línea de cabello rudimentario que emplea una pluralidad de puntos de control.

La Fig. 13 es otra captura de pantalla del monitor que representa la línea de cabello rudimentaria de la **Fig. 12**, y que visualiza además los folículos pilosos gráficamente representados que se extienden desde las localizaciones de implante potenciales a lo largo del límite.

La Fig. 14 es aún otra captura de pantalla del monitor que representa la línea de cabello rudimentaria de la Fig. 12, en la que el(los) ángulo(s) en los que se han modificado los folículos pilosos de control visualizados en la Fig. 13 se extienden a partir de las localizaciones de implante.

5 La Fig. 15 es aún otra captura de pantalla del monitor que representa la línea de cabello rudimentaria de la Fig. 12, en la que se ha modificado la densidad de las localizaciones de implante visualizada en la Fig. 13.

La Fig. 16 es aún otra captura de pantalla del monitor que representa la línea de cabello rudimentaria de la Fig. 12, en la que se ha aplicado el nivel especificado por el usuario de aleatoriedad de distribución a las localizaciones de implante visualizadas en la Fig. 13.

10 La Fig. 17 ilustra una técnica usada para diseñar curvas en forma arbitrarias basada en puntos de especificados por el usuario (por ejemplo, para planear un límite de la línea de cabello frontal), de acuerdo con una realización.

Descripción detallada

15 La solicitud de patente provisional de Estado Unidos números de serie 60/753,602 y 60/764,173 (de aquí en adelante colectivamente, "Bodduluri y otros") describe varias realizaciones de un sistema automatizado, particularmente un sistema robótico guiado por imágenes, y métodos de su uso para llevar a cabo los procedimientos de recolección e implante (trasplante) de la unidad folicular en una superficie del cuerpo, por lo general un cuero cabelludo humano. Después que se ha iniciado y calibrado el sistema robótico, se adquieren los datos de imagen de la superficie del cuerpo y se procesan por el computador del sistema para identificar los objetos, particularmente las unidades foliculares en una región donante en un cuero cabelludo humano. A partir de las imágenes de esta región de interés, el software de segmentación y proyección de imagen que reside en el ordenador identifica y selecciona las unidades foliculares particulares de interés para recolectar el cuero cabelludo.

20 Como se describe en Bodduluri y otros, el resultado estético de un procedimiento de trasplante de cabello depende en parte de la implantación de los injertos en los patrones de aspecto natural. Un ordenador puede "amplificar" eficientemente la habilidad del cirujano al "rellenar los espacios en blanco" a lo largo de una pequeña fracción de los lugares para el implante para lo cual el cirujano determina la posición y orientación del injerto. Es particularmente importante para un buen resultado estético lograr una línea de cabello de apariencia natural. En lugar de realizar las incisiones cuidadosamente para todos los lugares de implante cercanos a la línea de cabello, el cirujano indica unas pocas posiciones y las orientaciones para el implante de la línea de cabello y el ordenador rellena el resto interpolando entre los lugares designados, usando el sistema de procesamiento de imágenes para identificar y evitar unidades foliculares existentes.

30 Bodduluri y otros ilustra un algoritmo que usa los puntos de control para diseñar una línea de cabello de apariencia natural. Se diseña una curva con los puntos de control en base a, por ejemplo, polinomios de interpolación segmentaria cúbica. Los puntos de control se especifican por el operador. Se especifica la orientación del cabello en cada uno de los puntos de control. Los puntos a lo largo de la curva se identifican a una separación dada, por ejemplo, por interpolación. Las ubicaciones de los puntos a lo largo de la curva pueden ser aleatorias para lograr una línea de cabello de apariencia natural. El nivel de aleatorización se puede especificar por el usuario o generar con el ordenador. Se prefiere que las orientaciones de la unidad folicular no sean aleatorias sino interpoladas, por ejemplo, de la misma manera que se genera una curva de interpolación segmentaria cúbica. La aleatorización de la ubicación y la interpolación de la orientación crean más implantes de apariencia natural.

40 La aleatoriedad de la apariencia natural es importante tanto en la región crítica de la línea de cabello como en el balance de los lugares del receptor. Esto puede lograrse mediante un procedimiento mostrado en Bodduluri y otros, en donde una superficie se diseña usando puntos de control en base a, por ejemplo, superficies de interpolación segmentaria cúbica. Nuevamente, se especifica la orientación del cabello en cada uno de los puntos de control. Los puntos de implante se identifican a lo largo de la superficie a una separación dada. Las ubicaciones de los puntos a lo largo de la superficie pueden ser aleatorias para lograr una distribución de cabello de apariencia natural. El nivel de aleatorización se puede especificar por el usuario o generar con el ordenador. Nuevamente, se prefiere que la orientación de las respectivas unidades foliculares no sea aleatoria, sino interpolada de la misma manera que se genera una superficie de interpolación segmentaria cúbica. Los esquemas de aleatorización e interpolación se conocen en la técnica, y pueden adaptarse para este método.

50 Bodduluri y otros muestra un ejemplo de la función de guía automática del sistema robótico, que incluye la etapa de planeación de las posiciones y las orientaciones de los implantes con respecto a puntos de referencia globales (por ejemplo, cabellos existentes, tatuajes, u otras características distintivas). El robot se mueve entonces para registrar puntos de referencia en el paciente. La información de registro se puede almacenar en memoria para referencias. El

5 robot puede hacer uso de los puntos de referencia registrados como puntos de referencia para reconocer su posición en relación con la superficie de trabajo. El robot se mueve a cada posición y orientación de implante con respecto a los puntos de referencia globales. Los puntos de referencia globales proporcionan una referencia global para movimientos globales. La posición y la orientación se ajustan en base a los puntos de referencia cercanos tales como cabellos vecinos ya existentes o cabellos implantados recientemente. Los puntos de referencia cercanos proporcionan una referencia local para movimientos locales.

10 A continuación, una planeación del tratamiento se introduce en el ordenador. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la planeación del tratamiento es una planeación prescrita diseñada para trasplantar unidades foliculares pilosas de una primera región (región de recolección) a una región objetivo (región de implante). En tales casos, la planeación del tratamiento puede incluir uno o más parámetros, tales como un número de las unidades foliculares pilosas a retirar/implantar, ubicación de la región de recolección, ubicación de la región de implante, un grado de aleatorización asociado con lugares objetivos de implante, separación entre lugares objetivos de implante adyacentes, profundidad de folículo, profundidad de implante, identificación del paciente, perfil geométrico de la región de recolección, perfil geométrico de la región de implante, ubicaciones del marcador(es), y densidad de los lugares objetivos de implante.

15 Pueden usarse varias técnicas para introducir la planeación del tratamiento en el ordenador. En las realizaciones ilustradas en Bodduluri y *otros*, la planeación del tratamiento puede introducirse con el uso de una interfaz de usuario que incluye un monitor y un teclado. Alternativamente, la planeación del tratamiento puede introducirse usando un dispositivo de almacenamiento, tal como un disquete o un disco compacto. En otras realizaciones, la planeación del tratamiento puede descargarse desde un servidor remoto, o desde una combinación de las técnicas antes mencionadas. Por ejemplo, algunos parámetros pueden introducirse en el ordenador usando un disquete, mientras otros parámetros pueden introducirse usando la interfaz de usuario. En algunas realizaciones, uno o más parámetros de la planeación del tratamiento pueden determinarse en tiempo real (por ejemplo, durante una sesión de tratamiento).

20 Después de que la planeación del tratamiento se ha introducido en el ordenador, el ordenador entonces registra la planeación del tratamiento con un paciente. En algunas realizaciones, esto puede llevarse a cabo usando una o más cámaras para identificar uno o más marcadores en el paciente. El marcador puede ser un reflector que se asegura al paciente, una marca dibujada con tinta en el paciente, o una anatomía del paciente. Los marcadores identificados pueden usarse para determinar una posición y/o orientación de una región objetivo en el paciente.

25 De acuerdo con varias realizaciones de la invención, un sistema para planear un procedimiento para el trasplante de las unidades foliculares en una superficie del cuerpo (por ejemplo, un cuero cabelludo) de un paciente comprende una interfaz de usuario, que incluye, por ejemplo, un procesador controlador por software, un monitor, y un dispositivo de entrada. Estos componentes son comunes para prácticamente todos los sistemas de computadora modernos, ya sea en un sistema de computadora independiente (por ejemplo, "personal"), o en un sistema que emplea un servidor centralizado con múltiples terminales remotas. Se apreciará que las realizaciones del sistema de planeación son preferentemente (si no exclusivamente desde un punto de vista práctico) el software implementado, y puede ejecutarse en cualquier sistema de computadora que tiene los componentes básicos (procesador, monitor, dispositivo de entrada), siempre que tal sistema de computadora se equipe con suficiente memoria disponible y una generación de gráfico adecuado y capacidad de visualización.

30 Se apreciará además que las realizaciones de la invención pueden implementarse a través de Internet, por ejemplo, con un usuario de tal sistema que emplea su computadora doméstica como al menos una parte de la interfaz de usuario (monitor y dispositivo de entrada) que interactúa con una computadora o servidor remoto. En tal sistema de planeación en base a Internet, el software que implementa y controla la interfaz de usuario puede residir en su totalidad o en parte en la computadora del usuario o en la computadora/servidor remoto, preferentemente transparente para el usuario. En una de tales realizaciones, el servidor remoto descarga uno o más módulos de software para la computadora del usuario para uso temporal o permanente.

35 Las realizaciones ilustrativas de un software implementado y la interfaz de usuario controlada para planear un procedimiento de trasplante de la unidad folicular se describirá ahora junto con las figuras acompañantes. Se apreciará que las diversas y múltiples variaciones de las realizaciones descritas pueden implementarse sin apartarse del alcance general de la invención, que se expone en las reivindicaciones adjuntas.

40 Con referencia a las **Figs. 1A** y **1B**, las imágenes se adquieren de una superficie del cuerpo de un paciente, en este caso, una vista frontal 20 (**Fig. 1A**) y una vista lateral 22 (**Fig. 1B**) de la cabeza de un paciente (y, particularmente, cuero cabelludo), para lo cual se planifica el procedimiento del trasplante del sujeto. A modo de ejemplo no limitante, las imágenes 20, 22 pueden adquirirse con el uso de una cámara digital portátil, y la entrada a través de la interfaz de usuario del sistema de planeación, de acuerdo con la tecnología bien conocida y disponible para la transmisión

de datos de imagen digital. No es necesario incluir en las realizaciones preferidas imágenes de cada porción de la cabeza del paciente, ya que el software de modelado (descrito a continuación en mayor detalle) puede generar un modelo de superficie tridimensional suficientemente preciso de la cabeza/cuero cabelludo de solamente las vistas frontal y lateral 20 y 22, respectivamente.

- 5 Con referencia generalmente a las **Figs. 2-6**, las imágenes adquiridas 20, 22 se procesan después para generar un modelo tridimensional de la cabeza de un paciente (cuero cabelludo) con el uso del software de modelado disponible comercialmente. En la realización ilustrada, FaceGen Modeller 3.1 producida y distribuida por Singular Inversions, Inc., Vancouver, Canada (www.facegen.com) se usa para generar el modelo tridimensional. Se apreciará que pueden usarse alternativamente otros programas de software.
- 10 Con referencia más específica a la **Fig. 2**, una captura de pantalla del monitor de la interfaz de usuario tomada durante el uso del programa FaceGen Modeller incluye una serie de menús desplegables 26 relacionados con la construcción de un modelo de un rostro humano. Se ha seleccionado el menú "PhotoFit" 28, lo que resulta en la visualización de una imagen frontal 30 (en este caso, imagen 20), una imagen de perfil izquierdo 36 (una entrada opcional; en este caso, no se proporciona) y una imagen de perfil derecho (opcional también; en este caso, imagen lateral 22) del paciente. El programa de software visualiza las imágenes frontal 32, perfil izquierdo 33, y perfil derecho 40 de un modelo como un ejemplo para los usuarios del sistema. Una vez que se cargan las imágenes 20 y 22 en el software de modelado (a través de entradas de menú de interfaz de usuario 34 y 42), se proporciona un menú de captura de pantalla posterior (es decir, después de hacer "clic" en el "siguiente" elemento de campo del menú 44).
- 15
- 20 Con referencia al campo 46 en la **Fig. 3**, con el fin de generar un modelo tridimensional de la cabeza/cuero cabelludo del paciente, el usuario asigna una serie de puntos característicos 52 en la imagen frontal 20 (designado por el número de referencia 48), en base al ejemplo proporcionado
50. En resumen, los puntos característicos 52 se colocan en distintas localizaciones físicas (por ejemplo, las esquinas de la boca, nariz, mentón, orejas, etc.) del rostro del paciente. La imagen 48 puede rotarse con el uso de las entradas respectivas
- 25
54. Como se muestra en la **Fig. 4**, el software de modelado permite al usuario ampliar la imagen frontal (designada por el número de referencia 58) para la colocación exacta de los puntos característicos
52. Con referencia a las **Figs. 5 y 6**, el proceso se repite para asignar los puntos característicos a la(s) imágenes/imágenes de perfil lateral, en este caso a la imagen de perfil derecho 60 en la **Fig. 5**, y ampliada 64 en la **Fig. 6**, con una imagen del modelo ilustrativo 62 proporcionada para su ilustración. Puede establecerse la información adicional con respecto a la generación de un modelo tridimensional en base a las imágenes frontal y lateral adquiridas directamente desde el software FaceGen Modeller.
- 30
- Con referencia a la **Fig. 7**, en una realización alterna en la que las imágenes adquiridas de la cabeza/cuero cabelludo del paciente (u otra superficie del cuerpo aplicable) no se proporcionan, el software de modelado se configura para generar (al seleccionar la opción de menú "generar" 64) un modelo tridimensional (designado como 24') en base a entradas relacionadas con las características seleccionadas, tal como la raza 66 y otras características seleccionadas a través de los menús 68 y 70, algunas objetivas (por ejemplo, sexo, edad) y otras puramente subjetivas (por ejemplo, atractivo).
- 35
- En algunas realizaciones, se proporciona información de entrada adicional al sistema de planeación para generar adicionalmente el modelo de superficie del cuerpo. Por ejemplo, las características particulares específicas para los folículos pilosos (por ejemplo, color o rugosidad) pueden derivarse de las imágenes y/o entrada a través de la interfaz de usuario. La información adicional puede o bien introducirse o determinarse por el usuario a partir de las imágenes adquiridas con el uso del procesamiento de imágenes, tal como la forma geométrica de la superficie del cuerpo (por ejemplo, cabeza del paciente), líneas de cabello existentes, y un número de cada tipo (es decir, folículo único o múltiple) y color (por ejemplo, oscuro, claro, gris, etc.) de las unidades foliculares que están disponibles para la recolección. Se apreciará que el modelo tridimensional puede generarse alternativamente por un número de otros métodos, por ejemplo, con el uso de un escáner láser 3D y/o al unir múltiples imágenes digitales juntas. El sistema de realizaciones de la presente invención usará la información tridimensional de la misma manera, sin tener en cuenta cómo se genera.
- 40
- 45
- 50 Con referencia a las **Figs. 8A y 8B**, ya sea a partir de las imágenes adquiridas, o a través de otras entradas características descriptivas, se genera el software de modelado y visualiza en el monitor de interfaz de usuario del sistema de planeación un modelo tridimensional 24 de la cabeza/cuero cabelludo del paciente. Para propósitos de

ilustración, el modelo generado en las **Figs. 8A y 8B** exhibe el patrón característico de calvicie masculina, que incluye una región calva superior 74, y regiones lateral poblada 72 y posterior 76.

5 Con referencia a las **Figs. 9 y 10**, en base a una o más características e información física determinadas a partir del procesamiento de las imágenes adquiridas 20 y 22, y entradas del usuario introducidas a través de la interfaz de usuario, el sistema de planeación visualizará en el modelo de la superficie del cuerpo una o más áreas receptoras propuestas 82 para implantar las unidades foliculares. Puede identificarse al principio una localización inicial de un límite frontal propuesto (o "línea de cabello") 78 por el sistema, o generarse en base (al menos en parte) a la entrada del usuario recibida a través de la interfaz de usuario. En cualquier caso, puede modificarse por el usuario, como se indica por las flechas 80 por ejemplo, con el uso de un clic convencional y movimiento de arrastre de un ratón de computadora, hasta que la línea de cabello 78 está en una localización deseada. Una vez que se establece la línea de cabello 78, una o más regiones separadas (o "parches") 85 detrás de la línea de cabello pueden identificarse inicialmente por el sistema, o generarse basada (al menos en parte) en la entrada del usuario recibida a través de la interfaz de usuario. Como con la línea de cabello 78, los límites de los parches 85 pueden modificarse por el usuario, como se indica por las flechas 84.

15 En algunas realizaciones de la invención, un médico a cargo u operador puede especificar dónde se necesita implantar una unidad folicular y en qué ángulo, es decir, su ubicación relativa (o "lugar para el implante"), orientación, y profundidad. Esto, especificación de un lugar, orientación y/o profundidad de una unidad folicular que se va a implantar puede llevarse a cabo mediante un sistema de planeación del tratamiento. Alternativamente, durante el modo de implante, cuando la(s) cámara(s) están viendo el área receptora del cuero cabelludo, el operador a cargo puede usar una interfaz de usuario (por ejemplo, un ratón de ordenador convencional) para especificar el lugar del implante y/o posición y/o orientación y/o profundidad del implante. Alternativamente, el operador puede puntualizar el lugar en el cuero cabelludo mediante la colocación de una marca temporal, tal como una marca de tinta o un puntero que puede visualizarse, identificarse, y medirse por el sistema de procesamiento de imágenes. Adicionalmente, la orientación puede especificarse directamente en el monitor del ordenador como una combinación de dos ángulos, tal como rotación alrededor del eje x y una rotación alrededor del eje y (suponiendo que el eje z sea a lo largo de la aguja), o al colocar un puntero alargado en el cuero cabelludo, que puede visualizarse por el sistema de procesamiento de imagen y medir los ángulos.

20 A modo de ejemplos no limitantes, la entrada recibida a través de la interfaz de usuario para establecer o modificar la línea de cabello y los límites de parche interior pueden relacionarse con una o más de una densidad resultante de las unidades foliculares después de que se implantan en el área receptora, una dirección de folículos pilosos que crecerán desde las unidades foliculares implantadas, y una apariencia general (es decir, estilo de pelo) de los folículos pilosos que crecen desde las unidades foliculares implantadas. Otros factores, tales como una forma geométrica de la superficie del cuerpo, un origen étnico del paciente, una edad del paciente, el sexo del paciente, y/o líneas de cabello existentes, densidades y color(es) de folículo(s) en la superficie del cuerpo. Uno o más parámetros relacionados con las unidades foliculares existentes en un área donante identificada de la superficie del cuerpo también puede considerarse, tales como un nivel de cada tipo (por ejemplo, folículo único o múltiple), color, y una rugosidad de crecimiento relativa de los folículos pilosos de las unidades foliculares existentes.

30 Particularmente, la cantidad disponible de folículo único o unidades foliculares disponibles para la recolección también pueden jugar un papel en la definición de la línea de cabello del área receptora, ya que el tipo de folículo único de la unidad se encuentra predominantemente en las líneas de cabello frontal naturales. La solicitud de patente de Estados Unidos núm. de serie 11/467,283, presentada el 25 de agosto de 2006, describe un método para determinar un nivel aproximado de cada tipo de las unidades foliculares existentes que están disponibles para la recolección en base a procesar imágenes del/de las área(s) donante(s) potencial(es). Mientras que tal(es) área(s) donante(s) están por lo general en la parte posterior del cuero cabelludo, los laterales también pueden ser una fuente deseable de las unidades foliculares donantes, especialmente donde se necesitan unidades foliculares más claras o grises, ya que los folículos pilosos en los laterales de la cabeza tienden a encanecer más rápido que los de la parte posterior.

40 Con referencia a la **Fig. 11**, en una realización, la interfaz de usuario del sistema de planeación puede generar y visualizar los menús de entrada por el usuario durante un proceso de planeación. Tales menús pueden incluir, pero sin limitarse a un estudio de diseño de cabello 96, estudio donante de cabello 100 y estudio final de cabello 104. El estudio de diseño de cabello 96 puede comprender, a modo de ejemplo no limitante, un menú de entrada 98 para recibir las entradas del usuario relacionadas con la planeación de la línea específica del cabello y parche de cabellos (o "área de cabello") para el/las área(s) receptora(s), junto con los parámetros de entrada relacionados, y una característica automática ("cabello automático") en cuyo caso se identifican la línea de cabello y las áreas de parche, que incluye preferentemente localizaciones específicas de implantes, por el sistema sin necesidad de otras entradas del usuario.

El estudio donante de cabello 100 puede comprender, a modo de ejemplo no limitante, un menú de entrada 102 para recibir las entradas del usuario relacionadas con un área donante propuesta 90, que incluye los parámetros relacionados y una característica automática ("autodonante") en cuyo caso se identifica el área donante por el sistema sin necesidad de otras entradas del usuario. El estudio final de cabello 104 puede comprender, a modo de ejemplo no limitante, un menú de entrada 106 para recibir las instrucciones del usuario relacionadas con el ahorro, transmisión, recepción, revisión, etc., una planeación del procedimiento de trasplante completo o parcialmente completo. La visualización en la **Fig. 11** incluye también una pantalla dividida en cuatro direcciones de imágenes, que incluye una primera imagen 89 del modelo de cabeza inicial del paciente, una segunda imagen 91 del modelo de cabeza durante el proceso de planeación de línea de cabellos y parche, una tercera imagen 88 del proceso de planeación del donante (que incluye una región donante actualmente identificada 90), y una cuarta imagen 92 de una representación gráfica del paciente, postrasplante 94 (es decir, con una representación artística del estilo de cabello resultante del paciente).

Se forma una línea de cabello del paciente por las localizaciones respectivas en la cual folículos pilosos emergen del cuero cabelludo, así como también la(s) dirección(ones) relativa(s) a la superficie del cuero cabelludo en la cual emergen los folículos pilosos, a lo largo de la(s) línea(s) límite(s) de la(s) región(ones) que tienen unidades foliculares de cabello existentes o planificadas (implantadas). Por lo tanto, diseñar una curva adecuada de "línea de cabello" es una parte crucial de lograr una apariencia resultante deseada a partir de un procedimiento de trasplante de unidad folicular de cabello. De acuerdo con las realizaciones de la invención, la localización respectiva y dirección de las unidades foliculares a implantarse a lo largo del límite de la línea de cabello se especifica preferentemente a lo largo de una curva, con el fin de completar el diseño de la línea de cabello. Esta "curva de la línea de cabello" puede diseñarse de manera similar como el diseño de una curva en el campo del diseño asistido por computadoras, por ejemplo, con el uso de una técnica bien conocida llamada una "representación Bezier," o modificaciones de la misma. Una representación Bezier es una manera de diseñar curvas formadas de manera arbitrarias basadas en un número específico de "puntos de control" que definirán la curva.

A modo de ejemplo, con referencia a la **Fig. 17**, dados cuatro puntos de control, P_0, P_1, P_2, P_3 , puede especificarse una función de la curva $P(t)$, donde t es un parámetro que varía desde 0 hasta 1. El punto en la curva puede calcularse de forma analítica, o puede obtenerse con el uso de una técnica de construcción gráfica, conocida como *de construcción de Casteljau*. Las etapas de la construcción de la curva son como sigue:

(1) En primer lugar, el segmento de línea P_0P_1 se subdivide en dos partes, en base a la relación, $P_0P_{01}: P_{01}P_1$ t es: $(1-t)$. Es decir, encontrar el punto P_{01} que subdivide el segmento de línea P_0P_1 en las subpartes t y $(1-t)$.

(2) De manera similar, encontrar el punto P_{12} en el segmento de línea P_1P_2 y el punto P_{23} en el segmento de línea P_2P_3 .

(3) De manera similar, encontrar el punto P_{02} en el segmento de línea P_0P_{12} y el punto P_{13} en el segmento de línea $P_{12}P_{23}$.

(4) Por último, encontrar el punto $P(t)$ que subdivide, en la misma manera, el segmento de línea $P_{02}P_{13}$.

Como puede observarse en la **Fig. 17**, a medida que t varía de 0 a 1, se establece una curva que se extiende desde P_0 hasta P_3 , es decir, $P(0) = P_0$ y $P(1) = P_3$. Además, la línea P_0P_1 es tangencial a la curva en P_0 y la línea P_2P_3 es tangencial a la curva en P_3 .

Por lo tanto, dados dos puntos, P_0 y P_1 , encontrar cada punto $P(t)$ en el segmento de línea que se extiende desde P_0 hasta P_1 se llama interpolación lineal, dada por la expresión $P(t) = (1-t) P_0 + t P_1$. Tenga en cuenta que cuando $t = 0$, $P(t) = P_0$ y cuando $t = 1$, $P(t) = P_1$. En la (llamada) subdivisión cada uno de los segmentos de línea descritos en la construcción anterior, encontrar un punto que subdivide el segmento de línea dado t es lo mismo que encontrar el punto en el segmento de línea que corresponde a t por la fórmula de interpolación lineal. Esta construcción (o idea de interpolación lineal) funciona muy bien con una especificación arbitraria de los puntos de control P_0 a través de P_3 en un plano, donde la curva resultante permanece en el plano. La construcción también funciona bien cuando uno especifica los puntos de control en tres dimensiones. Sin embargo, si se especifican los cuatro puntos en una superficie curva, la curva resultante no permanece necesariamente en la superficie curva. Es decir, si uno especifica todos los puntos de control en una esfera, entonces la curva resultante construida con el uso de la técnica anterior no mantiene la curva en la esfera.

Por lo tanto, las realizaciones del sistema de planeación de acuerdo con la presente invención emplean preferentemente una construcción modificada, que mantiene la curva en la superficie de la esfera de planeación. Consideremos dos puntos P_0 y P_1 situados en una esfera unitaria, con un centro C . Los tres puntos juntos forman un

plano, y el plano intersecan la esfera en un gran círculo. Los dos radios CP_0 y CP_1 delimitan un ángulo theta. Cada punto en la curva entre los dos puntos P_0 y P_1 pueden parametrizarse ahora por $P(t)$ de manera que $P_0P(t)$ forma un ángulo theta, y $P(t)P_1$ forma un ángulo $(1-t)$ theta, en el centro C. Este esquema de interpolación se llama interpolación lineal esférica, en la que la curva resultante $P(t)$ va desde P_0 hasta P_1 a medida que t varía de 0 a 1. Por lo tanto, dados cuatro puntos en una esfera $P_0, P_1, P_2,$ y P_3 , una curva Bezier puede diseñarse para situarse en la esfera similar a la construcción aplanada descrita anteriormente, a excepción de la subdivisión lineal (interpolación lineal) que se sustituye por la subdivisión angular (interpolación lineal esférica).

Se apreciará que una ventaja del uso de puntos de control es que algunos puntos de entrada del usuario pueden representar de otra manera un conjunto complicado de puntos que forman la curva de la línea de cabello. Por lo tanto, en el diseño de una curva de la línea de cabello, el usuario sólo necesita ajustar los puntos de control de forma interactiva hasta que la curva resultante es la curva deseada que está buscando el usuario. En una fórmula Bezier, la curva pasa a través de los primer y último puntos de control pero no los intermedios. Los puntos de control intermedios especifican la pendiente de la curva en el comienzo de la curva y al final de la curva. Los puntos de especificación en la curva y las pendientes de la curva pueden no ser intuitivas para el usuario, y pueden ser preferibles en lugar de especificar los puntos de control que se encuentran en la curva. Existe tal fórmula, y se llama estría Cardinal.

En el caso de una estría Cardinal, se especifican un conjunto de puntos de control $P_0, P_1... P_n$ en la curva. Para un par de puntos de control P_i y P_{i+1} , los puntos de control Bezier son como sigue: $B_0 = P_i; B_3 = P_{i+1}$. Se selecciona B_1 de manera que la pendiente respectiva de la curva en B_0 se define por P_{i+1} y P_{i-1} , se selecciona B_2 de manera que la pendiente de la curva en B_3 se define por P_{i+2} y P_i . La longitud de la tangente puede ajustarse para alterar el comportamiento de la curva. Una estría Catmull ROM es un caso especial de estría Cardinal, en donde se usa una longitud específica de la tangente para calcular B_1 y B_2 . Con el uso de estos cuatro puntos de control, puede calcularse una curva Bezier que pasa a través de P_{i-1} y P_i , según la fórmula Bezier descrita anteriormente. La fórmula de estría Cardinal garantiza que la curva pase a través de todos los puntos de control. Esta curva en la esfera puede proyectarse sobre la superficie del modelo de (cabeza/cuero cabelludo) de la superficie del cuerpo en 3D del paciente para diseñar la línea de cabello deseada para el paciente.

Una explicación más detallada e información adicional con respecto a las curvas Bezier puede encontrarse en http://en.wikipedia.org/wiki/Bezier_curve. Una explicación más detallada e información adicional con respecto a las estrías Cardinal puede encontrarse en http://en.wikipedia.org/wiki/Cardinal_spline. Una explicación más detallada e información adicional con respecto a las estrías Catmull-Rom puede encontrarse en http://en.wikipedia.org/wiki/Catmull-Rom_spline y <http://biblio.org/e-notes/Splines/Cardinal.htm>.

Una realización de un sistema de planeación de trasplante de cabello de la presente invención que emplea la representación Bezier modificada descrita anteriormente para la construcción de la curva de la línea de cabello se representa en la **Fig. 12**, en la que se han especificado cinco puntos de control (o "cabellos de control") 110A-110E por un usuario a través de una interfaz de usuario 112 para definir una curva de la línea de cabello inicial 111 en una superficie de modelado esférica 109. La interfaz de usuario 112 permite al usuario seleccionar una demostración de la línea de cabello (o demo) 114 o una demostración del área de cabello (demo) 116. En las realizaciones ilustradas, se ha seleccionado el demo de la línea de cabello 114, que permite las entradas de usuario adicionales que incluyen especificar una densidad, o separación 122 (en mm) entre las localizaciones de implante, y un factor de "aleatoriedad" 120.

Con referencia a la **Fig. 13**, una vez que se ha diseñado la curva de la línea de cabello 111 para la satisfacción inicial del usuario, es decir, mediante la manipulación de, o la adición de, los puntos de control 110A-110E, se determinan entonces automáticamente las localizaciones de implante de la unidad folicular real a lo largo de la curva de la línea de cabello por el modulo de planeación, dada una densidad especificada por el usuario en la selección de separación 122, con una unidad folicular por cada 1 mm especificado en la captura de pantalla de la interfaz de usuario en la **Fig. 13**. El sistema de planeación atraviesa entonces la curva 111 y coloca un sitio de implante de la unidad folicular 126 a cada 1 mm en la curva 111. Se añaden entonces los folículos pilosos 125 a lo largo de la línea de cabello propuesta 111 al seleccionar el artículo 118 en la interfaz de usuario 112. En la realización ilustrada, los folículos pilosos 125 se generan inicialmente por el sistema a lo largo de una curva 121 que se basa en los puntos de control idénticamente separados 120A-120E, que representan las puntas distales de los folículos pilosos 125. La longitud de los folículos pilosos 125 se supone que es uniforme.

Con referencia a la **Fig. 14**, los puntos de control de la punta distal 120A-120E puede manipularse entonces por el usuario para cambiar una dirección de los folículos pilosos, es decir, al cambiar la curva 121, sin cambiar la curva 111 (puntos 110A-110E). Como se apreciará puede localizarse el cambio en la dirección del folículo piloso en un área de la línea de cabello al desplazar solamente uno de los puntos de control distales ("direcciones de control"). Por lo tanto, con el uso de las direcciones de control, que son vectores de unidad (es decir, puntos en una esfera

unitaria), uno puede obtener la dirección de un folículo piloso dado 125 a lo largo de la línea de cabello 111 con el uso de la misma fórmula descrita anteriormente para las localizaciones de implante de la línea de cabello 126. La dirección y localización de la línea de cabello juntas especifican completamente la línea de cabello. Pueden replicarse las líneas de cabellos adicionales a partir de la línea de cabello inicial, y pueden añadirse detrás de la línea de cabello inicial para añadir algo de grosor. El número de veces que se replica la línea de cabello puede especificarse por el usuario, dentro de un límite razonable. Cada una de las curvas puede ajustarse por el usuario al ajustar los puntos de control y direcciones de control.

La Fig. 15 representa los folículos pilosos 125 de la curva de la línea de cabello 111, con la densidad (es decir, entrada de separación 122) de las localizaciones de implante 126 cambiada a partir de cada 1 mm en la curva 111 a cada 3 mm. **La Fig. 16** representa los folículos pilosos 125 de la curva de la línea de cabello 111, con la densidad por cada 3 mm, y con la aleatoriedad 120 especificada por el usuario en 1.0 mm. En otras palabras, cada localización de unidad folicular 126 se altera por 1 mm aleatoriamente, y las localizaciones resultantes se usan por el sistema de planeación para los lugares de implante, en lugar de a lo largo de una curva uniforme.

El diseño de parche de cabello, o "Demo de área de cabello" 116, no se muestra pero es sustancialmente similar al demo de la línea de cabello 114, en donde cada parche se limita por una curva cerrada que se describe por los puntos y direcciones de control específicos (orientaciones del folículo piloso). El parche de cabellos se rellena entonces, se digitaliza, y se coloca aleatoriamente por el sistema de planeación, de acuerdo con la densidad y aleatoriedad especificada por el usuario. Se apreciará además que, adicionalmente a las representaciones gráficas del cuero cabelludo del paciente después del implante, el sistema de planeación dará salida a un conjunto de coordenadas que representan la recolección de la unidad folicular específica y las localizaciones de implante (y, en el último caso, las direcciones de implante), que pueden usarse por un sistema de trasplante de la unidad folicular pilosa automatizada (por ejemplo, robótica), tales como la descrita en la solicitud de patente de Estado Unidos número de serie 11/380,907.

Las realizaciones ilustradas y descritas anteriormente de la invención son susceptibles a varias modificaciones y formas alternativas, y debe entenderse que la invención generalmente, así como también las realizaciones específicas descritas en la misma, no se limitan a las formas o métodos particulares descritos, sino también cubren todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. A modo de ejemplo no limitante, se apreciará por los expertos en la materia que los sistemas de planeación y métodos de su uso no se limitan al uso de un sistema de trasplante automatizado (por ejemplo, robótico), y que el sistema de planeación y métodos pueden usarse también para planear los procedimientos de trasplante que emplean sistemas y aparatos semiautomatizados y manuales para llevar a cabo el procedimiento de trasplante. Ejemplos adicionales de la invención se describen mediante las siguientes cláusulas.

1. Un sistema para crear un plan para el trasplante cosmético de unidades foliculares de cabello en una superficie corporal, que comprende:

una interfaz de usuario que incluye un procesador controlado por software y un dispositivo de entrada de usuario, en el que el procesador está configurado para mostrar un modelo tridimensional del cuerpo y generar y mostrar en el modelo las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas y las orientaciones de los folículos pilosos basadas en puntos de control especificados y orientaciones en los puntos de control,

en el que un usuario puede ajustar interactivamente las posiciones y orientaciones del punto de control para ajustar correspondientemente las ubicaciones de implantación de la unidad folicular propuesta y las orientaciones del folículo piloso.

2. El sistema de la cláusula 1, en el que el procesador está configurado además para procesar imágenes de la superficie corporal para generar el modelo tridimensional.

3. El sistema de las cláusulas 1 o 2, en el que los puntos de control son seleccionados por el usuario, generados automáticamente o una combinación de ambos.

4. El sistema de cualquiera de las cláusulas 1-3, en el que se generan ubicaciones y orientaciones de implantación de unidades foliculares a partir de los puntos de control utilizando técnicas de interpolación.

5. El sistema de la cláusula 4, en el que las ubicaciones de implantación de unidades foliculares están además aleatorizadas.

6. El sistema de cualquiera de las cláusulas 1-5, en el que el usuario puede ajustar interactivamente una o más de una respectiva densidad, dirección, profundidad del implante, grado de aleatorización, aspecto general de las unidades foliculares en las ubicaciones de implantación de unidad folicular propuestas.
- 5 7. El sistema de cualquiera de las cláusulas 1-6, en el que las ubicaciones de implantación de unidad folicular propuestas comprenden una línea de cabello planificada.
8. El sistema de cualquiera de las cláusulas 1-6, en el que las ubicaciones de implante de unidad folicular propuestas comprenden un límite planificado de un área de parche de cabello.
- 10 9. El sistema de la cláusula 3, en el que el procesador está configurado para determinar y mostrar en el modelo propuestas ubicaciones adicionales de implantación de unidades foliculares y orientaciones de folículos pilosos dispuestas en una configuración de una o más líneas de cabello adicionales que substancialmente replican la línea de cabello planificada.
- 10 10. El sistema de la cláusula 9, en el que el usuario puede especificar el número de veces que se repita la línea de cabello.
- 15 11. El sistema de la cláusula 8, en el que el procesador está configurado para determinar y mostrar en el modelo propuesto ubicaciones adicionales de implantación de unidades foliculares y orientaciones de folículos pilosos dentro de un interior del área de parche de cabello definida por el límite de acuerdo con uno o más parámetros especificados por el usuario.
- 20 12. El sistema de cualquiera de las cláusulas 1-11, en el que las orientaciones del folículo piloso comprenden direcciones relativas a la superficie corporal de folículos pilosos que crecen a partir de unidades foliculares de cabello implantadas respectivas.
13. El sistema de la cláusula 1, en el que las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas se generan usando una construcción de curvas basada en las ubicaciones de los puntos de control.
14. El sistema de la cláusula 1, en el que las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas se generan usando una construcción de curva interpolada modificada.
- 25 15. El sistema de cualquiera de las cláusulas 1-14, en el que el procesador está configurado para mostrar en el modelo de superficie corporal una representación gráfica de folículos pilosos que crecen desde ubicaciones planificadas de implantación de unidades foliculares.
- 30 16. El sistema de cualquiera de las cláusulas 1-15, en el que el procesador está configurado para mostrar en el modelo de superficie corporal un límite propuesto de un área donante para recolectar unidades foliculares, y en el que el límite de área donante propuesto se determina originalmente, se modifica posteriormente o ambos, basado en la entrada recibida a través del dispositivo de entrada del usuario.
17. El sistema de la cláusula 16, en el que el límite de área donante propuesto se determina basado al menos en parte en una o más de
- una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente disponible para recolección desde el área donante,
- 35 una cantidad de cada uno de un tipo de la unidad folicular existente que se va a implantar, y
- una densidad mínima de unidades foliculares que quedará restante en el área del donante después de la recolección seleccionada de otras unidades foliculares.
18. El sistema de la cláusula 1, en el que el plan se introduce utilizando un dispositivo de almacenamiento o un servidor remoto.
- 40 19. El sistema de la cláusula 1, en el que el modelo de la superficie corporal comprende además características adicionales específicas para los folículos pilosos que se derivan de las imágenes, entrada a través de la interfaz de usuario, o ambas cosas.

20. El sistema de la cláusula 1, en el que una o más de las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas se generan usando una técnica de representación de Bezier o una construcción de curva spline Cardinal.
21. El sistema de la cláusula 1, en el que las ubicaciones y orientaciones de implantación de la unidad folicular propuestas están basadas al menos en parte en un atributo de unidades foliculares existentes en un área donante identificada de la superficie corporal y seleccionadas del grupo que comprende
- 5 una mezcla de tipo de unidad folicular,
una cantidad de cada tipo de unidad folicular,
un grosor relativo de los folículos pilosos que crecen a partir de las unidades foliculares,
una dirección de los folículos pilosos que crecen a partir de las unidades foliculares,
- 10 un color de los folículos pilosos que crecen a partir de las unidades foliculares y
una aleatoriedad de las unidades foliculares.
22. Un sistema para crear un plan para el trasplante cosmético de unidades foliculares de cabello en una superficie corporal, que comprende:
- 15 una interfaz de usuario que incluye un procesador controlado por software y un dispositivo de entrada de usuario, en el que el procesador está configurado para mostrar en un modelo tridimensional de la superficie corporal una o más áreas de receptor de unidad folicular propuestas,
en donde la interfaz de usuario está configurada para generar y mostrar uno o más menús de entrada para recibir entradas de usuario a través del dispositivo de entrada de usuario para definir y ajustar la una o más áreas de receptor propuestas.
- 20 23. El sistema de la cláusula 22, en el que la una o más áreas receptoras comprenden una línea de cabello .
24. El sistema de la cláusula 22 o 23, en el que la una o más áreas receptoras comprenden un área de parche capilar.
25. El sistema de cualquiera de las cláusulas 22-24, en el que el uno o más menús de entrada de interfaz de usuario incluyen un menú de diseño de cabello, un menú de donante de cabello y un menú de finalización de cabello.
- 25 26. El sistema de la cláusula 25, en el que el menú de diseño de cabello está configurado para recibir entradas de usuario relacionadas con uno o más de:
- planificación de línea de cabello,
planificación de área de parche de cabello y
- 30 una solicitud seleccionada por el usuario para que el sistema genere automáticamente uno o ambos de la línea planificada del cabello, y un área de parche planificada.
27. El sistema de la cláusula 26, en el que el procesador está configurado para generar y mostrar en el modelo propuesto ubicaciones de implantación de unidades foliculares y orientaciones foliculares de cabello basadas en entradas de usuario recibidas a través de los respectivos planes de planificación de cabello y menús de planificación de área de parche.
- 35 28. El sistema de la cláusula 25, en el que el menú de diseño de cabello está configurado para recibir entradas de usuario relacionadas con la planificación de área de donante, incluyendo una solicitud seleccionada por el usuario para que el sistema genere automáticamente un área de donante planificada.
29. El sistema de la cláusula 25, en el que el menú de finalización de cabello está configurado para recibir entradas de usuario relacionadas con uno o más de guardar, transmitir, recibir y revisar un plan de procedimiento de trasplante completado o parcialmente completado.
- 40

30. Un método para crear un plan para el trasplante cosmético de unidades foliculares de cabello en una superficie corporal, que comprende:
- mostrar un modelo tridimensional de la superficie corporal,
- 5 generar y mostrar en el modelo propuesto ubicaciones de implantación de unidades foliculares y orientaciones de folículos pilosos basadas en puntos de control especificados y orientaciones en los puntos de control; y
- ajustar interactivamente las ubicaciones y orientaciones de los puntos de control para ajustar correspondientemente las ubicaciones de implantación de la unidad folicular propuestas y las orientaciones de los folículos pilosos.
31. El método de la cláusula 30, que comprende además procesar imágenes de una superficie corporal para generar el modelo tridimensional de la superficie corporal.
- 10 32. El método de la cláusula 30 o 31, en el que los puntos de control y las orientaciones en los puntos de control son seleccionados por el usuario, generados automáticamente o especificados por combinación de ambos.
33. El método de las cláusulas 30-32, que comprende además el uso de técnicas de interpolación para generar ubicaciones y orientaciones de implantación de unidades foliculares.
34. El método de las cláusulas 30-33, que comprende además aleatorizar ubicaciones de unidades foliculares.
- 15 35. El método de la cláusula 30, que comprende además ajustar interactivamente una o más de una respectiva densidad, dirección, profundidad del implante, un grado de aleatorización y apariencia general de las unidades foliculares en las ubicaciones de implante de unidad folicular propuestas.
36. El método de las cláusulas 30-35, en el que las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas comprenden una línea de cabello planificada.
- 20 37. El método de las cláusulas 30-35, en el que las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas comprenden un límite planificado de un área de parche de cabello.
38. El método de la cláusula 36, que comprende además determinar y mostrar en el modelo propuesto ubicaciones adicionales de implantación de unidades foliculares y orientaciones de folículos pilosos dispuestos en una configuración de una o más líneas de cabello planificadas adicionales que substancialmente replican la línea de
- 25 cabello planificada.
39. El método de la cláusula 34, que comprende además determinar y mostrar en el modelo propuesto ubicaciones adicionales de implantación de unidades foliculares y orientaciones de folículos pilosos dentro de un interior del área de parche de cabello definido por el límite de acuerdo con uno o ambos de una densidad y un grado de aleatorización.
- 30 40. El método de cualquiera de las cláusulas 30-39, en el que una o ambas ubicaciones del punto de control y las orientaciones del folículo piloso son generadas inicialmente por el procesador.
41. El método de la cláusula 30, en el que las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas se generan usando una construcción de curvas basada en las ubicaciones de los puntos de control.
- 35 42. El método de la cláusula 30, en el que las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas se generan usando una construcción de curva interpolada modificada.
43. El método de cualquiera de las cláusulas 30-42, que comprende además mostrar en la superficie corporal un modelo de representación gráfica de los folículos pilosos que crecen desde las ubicaciones planificadas de implantación de unidades foliculares.
- 40 44. El método de cualquiera de las cláusulas 30-43, que comprende además mostrar en el modelo de superficie corporal un límite propuesto de un área donante para recolectar unidades foliculares.
45. El método de la cláusula 44, en el que el límite de área de donante propuesto se determina originalmente, posteriormente se modifica, o ambos, basándose en la entrada del usuario.

- 5 46. El método de la cláusula 44, en el que el límite de área donante propuesto se determina basado al menos en parte en una o más de una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente disponible para recolección desde el área donante, una cantidad de cada uno de un tipo de la unidad folicular existente que se va a implantar, y una densidad mínima de unidades foliculares que quedará restante en el área del donante después de la recolección seleccionada de otras unidades foliculares.
47. El método de cualquiera de las cláusulas 30-46, en el que el modelo de superficie corporal es generado por un escáner 3D.
- 10 48. El método de cualquiera de las cláusulas 30-47, en el que el modelo de la superficie corporal comprende además características adicionales específicas para los folículos pilosos que se derivan de las imágenes, la entrada por un usuario, o ambas cosas.
49. El método de la cláusula 30, en el que una o más de las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas se generan usando una representación de Bezier o una construcción de curva spline Cardinal.
- 15 50. El método de la cláusula 30, en el que las ubicaciones y orientaciones de implantación de unidad folicular propuestas están basadas al menos en parte en un atributo de unidades foliculares existentes en un área donante identificada de la superficie corporal y seleccionadas del grupo que comprende
- una mezcla de tipo de unidad folicular,
- una cantidad de cada tipo de unidad folicular,
- un grosor relativo de los folículos pilosos que crecen a partir de las unidades foliculares, una dirección de los folículos pilosos que crecen a partir de las unidades foliculares,
- 20 un color de los folículos pilosos que crecen a partir de las unidades foliculares y
- una aleatoriedad de las unidades foliculares.
51. Un sistema para crear un plan para eliminar unidades foliculares de cabello de una superficie corporal, que comprende:
- 25 una interfaz de usuario que incluye un procesador controlado por software y un dispositivo de entrada de usuario, en el que el procesador está configurado para mostrar un modelo tridimensional de la superficie corporal y para generar y mostrar un área propuesta de eliminación de cabello en el modelo de superficie corporal, y
- en el que la interfaz de usuario está configurada para generar y mostrar uno o más menús de entrada para recibir entradas de usuario para ajustar el área de eliminación de cabello propuesta.
- 30 52. El sistema de la cláusula 51, en el que el uno o más menús de entrada incluyen un menú de entrada para recibir entradas de usuario a través del dispositivo de entrada de usuario para definir inicialmente el área de eliminación de cabello propuesta.
53. El sistema de la cláusula 51, en el que la interfaz de usuario está configurada para generar automáticamente el área de eliminación de cabello propuesta.
- 35 54. El sistema de la cláusula 51, en el que la interfaz de usuario genera el área de eliminación de cabello propuesta basada al menos en parte en una densidad de unidades foliculares existentes disponibles para la eliminación del área de eliminación de cabello propuesta.
55. El sistema de la cláusula 53 o 54, en el que la interfaz de usuario genera el área de eliminación de cabello propuesta, basada al menos en parte en una densidad mínima de unidades foliculares que queda restante en el área de eliminación de cabello propuesta después de la eliminación seleccionada de otras unidades foliculares.
- 40 56. El sistema de cualquiera de las cláusulas 53-55, en el que la interfaz de usuario genera el área de eliminación de cabello propuesta basada al menos en parte en una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente disponible para la eliminación del área de eliminación de cabello propuesta.

57. El sistema de cualquiera de las cláusulas 53-56, en el que la interfaz de usuario genera el área de eliminación de cabello propuesta basada al menos en parte en una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente para ser implantada en otra área de la superficie corporal.
- 5 58. Un método para crear un plan para eliminar unidades foliculares de cabello de una superficie corporal, que comprende:
- mostrar un modelo tridimensional de una superficie corporal;
- mostrar un área propuesta de eliminación en el modelo de superficie corporal; y
- generar y mostrar uno o más menús de entrada para recibir entradas de usuario para ajustar el área de eliminación de cabello propuesta.
- 10 59. El método de la cláusula 58, el uno o más menús de entrada que incluyen un menú de entrada para recibir entradas de usuario a través del dispositivo de entrada de usuario para definir inicialmente el área de eliminación de cabello propuesta.
60. El método de la cláusula 58, que comprende además generar automáticamente el área de eliminación de cabello propuesta.
- 15 61. El método de la cláusula 58, que comprende además generar el área de eliminación de cabello propuesta basada al menos en parte en una densidad de unidades foliculares existentes disponibles para la eliminación del área de eliminación de cabello propuesta.
- 20 62. El método de la cláusula 58, que comprende además generar el área de eliminación de cabello propuesta basada al menos en parte en una densidad mínima de unidades foliculares que quedará restante en el área de eliminación de cabello propuesta después de la eliminación seleccionada de otras unidades foliculares.
63. El método de la cláusula 58, que comprende además generar el área de eliminación de cabello propuesta basada al menos en parte en una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente disponible para la eliminación del área de eliminación de cabello propuesta.
- 25 64. El método de la cláusula 58, que comprende además generar el área de eliminación de cabello propuesta basada al menos en parte en una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente para ser implantada en otra área de la superficie corporal.

REIVINDICACIONES

1. Un método para crear un plan para el trasplante de unidades foliculares de cabello, comprendiendo el método:
- 5 generar en un modelo tridimensional de una superficie corporal una curva límite que tiene ubicaciones de implantación de unidades foliculares y orientaciones de folículos pilosos, al menos algunas de las ubicaciones de implantación de unidades foliculares y las orientaciones de folículos pilosos generadas automáticamente sobre la base de puntos de control y orientaciones especificados en los puntos de control, y las ubicaciones de implantación de unidad folicular generadas automáticamente están además a los puntos de control;
- 10 ajustar una ubicación y/u orientación de al menos uno de los puntos de control para hacer que un procesador genere una curva de límite ajustada, en donde 1) si se ajusta la ubicación del al menos uno de los puntos de control, más de una de las ubicaciones de implatación folicular se ajustan, o 2) si se ajusta la orientación de al menos uno de los puntos de control, se ajustan las orientaciones de más de uno de los folículos pilosos de la curva límite.
2. El método de la reivindicación 1, en el que el ajuste comprende usar un movimiento de clic y de arrastre de un dispositivo de entrada.
- 15 3. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que los puntos de control y/o las orientaciones en los puntos de control son seleccionados por el usuario, generados automáticamente o especificados por una combinación de ambos.
- 20 4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además el uso de técnicas de interpolación para generar las ubicaciones y/u orientaciones de ubicación de implantación de unidades foliculares, preferiblemente en las que al menos una de las ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas y/o al menos una de las orientaciones de los folículos pilosos se calcula analíticamente, generándose mediante una técnica de construcción gráfica, una técnica de Bezier, una técnica de spline Cardinal o una técnica de interpolación b-spline.
- 25 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, que comprende además ajustar una o más de una respectiva densidad, dirección, profundidad del implante, un grado de aleatorización o apariencia general de las unidades foliculares en las ubicaciones de implantación de unidad folicular propuestas.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, comprendiendo el método una o una combinación de las técnicas siguientes: introducir el plan a través de una interfaz de usuario, introducir o descargar el plan desde un dispositivo de almacenamiento o un servidor remoto, determinar el plan en tiempo real.
- 30 7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además registrar el plano con la superficie corporal, preferiblemente usando una o más cámaras, y preferiblemente identificar y registrar uno o más marcadores o hitos en la superficie corporal.
8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende además transferir el plan a un sistema robótico para el trasplante de cabello.
- 35 9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que el método se implementa a través de Internet, preferiblemente interactuando con un servidor remoto u ordenador, y preferiblemente descargando uno o más módulos de software desde una ubicación remota para uso temporal o permanente.
- 40 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además generar y mostrar el modelo tridimensional de la superficie corporal, preferiblemente procesando imágenes múltiples de la superficie corporal, y preferiblemente basándose en entradas relacionadas con una o más características de la siguiente lista: raza, sexo, edad, origen étnico, color del cabello, densidad, tosquedad del cabello, puntos característicos de una o más de las imágenes múltiples, forma de una cabeza o superficie corporal.
- 45 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, que comprende además mostrar uno o más menús de entrada para recibir entradas de usuario, preferiblemente en las que las entradas de usuario comprenden instrucciones relativas al ahorro, transmisión, recepción, ajuste o revisión de un plan de trasplante de cabello completado o parcialmente completado , y preferiblemente en el que el método comprende mostrar una o más imágenes de la siguiente lista: imágenes que comprenden un modelo inicial, un modelo de una región receptora

durante el proceso de planificación, un modelo de una región donante durante el proceso de planificación o una representación post-trasplante de la superficie corporal.

5 12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que la curva de límite comprende un límite de un área de parche de cabello, comprendiendo además el método determinar y mostrar en el modelo propuesto ubicaciones de implantación de unidades foliculares adicionales y orientaciones de folículos pilosos dentro de un interior del área del parche de cabello definido por el límite de acuerdo con uno o más parámetros.

10 13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, que comprende además generar un área de eliminación de cabello propuesta, en la que la generación se basa, al menos en parte, en 1) una densidad mínima de unidades foliculares que quedará restante en el área de eliminación de cabello de otras unidades foliculares, 2) una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente disponible para la remoción del área de depilación propuesta, o 3) una cantidad de cada uno de un tipo de unidad folicular existente para ser implantada en otra área del área de superficie corporal.

15 14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-13, que comprende además mostrar en la superficie corporal una representación gráfica de folículos pilosos que crecen desde cualquiera de las ubicaciones planificadas de implantación de unidades foliculares.

15 15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-14, que comprende además determinar ubicaciones de implantación de unidades foliculares propuestas adicionales y orientaciones de folículos pilosos en una o más áreas receptoras de cabello.



FIG. 1.B



FIG. 1.A

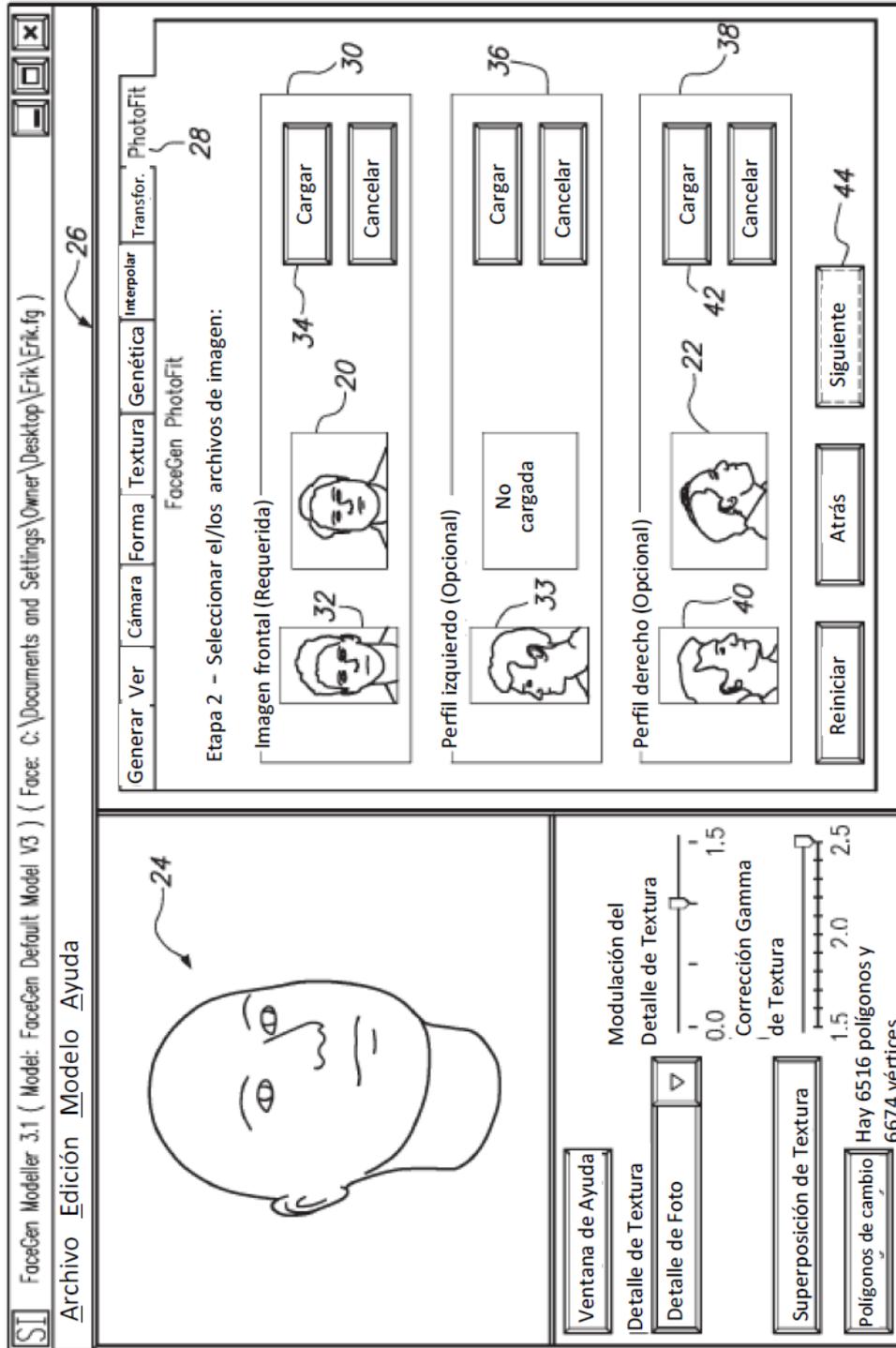


FIG. 2

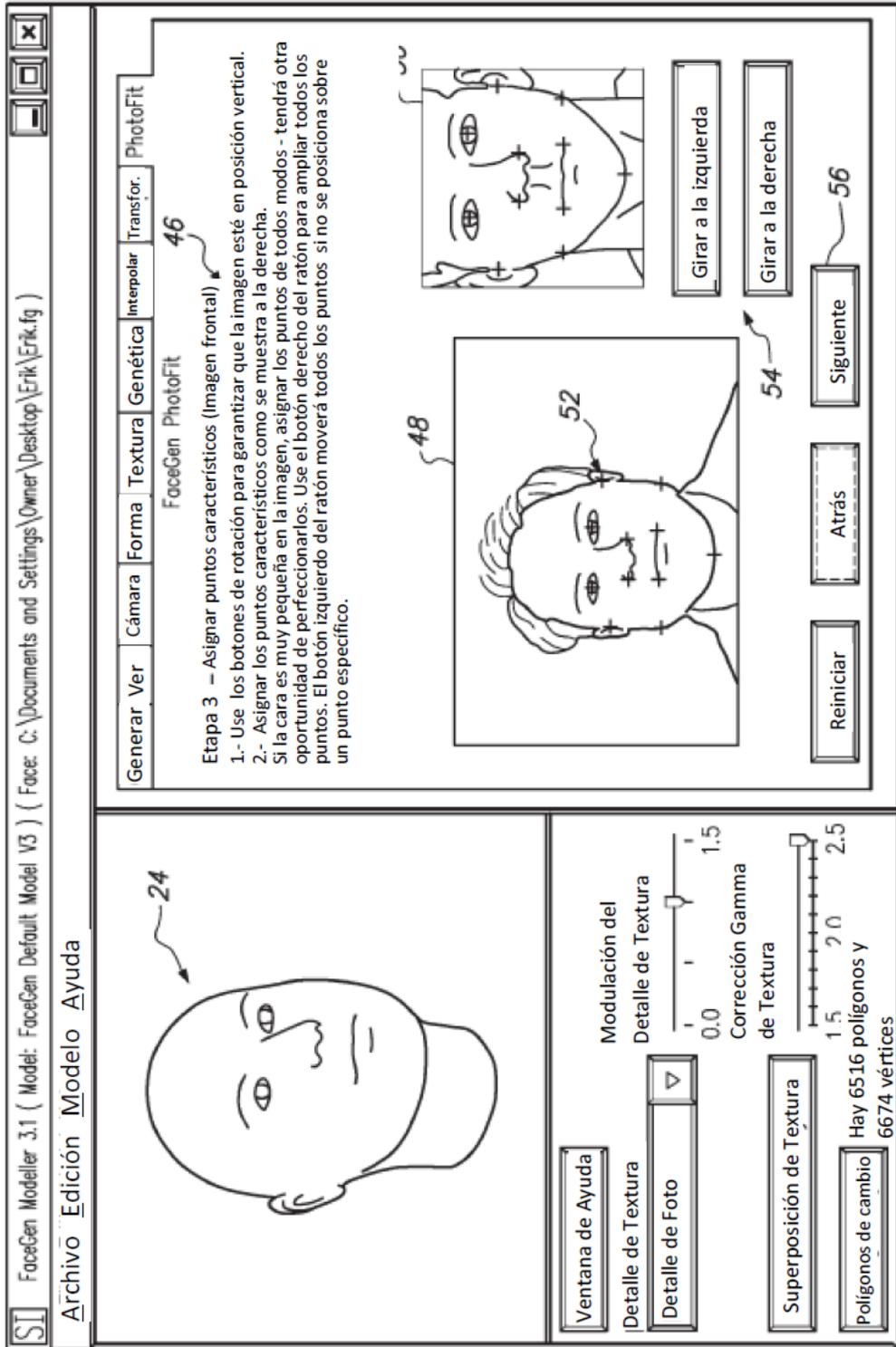


FIG. 3

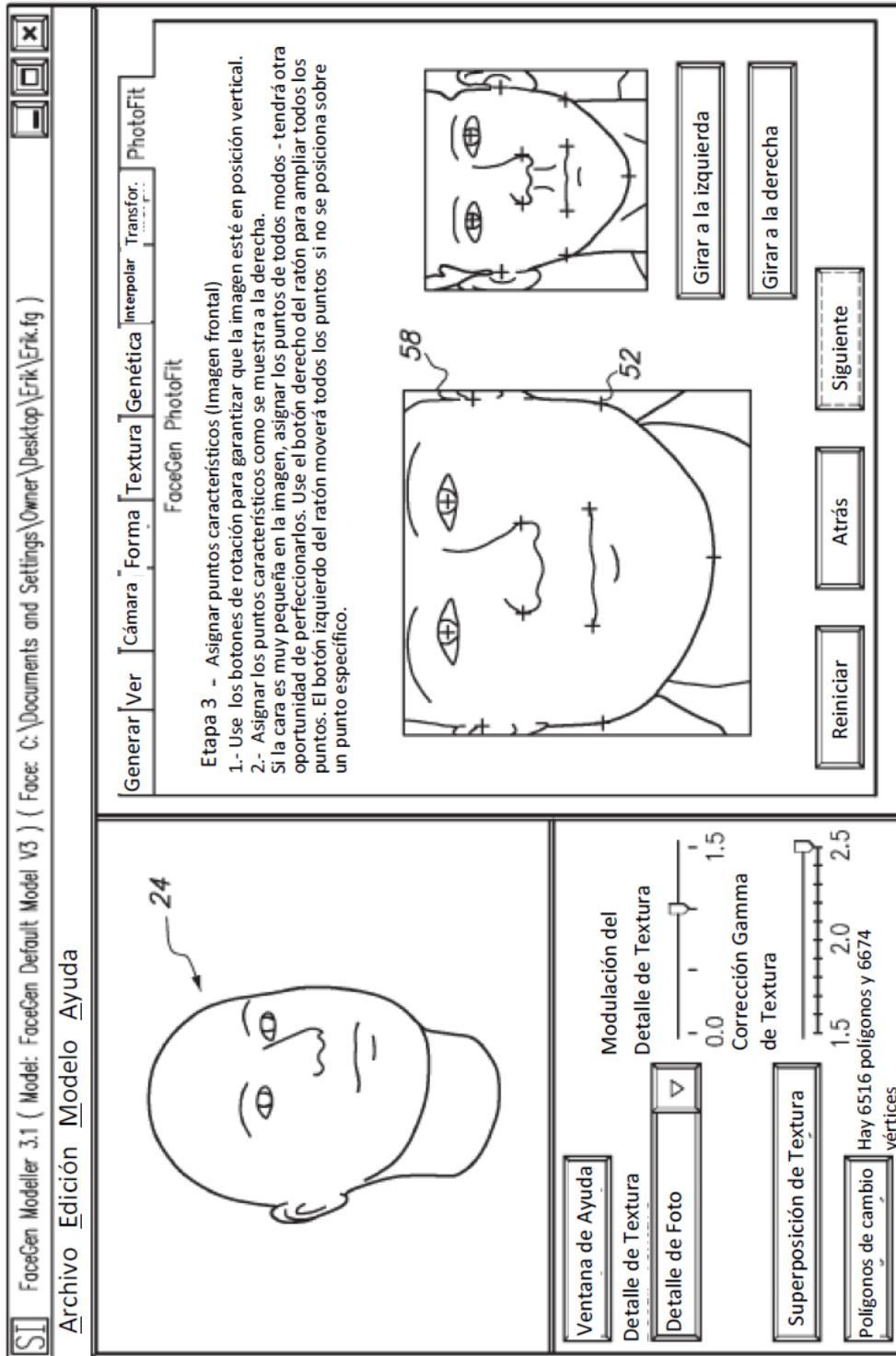


FIG. 4

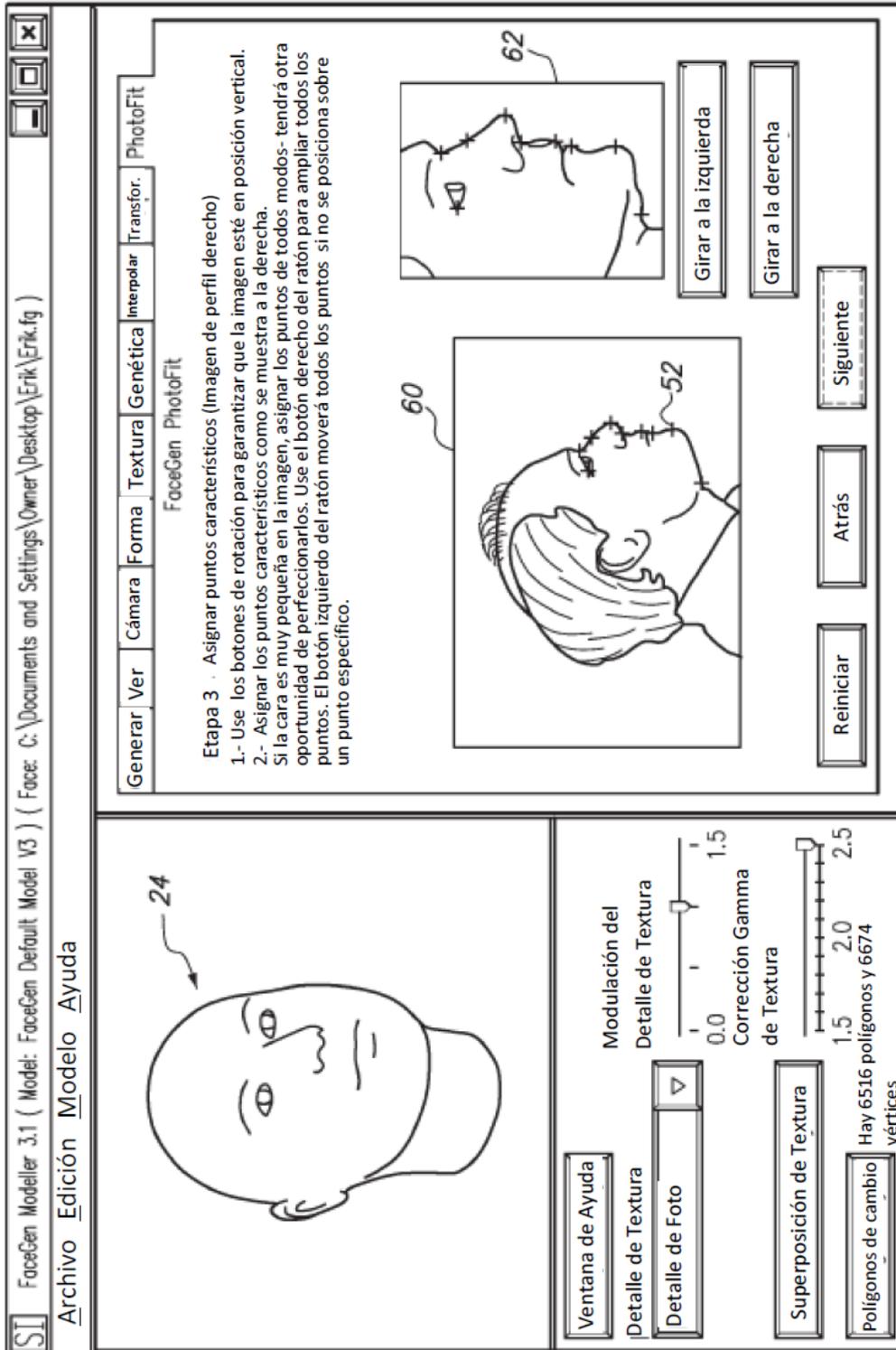


FIG. 5

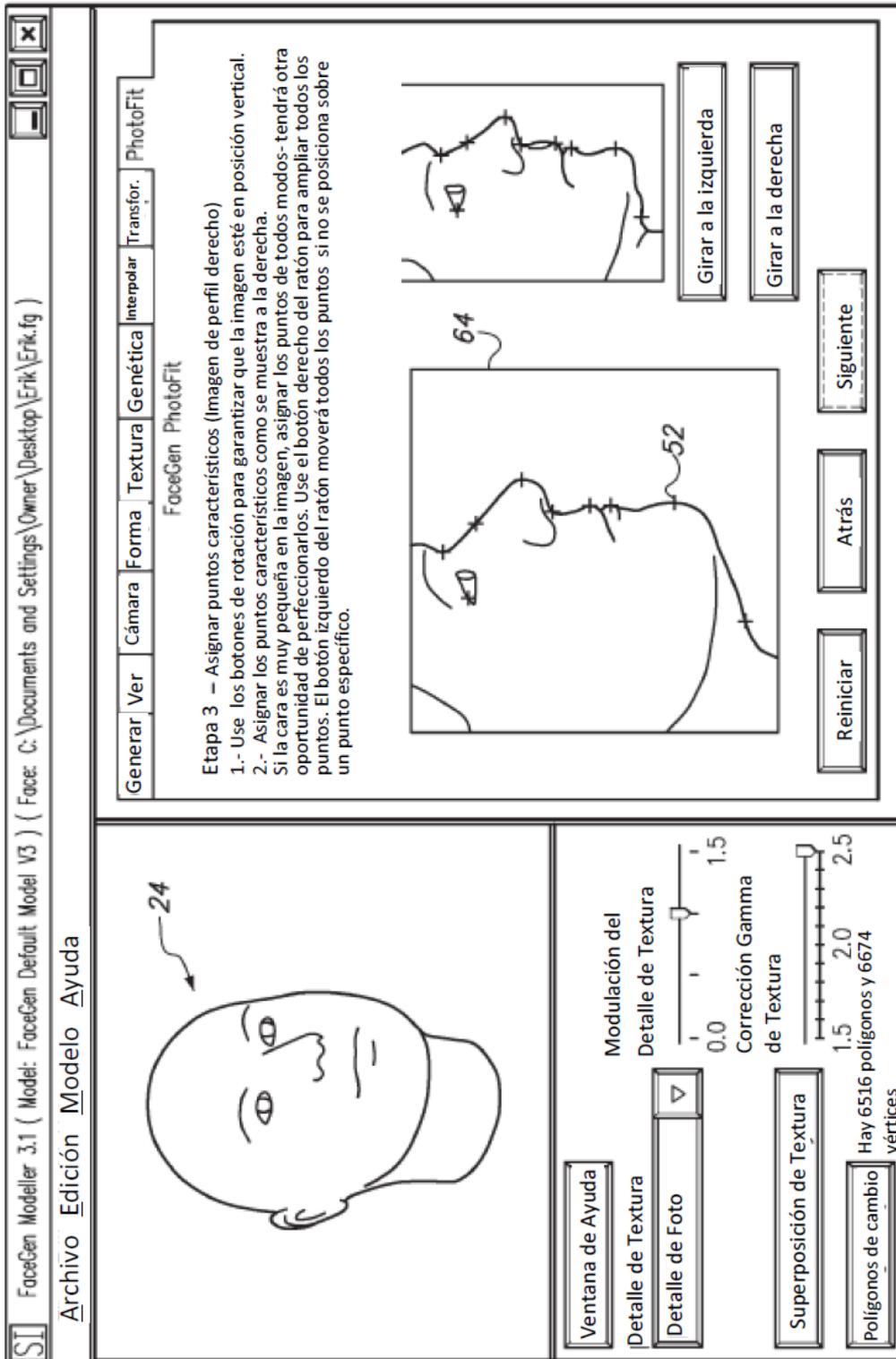


FIG. 6

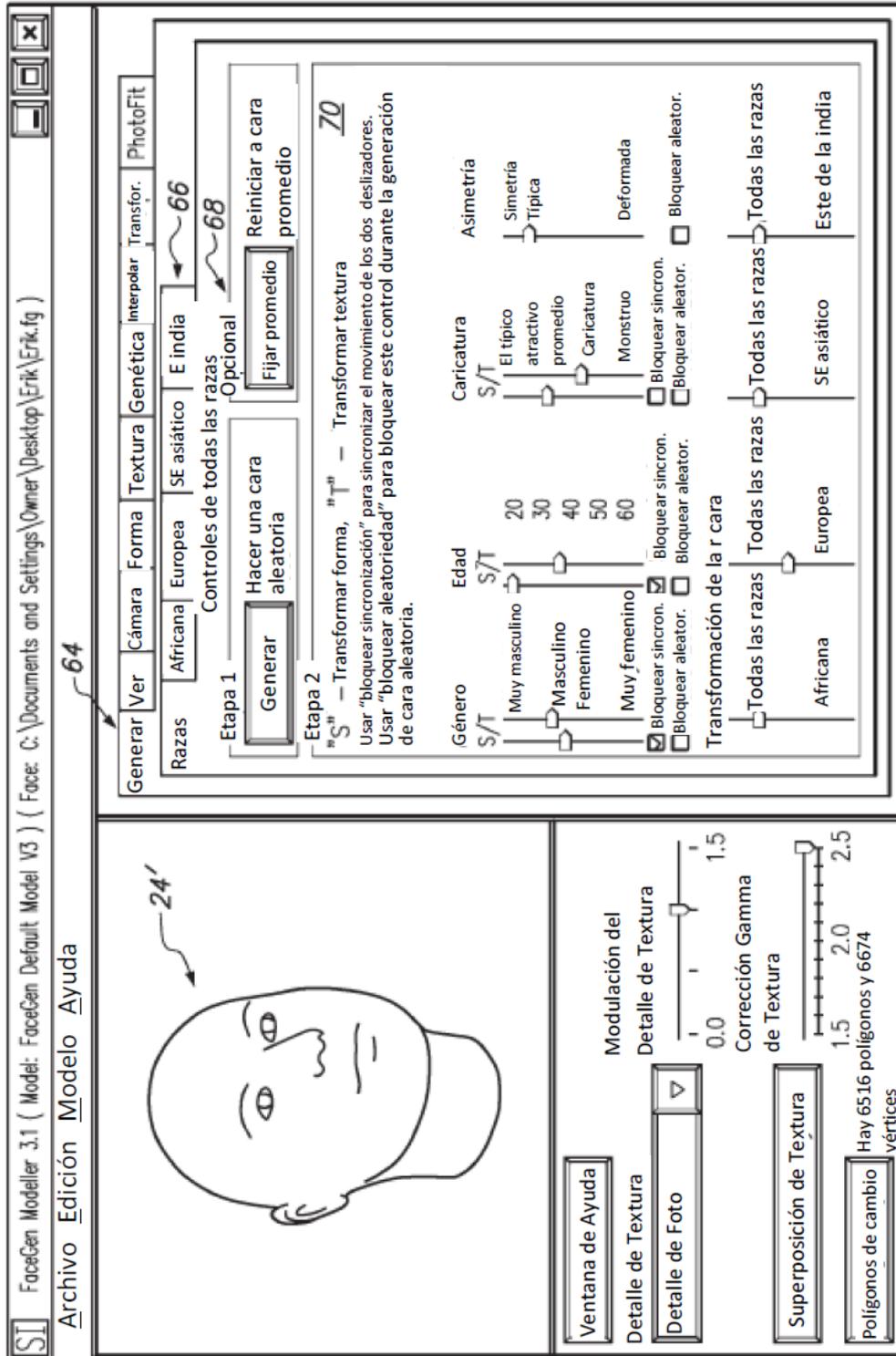


FIG. 7

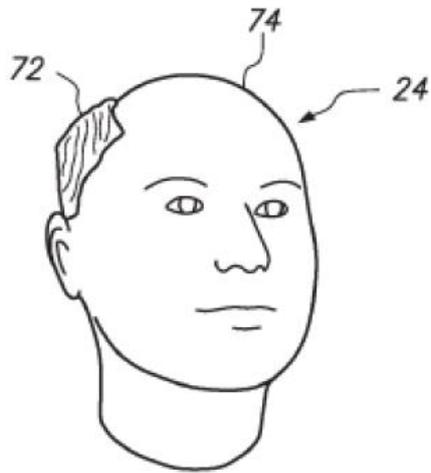


FIG. 8A

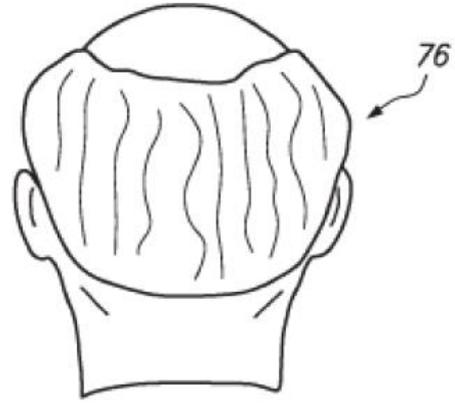


FIG. 8B



FIG. 9



FIG. 10

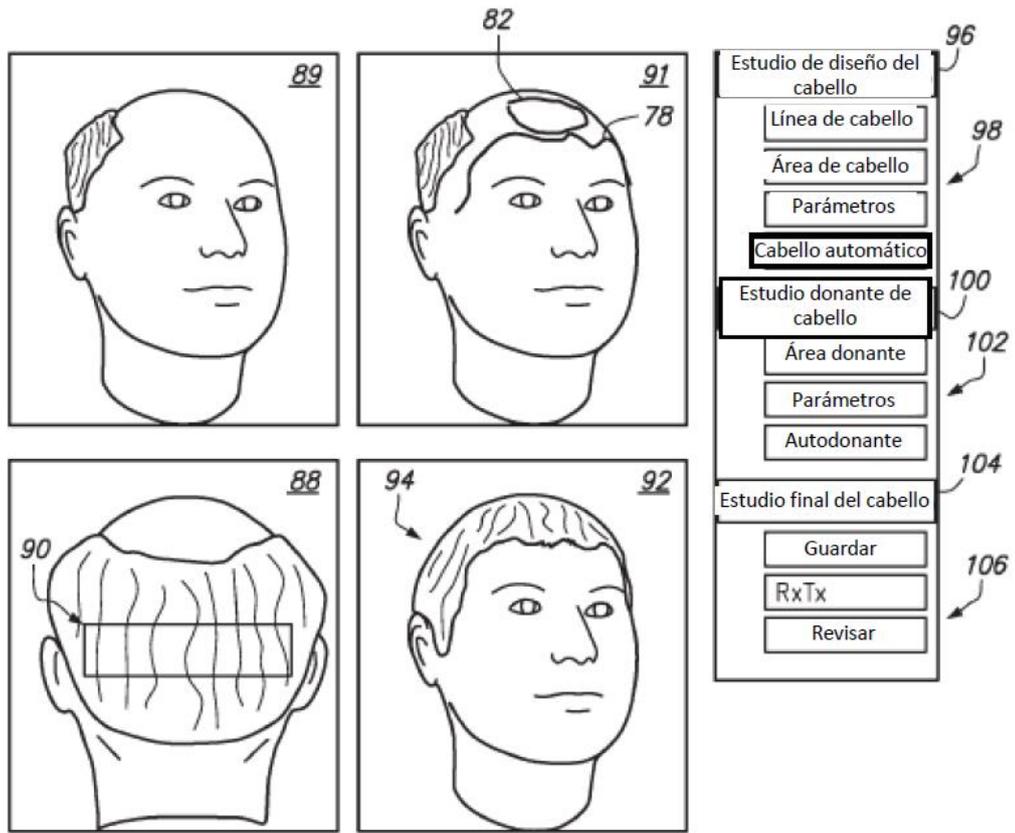


FIG. 11

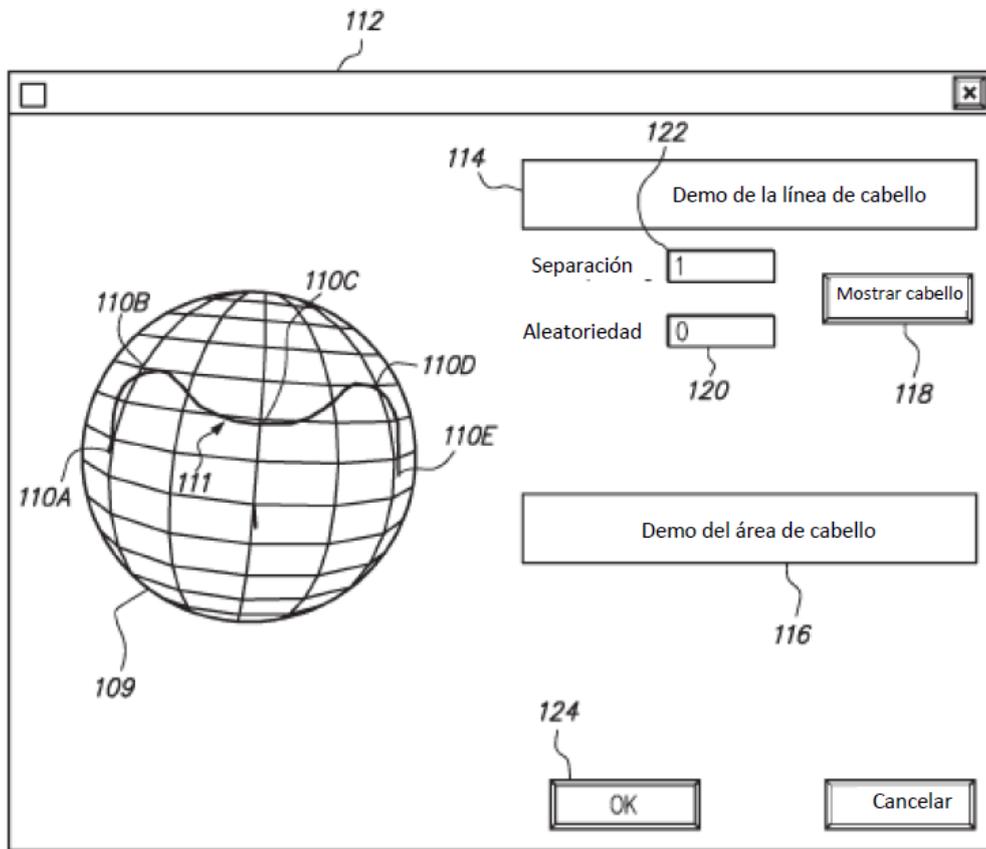


FIG. 12

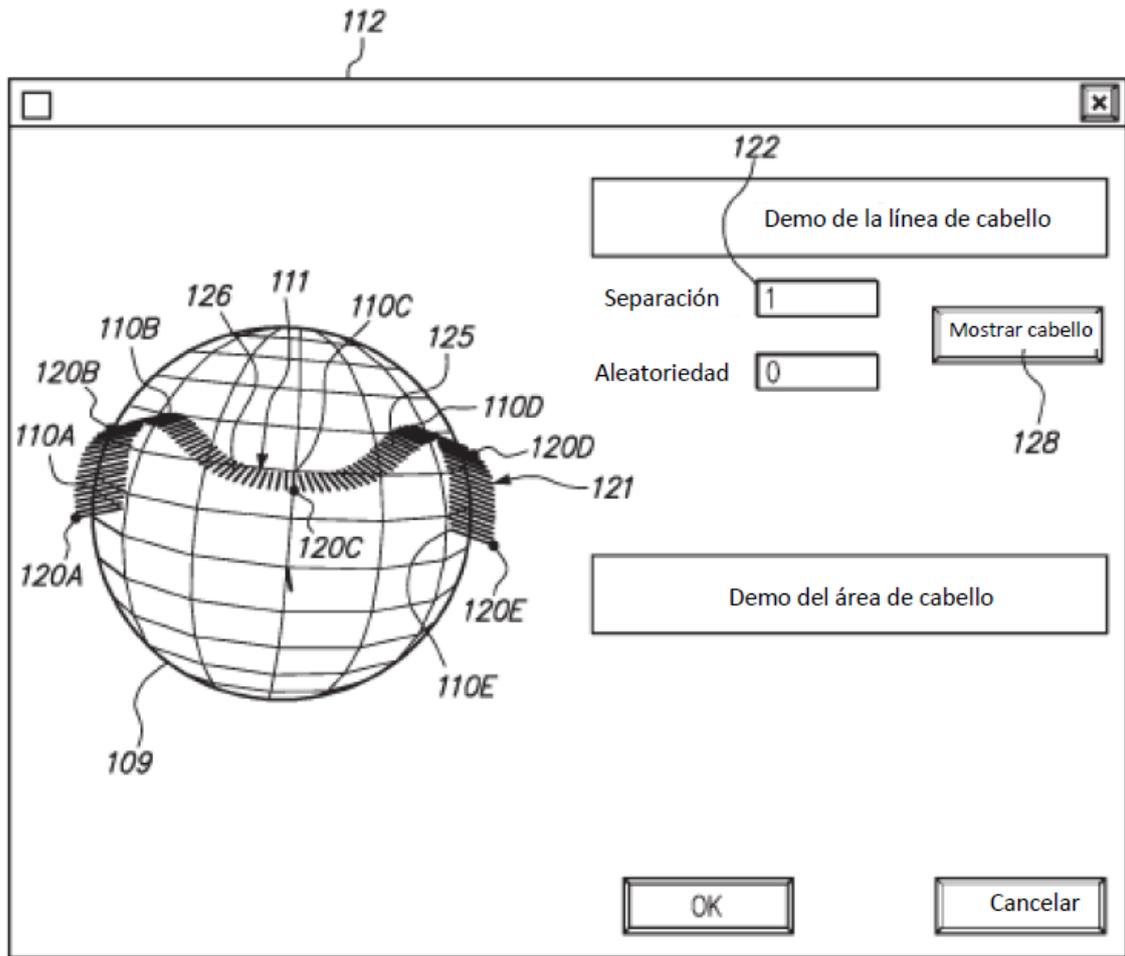


FIG. 13

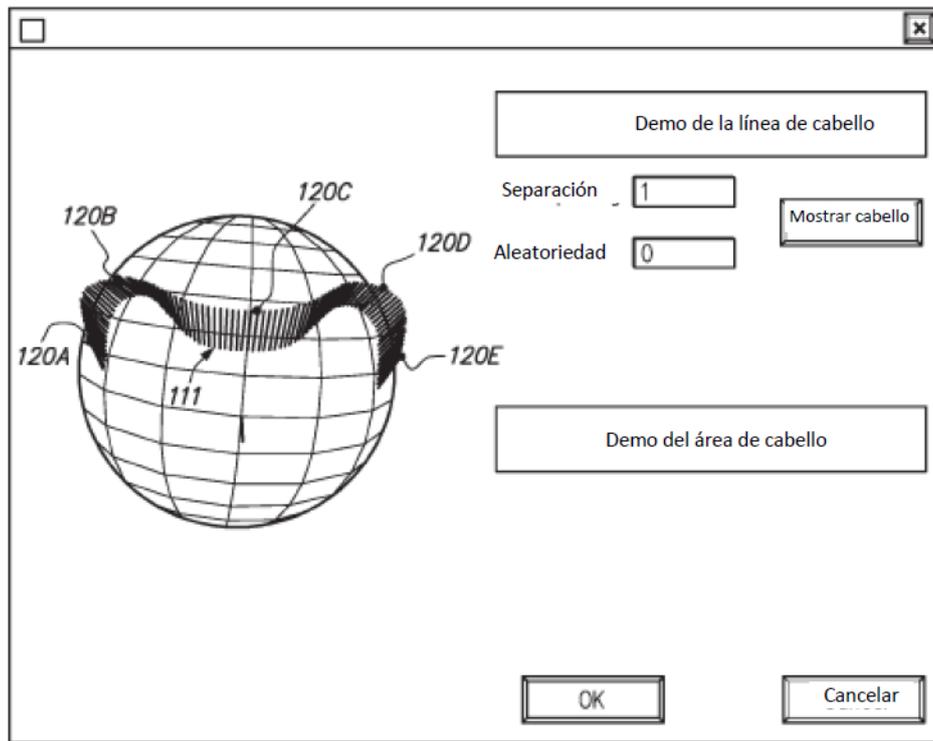


FIG. 14

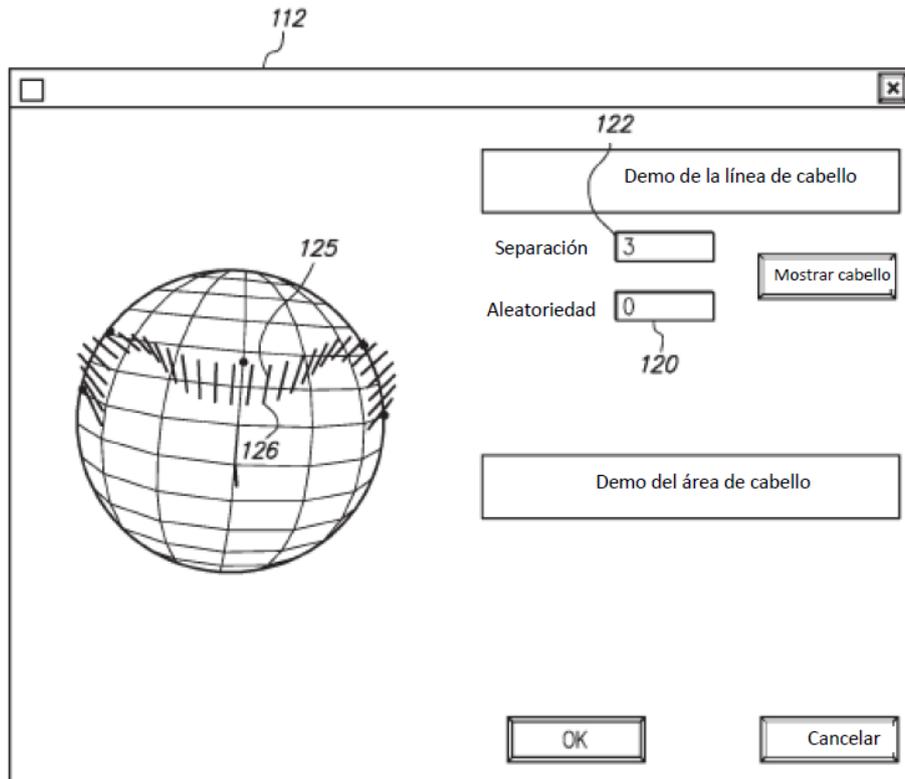


FIG. 15

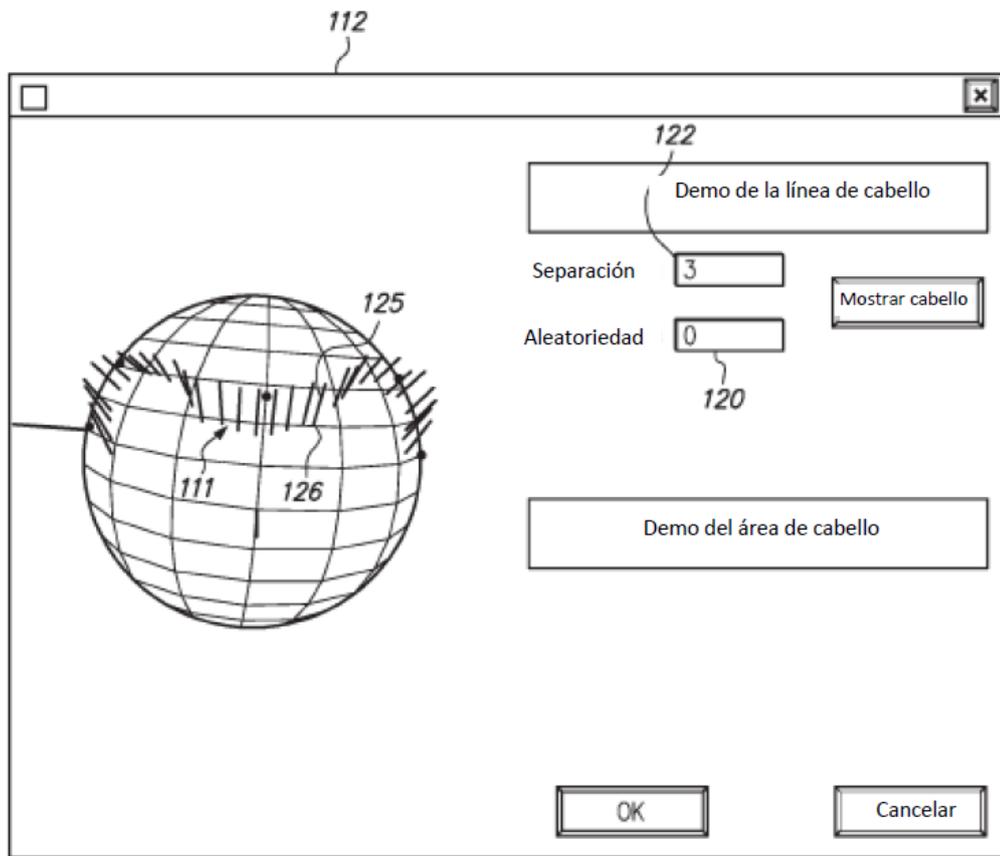


FIG. 16

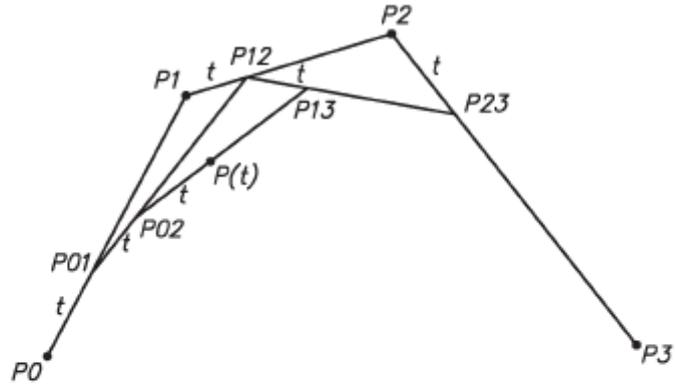


FIG. 17