

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 521**

51 Int. Cl.:

**A61C 5/42** (2007.01)

**C21D 6/00** (2006.01)

**C21D 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2012 E 16156160 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 3045142**

54 Título: **Instrumentos de endodoncia y métodos de fabricación de los mismos**

30 Prioridad:

**18.11.2011 US 201113300506**

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

**12.01.2018**

73 Titular/es:

**DENTSPLY SIRONA INC. (100.0%)  
221 West Philadelphia Street, Suite 60W  
York, PA 17401-2991, US**

72 Inventor/es:

**AMMON, DAN;  
SHOTTON, VINCENT;  
GAO, YONG y  
MAXWELL, RANDALL**

74 Agente/Representante:

**ÁLVAREZ LÓPEZ, Sonia**

**ES 2 649 521 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**

Instrumentos de endodoncia y métodos de fabricación de los mismos

5 Campo de la Invención

La presente invención se dirige a un método de fabricación de una lima no lineal no superelástica con forma establecida útil para conformar y limpiar los conductos radiculares.

10 Antecedentes de la invención

15 Los instrumentos de endodoncia (incluyendo las limas y fresadoras) se usan para limpiar y conformar los conductos radiculares de los dientes infectados. Estos pueden usarse tanto en el modo de rotación o de movimiento alternativo en el canal por los dentistas, manualmente o bien con la ayuda de las piezas de mano dentales sobre la cual se montan los instrumentos. Los instrumentos se usan generalmente de manera secuencial (en dependencia de las diferentes técnicas de cirugía del conducto radicular) para lograr los resultados deseados de limpieza y conformación. El instrumento de endodoncia se somete a fuertes tensiones cíclicas de flexión y torsión como se usa en el proceso limpieza y conformación de un conducto radicular. Debido a la compleja curvatura de los conductos radiculares, una variedad de accidentes no deseados en los procedimientos tales como salientes, transportación, perforaciones, o separación de los instrumentos, pueden encontrarse en la práctica de la endodoncia.

20 Actualmente, los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de aleaciones con memoria de forma (SMA) han mostrado un mejor rendimiento general que sus equivalentes de acero inoxidable. Sin embargo, la ocurrencia de accidentes no deseados durante los procedimientos mencionados anteriormente no se ha reducido drásticamente. Por lo tanto, este necesita nuevos instrumentos de endodoncia con propiedades generales mejoradas, especialmente flexibilidad y resistencia a la fractura debido a la fatiga cíclica y/o bien a la sobrecarga de torsión.

25 La patente de Estados Unidos 4,889,487 describe una lima de endodoncia que tiene una o más flexiones alargadas, en forma de arco para su uso en el alargamiento y conformación del conducto radicular. Dado que no todos los conductos radiculares tienen la misma geometría, una lima convencional ahusada produce típicamente una sección transversal circular limitando de este modo la extracción de la dentina y el tejido suave del canal generalmente para una abertura del canal de un único tamaño correspondiente a la sección transversal circular de la lima convencional. Esta patente describe el rizado de la lima entre dos miembros de estampado para conformar la lima al radio de flexión deseado. El problema con el rizado de una lima es que la herramienta usada para el rizado puede dañar potencialmente el acanalado de la lima haciendo por tanto menos eficiente el corte. Otro problema con el rizado de una lima es que esta debilita inherentemente la lima en dicha área rizada haciéndola por tanto más susceptible a la ruptura dentro del el canal. La patente de Estados Unidos 7,713,059 describe un instrumento para limpiar y/o conformar y/o ampliar un canal para un conducto radicular. Puede permitirse que este diseño, que tiene un volumen interior contenido por el instrumento y su contorno exterior, cambie como un resultado de las fuerzas ejercidas sobre el mismo mientras trabaja.

30 Una posible ventaja de la presente invención en comparación con las limas giratorias convencionales es un método para formar una lima no superelástica. Otra posible ventaja de la presente invención en comparación con las limas giratorias convencionales es un método para formar una lima no lineal (por ejemplo, una lima no lineal no superelástica) que puede ser capaz de cambiar de forma y geometría cuando se expande o bien se dobla mientras conforma un conducto radicular. Además, conformando la lima giratoria con este proceso de uso de un accesorio para dar forma a una aleación con memoria de forma (por ejemplo, NiTi), puede evitarse que se dañe el acanalado así como también puede mantenerse la geometría durante el proceso de preparación de un conducto radicular.

35 El documento US2011/0271529 describe además un método de fabricación de una lima giratoria no superelástica.

50 Resumen de la invención

La invención se define en la reivindicación 1.

55 La presente invención busca mejorar los instrumentos de endodoncia anteriores proporcionando un proceso de fabricación mejorado de instrumentos de endodoncia. En un aspecto, la presente descripción proporciona un método de fabricación de una lima no lineal superelástica que comprende las etapas de: proporcionar una lima superelástica que tiene un vástago y un eje de la lima; proporcionar un accesorio que incluye una ranura de la lima definida por uno o más miembros de desplazamiento, la ranura de la lima se configura para recibir el vástago; insertar al menos una porción del vástago en el accesorio a lo largo de la ranura de la lima, la porción del vástago incluye una primera porción del vástago; poner en contacto la primera porción del vástago con un primer miembro de desplazamiento del uno o más miembros de desplazamiento de manera que la primera porción del vástago se desplace desde el eje de la lima formando de este modo una primera porción de desplazamiento del vástago; calentar la porción del vástago mientras se inserta en el accesorio a una temperatura de al menos aproximadamente 300 °C por un período de tiempo de al menos aproximadamente 1 minuto para dar forma a la porción del vástago formando de este modo una lima con forma no lineal.

En otro aspecto, la presente descripción contempla un método de fabricación de una lima no lineal superelástica que comprende las etapas de: proporcionar una lima lineal superelástica que tiene un vástago y un eje de la lima; proporcionar un accesorio que incluye un miembro interior y un miembro de recubrimiento, al menos uno del miembro interior y del miembro de recubrimiento tiene una ranura de la lima definida por uno o más miembros de desplazamiento, la ranura de la lima se configura para recibir el vástago y al menos una porción de la ranura de la lima se extiende en espiral a lo largo de una trayectoria de la lima no lineal predeterminada; insertar al menos una porción del vástago en el accesorio a lo largo de la ranura de la lima, la porción del vástago incluye una primera porción del vástago; poner en contacto la primera porción del vástago con un primer miembro de desplazamiento del uno o más miembros de desplazamiento de manera que la primera porción del vástago se desplace desde el eje de la lima formando de este modo una primera porción de desplazamiento del vástago, la primera porción de desplazamiento del vástago y el eje de la lima definen un primer plano; poner en contacto una segunda porción de la porción del vástago con un segundo miembro de desplazamiento del uno o más miembros de desplazamiento de manera que la segunda porción del vástago se desplace desde el eje de la lima formando de este modo una segunda porción de desplazamiento del vástago, la segunda porción de desplazamiento del vástago define un segundo plano diferente al primer plano; y calentar la porción del vástago a una temperatura de al menos aproximadamente 300 °C por un período de tiempo de al menos aproximadamente 5 minutos para conformar la porción del vástago formando de este modo una lima conformada no lineal.

En otro aspecto, la presente descripción contempla una lima no lineal que comprende un eje de la lima y un vástago que tiene un extremo proximal y una punta con una porción de trabajo entre los mismos; el vástago tiene al menos una porción de desplazamiento que incluye una primera porción de desplazamiento, la primera porción de desplazamiento se desplace desde el eje de la lima de manera que la primera porción de desplazamiento y el eje de la lima definen un primer plano.

En otro aspecto, la presente descripción contempla una lima no lineal que comprende un eje de la lima y un vástago que tiene un extremo proximal y una punta con una porción de trabajo entre los mismos; el vástago tiene al menos una porción de desplazamiento que incluye una primera porción de desplazamiento y una segunda porción de desplazamiento, cada una de la primera porción de desplazamiento y la segunda porción de desplazamiento se desplace desde el eje de la lima de manera que la primera porción de desplazamiento del vástago y el eje de la lima definen un primer plano y la segunda porción de desplazamiento define un segundo plano diferente del primer plano.

En otro aspecto, la presente descripción contempla un método para limpiar y conformar un conducto radicular de un diente, el diente incluye una cámara de la pulpa del diente y una capa de la dentina que rodea generalmente la cámara de la pulpa del diente, el conducto radicular tiene una porción proximal adyacente a la cámara de la pulpa del diente y una porción adyacente al diente que se estrecha hacia una porción de vértice adyacente al diente, la interfaz dentina/pulpa define generalmente la pared del conducto radicular, que comprende las etapas de: insertar en el conducto radicular la lima con forma no lineal que incluye un eje de la lima y un vástago que tiene un extremo proximal y una punta con una porción de trabajo entre los mismos, el eje tiene al menos una porción de desplazamiento que incluye una primera porción de desplazamiento, la primera porción de desplazamiento se desplace desde el eje de la lima de manera que la primera porción de desplazamiento y el eje de la lima definen un primer plano; rotar, alternar, u oscilar verticalmente o cualquiera de sus combinaciones y hacer avanzar axialmente la lima no lineal dentro del conducto radicular; poner en contacto la primera porción de desplazamiento con la pared del conducto radicular de manera que la primera porción de desplazamiento se dobla para minimizar la extracción de la capa de la dentina expandiendo de este modo una segunda porción de desplazamiento para aumentar el contacto superficial con la cámara de la pulpa restante para su extracción.

En otro aspecto, la presente descripción contempla un método para limpiar y conformar un conducto radicular de un diente, el diente incluye una cámara de la pulpa del diente y una capa de la dentina que rodea generalmente la cámara de la pulpa del diente, el conducto radicular tiene una porción proximal adyacente a la cámara de la pulpa del diente y se estrecha hacia una porción del vértice adyacente al diente, la interfaz de la dentina/pulpa define generalmente la pared del conducto radicular, que comprende las etapas de: insertar en el conducto radicular la lima no lineal conformada que incluye un eje de la lima y un vástago que tiene un extremo proximal y una punta con una porción de trabajo entre los mismos, el vástago tiene al menos una porción de desplazamiento que incluye una primera porción de desplazamiento y una segunda porción de desplazamiento, cada una de la primera porción de desplazamiento y la segunda porción de desplazamiento se desplazan desde el eje de la lima de manera que la primera porción de desplazamiento del vástago y el eje de la lima definen un primer plano y la segunda porción de desplazamiento define un segundo plano diferente del primer plano; rotar, alternar, oscilar verticalmente, o cualquiera de sus combinaciones y hacer avanzar axialmente la lima no lineal dentro del conducto radicular; poner en contacto una primera porción de la porción de desplazamiento continua con la pared del conducto radicular de manera que la primera porción de desplazamiento se dobla para minimizar la extracción de la capa de la dentina expandiendo de este modo una segunda porción de la porción de desplazamiento continua para aumentar el contacto superficial con la cámara de la pulpa restante para su extracción.

En otro aspecto, la presente descripción contempla un método de fabricación de una lima no superelástica que comprende las etapas de: proporcionar una lima superelástica que tiene una temperatura de acabado de la austenita; y calentar al menos una porción de la lima superelástica a una temperatura de aproximadamente 300 °C a

aproximadamente 600 °C por un período de tiempo de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 120 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo la lima no superelástica; en donde la temperatura alterada de acabado de la austenita de la lima no superelástica es de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 40 °C.

5 En aún otro aspecto, cualquiera de los aspectos de la presente descripción puede caracterizarse adicionalmente por una o cualquier combinación de las siguientes características: en donde en la etapa de calentamiento, la porción del vástago se calienta a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 650 °C por un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 45 minutos para dar forma a la porción del vástago formando de este modo la lima no lineal con formada establecida; en donde en la etapa de calentamiento, la porción del vástago se calienta a una temperatura de aproximadamente 350 °C a aproximadamente 600 °C por un período de tiempo de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 30 minutos para dar forma a la porción del vástago formando de este modo la lima no lineal con forma establecida; en donde en la etapa de calentamiento, la porción del vástago se calienta a una temperatura de aproximadamente 450 °C a aproximadamente 550 °C por un período de tiempo de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 20 minutos para dar forma a la porción del vástago formando de este modo la lima no lineal con forma establecida; que comprende además la etapa de enfriar la porción del vástago para formar la lima no lineal con forma establecida y calentar al menos una porción de la lima no lineal enfriada con forma establecida a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 600 °C por un período de tiempo de aproximadamente 20 minutos a aproximadamente 120 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo una lima no lineal no superelástica con forma establecida, y en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima no lineal no superelástica con forma establecida es de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 40 °C; que comprende además la etapa de enfriar la porción del vástago para formar la lima no lineal con forma establecida y calentar al menos una porción de la lima no lineal con forma establecida enfriada a una temperatura de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 500 °C por un período de tiempo de aproximadamente 40 minutos a aproximadamente 70 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo una lima no lineal no superelástica con forma establecida, y en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima no lineal no superelástica con forma establecida es de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 40 °C; que comprende además la etapa de poner en contacto una segunda porción del vástago con un segundo miembro de desplazamiento del uno o más miembros de desplazamiento de manera que la segunda porción del vástago se desplaza desde el eje de la lima formando de este modo una segunda porción de desplazamiento del vástago, en donde la primera porción de desplazamiento del vástago y el eje de la lima definen un primer plano y la segunda porción de desplazamiento define un segundo plano diferente del primer plano; en donde el uno o más miembros de desplazamiento incluyen además un segundo miembro de desplazamiento y la ranura de la lima se define además mediante un par de miembros guías para recibir una porción guía del vástago entre los mismos, el par de miembros guías se configuran para mantener la porción guía del vástago desplazada del eje de la lima mientras el primer miembro de desplazamiento desplaza la primera porción del vástago lejos del eje de la lima y el segundo miembro de desplazamiento desplaza una porción del vástago hacia el eje de la lima; en donde el primer miembro de desplazamiento, el segundo miembro de desplazamiento, y el par de miembros guías que definen la ranura de la lima forman una trayectoria de la lima no lineal curva predeterminada que orienta la porción del vástago hacia un perfil con forma generalmente de C; en donde el uno o más miembros de desplazamiento incluyen además un segundo miembro de desplazamiento y un tercer miembro de desplazamiento, y la ranura de la lima se define además por un par de miembros guías para recibir una porción guía del vástago en la misma, el par de miembros guía se configuran para mantener la porción guía del vástago desplazada del eje de la lima mientras que el primer miembro de desplazamiento desplaza la primera porción del vástago lejos del eje de la lima, el segundo miembro de desplazamiento desplaza una segunda porción del vástago lejos del primer miembro de desplazamiento y hacia atrás a través del eje de la lima, y el tercer miembro de desplazamiento desplaza la tercera porción del vástago desde el segundo miembro de desplazamiento y hacia el eje de la lima; en donde el primer miembro de desplazamiento, el segundo miembro de desplazamiento, el tercer miembro de desplazamiento, y el par de miembros guías que definen la ranura de la lima forman una trayectoria de la lima no lineal curva predeterminada que tiene al menos dos porciones arqueadas que orientan la porción del vástago hacia un perfil con forma generalmente de S; en donde la ranura de la lima define una primera trayectoria de la lima no lineal predeterminada y al menos uno del uno o más miembros de desplazamiento se mueve con relación al eje de la lima de manera que la ranura de la lima es una ranura de la lima variable configurada para definir la primera trayectoria de la lima no lineal predeterminada o una segunda trayectoria de la lima no lineal predeterminada diferente de la primera trayectoria de la lima no lineal predeterminada; en donde el uno o más miembros de desplazamiento incluye al menos dos miembros de desplazamiento que se mueven tanto independientemente como simultáneamente con relación al eje de la lima de manera que la ranura de la lima es una ranura de la lima variable configurada para definir la primera trayectoria de la lima no lineal predeterminada o una segunda trayectoria de la lima no lineal predeterminada diferente de la primera trayectoria de la lima no lineal predeterminada; en donde la ranura de la lima se extiende a lo largo del miembro interior, el miembro de recubrimiento, o una porción en espiral tanto del miembro interior como del miembro de recubrimiento; en donde el miembro de recubrimiento recubre al menos parcialmente la porción de la ranura de la lima que se extiende en espiral de manera que después que se inserta la porción del vástago en el accesorio, la porción del vástago se mantiene dentro de la ranura de la lima; en donde el miembro interior incluye un eje del accesorio que es generalmente colineal con el eje de la lima de manera que la porción de la ranura de la lima que se extiende en espiral se desplaza continuamente desde el eje del accesorio desplazando continuamente de este modo una porción correspondiente del vástago que se extiende desde el eje de la lima; en donde el vástago incluye una longitud del vástago y al menos aproximadamente 50 % de la longitud del vástago se desplaza continuamente

radialmente desde el eje de la lima; en donde la primera porción de desplazamiento se extiende entre una primera porción del vástago y una segunda porción del vástago que define una curva que tiene un punto alto entre las mismas, el punto alto se desplaza desde la primera porción del vástago y la segunda porción del vástago, cada una de la primera porción del vástago y la segunda porción del vástago se localiza generalmente alrededor del eje de la lima de manera que la lima no lineal incluye un perfil generalmente en forma de C; en donde la al menos una porción de desplazamiento incluye además una segunda porción de desplazamiento desplazada desde el eje de la lima, la primera porción de desplazamiento se extiende entre un primer puerto del vástago y una segunda porción del vástago que define una primera curva que tiene un primer punto alto entre las mismas y la segunda porción de desplazamiento se extiende entre la segunda porción del vástago y una tercera porción del vástago que define una segunda curva que tiene un segundo punto alto entre las mismas, cada una de la primera porción del vástago y la segunda porción del vástago se localiza generalmente alrededor del eje de la lima de manera que la lima no lineal incluye un perfil generalmente en forma de S; en donde la primera porción de desplazamiento y la segunda porción de desplazamiento definen una porción de desplazamiento continua que se extiende en espiral que se desplaza continuamente radialmente desde el eje de la lima; en donde el vástago incluye una longitud del vástago y la porción de desplazamiento continua se extiende en espiral a lo largo de al menos aproximadamente 50 % de la longitud del vástago; en donde la porción de desplazamiento continua se extiende entre una primera porción del vástago y una segunda porción del vástago, la segunda porción del vástago se desplaza más desde el eje de la lima que la primera porción del vástago y la segunda porción del vástago se localiza más cerca de la punta que la primera porción del vástago; en donde una distancia entre el vástago y el eje de la lima aumenta continuamente desde la primera porción del vástago a la segunda porción del vástago; en donde la al menos una porción de desplazamiento durante la rotación de la lima no lineal forma una abertura del conducto que tiene un perímetro general mayor que el perímetro general de una abertura del conducto formada por una lima lineal convencional que tiene un estrechamiento de la lima similar y una longitud del vástago similar a una misma longitud del conducto radicular durante su conformación y limpieza; en donde la al menos una porción de desplazamiento durante la rotación de la lima no lineal forma una abertura del conducto que tiene un perímetro general mayor que el perímetro general de una abertura del conducto formada por una lima lineal convencional que tiene una lima estrechada similar y una longitud del vástago similar a una misma profundidad del conducto radicular durante su conformación y limpieza; en donde la al menos una porción de desplazamiento durante la rotación de la lima no lineal forma una abertura del conducto que tiene un perímetro general menor que el perímetro general de una abertura del conducto formada por una lima lineal convencional que tiene un estrechamiento de la lima similar y una longitud del vástago similar a la misma profundidad del conducto radicular durante su conformación y limpieza; en donde la al menos una porción de desplazamiento incluye una primera porción de desplazamiento y una segunda porción de desplazamiento, la primera porción de desplazamiento durante la rotación de la lima no lineal forma una abertura del conducto que tiene un perímetro general mayor que el perímetro general de una abertura del conducto formada por una lima lineal convencional que tiene un estrechamiento de la lima similar y una longitud del vástago similar a una misma profundidad del conducto radicular durante su conformación y limpieza, y la segunda porción de desplazamiento durante la rotación de la lima no lineal forma una abertura del conducto que tiene un perímetro general menor que el perímetro general de una abertura del conducto formada por una lima lineal convencional que tiene un estrechamiento de la lima similar y una longitud del vástago similar a una misma profundidad del conducto radicular durante su conformación y limpieza; en donde en la etapa de calentamiento, la temperatura es de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 600 °C por un período de tiempo de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 120 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo la lima no superelástica, y en donde la temperatura de acabado alterada de la austenita de la lima no superelástica es de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 38 °C; en donde en la etapa de calentamiento, la temperatura es de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 500 °C por un período de tiempo de aproximadamente 40 minutos a aproximadamente 70 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo la lima no superelástica, y en donde la temperatura de acabado alterada de la austenita de la lima no superelástica es de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 35 °C; que comprende además la etapa de enfriar la porción de la lima no superelástica y calentar al menos una porción de la lima no superelástica enfriada a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 650 °C por un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 45 minutos para dar forma a la porción del vástago formando de este modo una lima no lineal no superelástica con forma establecida; que comprende además la etapa de enfriar la porción de la lima no superelástica y calentar al menos una porción de la lima no superelástica enfriada a una temperatura de aproximadamente 350 °C a aproximadamente 600 °C por un período de tiempo de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 30 minutos para dar forma a la porción del vástago formando de este modo una lima no lineal no superelástica con forma establecida; en donde el alambre no superelástico incluye una aleación con memoria de forma; en donde la aleación de memoria de forma incluye níquel y titanio; en donde la aleación con memoria de forma es una aleación binaria basada en níquel-titanio; en donde la aleación con memoria de forma es una aleación ternaria basada en níquel-titanio; en donde la aleación ternaria basada en níquel-titanio de la fórmula Ni-Ti-X en donde X es Co, Cr, Fe, o Nb; en donde la aleación con memoria de forma incluye una aleación basada en cobre, una aleación basada en hierro o una combinación de ambas; en donde la aleación con memoria de forma es la aleación basada en cobre que incluye CuZnAl o CuAlNi; en donde la aleación con memoria de forma es la aleación basada en hierro que incluye FeNiAl, FeNiCo, FeMnSiCrNi o FeNiCoAlTaB; que comprende además la etapa de proporcionar un mango y acoplar el mango a una porción de la lima giratoria no lineal; en donde el mango se localiza distal a los canales, las ranuras o cualquiera de sus combinaciones; que comprende además la etapa de proporcionar un mango y acoplar el mango a una porción de la lima de mano no lineal; o cualquiera de sus combinaciones.

Breve descripción de las figuras

- 5 La Figura 1A-1C son vistas elevadas de instrumentos de endodoncia típicos que tienen varios grados de estrechamiento de la lima.
- La Figura 2 es una vista en sección transversal elevada del molar de un humano que tiene el sistema radicular y el área coronal penetrados por un agujero para exponer el sistema del conducto radicular.
- 10 La Figura 3 es una curva de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) que muestra las temperaturas de transformación de fase de la presente descripción.
- 15 La Figura 4 es una representación en diagrama de un aparato de prueba de la flexión para medir la rigidez de los instrumentos del conducto radicular como se describe en ISO 3630-1 :2008, Dentistry - Root-canal instrument - Part I: General requirements and test methods). El aparato de prueba de la flexión incluye un engranaje reversible 1', una parada 2', un dispositivo de medición del torque 3', y una pinza 4'.
- La Figura 5 es un gráfico que muestra los resultados de las pruebas del método de prueba mostrado en la Figura 4.
- 20 La Figura 6 es una representación en diagrama de un aparato de prueba usado para comprobar la resistencia a la fatiga de la flexión-rotación de los instrumentos de endodoncia.
- La Figura 7 es un gráfico esquemático de la relación entre diferentes microestructuras de NiTi (austenítica vs. martensítica) y la vida en fatiga cíclica promedio de los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi.
- 25 La Figura 8 es una representación en diagrama de un aparato de prueba del torque usado para medir la resistencia a la fractura mediante la torsión y la desviación angular como se describe en ISO 3630-1 :2008, Dentistry - Root-canal instrument - Part I: General requirements and test methods). El aparato de prueba del torque incluye un motor de engranaje reversible 1", un mandril con mordazas de acero endurecidas 2", un mandril con mordazas de latón suaves 3", un dispositivo de medición del torque 4", y un cojinete de bolas lineal 5". El aparato de prueba del torque incluye además detalles del mandril de prueba, que incluye un mandril con mordazas de acero endurecidas 1 y de latón suave 2".
- 30 La Figura 9 es un gráfico esquemático de la relación entre diferentes estructuras metalúrgicas y un "máximo grado de rotación hasta la fractura" promedio de los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de una aleación con memoria de forma de NiTi.
- 35 La Figura 10 es un gráfico esquemático de la relación entre diferentes estructuras metalúrgicas y un "torque máximo" promedio de los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de una aleación con memoria de forma de NiTi.
- 40 La Figura 11 muestra una raíz con un conducto altamente curvo y una forma compleja del conducto.
- Las Figuras 12A-12C muestran varias modalidades de la presente descripción que incluyen dar forma a las limas no lineales de dos dimensiones.
- 45 La Figura 13 muestra otra modalidad de la presente descripción que incluye un accesorio para formar la lima no lineal con forma establecida de la Figura 12A.
- La Figura 14 muestra otra modalidad de la presente descripción que incluye un accesorio variable para formar las limas no lineales con forma establecida de las Figuras. 12A-12C.
- 50 Las Figuras 15A-16C muestran otra modalidad de la presente descripción que incluye un accesorio para formar múltiples limas no lineales con forma establecida.
- 55 La Figura 17 muestra una sección transversal longitudinal de un conducto radicular que usa una lima no lineal con forma establecida de la presente descripción durante la preparación de un diente.
- La Figura 18 muestra una sección transversal longitudinal de la preparación de un diente usando una lima lineal convencional durante su rotación en el conducto radicular de la Figura 17.
- 60 La Figura 19A muestra una sección transversal longitudinal de la preparación de un diente usando la lima no lineal con forma establecida de la Figura 17 durante su rotación en el conducto radicular de la Figura 17.
- La Figura 19B muestra la preparación del diente de la Figura 19A tomada a lo largo de la sección transversal A-A.
- 65 La Figura 20 muestra otra modalidad de la presente descripción que incluye una lima no lineal con forma establecida de

tres dimensiones.

Las Figuras 21-23 muestra otra modalidad de la presente descripción que incluye un accesorio para formar la lima no lineal con forma establecida de la Figura 20.

5

Descripción detallada

Los materiales superelásticos son típicamente aleaciones de metales que regresan a su forma original después de una deformación sustancial. Ejemplos de los esfuerzos en la técnica con respecto a los materiales superelásticos se encuentran en el documento US 6,149,501.

10

La superelasticidad puede definirse generalmente como una recuperación completa a la posición original después de la deformación. Sin embargo, en la industria, se aprecia que pudiera ser aceptable menos del 0,5 % de deformación permanente (después de estirarse a un alargamiento del 6 %). Por ejemplo, si la lima no vuelve a su posición original, puede que no se considere más una aleación superelástica con memoria de forma (SMA) (por ejemplo, puede que no se considere una SMA superelástica si esta no regresa a una posición generalmente original tal como una posición generalmente recta). Las aleaciones superelásticas tales como níquel-titanio (NiTi) u otras pueden soportar varias veces más tensión que los materiales convencionales, tales como el acero inoxidable, sin que se deformen plásticamente.

15

Esta descripción se refiere a instrumentos dentales en general. Específicamente, esta descripción se refiere a instrumentos de endodoncia para su uso en los procedimientos de limpieza y conformación del conducto radicular. La presente descripción proporciona una innovación del instrumento de endodoncia que se fabrica de una aleación con memoria de forma (SMA) tal como los sistemas basados en níquel-titanio (NiTi), los sistemas basados en Cu, los sistemas basados en Fe, o cualquiera de sus combinaciones (por ejemplo, los materiales seleccionados de un grupo que consiste en NiTi casi equiatómico, aleaciones Ni-Ti-Nb, aleaciones Ni-Ti-Fe, aleaciones Ni-Ti-Cu, titanio de fase beta y sus combinaciones).

20

25

En una primera modalidad, la presente descripción proporciona un método de formación de un instrumento de endodoncia fabricado de aleaciones con memoria de forma en un estado martensítico no superelástico. La lima no superelástica puede proporcionar más flexibilidad y resistencia a la fatiga aumentada a través de una microestructura optimizada mientras conforma y limpia efectivamente los conductos radiculares.

30

En otra modalidad, la presente descripción incluye un instrumento de endodoncia fabricado de una aleación con memoria de forma con forma establecida en un diseño no lineal predeterminado, y sus métodos de fabricación. La lima superelástica no lineal con forma establecida puede proporcionar una capacidad aumentada para cambiar la forma y la geometría expandiéndose o bien doblándose mientras se conforman y limpian los conductos.

35

Con referencia a los dibujos, las Figuras 1A-1C muestran vistas elevadas de los instrumentos dentales típicos indicados generalmente por los números 10A, 10B, y 10C usados para conformar y/o limpiar los conductos radiculares de un diente. La Figura 2 muestra el instrumento de endodoncia de la Figura 1A posicionado dentro de uno de los conductos radiculares de un diente. Mientras está en esta posición, el instrumento de endodoncia se somete típicamente a una flexión cíclica sustancial y a tensiones de torsión a medida que se usa en el proceso de limpieza y conformación de un conducto radicular.

40

Una lima de endodoncia es un buen ejemplo de un producto que está sujeto a fallos por fatiga y en donde un fallo del producto es un evento serio. Las limas de endodoncia 10A, 10B, y 10C, tienen cada una generalmente una porción del vástago alargada 12 con un extremo proximal 14 al cual puede asegurarse un mango 16 (normalmente fabricado de plástico) como se muestra en la Figura 1A, o que puede asegurarse a un extremo de acoplamiento 17 para su acoplamiento a una pieza de mano (por ejemplo, un dispositivo giratorio) como se muestra en las Figuras 1B y 1C. La porción del vástago de la lima 12 (por ejemplo, la porción de trabajo) se configura para insertarse en y retirarse del conducto radicular del diente. Como se muestra en las Figuras 1A-1C, las limas de endodoncia pueden formarse con diferentes longitudes y/o varios estrechamientos de la lima. Más particularmente, el extremo distal 18 de las limas 10A y 10C tiene un diámetro reducido en comparación con el extremo proximal 14 y es típicamente puntiagudo. Por ejemplo, se aprecia que el diámetro puede reducirse de manera que la porción del vástago 12 incluye un estrechamiento de más de aproximadamente 0 %, preferentemente un estrechamiento de aproximadamente 1 % a aproximadamente 10 %, y con mayor preferencia un estrechamiento de aproximadamente 2 % a aproximadamente 6 %. Sin embargo, como se muestra en la Figura 1B, se aprecia además que la porción del vástago 12 puede incluir un estrechamiento de aproximadamente 0 % mientras que aún tiene un diámetro reducido en el extremo distal 18 (por ejemplo, la punta) de la lima 10B.

50

55

60

Como se definió en la presente descripción, la longitud de la lima se refiere a la longitud del vástago desde el extremo proximal a la punta de la lima en un estado normal con respecto al eje de la lima (por ejemplo, la distancia a lo largo del eje de la lima desde el extremo proximal a la punta de la lima). La longitud del vástago se refiere a la longitud real del vástago desde el extremo proximal a la punta de la lima en un estado normal (por ejemplo, la distancia a lo largo del vástago desde el extremo proximal a la punta de la lima).

65

Por ejemplo, una lima no lineal tendrá generalmente una longitud del vástago que puede ser mayor que la longitud de su lima en un estado normal (debido a las porciones curvas) mientras que una lima lineal tendrá generalmente una longitud del vástago que puede ser generalmente la misma que la longitud de la lima en un estado normal.

5 La Figura 2 ilustra un diente típico 20, en este caso es un molar, que tiene varias raíces 22A y 22B, que en un diente sano se rellenan con material de pulpa 21A que se rodea generalmente por la dentina 21B con una dentina/interfaz pulpal entre estos 21C. La dentina/interfaz pulpal define generalmente los conductos radiculares 22A y 22B. Cuando este material de pulpa se infecta el diente suele abscesarse y la presión generada por el absceso provoca un intenso dolor de dientes. Los endodoncistas tratan esta enfermedad realizando un procedimiento de conducto radicular en el cual los conductos radiculares 22A y 22B se limpian de material de pulpa. Para hacer esto se perfora un agujero 24 en la corona del diente 26 para proporcionar acceso a los conductos radiculares 22A y 22B. Un endodoncista inserta una lima 10 a través del agujero 24 en los conductos para facilitar la extracción del material de pulpa. La Figura 2 muestra el diente libre de material de pulpa.

15 Las herramientas de endodoncia 10A-10C de las Figuras 1A-1C y 2 son, como se afirmó anteriormente, un ejemplo de un tipo de instrumento que requiere un alto grado de flexibilidad junto con la resistencia a la fatiga cíclica y la carga de torsión. Puede observarse que si en el proceso de tratamiento de un conducto radicular 22A una porción inferior de la lima dental 10A-10C se rompe en el conducto luego el endodoncista se enfrenta a un problema serio, particularmente si el conducto radicular debajo de la porción rota no se ha limpiado totalmente de material de pulpa infectado. De este modo es importante en la fabricación de las limas de endodoncia proporcionar limas que tengan mayor flexibilidad y al mismo tiempo alta resistencia a la fatiga.

25 Es importante entender que la lima de endodoncia mostrada en la Figuras 1A-1C y 2 y su uso es por ejemplo solamente para establecer la necesidad de material estructural para su uso en la construcción de la porción del vástago 12 para lograr una alta flexibilidad y, con mayor importancia, una alta resistencia a la fatiga. Es importante entender que la presente invención no se refiere a las limas de endodoncia per se pero se refiere a los métodos de tratamiento del material, y particularmente al tratamiento de una aleación para producir un metal que tiene características ideales para su uso en la fabricación de herramientas de endodoncia y otros dispositivos médicos y no médicos similares que requieren una alta resistencia a la fatiga.

30 Instrumento no superelástico y métodos de fabricación del mismo

La presente descripción incluye un instrumento (por ejemplo, lima de endodoncia) fabricado de aleaciones con memoria de forma en su estado martensítico, y sus métodos de fabricación. El estado martensítico de la lima no superelástica puede permitir una mayor flexibilidad y una resistencia a la fatiga aumentada a través de una microestructura optimizada mientras conforma y limpia efectivamente los conductos radiculares.

40 Una aleación con memoria de forma es una aleación que "recuerda" su forma original que es capaz de regresar a su forma predeformada por el calor. Más particularmente, una característica conveniente de la aleación con memoria de forma (por ejemplo, aleación basada en NiTi) en la forma de "memoria de forma" (o estado martensítico), puede ser la temperatura por encima de la cual los materiales doblados volverán a enderezarse. Por ejemplo, puede ser necesario calentar el material por encima de su temperatura de acabado de la austenita ( $A_r$ ) para lograr su forma predeformada (por ejemplo, una posición completamente recta).

45 Las aleaciones con memoria de forma pueden considerarse superelásticas a esta temperatura de la "aplicación" (por ejemplo, la temperatura por encima de  $A_r$ ) una vez que son capaces de regresar a su forma original (por ejemplo, su forma predeformada tal como su posición recta original, su posición curva original u otra). Además, si se enfría (por ejemplo, usando hielo seco, nitrógeno líquido, u otro) el material SMA en una forma deformada (por ejemplo, flexionando el material), el material puede permanecer en la posición deformada. Una vez que se retira el material SMA del ambiente frío, el material regresará a una forma recta a temperatura ambiente.

60 Convenientemente, la martensita puede ser la fase metalúrgica primaria en el instrumento de la presente descripción, que es diferente de los instrumentos giratorios de NiTi estándares con una estructura de la austenita predominante a temperatura ambiente. Se aprecia que la fase martensítica puede estar presente en una cantidad mayor que 0 %, preferentemente mayor que aproximadamente 25 %, y preferentemente mayor que aproximadamente 50 % a temperatura ambiente. Además, la fase martensítica puede estar presente en una cantidad entre aproximadamente 25 % y aproximadamente 100 %, preferentemente entre aproximadamente 50 % y aproximadamente 100 %, y con la máxima preferencia entre aproximadamente 75 % y aproximadamente 100 % a temperatura ambiente. Se aprecia además que la fase martensítica puede ser la única fase presente (por ejemplo, fase M) a temperatura ambiente, aunque no se requiere.

65 Opcionalmente, la fase austenítica puede estar presente a temperatura ambiente. Cuando se incluye, la fase austenítica puede estar presente como una región interior (por ejemplo, la región del núcleo del instrumento) que puede rodearse generalmente por la fase martensítica como una capa exterior (por ejemplo, la capa superficial del instrumento) a temperatura ambiente. Se aprecia además que la fase martensítica y la fase austenítica (cuando se incluyen) pueden estar presentes dispersadas de manera variable en todo el instrumento a temperatura ambiente.



Se piensa que los instrumentos giratorios superelásticos de NiTi típicos tienen temperaturas de acabado de la austenita menores que la temperatura ambiente (25 °C). Convenientemente, en una modalidad de la presente descripción, puede proporcionarse una lima no superelástica que tenga una temperatura de acabado de la austenita (temperatura final  $A_f$  medida por Calorimetría Diferencial de Barrido) más alta que la temperatura ambiente (25 °C). Más particularmente, la temperatura de acabado de la austenita puede ser al menos aproximadamente 3 °C, al menos aproximadamente 5 °C, al menos aproximadamente 7 °C, preferentemente al menos aproximadamente 10 °C, y con mayor preferencia al menos aproximadamente 12 °C mayor que la temperatura ambiente (25 °C). Además, se aprecia que la temperatura de acabado de la austenita puede ser de menos de aproximadamente 60 °C, de menos de aproximadamente 50 °C, preferentemente de menos de aproximadamente 40 °C, y con mayor preferencia menor que 38 °C. Por ejemplo, la temperatura de acabado de la austenita puede variar de aproximadamente 28 °C a aproximadamente 60 °C, de aproximadamente 30 °C a aproximadamente 50 °C, preferentemente de aproximadamente 32 °C a aproximadamente 40 °C y con mayor preferencia de aproximadamente 35 °C a aproximadamente 38 °C o de aproximadamente 37 °C a aproximadamente 40 °C.

Debido a una temperatura de acabado de la austenita más alta, puede que el instrumento de la presente descripción no regrese completamente a la forma original (por ejemplo, estado recto) después de doblarse o flexionarse. Esto contrasta con los instrumentos giratorios superelásticos convencionales de NiTi, que pueden regresar a su forma original (por ejemplo, estado recto) por medio de la transformación de fase inversa (martensita-a-austenita) después de la descarga debido a que la  $A_f$  del instrumento tradicional es menor que la temperatura ambiente.

Los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma NiTi en estado martensítico (por ejemplo, estado no superelástico pueden tener un rendimiento general relativo a sus contrapartes austeníticas (por ejemplo, instrumentos superelásticos convencionales NiTi), especialmente en la flexibilidad y resistencia contra la fatiga cíclica.

La resistencia y eficiencia de corte de los instrumentos de endodoncia pueden mejorar proporcionando aleaciones con memoria de forma ternarias de NiTiX (X: Co, Cr, Fe, Nb, etc.) basado en el mecanismo de fortalecimiento de la aleación en un estado no superelástico.

Específicamente, en una modalidad de la presente descripción, el instrumento no superelástico tiene características mejoradas y deseadas para una cirugía exitosa del conducto radicular, incluyendo una flexibilidad más alta y una menor rigidez, una resistencia a la fatiga cíclica mejorada, un grado de rotación contra la fractura por torsión más alto, más conformidad a la forma de los conductos altamente curvos (menos probabilidad de salientes o perforaciones), una posibilidad mínima de separación del instrumento, y/u otras en comparación con los instrumentos de endodoncia convencionales formados por una aleación con memoria de forma en una condición superelástica (por ejemplo, en una fase completamente austenítica en la microestructura) y/o con forma generalmente lineal.

En una modalidad de la presente descripción, los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma (por ejemplo, de NiTi) en su estado martensítico (estado no superelástico) pueden fabricarse por uno de los siguientes métodos descritos en la presente descripción.

Un método (por ejemplo, el método 1) de formación de una lima no superelástica puede comprender las etapas de tratamiento con calor posteriores de una lima (por ejemplo, los canales del vástago de la lima) después de fabricarse de acuerdo con un diseño mecánico predeterminado (es decir, después del proceso de tallado del canal en un proceso de fabricación de la lima típico).

Este método de formación del instrumento no superelástico puede incluir un tratamiento de calor posterior que tiene una etapa de calentamiento a la temperatura de al menos aproximadamente 300 °C, al menos aproximadamente 350 °C, preferentemente al menos aproximadamente 400 °C, y con mayor preferencia al menos aproximadamente 450 °C. Además, se aprecia que la etapa de calentamiento puede incluir calentar a una temperatura de menos de aproximadamente 650 °C, de menos de aproximadamente 600 °C, preferentemente menor que 550 °C, y con mayor preferencia menor que 525 °C. Por ejemplo, la etapa de calentamiento puede incluir calentar a una temperatura que varía de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 650 °C (por ejemplo, de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 600 °C), de aproximadamente 350 °C a aproximadamente 600 °C (por ejemplo, de aproximadamente 370 °C a aproximadamente 510 °C), preferentemente de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 550 °C, y con mayor preferencia de aproximadamente 450 °C a aproximadamente 525 °C.

El proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura por un período de tiempo de al menos aproximadamente 1 minuto, preferentemente al menos aproximadamente 3 minutos, y con mayor preferencia al menos aproximadamente 5 minutos para dar forma a la lima superelástica formando de este modo una lima no lineal con forma establecida. Además, se aprecia que el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura por un período de tiempo de menos de aproximadamente 45 minutos, preferentemente de menos de aproximadamente 30 minutos, y con mayor preferencia de menos de aproximadamente 20 minutos. Por ejemplo, el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar

una lima superelástica a una temperatura por un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 45 minutos, preferentemente de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 30 minutos, y con mayor preferencia de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 20 minutos.

5 El proceso de tratamiento con calor para formar un instrumento superelástico puede incluir calentar el instrumento superelástico por un período de tiempo de al menos aproximadamente 5 minutos, preferentemente al menos aproximadamente 30 minutos, y con mayor preferencia al menos aproximadamente 40 minutos. Además, se aprecia que el proceso de tratamiento con calor para formar un instrumento no superelástico puede incluir calentar el instrumento superelástico por un período de tiempo de menos de aproximadamente 200 minutos, preferentemente de menos de aproximadamente 120 minutos, y con mayor preferencia de menos de aproximadamente 90 minutos. Por ejemplo, el proceso de tratamiento con calor para formar un instrumento superelástico puede incluir calentar el instrumento superelástico por un período de tiempo de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 200 minutos (por ejemplo, de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 120 minutos o de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 60 minutos), preferentemente de aproximadamente 30 minutos a aproximadamente 120 minutos, y con mayor preferencia de aproximadamente 40 minutos a aproximadamente 90 minutos (por ejemplo, de aproximadamente 40 minutos a aproximadamente 70 minutos). Típicamente la etapa de calentamiento ocurre bajo una atmósfera controlada. Preferentemente, la atmósfera controlada puede incluir (por ejemplo, consistir en) un gas reactivo (por ejemplo, oxígeno, aire, u otro), aunque no se requiere. Cuando se incluye, el gas reactivo tal como el aire reacciona con la superficie del instrumento de manera que puede formarse una capa de oxidación (por ejemplo, capa de oxidación azul). Opcionalmente, la atmósfera controlada puede incluir (por ejemplo, consistir en) un gas no reactivo (por ejemplo, helio, neón, argón, criptón, xenón, y/o radón).

25 Como se mencionó anteriormente, la etapa de tratamiento con calor posterior (por ejemplo, el proceso térmico adicional) del método 1 puede emplearse después del proceso de fabricación tradicional de la lima giratoria de NiTi (por ejemplo, tallado de los canales) usando alambres de NiTi regulares superelásticos. Más particularmente, un proceso térmico adicional puede realizarse después del proceso de tallado del canal (de un proceso de fabricación de una lima giratoria de NiTi tradicional) de manera que ocurre un tratamiento con calor posterior a un intervalo de temperatura de 370 ~ 510 °C por un período de tiempo (típicamente 10-60 min, en dependencia de los requerimientos de tamaño de la lima, estrechamiento, y/o diseño de la lima). Se aprecia que los precipitados ricos en níquel pueden formarse durante este proceso de tratamiento con calor posterior. En consecuencia, la relación de Ti/Ni puede aumentar y se logrará a una temperatura de acabado de la austenita (la temperatura final  $A_r$ ) deseada. Después del tratamiento con calor posterior, puede instalarse un mango de la lima (por ejemplo, latón, acero, similares, u otros).

35 En otra modalidad de la presente descripción, los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma (por ejemplo, de NiTi) en su estado martensítico (estado no superelástico) pueden fabricarse por uno de los siguientes métodos descritos en la presente descripción.

40 Otro método (por ejemplo, el método 2) de formación de un instrumento no superelástico puede comprender las etapas de tratamiento con calor posterior de una lima (por ejemplo, los canales del vástago de una lima) durante la fabricación del instrumento superelástico (por ejemplo, durante el proceso de tallado) de manera que la temperatura del instrumento puede ser más alta que la temperatura de acabado de la austenita.

45 Este método puede incluir un tratamiento con calor (concurrente) a los alambres SMA antes de y/o durante el proceso de tallado de manera que el tallado pueda aplicarse directamente a los alambres SMA martensíticos (por ejemplo, de NiTi). Sin embargo, se aprecia que los alambres SMA martensíticos (por ejemplo, de NiTi) pueden calentarse a una temperatura más alta que sus temperaturas de acabado de la austenita durante el proceso de tallado. Por lo tanto, los alambres SMA martensíticos (por ejemplo, de NiTi) pueden transformarse temporalmente en alambres superelásticos (una estructura más rígida en el estado austenítico) para facilitar el proceso de tallado durante el proceso de fabricación del instrumento. Ventajosamente, los instrumentos pueden transformarse de vuelta al estado martensítico a temperatura ambiente después del proceso de tallado del canal.

55 Por ejemplo, en una modalidad, el método 2 puede incluir un alambre no superelástico. El alambre no superelástico puede proporcionarse en un ambiente de fabricación con una temperatura más alta que su temperatura de acabado de la austenita (al menos 25 grados C). El alambre no superelástico puede transformarse a superelástico a esta temperatura más alta). Luego se forman los canales y ranuras alrededor de la lima para formar la lima giratoria (semiterminada). Además, la lima giratoria (semiterminada) puede retirarse del ambiente de fabricación con una temperatura más alta (más caliente). El alambre no superelástico puede formar una lima giratoria no superelástica a (o por encima de) la temperatura ambiente de aproximadamente 25 °C.

60 Se piensa que una aleación con memoria de forma como la aleación de NiTi tiene generalmente dos estructuras cristalográficas primarias, que dependen de la temperatura, (es decir austenita a temperaturas más altas y martensita a menores temperaturas). Esta transformación de fase sin difusión dependiente de la temperatura será de martensita (M) a austenita (A) (por ejemplo,  $M \rightarrow A$ ) durante el calentamiento. Además, se aprecia que una transformación inversa de austenita a martensita ( $A \rightarrow M$ ) puede iniciarse después del enfriamiento. En otra modalidad, una fase intermedia (R) puede aparecer durante las transformaciones de fase es decir, tanto (M)  $\rightarrow$ (R)  $\rightarrow$ (A) durante el calentamiento o (A)  $\rightarrow$ (R)  $\rightarrow$ (M) durante el enfriamiento. La fase-R se define como una fase intermedia entre la fase austenita (A) y la fase

martensita (M). Sin embargo, se aprecia que durante la transformación pueden estar presentes tanto la fase martensita como la fase austenita además de la Fase-R opcional.

5 Las temperaturas de transformación de fase pueden determinarse usando la curva de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) como se muestra en la Figura 3. Por ejemplo, la  $A_f$  (temperatura de acabado de la austenita) puede obtenerse a partir de la intersección gráfica de la línea base con la extensión de la línea de máxima inclinación del valor máximo de la curva de calentamiento. La temperatura final  $A_f$  del instrumento de endodoncia fabricado de aleaciones con memoria de forma se midió en la prueba DSC de acuerdo con el estándar ASTM F2004-05 "Standard Test Method for Transformation Temperature of Nickel-Titanium Alloys by Thermal Analysis", tal como usando las tasas de calentamiento o enfriamiento de  $10 \pm 0,5$  °C/min con gas de purga de helio o nitrógeno, excepto que el segmento acanalado cortado de una muestra del instrumento giratorio no necesita ningún proceso de recocido adicional (es decir, 850 °C por 30 minutos en vacío), que se usa típicamente para medir las temperaturas de transición del lingote a una condición completamente austenítica.

15 Más particularmente, la Figura 3 proporciona una curva de calorimetría diferencial de barrido (DSC) esquemática de una aleación con memoria de forma (níquel-titanio) tanto en el ciclo de enfriamiento como de calentamiento. Las temperaturas  $A_f$  (temperatura de acabado de la austenita),  $A_s$  (temperatura de inicio de la austenita),  $M_f$  (temperatura de acabado de la martensita),  $M_s$  (temperatura de inicio de la martensita) pueden obtenerse a partir de la intersección gráfica de la línea base con la extensión de la línea de inclinación máxima del valor máximo de la curva apropiado. La temperatura de inicio de la martensita ( $M_s$ ) se define como la temperatura a la que comienza la transformación de austenita a martensita al enfriarse. La temperatura de acabado de la martensita ( $M_f$ ): la temperatura a la cual termina la transformación de austenita a martensita al enfriarse; la temperatura de inicio de la austenita ( $A_s$ ) se define como la temperatura a la cual comienza la transformación de martensita a austenita al calentarse. La temperatura de acabado de la austenita, ( $A_f$ ) se define como la temperatura a la cual termina la transformación de martensita a austenita al calentarse.

Los resultados experimentales han mostrado que la presente descripción (por ejemplo, un proceso de tratamiento con calor adicional para la formación de instrumentos de endodoncia) resulta en las características convenientes. Más particularmente, los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi en su estado martensítico pueden incluir una o más de las siguientes características deseadas para la cirugía del conducto radicular: (1) flexibilidad más alta y menor rigidez; (2) resistencia mejorada a la fatiga cíclica; (3) más alto grado de rotación contra la fractura por torsión; (4) más conformación al perfil del conducto curvado, especialmente para los conductos radiculares con curvatura considerable y perfil complejo, y sus combinaciones con respecto a los instrumentos superelásticos convencionales con forma y/o tamaño similar.

35 Por ejemplo para comparar el impacto de diferentes estructuras metalúrgicas (austenita vs. martensita), se realizaron dos muestras de instrumentos diferentes usando diferentes procesamientos térmicos para representar dos estructuras distintas: (1) instrumentos superelásticos con microestructura completamente austenítica e (2) instrumento con microestructura martensítica. En un ejemplo específico basado en las mediciones DSC, las temperaturas  $A_f$  finales de estos dos instrumentos con microestructuras distintas son de 17 °C (para el instrumento (1) que tiene la microestructura completamente austenítica) y 37 °C (para el instrumento (2) que tiene la microestructura martensítica), respectivamente. Todas las muestras del instrumento tenían el mismo diseño geométrico. Todas las pruebas se realizaron a temperatura ambiente ~23 °C.

45 I. Prueba de rigidez: Se muestra una alta flexibilidad y una menor rigidez en los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi en su estado martensítico en comparación con las aleaciones con memoria de forma de NiTi en su estado austenítico

50 En esta prueba de rigidez, se ha determinado la rigidez de todos los instrumentos de la muestra retorciendo el instrumento del conducto radicular 45° usando el aparato de prueba como se muestra en la Figura 4.

Como se muestran en los resultados de la prueba en la Figura 5, los instrumentos giratorios con microestructura martensítica a temperatura ambiente exhibe una mayor flexibilidad y una menor rigidez (como se indica por un torque máximo menor durante la flexión). En comparación al instrumento superelástico regular con la temperatura final  $A_f$  de 17 °C, los instrumentos con la microestructura martensítica (la temperatura final  $A_f$  ~ 37 °C) han mostrado una reducción de 23 % de la resistencia a la flexión. La menor rigidez de los instrumentos martensíticos puede atribuirse al menor módulo de Young de la martensita (aproximadamente 30-40 GPa) mientras que la austenita es aproximadamente 80-90 GPa a temperatura ambiente.

60 La Figura 5 muestra un gráfico esquemático de la relación entre diferentes microestructuras de NiTi (superelástica regular o austenítica vs. martensítica) y el torque máximo promedio de los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi en la prueba de la flexión. Como se representa en la Figura 5, puede lograrse un torque máximo menor (menos rígido o más flexible) por una microestructura martensítica, que se indica por la mayor  $A_f$  (temperaturas de acabado de la austenita). En una modalidad, la relación del torque máximo (flexibilidad/rigidez) de la lima giratoria no superelástica con respecto a la lima giratoria superelástica puede ser de menos de aproximadamente 1:0,9 (por ejemplo, de menos de aproximadamente 1:0,85, y preferentemente de menos de

aproximadamente 1:0,8) a aproximadamente 25 °C.

II. Prueba de fatiga de la rotación de la flexión: Se muestra una vida alta de la fatiga en los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi en su estado martensítico

En esta prueba de la flexión, la resistencia a la fatiga de todos los instrumentos de la muestra se mide con un comprobador de la fatiga de la rotación de la flexión como se muestra en la Figura 6. De acuerdo con los resultados de prueba mostrados en la Figura 7, la vida de la fatiga cíclica promedio de los instrumentos en el estado martensítico (temperatura  $A_f$  de 37 °C) es aproximadamente 3 veces su contraparte austenítica (temperatura  $A_f$  de 17 °C).

Como se muestra en la representación diagramática de la Figura 6, puede usarse un aparato de prueba para comprobar la resistencia a la fatiga de la rotación de la flexión de los instrumentos de endodoncia. La muestra del instrumento de endodoncia giratorio puede rotar generalmente libre dentro de un conducto de acero inoxidable simulado con radio y curvatura controlados.

El gráfico esquemático de la Figura 7 muestra la relación entre diferentes microestructuras de NiTi (austenítica vs. martensítica) y la vida de la fatiga cíclica promedio de los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi. Más particularmente, la Figura 7 muestra que una vida de la fatiga cíclica más larga puede lograrse mediante una microestructura martensítica a una temperatura ambiente, que se indica por la  $A_f$  más larga (temperatura de acabado de la austenita). Se aprecia que la relación del número total de ciclos para la fatiga (resistencia contra la fatiga cíclica) de la lima giratoria no superelástica con respecto a la lima giratoria superelástica puede ser al menos aproximadamente 1,25:1 (por ejemplo, al menos aproximadamente 1,5:1, preferentemente al menos aproximadamente 2:1) a aproximadamente 25 °C.

III. Prueba de torque: Se muestra un grado de rotación más alto contra la fractura por torsión en los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi en su estado martensítico

En esta prueba de torque, la resistencia a la fractura de los instrumentos del conducto radicular se realiza para medir el grado de rotación máximo promedio contra la fractura por torsión usando el aparato de prueba como se muestra en la Figura 8. De acuerdo con los resultados de la prueba en la Figura 9 y 10, los instrumentos con una microestructura martensítica exhiben un grado más alto de rotación y torque máximo contra la fractura por torsión que sus contrapartes austeníticas.

Se aprecia que la mayor parte de la separación de los instrumentos puede haberse provocado tanto por la fatiga cíclica o por la fractura por torsión; por tanto, la separación de los instrumentos fabricados de aleaciones con memoria de forma con microestructura martensítica pueden reducirse significativamente de acuerdo con los resultados de prueba en (II) prueba de fatiga de la rotación de la flexión y (III) prueba de torque.

El gráfico esquemático de la Figura 9 muestra la relación entre diferentes estructuras metalúrgicas y el "grado máximo de rotación hasta la fractura" promedio de los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi. Más particularmente, la Figura 9, muestra que puede lograrse un grado de rotación más alto por la microestructura martensítica. Se aprecia que la relación del grado máximo de rotación hasta la fractura (propiedad de torsión) de la lima giratoria no superelástica con respecto a la lima giratoria superelástica puede ser al menos aproximadamente 1,05:1 (por ejemplo, al menos aproximadamente 1,075:1, preferentemente al menos aproximadamente 1,1:1) a aproximadamente 25 °C.

El gráfico esquemático de la Figura 10 muestra la relación entre diferentes estructuras metalúrgicas y un "torque máximo" promedio de los instrumentos de endodoncia giratorios fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi. Más particularmente, la Figura 10, muestra que puede lograrse una resistencia al torque más alta mediante una microestructura martensítica. Se aprecia que la relación de torque máximo (resistencia de torsión) de la lima giratoria no superelástica con respecto a la lima giratoria superelástica puede ser al menos aproximadamente 1,05:1 (por ejemplo, al menos aproximadamente 1,075:1, preferentemente al menos aproximadamente 1,09:1) a aproximadamente 25 °C.

IV. Los instrumentos de endodoncia fabricados de aleaciones con memoria de forma de NiTi en su estado martensítico muestran una conformación aumentada a un perfil del conducto curvo relativo a los instrumentos superelásticos convencionales de forma y/o tamaño similares.

Sin introducir el saliente, la transportación, y/o la perforación, se aprecia que los instrumentos formados de aleaciones con memoria de forma en su microestructura martensítica pueden usarse para limpiar y conformar el conducto altamente curvo como se muestra en la Figura 11. Ventajosamente, estos instrumentos tienden a ser más de conformidad con la curvatura del conducto radicular debido a (1) alta flexibilidad debido a la presencia de martensita; (2) mejor reorientación y capacidad de autoalojamiento de las variantes martensíticas debido a la baja simetría de la estructura de cristal monoclinica de la martensita con respecto a la estructura cúbica de cristal de la austenita bajo tensiones dinámicas aplicadas durante la cirugía del conducto radicular.

Un tratamiento con calor secundario puede usarse para controlar adicionalmente la rigidez de la lima no superelástica

proporcionando una o más flexiones en la misma mientras optimiza las propiedades del material de la lima. Esto puede lograrse mediante el tratamiento con calor de la lima no superelástica en ciertos parámetros para ajustar la rigidez de la lima (por ejemplo, hacer la lima no superelástica más o menos rígida. Por ejemplo, en una modalidad, una lima no lineal no superelástica con forma establecida puede formarse mediante un tratamiento con calor adicional de una lima no superelástica usando el método de tratamiento con calor de formación de una lima no lineal con forma establecida descrito en la presente descripción, aunque no se requiere. Se aprecia que el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida (por ejemplo, como se describió anteriormente) puede incluir posicionar generalmente la lima no superelástica dentro de un accesorio de manera que la lima no lineal superelástica pueda orientarse hacia una trayectoria de la lima no lineal y calentar el accesorio que incluye la lima no superelástica a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 650 °C (por ejemplo, aproximadamente 450 °C a aproximadamente 550 °C) por un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 45 minutos (por ejemplo, aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 30 minutos, y preferentemente aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 20 minutos) dando forma de este modo a la lima no superelástica para formar una lima no lineal no superelástica con forma establecida cuando se usa después del proceso de tratamiento con calor no superelástico.

Puede observarse que la descripción puede describirse además con referencia a una o más de las siguientes combinaciones.

- A. Un método de fabricación de una lima giratoria no superelástica comprende las etapas de: (i) proporcionar una lima giratoria superelástica que tiene una temperatura de acabado de la austenita; y (ii) calentar la lima giratoria superelástica a una temperatura de al menos aproximadamente 300 °C por un período de tiempo de al menos aproximadamente 5 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo la lima giratoria no superelástica; en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima giratoria no superelástica es mayor que aproximadamente 25 °C.
- B. El método de conformidad con la reivindicación 1, en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima giratoria no superelástica es mayor que 27 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 27 °C y 35 °C).
- C. El método de conformidad con la reivindicación 1 o 2, en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima giratoria no superelástica es mayor que 30 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 30 °C y 35 °C).
- D. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima giratoria no superelástica es mayor que 33 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 33 °C y 35 °C).
- E. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima giratoria no superelástica es mayor que 35 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 35 °C y 40 °C).
- F. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima giratoria no superelástica es mayor que 37 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 37 °C y 45 °C).
- G. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde en la etapa de calentamiento, la temperatura varía de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 600 °C.
- H. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde en la etapa de calentamiento, la temperatura varía de aproximadamente 370 °C a aproximadamente 510 °C.
- I. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde en la etapa de calentamiento, el período de tiempo varía de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 120 minutos.
- J. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde en la etapa de calentamiento, el período de tiempo varía de aproximadamente 10 minutos a aproximadamente 60 minutos.
- K. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la lima giratoria superelástica incluye una aleación con memoria de forma.
- L. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma incluye níquel y titanio.
- M. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es una aleación binaria basada en níquel-titanio.
- N. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es una aleación ternaria a base de níquel-titanio.
- O. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación ternaria a base de níquel-titanio tiene la fórmula Ni-Ti-X en donde X es Co, Or, Fe, o Nb
- P. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma incluye una aleación basada en cobre, una aleación basada en hierro o una combinación de ambas.
- Q. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es la aleación basada en cobre que incluye CuZnAl o CuAlNi.
- R. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es la aleación a base de hierro que incluye FeNiAl, FeNiCo, FeMnSiCrNi, o FeNiCoAlTaB.
- S. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la relación de torque máximo (flexibilidad/rigidez) de la lima giratoria no superelástica a la lima giratoria superelástica es de menos de 8:9 a aproximadamente 25 °C.
- T. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la relación total del número de ciclos

- hasta a la fatiga (resistencia contra la fatiga cíclica) de la lima giratoria no superelástica con respecto a la lima giratoria superelástica es al menos aproximadamente 1,25:1 a aproximadamente 25 °C.
- U. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la relación del grado máximo de rotación hasta la fractura (propiedad de torsión) de la lima giratoria no superelástica con respecto a la lima giratoria superelástica es al menos aproximadamente 1,05:1 a aproximadamente 25 °C.
- V. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la relación del torque máximo (resistencia de torsión) de la lima giratoria no superelástica con respecto a la lima giratoria superelástica es al menos aproximadamente 1,05:1 a aproximadamente 25 °C.
- W. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, que comprende además la etapa de proporcionar un mango y acoplar el mango a una porción de la lima giratoria no superelástica.
- X. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde para el NiTi binario, el porcentaje en peso del níquel puede variar de aproximadamente 45 % a aproximadamente 60 % (por ejemplo, de aproximadamente 54,5 % a aproximadamente 57 %) con un equilibrio de la composición de titanio de aproximadamente 35 % a aproximadamente 55 % (por ejemplo, de aproximadamente 43 % a aproximadamente 45,5 %).
- Y. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde para el NiTiX ternario, el elemento X puede ser menor que 15 % (por ejemplo, de menos de aproximadamente 10 %) en peso.
- Z. Un método de fabricación de una lima giratoria no superelástica que comprende las etapas de (i) proporcionar un alambre no superelástico que tiene una temperatura de acabado de la austenita mayor que aproximadamente 25 °C; (ii) calentar el alambre no superelástico a una temperatura de fabricación más alta que la temperatura de acabado de la austenita; y (iii) formar canales, ranuras, o una combinación de ambos alrededor del alambre superelástico para formar una lima giratoria; en donde la lima giratoria es no superelástica a una temperatura que varía de aproximadamente 25 °C a aproximadamente la temperatura de acabado de la austenita.
- AA. El método de conformidad con la reivindicación 23, en donde la temperatura de acabado de la austenita de la lima giratoria no superelástica es mayor que 26 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 26 °C y 35 °C).
- BB. El método de conformidad con la reivindicación 23, en donde la temperatura de acabado de la austenita de la lima giratoria no superelástica es mayor que 27 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 27 °C y 35 °C).
- CC. El método de conformidad con la reivindicación 23 o 24, en donde la temperatura de acabado de la austenita de la lima giratoria no superelástica es mayor que 30 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 30 °C y 35 °C).
- DD. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la temperatura de acabado de la austenita de la lima giratoria no superelástica es mayor que 33 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 33 °C y 40 °C).
- EE. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la temperatura de acabado de la austenita de la lima giratoria no superelástica es mayor que 35 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 35 °C y 40 °C).
- FF. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la temperatura de acabado de la austenita de la lima giratoria no superelástica es mayor que 37 °C (por ejemplo, entre aproximadamente 37 °C y 45 °C).
- GG. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde en la etapa de calentamiento, la temperatura de fabricación varía de aproximadamente 5 °C a aproximadamente 200 °C.
- HH. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde en la etapa de calentamiento, la temperatura de fabricación varía de aproximadamente 10 °C a aproximadamente 50 °C.
- II. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde el alambre no superelástico incluye una aleación con memoria de forma.
- JJ. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma incluye níquel y titanio.
- KK. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es una aleación binaria basada en níquel-titanio.
- LL. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es una aleación ternaria a base de níquel-titanio.
- MM. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación ternaria a base de níquel-titanio tiene la fórmula Ni-Ti-X en donde X es Co, Cr, Fe, o Nb.
- NN. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma incluye una aleación basada en cobre, una aleación basada en hierro o una combinación de ambas.
- OO. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es la aleación basada en cobre que incluye CuZnAl o CuAlNi.
- PP. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde la aleación con memoria de forma es la aleación basada en hierro que incluye FeNiAl, FeNiCo, FeMnSiCrNi o FeNiCoAlTaB.
- QQ. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, que comprende además la etapa de proporcionar un mango y acoplar el mango a una porción de la lima giratoria no superelástica.
- RR. El método de conformidad con cualquier reivindicación anterior, en donde el mango se localiza distal a los canales, las ranuras, o cualquiera de sus combinaciones.
- SS. Un método de fabricación de una lima giratoria no superelástica que comprende las etapas de proporcionar una lima giratoria superelástica que tiene una temperatura de acabado de la austenita; y calentar la lima giratoria superelástica a una temperatura de al menos aproximadamente 300 °C por un período de tiempo de al menos aproximadamente 5 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo la

lima giratoria no superelástica; en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima giratoria no superelástica es mayor que aproximadamente 25 °C.

Instrumentos no lineales y métodos de fabricación de los mismos

5 La presente descripción contempla además instrumentos no lineales (por ejemplo, instrumentos de endodoncia) y métodos de formación de los mismos. Un diseño de una lima puede producirse usando un accesorio para desviar las porciones de una lima convencional (por ejemplo, lima lineal) de manera que la geometría de la lima puede disponerse en una forma terminada no lineal predeterminada y calentar la lima para formar una lima no lineal con forma establecida. 10 Más particularmente, se da forma a una lima con una geometría deseada (por ejemplo una forma generalmente no lineal) para distribuir mejor el contacto de la superficie con el material de pulpa y/o el material del conducto radicular infectado relativo a la pared del conducto radicular (por ejemplo dentina/interfaz de pulpa) durante la limpieza y/o conformación de los conductos radiculares con varias curvaturas (por ejemplo, curvatura extrema). En un aspecto conveniente, la lima no lineal conformada puede configurarse para expandirse asegurando de este modo que se limpien 15 las paredes del conducto radicular (por ejemplo, retirar la pulpa y/o el material infectado) mientras minimiza la extracción de la dentina y/o los materiales de pulpa. En otro aspecto conveniente, la lima no lineal conformada puede configurarse para doblarse después del contacto con una o más porciones de las paredes del conducto radicular cuando las paredes del conducto radicular son más estrechas que las flexiones de la lima giratoria con forma no lineal para reducir la extracción excesiva de la dentina y/o los materiales de pulpa. Además, la presente descripción puede incluir el método de formación de una lima no lineal, que puede llevarse a cabo colocando la lima convencional en un accesorio y luego colocando el accesorio junto con la lima en una cámara calentada por un tiempo para dar forma a la lima con la geometría predeterminada formando de este modo una lima no lineal con forma establecida. 20

25 Las Figuras 12A, 12B, y 12C muestran varias limas (por ejemplo la lima dental) de la presente descripción que tiene una forma no lineal. Las limas no lineales 20, 108, y/o 110 de las Figuras 12A-12C, se extienden respectivamente generalmente a lo largo de un eje de la lima 26 e incluyen una porción del vástago no lineal alargada 22 que tiene una punta 28, un extremo proximal 24 y una porción de trabajo entre las mismas. El extremo proximal 28 puede asegurarse a un mango (no se muestra) o puede incluir un extremo de acoplamiento 27 para acoplarse a una pieza de mano (por ejemplo, un dispositivo giratorio). El vástago 22 incluye al menos una porción de desplazamiento 30 y preferentemente una pluralidad de porciones de desplazamiento 30 (por ejemplo, flexiones) donde al menos una porción del vástago 22 se extiende a lo largo de un eje diferente al eje de la lima 26 convirtiéndose de este modo en generalmente no lineal. En una modalidad preferida, la porción del vástago no lineal 22 se extiende dentro de un plano común (por ejemplo, en un espacio de dos dimensiones). 30

35 Se aprecia que las limas no lineales pueden incluir una pluralidad de desplazamientos 30 (por ejemplo, al menos aproximadamente 2 desplazamientos, al menos aproximadamente 3 desplazamientos tales como las limas no lineales 20 y 108, al menos aproximadamente 4 desplazamientos tales como la lima no lineal 110, u otros). Más particularmente, la lima no lineal 20 puede tener una geometría similar a un perfil con forma generalmente de C, un perfil con forma generalmente de S, un perfil con forma generalmente sinusoidal o de otra manera un perfil con forma no lineal. Se aprecia que la lima no lineal puede tener una longitud del vástago generalmente más pequeña 22 y/o un estrechamiento de la lima generalmente mayor como en la lima no lineal 108 o puede incluir un vástago de longitud generalmente mayor 22 y/o un estrechamiento de la lima generalmente menor como en las limas no lineales 20 y 110, aunque no se requiere. Opcionalmente, el extremo de la punta 28 puede desplazarse del eje de la lima 26 (Figuras 12A y 12B) o puede extenderse a lo largo del eje de la lima 26 (Figura 12C). 40

45 Generalmente, la porción de desplazamiento 30 puede incluir una sección del vástago 22 que se extiende generalmente entre dos localizaciones a lo largo del eje de la lima. Por ejemplo, la porción de desplazamiento puede extenderse entre una primera localización del vástago 34A donde el vástago comienza a extenderse lejos del eje de la lima 26 y una segunda localización del vástago 34B donde el vástago regresa al eje de la lima 26. Además, se aprecia que la porción de desplazamiento puede extenderse desde o hacia las porciones de extremo del vástago 22 (por ejemplo, la punta 28, el extremo proximal 24, y/u otro). La porción de desplazamiento 30 puede incluir un punto alto 32. El punto alto 32 puede ser generalmente un punto más exterior dentro de la porción de desplazamiento correspondiente 30 a lo largo de la porción del vástago 22 que tiene la mayor distancia desde el eje de la lima 26. Esta distancia máxima (por ejemplo, desplazamiento máximo) entre el punto alto 32 y el eje de la lima 26 puede definirse por la distancia de desplazamiento del punto alto 36. 50

55 En una modalidad que tiene una pluralidad de porciones de desplazamiento 30, cada porción de desplazamiento 30 (por ejemplo, 30A, 30B, etc.) puede incluir un punto alto 32 (por ejemplo, 32A, 32B, etc.) y un desplazamiento correspondiente del punto alto. Por ejemplo, como se observa en la Figura 12, el vástago 22 incluye una primera porción de desplazamiento 30A (que define una primera curva inferior) que tiene un primer punto alto 32A (vértice de la curva), una segunda porción de desplazamiento 30B (que define una segunda curva superior) que tiene un punto alto 32B (vértice de la curva), y un tercer desplazamiento 30C que tiene un punto alto 32C (la punta 28 de la lima). En la primera porción de desplazamiento 30A, el vástago 22 se extiende lejos del eje de la lima 26 (por ejemplo, aumentando la distancia de desplazamiento) en una localización del vástago 34A (por ejemplo, cerca del extremo proximal 24 de la lima 20) y continúa desplazándose lejos del eje de la lima 26 hasta su punto más exterior en el primer punto alto 32A de la primera porción de desplazamiento 30A. Desde el primer punto alto 32A, el vástago 22 se extiende hacia el eje de la 60

lima 26 de manera que la cantidad de desplazamiento disminuye (con respecto a la distancia de desplazamiento del primer punto alto 36A) hasta que el vástago 22 se extienda hacia y/o a través del eje de la lima 26 en la localización del vástago 34B (por ejemplo, punto de inflexión). El vástago 22 se extiende a través del eje de la lima 26 en la localización del vástago 34B para definir la segunda porción de desplazamiento 30B donde el vástago 22 continúa extendiéndose una vez más lejos del eje de la lima 26 (por ejemplo, aumentando la distancia de desplazamiento) hacia el punto más exterior de la segunda porción de desplazamiento 30B en el segundo punto alto 32B. A partir del segundo punto alto 32B, el vástago 22 se extiende hacia el eje de la lima 26 de manera que la cantidad de desplazamiento disminuye (con respecto a la segunda distancia de desplazamiento del punto alto 36B) hasta que el vástago 22 se extiende hacia el eje de la lima 26 en la localización del vástago 34C. El vástago 22 se extiende luego a través del eje de la lima 26 en la localización del vástago 34C y continúa extendiéndose lejos del eje de la lima 26 (por ejemplo, aumentando la distancia de desplazamiento) para definir la tercera porción de desplazamiento 30C que tiene un tercer punto alto 32C (con una distancia de desplazamiento del tercer punto alto 36C) en la punta 28 de la lima no lineal 20.

La Figura 12B muestra una lima no lineal 108 que tiene una geometría generalmente similar a la lima no lineal 20 de la Figura 12A. La lima no lineal 108 puede diferir de la lima no lineal 20 en que la lima no lineal 108 puede incluir una longitud del vástago menor y/o una longitud general de la lima. La Figura 12C muestra una lima no lineal 110 que tiene una longitud del vástago y/o una longitud general de la lima generalmente similar a la lima no lineal 20 de la Figura 12A. La lima no lineal 110 puede diferir de la lima no lineal 20 en que la lima no lineal 110 puede incluir una porción de desplazamiento adicional formando de este modo múltiples flexiones (por ejemplo, cuatro flexiones) de manera que la lima no lineal 110 incluye dos pares de curvas superior e inferior, cada curva se extiende generalmente hacia y/o cambia a través del eje de la lima.

Preferentemente, aunque no se requiere, la distancia de desplazamiento del punto alto disminuye de una porción de desplazamiento a otra porción de desplazamiento mientras más cerca esté la porción de desplazamiento con respecto a la punta 28 de la lima no lineal 20. Por ejemplo, en la Figura 12, la primera distancia de desplazamiento del punto alto 36A puede ser mayor que la segunda distancia de desplazamiento del punto alto 36B, que puede ser mayor que la tercera distancia de desplazamiento del punto alto 36C. Sin embargo, se aprecia que la distancia de desplazamiento del punto alto puede variar de una porción de desplazamiento a otra porción de desplazamiento o puede ser la misma. Además, se aprecia que la distancia de desplazamiento del punto alto puede aumentar o disminuir de una porción de desplazamiento a otra porción de desplazamiento independientemente de la localización de la porción de desplazamiento con respecto a la punta 28, el extremo proximal 24 de la lima 20, una o más porciones de desplazamiento adyacentes, y/u otros.

Se aprecia que el vástago 22 puede desplazarse del eje de la lima 26 a lo largo de la porción de desplazamiento 30 una cantidad mayor que aproximadamente 0,0 mm, preferentemente mayor que aproximadamente 0,05 mm, y con mayor preferencia mayor que 0,5 mm. Además, se aprecia que el vástago 22 puede desplazarse del eje de la lima 26 a lo largo de la porción de desplazamiento 30 una cantidad de menos de aproximadamente 7 mm, preferentemente de menos de aproximadamente 6 mm, y con mayor preferencia de menos de aproximadamente 5 mm. Por ejemplo, el vástago 22 puede desplazarse del eje de la lima 26 a lo largo de la porción de desplazamiento 30 una cantidad mayor que 0,0 mm a aproximadamente 7 mm, preferentemente de aproximadamente 0,05 mm a aproximadamente 6 mm, y con mayor preferencia de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 5 mm.

La presente descripción puede incluir un accesorio 40 para formar la lima no lineal 20. El accesorio 40 puede proporcionarse en varios tamaños que tienen cualquier ancho, longitud, y/o grosor suficiente para acomodar un instrumento dental de acuerdo con la presente descripción.

En una modalidad, el accesorio 40 incluye una base 41 que tiene una superficie superior 42 (por ejemplo, una superficie generalmente plana), una pared posterior 43, una pared delantera 44, y paredes laterales izquierda y derecha 45. La base incluye uno o más miembros de desplazamiento 46 que definen una trayectoria de la lima no lineal para recibir un instrumento dental convencional (por ejemplo, la lima 10A, 10B, 10C, u otra). La base 41 puede incluir una pluralidad de miembros de desplazamiento 46 dispuestos alrededor de la base 41 que cuando entra en contacto con el vástago 22, una o más de las porciones del vástago 22 pueden desviarse lejos de o hacia el eje de la lima 26. Opcionalmente, la base 41 puede incluir además uno o más miembros guías 48 que ayudan a mantener las porciones del vástago 22 a lo largo del eje de la lima 26. Se aprecia que uno o más de los miembros de desplazamiento 46, los miembros guías o una combinación de ambos pueden ser integrales con o separarse de la base 41. Además, se aprecia que uno o más de los miembros de desplazamiento 46, los miembros guías o una combinación de ambos puede asegurarse de manera fija a la base o puede ajustarse para alterar la trayectoria de la lima no lineal definida de este modo. En una modalidad específica como se muestra en la Figura 13, la base 41 incluye una pluralidad de miembros guías 48 que tienen un primer par de miembros guías correspondientes 50A y 50B y un segundo par de miembros guías 52A y 52B y una pluralidad de miembros de desplazamiento 46 que tienen un primer miembro de desplazamiento 54, un segundo miembro de desplazamiento 56, un primer par de miembros de desplazamiento correspondientes 58A y 58B, y un segundo par de miembros de desplazamiento correspondientes 60A y 60B.

Los miembros de desplazamiento 46 y los miembros guías 48 (por ejemplo, pasadores u otros), cuando se incluyen en la Figura 13 se extienden hacia arriba (por ejemplo, generalmente perpendiculares) desde la base 41 y pueden situarse en una configuración para definir una trayectoria de la lima no lineal predeterminada. Se aprecia que a medida que la



lima convencional (por ejemplo, la lima generalmente lineal) se dirige hacia uno o más de los miembros de desplazamiento 46 y los miembros guías 48, una o más porciones del vástago 22 pueden desplazarse lejos del eje de la lima 26 (por ejemplo, hacia pared posterior 43 o la pared delantera 44) o hacia el eje de la lima 26 de manera que las porciones del vástago 22 pueden conformarse a la trayectoria de la lima no lineal predeterminada del accesorio 40 para orientar el vástago de la lima convencional a una forma no lineal (por ejemplo, una lima curva).

Más específicamente, una lima convencional puede insertarse en el accesorio 40 de manera que la punta 18 puede extenderse primero a través del primer par de miembros guías correspondientes 50A, 50B y luego a través del segundo par de miembros guías correspondientes 52A, 52B. Cada miembro guía del par correspondiente puede separarse suficientemente para permitir al vástago 12 pasar entre los mismos mientras mantienen generalmente la lima a lo largo del eje de la lima 26. Como tal, puede existir generalmente poco o ningún desplazamiento del vástago desde el eje de la lima 26 a medida que la lima convencional se guía a través de cada par de miembros guías. A medida que la punta 18 de la lima convencional continúa insertándose en el accesorio, la punta 18 puede entrar en contacto con el primer miembro de desplazamiento 54A, que desvía preferentemente la punta 18 lejos del eje de la lima 26 (por ejemplo, hacia la pared posterior 43 o la pared delantera 44, generalmente a lo largo de la superficie superior 42 y dentro de un plano común). De manera similar, como los miembros de desplazamiento restantes 46 se ponen en contacto con la punta 18 (así como también varias secciones del vástago 12), las porciones de la lima convencional continúan desviándose hacia o lejos del eje de la lima 26 hasta que la punta 18 alcanza (por ejemplo, se extiende a través) el último miembro de desplazamiento 46 (por ejemplo, el par de miembros de desplazamiento correspondientes 60A, 60B) de manera que el vástago 12 de la lima convencional puede orientarse hacia la forma predeterminada definida por la trayectoria de la lima no lineal del accesorio 40. A partir de ahí, la lima convencional que se posiciona a lo largo de la trayectoria de la lima no lineal del accesorio 40 puede someterse a un proceso de tratamiento con calor como se describe a continuación para dar forma a la una o más limas convencionales formando de este modo una o más limas no lineales con forma establecida (por ejemplo, la lima no lineal 20 de la Figura 12A, la lima no lineal 108 de la Figura 12B, la lima no lineal 110 de la Figura 12C, u otra).

Las limas convencionales de varios tamaños pueden alojarse variando la profundidad de la inserción en el accesorio de manera que la punta 18 se extiende hasta (por ejemplo, entra en contacto con) el último miembro de desplazamiento 46, el miembro guía opcional 48, el extremo del accesorio, o cualquier miembro de desplazamiento/miembro guía entre los mismos hasta que la lima convencional se orienta hacia la forma predeterminada. Además, los miembros guías, los miembros de colocación del desplazamiento, o una combinación de ambos pueden asegurarse a la base 41 con suficiente separación para definir la trayectoria de la lima predeterminada mientras en capaz de alojar limas de varios tamaños que tienen diferentes grosores, estrechamientos, materiales y/o longitudes.

Se aprecia que en otra modalidad, la presente descripción puede alojar limas de varios tamaños que tienen diferentes grosores, estrechamientos, materiales y/o longitudes proporcionando un accesorio ajustable 70 que tiene uno o más miembros de desplazamiento ajustables 76, uno o más miembros guías ajustables 78, o una combinación de ambos. Los miembros ajustables 76 y 78 pueden configurarse para permitir reposicionar el al menos un miembro a lo largo de la superficie superior 42 de la base 41. Más particularmente, el accesorio 70 mostrado en la Figura 14 puede incluir uno o más (por ejemplo, dos) miembros de desplazamiento (por ejemplo, pasadores) móviles en al menos una dirección (una dirección diferente tal como transversalmente entre la pared posterior 43 y la pared delantera 44) para cumplir con la geometría no lineal deseada terminada de la lima.

Haciendo esto, uno o más miembros ajustables pueden reposicionarse generalmente transversales con respecto al eje de la lima 26 (por ejemplo, hacia la pared posterior 43 o la pared delantera 44) para alojar un vástago más grueso, un vástago más delgado, un vástago que tiene mayor estrechamiento de la lima, un vástago que tiene un menor estrechamiento de la lima, o sus combinaciones. Por ejemplo, al menos un miembro de desplazamiento y/o los miembros guías (por ejemplo, 50A, 52A, 58A, 60A) de los miembros de desplazamiento correspondientes y/o los miembros guías correspondientes pueden reposicionarse transversalmente con respecto al otro miembro de desplazamiento correspondiente y/o al miembro guía correspondiente (por ejemplo, 50B, 52B, 58B, 60B), respectivamente, para aumentar o disminuir la separación entre los mismo permitiendo de este modo que el accesorio aloje las limas convencionales que tienen varios grosores del vástago. Además, uno o más miembros ajustables pueden reposicionarse generalmente transversales con respecto al eje de la lima 26 (por ejemplo, hacia la pared posterior 43 o la pared delantera 44) para aumentar o disminuir la porción de desplazamiento 30 transversalmente aumentando o disminuyendo de este modo la distancia de desplazamiento del punto alto, respectivamente. Por ejemplo, reposicionando transversalmente al menos un miembro de desplazamiento 46 (por ejemplo, 54, 56), el vástago 22 puede desplazarse además lejos del eje de la lima 26 formando de este modo una mayor flexión (por ejemplo, curva) con una mayor distancia de desplazamiento.

Opcionalmente o adicionalmente, uno o más miembros ajustables pueden reposicionarse generalmente longitudinales con respecto al eje de la lima (por ejemplo, hacia las paredes laterales izquierda o derecha 45) para alojar las limas de varias longitudes o para aumentar o disminuir la distancia longitudinal de la porción de desplazamiento 30. Se contempla que la distancia longitudinal de la porción de desplazamiento 30 puede definirse como la distancia a lo largo del eje de la lima 26 entre dos porciones adyacentes del vástago que intersectan con el eje de la lima 26 (por ejemplo, la distancia a lo largo del eje de la lima 26 entre las localizaciones del vástago 34A y 34B, la localización del vástago 34C y la punta 28, u otro). Por ejemplo, la separación longitudinal entre el primer par de miembros guías correspondientes

50A, 50B y el segundo par de miembros de desplazamiento correspondientes 60A, 60B puede aumentar o disminuir generalmente longitudinalmente con respecto a las paredes laterales izquierda y derecha 45 para alojar los vástagos más largos o más cortos 22, respectivamente. Además, la distancia longitudinal de la porción de desplazamiento 30 puede aumentar o disminuir aumentando o disminuyendo la separación longitudinal entre dos o más de los miembros de desplazamiento 46, los miembros guías 48, o sus combinaciones, respectivamente. Por ejemplo, la separación entre el segundo par de miembros guías 52A, 52B y el miembro de desplazamiento 56 puede aumentar o disminuir generalmente longitudinalmente con respecto a las paredes laterales izquierda y derecha 45 aumentando de este modo la distancia longitudinal entre las mismas. En este ejemplo, aumentar o disminuir la distancia longitudinal de una porción de desplazamiento puede incluir además el desplazamiento transversal del vástago 22 mediante un miembro de desplazamiento (por ejemplo, el miembro de desplazamiento 54), aunque no se requiere.

La Figura 14 muestra un ejemplo específico de un accesorio ajustable 50 que tiene características similares a las descritas en el accesorio 40 e incluye además un primer miembro de desplazamiento ajustable 76A y un segundo miembro de desplazamiento ajustable 76B. Los miembros de desplazamiento ajustables 76A y 76B pueden configurarse para ajustarse transversalmente (por ejemplo, hacia las paredes posterior y delantera 43, 44) para aumentar y/o disminuir las porciones de desplazamiento 30A, 30B con respecto al eje de la lima 26. El miembro de desplazamiento ajustable 76 puede ajustarse (o reajustarse) antes de, durante, y/o después de insertar la lima convencional dentro del accesorio 50 para lograr la trayectoria de la lima deseada para formar la lima no lineal predeterminada conformada.

Como se mencionó anteriormente, el accesorio 50 puede incluir miembros guías ajustables (no se muestran). Para los propósitos de esta descripción, el miembro ajustable puede incluir un miembro de desplazamiento ajustable, un miembro guía ajustable, o una combinación de ambos. El miembro ajustable (por ejemplo, el miembro de desplazamiento ajustable 76) puede ajustarse asegurado a la base 41, lo que permite que el miembro ajustable se mueva dentro de una porción de la ranura 78 (78A, 78B) cuando puede desearse una trayectoria de la lima diferente predeterminada, para alojar una lima convencional de dimensiones diferentes, u otra y sus combinaciones. Se aprecia que la porción de la ranura 78 puede proporcionarse transversalmente (por ejemplo, generalmente perpendicular) con respecto al eje de la lima 26 (por ejemplo, extendiéndose hacia las paredes trasera y delantera 43, 44 como se muestra en la Figura 14), longitudinalmente (por ejemplo, generalmente paralela) con respecto al eje de la lima 26 (por ejemplo, extendiéndose hacia las paredes laterales izquierda o derecha 45), diagonalmente, o de otra manera.

Una vez que uno o más de los miembros ajustables se han movido hacia una posición deseada para formar al menos una porción de la trayectoria de la lima predeterminada, el miembro ajustable puede asegurarse temporalmente a la posición deseada con el fin de mantener la porción de la trayectoria de la lima predeterminada. El miembro ajustable puede reposicionarse luego para formar una trayectoria de la lima diferente si se desea. Se aprecia que cualquier medio de seguridad ajustable puede usarse suficiente para asegurar de manera desmontable el miembro ajustable.

En otra modalidad de la presente descripción puede proporcionarse el accesorio para formar una o más limas no lineales conformadas. Como se muestra en un ejemplo específico, las Figuras 15A-16C proporcionan un accesorio 80 que puede incluir un miembro base 81 que tiene una superficie superior 82, una pared posterior 83, una pared delantera 84, y paredes laterales izquierda y derecha 85. La superficie superior 82 puede incluir al menos una ranura 90 que define una trayectoria de la lima predeterminada para recibir una lima convencional (por ejemplo, una lima generalmente lineal). Preferentemente, el accesorio 80 puede incluir una pluralidad de ranuras de la lima 90, que pueden ser similares o variar de una ranura de la lima 90 a otra. Como se muestra en las Figuras 15A-16C, el accesorio 80 incluye una pluralidad de ranuras similares 90. La ranura de la lima 90 puede formarse en un valle ranurado de la superficie superior 82. La ranura de la lima 90 puede extenderse (por ejemplo, generalmente transversal) a una o ambas de la pared posterior 83 y la pared delantera 84 de manera que una abertura en las paredes superior y/o inferior respectivas pueden extenderse a través de las mismas como se muestra en la Figura 16B. Si la ranura de la lima se extiende a través de al menos una de la pared delantera y posterior 83, 84 puede ser conveniente alojar una porción del mango 16, un extremo de acoplamiento 17, el extremo de la punta 18, o u otro, que puede posicionarse hacia fuera o parcialmente hacia fuera del accesorio 80. Se aprecia además que la ranura de la lima 90 puede extenderse completamente dentro de la superficie delantera 82 de manera que cualquier extremo de la ranura de la lima 90 no se extienda a través de las paredes posterior y delantera 83, 84. En este caso, la ranura 90 puede incluir además una porción separada suficientemente para acomodar la porción del mango 16, el extremo de acoplamiento 17, u otro.

Además, la ranura de la lima 90 puede tener cualquier tamaño o longitud suficiente para acomodar limas de varios tamaños. El ancho y/o altura de la ranura de la lima 90 pueden corresponder generalmente al menos a la porción más ancha y/o gruesa del vástago de la lima (por ejemplo, generalmente cerca del extremo proximal de la lima) de manera que el movimiento de la lima (por ejemplo, transversal y/o rotacional) puede limitarse o eliminarse sustancialmente. Es posible que la altura de la ranura de la lima 90 puede ser menor que la altura (por ejemplo, grosor) de la lima cuando el miembro de recubrimiento 100 incluye además un espacio correspondiente (por ejemplo, ranura de la lima) para alojar una o más porciones de la lima que puede extenderse sobre la superficie superior 82.

Preferentemente, la superficie superior 82 del accesorio 81 y/o la base de la ranura de la lima 90 puede ser generalmente plana, aunque no se requiere. Se aprecia que la superficie superior 82, la base de la ranura 90, o una combinación de ambos puede variar (por ejemplo, inclinarse, curvarse, y/u otro) para alojar una o más limas que tienen el mismo o diferentes grados de estrechamiento de la lima. Como tal, la altura de la ranura de la lima puede permanecer

5 constante o variar en dependencia de si la superficie superior 82 y/o la base de la ranura de la lima 90 permanece generalmente plana o varía para alojar limas de varias dimensiones (por ejemplo, estrechamiento, altura, grosor de la lima y/u otros). Convenientemente, la ranura de la lima 90 generalmente complementa el ancho y/o altura de la lima de manera que el movimiento de la lima (por ejemplo, longitudinalmente, transversalmente, radialmente, u otro) puede limitarse o resistir sustancialmente dentro de la una o más porciones de la ranura de la lima 90 (por ejemplo, una vez que la lima se orienta hacia una posición y/o forma deseada dentro de la trayectoria de la lima predeterminada).

10 El accesorio 80 puede incluir además una o más porciones de desplazamiento 86, una o más porciones guías 88, o una combinación de ambos que define la trayectoria de la lima predeterminada y la ranura 90. Como se describió anteriormente, la porción de desplazamiento 86 puede configurarse generalmente para desplazar el vástago 22 desde o hacia el eje de la lima 26 mientras que la porción guía 88 puede configurarse generalmente para mantener el vástago 22 y/o el extremo proximal 24 generalmente a lo largo del eje de la lima 26.

15 Preferentemente, el accesorio 80 puede incluir una pluralidad de ranuras 90, cada una se define por una o más porciones de desplazamiento 86 que tienen un primer par de porciones de desplazamiento correspondientes 92A, 92B y un segundo par de porciones de desplazamiento correspondientes 94A, 94B. El accesorio 80 puede incluir además una o más porciones guías 88 que tienen un primer par de porciones guías correspondientes 96A, 96B y un segundo par de porciones guías correspondientes 98A, 98B para definir además cada ranura 90. Juntas, las porciones de desplazamiento 86 y las porciones guías 88 pueden posicionarse para definir la ranura 90 y una trayectoria de la lima determinada en la misma para recibir y orientar las porciones de una lima convencional en una forma no lineal predeterminada (por ejemplo, con una o más curvas tales como generalmente una forma de S, forma de C, u otra).

25 El accesorio 80 puede incluir además un miembro de recubrimiento 100 configurado para acoplarse con el miembro base 81. El miembro de recubrimiento 100 puede incluir una superficie inferior 101, una superficie superior 102, una pared posterior 103, una pared delantera 104, y paredes laterales izquierda y derecha 105. El acoplamiento del miembro base 81 y del miembro de recubrimiento 100 puede lograrse mediante un elemento de acoplamiento. El elemento de acoplamiento puede ser cualquier estructura conocida capaz de asegurar de manera desmontable el miembro de recubrimiento 100 al miembro base 81 para mantener generalmente la lima dentro de la ranura de la lima 90 mientras limita o elimina sustancialmente el movimiento de la lima en el mismo. En un ejemplo no limitativo como se muestra en las Figuras 15A-16C, el accesorio 80 incluye además un elemento de acoplamiento 102 que tiene porciones salientes 104, que pueden configurarse para recibirse en las porciones de abertura correspondientes 106 manteniendo generalmente de este modo el miembro base 81 con respecto al miembro de recubrimiento 100 en una posición cerrada. Más particularmente, después que una o más limas convencionales se han orientado dentro de la una o más ranuras de la lima 90, el miembro de recubrimiento 100 puede colocarse sobre el miembro base 81 de manera que las aberturas 106 del miembro de recubrimiento 100 se alinean generalmente con las porciones salientes 104. El miembro de recubrimiento 100 puede bajarse luego sobre el miembro base 81 de manera que la superficie superior 82 del miembro base 81 pueda localizarse próxima a la superficie inferior 101 del miembro de recubrimiento 101. Se aprecia que al menos una porción de la superficie superior 82 puede entrar en contacto con al menos una porción de la superficie inferior 101, y preferentemente una porción sustancial de la superficie superior 82 puede entrar en contacto con una porción sustancial de la superficie inferior 101, aunque no se requiere. Una vez que el miembro de recubrimiento 100 se ha acoplado al miembro base 81 mediante el elemento de acoplamiento, la una o más limas localizadas en el mismo (por ejemplo, con la una o más ranuras de la lima 90) se mantienen generalmente en el lugar de manera que el movimiento de la lima dentro de la ranura 90 puede reducirse o eliminarse sustancialmente. Como tal, preferentemente, la porción saliente 104 incluye una forma y tamaño (por ejemplo, generalmente cilíndrica u otra) que puede dimensionarse para complementar la abertura 104 de manera que una vez que la porción saliente 104 se recibe en la abertura 104 puede haber generalmente muy poco o sustancialmente ningún movimiento dentro de la abertura 106. En lo adelante, la una o más limas convencionales que se posicionan dentro de la una o más ranuras de la lima 90 para orientarse a lo largo de la trayectoria de la lima no lineal del accesorio 80 pueden someterse a un proceso de tratamiento con calor como se describe a continuación para dar forma a la una o más limas convencionales formando de este modo una o más limas no lineales con forma establecida (por ejemplo, la lima no lineal 20 de la Figura 12A, la lima no lineal 108 de la Figura 12B, la lima no lineal 110 de la Figura 12C, u otra).

55 Opcionalmente, el accesorio 80 puede incluir uno o más miembros ajustables (no se muestran). Cuando se incluyen, los miembros ajustables pueden ser móviles (y asegurarse temporalmente) para proporcionar varios diseños de la ranura de la lima.

60 Como se muestra en la Figura 17, una vista en sección transversal longitudinal de una porción del diente 120 incluye la dentina 122 que rodea generalmente un conducto radicular 124 (por ejemplo, pulpa y/o tejido nervioso) con una pared del conducto radicular 125, el conducto radicular 124 se prepara (por ejemplo, se limpia y/o se conforma) mediante una modalidad de la presente descripción incluyendo una lima no lineal con forma establecida 126. La preparación (por ejemplo, limpieza y/o conformación) del conducto radicular 124 puede incluir un operador que avanza (por ejemplo, empujando) (mientras gira, alterna, oscila verticalmente, u otro, y sus combinaciones) la lima no lineal 126 generalmente hacia el vértice 128 del conducto radicular 124 para retirar un área infectada que puede incluir pulpa junto con una bacteria, tejido nervioso decaído y restos relacionados del diente 120. Una vez que el conducto radicular 124 se ha limpiado, el conducto radicular 124 puede volver a conformarse y/o alargarse para permitir un mejor acceso para su relleno posterior.

Se aprecia que durante la extracción del área infectada del conducto radicular 124 y el área que lo rodea, la lima no lineal 126 puede encontrar típicamente alguna resistencia a medida que las porciones de la lima no lineal 126 entran en contacto con el material que se extrae (por ejemplo, la dentina, la pulpa, el tejido nervioso y/o el material infectado) dentro del diente. Esta resistencia de la lima y opcionalmente cualquier fuerza hacia abajo por el operador hacia el vértice del conducto radicular durante el uso de la lima no lineal, puede provocar que la lima no lineal se expanda (por ejemplo, aumente generalmente al menos una porción de desplazamiento 130), se doble (por ejemplo, generalmente disminuya al menos una porción de desplazamiento 130), o una combinación de ambos. La expansión y/o plegado de la porción de desplazamiento 130 generalmente puede ocurrir en la dirección transversal, la dirección longitudinal, o una combinación de ambas con respecto al eje de la lima de manera que el contacto de la superficie con el conducto radicular (por ejemplo, el material que se extrae) puede aumentar. Más particularmente, a medida que ocurre la resistencia de la lima (por ejemplo, cuando entra en contacto con la dentina y/o la pared del conducto radicular) una o más porciones de desplazamiento pueden deformarse a lo largo de una trayectoria de menor resistencia (por ejemplo, hacia el material de pulpa) de manera que extracción de la dentina puede minimizarse mientras maximiza el contacto con el material de pulpa maximizando de este modo la extracción del material de pulpa.

La Figura 18 muestra una vista en sección transversal longitudinal similar del conducto radicular 124 mostrado en la Figura 17 mientras se limpia y/o conforma usando una lima lineal convencional comparable 132 (por ejemplo, longitud del vástago, grosor, y estrechamiento generalmente similares). Se piensa, que debido a la forma lineal de la lima lineal 132, la abertura del conducto radicular 134 (por ejemplo, la trayectoria de limpieza de la lima) se forma generalmente con un diámetro generalmente equivalente al diámetro del vástago de la lima lineal 132. La lima lineal 132A y la lima lineal 132B muestran varias posiciones de la lima lineal 132 durante su rotación. Como se muestra en las diversas posiciones de la lima lineal 132A, 132B, puede existir generalmente poca o sustancialmente ninguna ampliación de la abertura del conducto radicular 134 (por ejemplo, la trayectoria de limpieza de la lima) durante la rotación de la lima lineal convencional 132 (por ejemplo, la abertura del conducto radicular 134 se forma generalmente con un diámetro sustancialmente similar al diámetro del vástago de la lima lineal 132) como se muestra en la Figura 18.

Como tal, la lima no lineal 126 de la presente descripción puede proporcionar un contacto de la superficie aumentado del material que se extrae dentro de la cámara del conducto radicular 124 aumentando de este modo la extracción del material durante su limpieza y/o conformación en comparación con una lima lineal convencional comparable que tiene generalmente el mismo ancho de la lima así como también un estrechamiento de la lima.

La Figura 19A muestra otra sección transversal longitudinal de la preparación del diente mostrada en la Figura 17 que incluye la misma lima no lineal 126 a través de varias posiciones durante una rotación de la lima no lineal 126 generalmente a la misma profundidad dentro del conducto radicular 124. La Figura 19B muestra una sección transversal A-A de la preparación del diente mostrada en la Figura 19A. Las Figuras 19A y 19B incluyen una lima no lineal 126A en una primera posición (por ejemplo, a aproximadamente 0 grados de rotación y a aproximadamente 360 grados de rotación), una lima no lineal 126B en una segunda posición (por ejemplo, a aproximadamente 90 grados de rotación), una lima no lineal 126C en una tercera posición (por ejemplo, a aproximadamente 180 grados de rotación), y una lima no lineal 126D en una cuarta posición (por ejemplo, a aproximadamente 270 grados de rotación).

La lima no lineal 126 puede configurarse para crear una abertura del conducto radicular 136 que tiene un diámetro D (por ejemplo, un ancho) mayor que el diámetro (por ejemplo, el ancho) del vástago de la lima no lineal 126. Se aprecia que el diámetro D puede ser el mismo o puede ser diferente a profundidades diferentes a lo largo de la abertura del conducto radicular 136. Típicamente, cuando se refiere al diámetro D de la abertura del conducto radicular 136 con respecto al diámetro del vástago de la lima, ambos diámetros se toman generalmente a la misma profundidad relativa (por ejemplo, sección transversal) del conducto radicular.

La lima no lineal 126 puede configurarse para crear una abertura del conducto radicular que tiene un diámetro al menos aproximadamente 10 % mayor, al menos aproximadamente 25 % mayor, al menos aproximadamente 50 % mayor, y al menos aproximadamente 75 % mayor que el diámetro (por ejemplo, el ancho) de una abertura del conducto radicular creada por el vástago de la lima no lineal 126. Además, la lima no lineal 126 puede configurarse para crear una abertura del conducto radicular que tenga un diámetro de menos de aproximadamente 1000 % mayor, de menos de aproximadamente 750 % mayor, de menos de aproximadamente 500 % mayor, y de menos de aproximadamente 200% mayor que el diámetro de una abertura del conducto radicular creada por el vástago de la lima no lineal 126. Por ejemplo, la lima no lineal 126 puede configurarse para crear una abertura del conducto radicular que tiene un diámetro que varía de aproximadamente 10 % a aproximadamente 1000 %, de aproximadamente 25 % a aproximadamente 750 %, de aproximadamente 50 % a aproximadamente 500 %, y de aproximadamente 75 % a aproximadamente 200 % mayor que el diámetro de una abertura del conducto radicular creada por el vástago de la lima no lineal 126. Convenientemente, la lima no lineal 126 puede configurarse para crear una abertura del conducto radicular que tiene un diámetro que varía de aproximadamente 100 % a aproximadamente 1000 %, y preferentemente de aproximadamente 200 % a aproximadamente 500 % mayor que el diámetro del vástago de la lima no lineal 126. Se aprecia, que la lima no lineal 126 puede configurarse para crear una abertura del conducto radicular que tiene un diámetro (por ejemplo, ancho) mayor que 1000 % que el diámetro (por ejemplo, ancho) de una abertura del conducto radicular creada por el vástago de la lima no lineal 126 en dependencia de la fuerza hacia abajo del operador hacia el vértice del conducto radicular, el tamaño y/o forma del conducto radicular, la rigidez de la lima, el tamaño y/o forma de la lima no lineal desplazada, u

otro, y sus combinaciones. En un ejemplo específico, como se muestra en la Figura 19B, una abertura del conducto radicular con forma generalmente ovalada 136A que tiene una pared de la abertura 137A puede formarse a partir de la rotación de la lima no lineal 126. Como se mencionó anteriormente, la forma ovalada de la abertura del conducto radicular puede estar influenciada generalmente por varios parámetros tales como la forma del conducto radicular 124 (por ejemplo, la pared del conducto radicular 138) u otro. La abertura del conducto radicular con forma generalmente ovalada 132 puede incluir un diámetro longitudinal (por ejemplo, generalmente a lo largo de la sección transversal A-A) y un diámetro transversal. Más particularmente, el diámetro longitudinal (por ejemplo, de la lima no lineal 126C a la lima no lineal 126A) puede tener un diámetro al menos aproximadamente 200 % (por ejemplo, al menos aproximadamente 300 %) mayor que el diámetro del vástago de la lima no lineal 126 y el diámetro transversal (por ejemplo, de la lima no lineal 126D a la lima no lineal 26B) puede tener un diámetro al menos aproximadamente 100 % (por ejemplo, al menos aproximadamente 200 %) mayor que el diámetro del vástago de la lima no lineal 126.

La lima no lineal puede configurarse para formar una abertura del conducto radicular con un diámetro de al menos aproximadamente 10 % (por ejemplo, 0,1 veces), al menos aproximadamente 25 %, al menos aproximadamente 50 %, y al menos aproximadamente 75 % mayor que un diámetro de una abertura del conducto radicular formada por la lima lineal convencional (por ejemplo, que tiene una longitud del vástago, grosor y estrechamiento de la lima no lineal generalmente similares 126). Además, la lima no lineal puede configurarse para formar una abertura del conducto radicular con un diámetro de menos de aproximadamente 1000 % (por ejemplo, 10 veces), de menos de aproximadamente 750 %, de menos de aproximadamente 500 %, y de menos de aproximadamente 200 % mayor que el diámetro de una abertura del conducto radicular formada por una lima lineal convencional (por ejemplo, con una longitud del vástago, grosor, y estrechamiento de la lima no lineal generalmente similares 126). Por ejemplo, la lima no lineal puede configurarse para formar una abertura del conducto radicular con un diámetro que varía de aproximadamente 10 % a aproximadamente 1000 %, de aproximadamente 25 % a aproximadamente 750 %, de aproximadamente 50 % a aproximadamente 500 %, y de aproximadamente 75 % a aproximadamente 200 % mayor que el diámetro de una abertura del conducto radicular formada por una lima lineal convencional (por ejemplo, que tiene una longitud del vástago, grosor, y estrechamiento de la lima no lineal generalmente similares 126). En un ejemplo específico para comparar la limpieza y/o conformación del conducto radicular como se muestra en los conductos radiculares 124 de las Figuras 18 y 19B, se aprecia que la lima no lineal 126 de la presente invención puede configurarse para proporcionar un contacto de la superficie aumentado con el conducto radicular 124 de manera que puede formarse una abertura del conducto radicular 136 que tiene un diámetro D que puede ser mayor que el diámetro P de la abertura del conducto radicular 134 formada por la lima lineal convencional 132 (por ejemplo, que tiene una longitud del vástago, grosor, y estrechamiento de la lima no lineal generalmente similares 126).

En otra modalidad, el diseño y material de la lima no lineal pueden configurarse para adaptarse a la forma del conducto radicular que es al menos igual a la geometría del conducto radicular natural.

En aún otra modalidad, la presente descripción puede incluir una lima no lineal (por ejemplo, una lima dental) que se extiende desde un eje de la lima en al menos dos planos diferentes (por ejemplo, un espacio tridimensional (3D)) y métodos para su formación. La Figura 20 muestra una lima no lineal 140 (por ejemplo, con forma similar a un sacacorchos, u otra) que se extiende generalmente a lo largo de un eje central de la lima 146 y puede incluir una porción del vástago alargada no lineal 142 que tiene una punta 148, un extremo proximal 144, Y una porción de trabajo entre los mismos. El extremo proximal 144 puede asegurarse a un mango (no se muestra) o puede incluir un extremo de acoplamiento 147 para acoplarse a una pieza de mano (por ejemplo, un dispositivo giratorio). Similar a las limas no lineales coplanares (por ejemplo, de dos dimensiones) descritas anteriormente, la lima no lineal tridimensional (por ejemplo, 3D) 140 puede formarse en varias formas no lineales predeterminadas que tienen diferentes longitudes del vástago, anchos, y/o estrechamiento de la lima.

Ventajosamente, el vástago 142 puede incluir al menos una porción de desplazamiento 150 que tiene al menos una porción del vástago 142 desplazada del eje de la lima 146 a lo largo de al menos dos planos diferentes formando de este modo una lima generalmente no lineal 140 (por ejemplo 3D). La porción de desplazamiento 150 puede incluir un punto alto 152, que generalmente puede ser la porción más exterior del vástago 142 a lo largo de la porción de desplazamiento 150 con respecto al eje de la lima 146. La distancia (por ejemplo, distancia transversal) desde el eje de la lima 146 al punto alto 152 (por ejemplo, un borde interno 156 del punto alto 152) puede definirse por la distancia de desplazamiento del punto alto 154 (por ejemplo, la distancia de desplazamiento máxima de la porción de desplazamiento 150).

Se aprecia que el vástago 142 puede extenderse lejos del eje de la lima 146 (y opcionalmente de vuelta al eje de la lima 146) para formar una única porción de desplazamiento 150 que tiene una flexión, una curva, y/u otro. Además, el vástago 142 puede extenderse lejos de y de vuelta al eje de la lima 146 múltiples veces para formar una pluralidad de porciones de desplazamiento 150 que tienen una pluralidad de flexiones y/o curvas similares a las limas no lineales 20, 108, 110. Las porciones de desplazamiento 150 pueden extenderse entre cualquiera de las porciones del vástago 142, (por ejemplo, generalmente entre el extremo proximal 144 y el extremo de la punta 148). Convenientemente, el vástago 142 puede incluir una porción de desplazamiento generalmente continua 150A como se muestra en la Figura 20. En esta modalidad específica, la porción de desplazamiento continua 150A del vástago 142 puede extenderse desde una localización del vástago 156 a la punta 148. Como la porción de desplazamiento continua 150A del vástago 142 se extiende lejos del eje de la lima 146 a lo largo de una trayectoria de la lima desplazada, puede proporcionarse una

5 distancia de desplazamiento continua 158 definiendo una distancia a la que el vástago 142 (por ejemplo, el borde interno del vástago 142) se desplaza desde eje de la lima 146. La porción de desplazamiento 150A del vástago 142 puede desplazarse continuamente (por ejemplo, desplazarse a lo largo de la trayectoria de la lima) desde el eje de la lima 146 (por ejemplo de una manera desplazada generalmente radial) definiendo de este modo una forma generalmente espiral.

10 Se aprecia que la porción de desplazamiento 150 del vástago 142 puede desplazarse desde el eje de la lima 146 (por ejemplo, distancia de desplazamiento 158) una cantidad mayor que aproximadamente 0 mm, preferentemente mayor que aproximadamente 0,05 mm, y con mayor preferencia mayor que 0,5 mm. Además, se aprecia que la porción de desplazamiento 150 del vástago 142 puede desplazarse desde el eje de la lima 146 una cantidad de menos de aproximadamente 7 mm, preferentemente de menos de aproximadamente 6 mm, y con mayor preferencia de menos de aproximadamente 5 mm. Por ejemplo, la porción de desplazamiento 150 del vástago 142 puede desplazarse desde el eje de la lima 146 una cantidad mayor que 0,0 mm a aproximadamente 7 mm, preferentemente de aproximadamente 0,05 mm a aproximadamente 6 mm, y con mayor preferencia de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 5 mm.

15 Se aprecia además que al menos aproximadamente 10 %, preferentemente al menos aproximadamente 25 %, y con mayor preferencia al menos aproximadamente 50 % del vástago 142 (por ejemplo, a lo largo de una o más porciones longitudinales del vástago entre el extremo proximal y la punta) puede desplazarse continuamente radialmente desde el eje de la lima 146. Además, se aprecia que menos de aproximadamente 100 %, preferentemente menos de aproximadamente 95 %, y con mayor preferencia menos de aproximadamente 90 % del vástago 142 (por ejemplo, a lo largo de una o más porciones longitudinales del vástago entre el extremo proximal y la punta) puede desplazarse continuamente radialmente desde el eje de la lima 146. Por ejemplo, de aproximadamente 10 % a aproximadamente 100 %, preferentemente de aproximadamente 25 % a aproximadamente 95 %, y con mayor preferencia de aproximadamente 5 % a aproximadamente 90 % del vástago 142 (por ejemplo, a lo largo de una o más porciones longitudinales del vástago entre el extremo proximal y la punta) pueden desplazarse continuamente radialmente desde el eje de la lima 146.

20 En este ejemplo específico como se muestra en la Figura 20, la lima no lineal con forma espiral 10 incluye una porción de desplazamiento continua 150A. Convenientemente, la porción de desplazamiento continua 150A incluye una distancia de desplazamiento que aumenta 158 a medida que la porción de desplazamiento continua 150A se extiende hacia la punta 148. Cuando se incluye, la porción de desplazamiento continua 158A se extiende desde el eje de la lima 146 a una localización del vástago 194 y continúa desplazada a lo largo de la porción del vástago restante 142 hacia la punta 148, formando de este modo una porción separada 159 en la misma extendiéndose a lo largo del eje de la lima 146.

25 En otra modalidad de la presente descripción que tiene un diseño expandible y/o plegable como se describe en la presente descripción que es una lima generalmente acanalada formada envolviendo la lima no lineal con una forma no lineal (por ejemplo, en espiral) resultando en una inclinación tridimensional en lugar de una flexión bidimensional como se mostró anteriormente.

30 La presente descripción puede incluir un accesorio para formar una lima no lineal conformada que se extiende alrededor de al menos dos planos (por ejemplo, con un espacio tridimensional). Como se muestra en un ejemplo específico, las Figuras 21-23 proporcionan un accesorio 160 que puede incluir un miembro interior 162 que tiene un primer extremo 164, un segundo extremo 166, una superficie exterior 168 y una ranura de la lima 170 que define una trayectoria de la lima no lineal predeterminada para recibir una lima convencional (por ejemplo, una lima generalmente lineal). El miembro interior 162 puede ser un miembro con forma generalmente cilíndrica, o un miembro conformado de otra manera. El miembro interior 162 se extiende generalmente a lo largo del eje de un accesorio 163. Convenientemente, una vez que el vástago 142 se recibe en el miembro interior 162, el eje de la lima 163 puede extenderse a lo largo del eje del vástago 146 o al menos puede ser generalmente paralelo al eje del vástago 146, aunque no se requiera. Generalmente, el miembro interior 162 puede dimensionarse suficientemente con un grosor (por ejemplo, ancho y/o diámetro) capaz de recibir una ranura de la lima 170 formada en el mismo como un valle ranurado a lo largo de la superficie exterior 168. El valle ranurado de la ranura de la lima 170 puede incluir paredes laterales 172 y una base de la superficie 174 que se extiende entre las mismas en una porción inferior de las paredes laterales 172. Convenientemente, el grosor (por ejemplo, diámetro) del miembro interior 162 (por ejemplo, que incluye generalmente la ranura de la lima 170) puede ser mayor que el grosor (por ejemplo, ancho y/o diámetro) del vástago 142 de la lima no lineal 140. El grosor aumentado del miembro interior 162 permite la formación de la ranura 170 que se dimensiona suficientemente para recibir el vástago 142 mientras proporciona una o más porciones de desplazamiento para desplazar una o más porciones del vástago 142 posicionado dentro de la ranura 170 del miembro interior 142.

35 La ranura de la lima 170 puede extenderse (por ejemplo, generalmente longitudinalmente) a lo largo de cualquier porción del miembro interior 162, sin embargo, preferentemente la ranura de la lima 170 puede extenderse a lo largo de la superficie exterior 168 desde el primer extremo 164 al segundo extremo 166 del miembro interior 162, aunque no se requiere. Más particularmente como se muestra en las Figuras 22A y 22B, la ranura de la lima 170 puede incluir además una primera abertura 176 en el primer extremo 164 para recibir la lima convencional y puede extenderse alrededor del miembro interior 162 a través de la misma hacia una segunda abertura 178 en el segundo extremo 166. Si la ranura de la lima 170 se extiende a través de al menos uno del primer y segundo extremos 164,166 puede ser conveniente alojar

una porción del mango (no se muestra), un extremo de acoplamiento 147, el extremo de la punta 148, u otro, que pueden posicionarse hacia fuera o parcialmente hacia fuera del accesorio 160. Se aprecia además que la ranura de la lima 170 puede extenderse completamente dentro de la superficie exterior 168 de manera que ningún extremo de la ranura de la lima 170 se extiende a través del primer y segundo extremos 164,166. En este caso, la ranura 170 puede incluir además una porción suficientemente separada para alojar la porción del mango, el extremo de acoplamiento, u otro.

Además, la ranura de la lima 170 puede dimensionarse generalmente con cualquier tamaño o longitud suficiente para alojar varios tamaños de las limas. Se aprecia que el ancho y/o altura de la ranura de la lima 170 pueden complementar la porción del vástago de la lima correspondiente para recibirse por la ranura de la lima 170. Convenientemente, el ancho y/o la altura de la ranura de la lima corresponde a al menos la porción más ancha y/o más gruesa del vástago de la lima (por ejemplo, generalmente cerca del extremo proximal de la lima) de manera que el movimiento de la lima puede limitarse o resistirse sustancialmente una vez que la lima convencional se posiciona dentro de la ranura de la lima 170. Es posible que la altura de la ranura de la lima 170 pueda ser menor que la altura (por ejemplo, grosor) de la lima si un miembro de recubrimiento se incluye con un espacio correspondiente tal como una ranura de la lima correspondiente (no se muestra) para alojar una o más porciones de la lima que puede extenderse por encima de la superficie exterior 168.

La altura de la ranura de la lima 170 puede ser generalmente constante a través de la longitud de la ranura de la lima 170, aunque no se requiera. Sin embargo, se aprecia que la altura de la ranura de la lima 170 puede variar (por ejemplo, la base 174 y/o la superficie exterior 168 puede flexionarse, curvarse, doblarse, y/u otro) para alojar varias dimensiones de la lima (por ejemplo, estrechamiento, altura, grosor de la lima, y/u otro). Convenientemente, la ranura de la lima 170 generalmente complementa las dimensiones de la lima (por ejemplo, ancho y/o altura) de manera que el movimiento de la lima (por ejemplo, longitudinalmente, transversalmente, radialmente, u otro) puede limitarse o sustancialmente resistirse dentro de la una o más porciones de la ranura de la lima 170 (por ejemplo, una vez que la lima se orienta dentro de la trayectoria de la lima predeterminada de la ranura de la lima 170 y hacia una posición y/o forma deseadas). Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 22A y 22B, la altura de la ranura 170 puede variar desde el primer extremo 164 al segundo extremo 166 donde el primer extremo 164 tiene una mayor altura de la ranura de la lima (para alojar el extremo proximal 144 de la lima no lineal 140 que tiene un ancho de la lima generalmente mayor) que el segundo extremo 166 que tiene una altura de la ranura de la lima menor (para acomodar la punta 148 de la lima no lineal 140 que tiene un ancho de la lima generalmente menor). Se contempla que la altura de la ranura de la lima 170 puede relacionarse generalmente de manera inversa a la distancia de desplazamiento 158 o distancia de desplazamiento del punto alto. Como tal, la porción de ajuste de desplazamiento continuo 150 del vástago 142 cerca del extremo proximal 144 puede tener una menor distancia de desplazamiento con respecto a la porción de desplazamiento continua 150 del vástago 142 cerca de la punta 148 que tiene una distancia de desplazamiento mayor. Convenientemente, la altura de la ranura de la lima 170 disminuye generalmente desde el primer extremo 164 al segundo extremo 166 para alojar el estrechamiento de la lima convencional de manera que la porción superior de la lima (por ejemplo, la parte superior de la lima que se extiende generalmente entre las porciones superiores de las paredes laterales de la ranura 172) pueden generalmente nivelarse con la superficie superior 168 del miembro interior 162, aunque no se requiere. Sin embargo, se aprecia que la altura de la lima puede extenderse encima o debajo de la parte superior de la ranura de la lima 170.

El miembro interior 162 puede incluir además una o más porciones de desplazamiento 180, una o más porciones guía 182, o una combinación de ambas que definen la trayectoria de la lima no lineal predeterminada y la ranura 170. Como se describió anteriormente, la porción de desplazamiento 180 puede configurarse generalmente para desplazar el vástago 142 lejos de o hacia el eje de la lima 146 mientras que la porción guía 182 puede configurarse generalmente para mantener el vástago 142 y/o el extremo proximal 144 generalmente a lo largo del eje de la lima 146.

Como se mencionó anteriormente, la ranura de la lima 170 puede formarse como un valle ranurado a lo largo de la superficie exterior 168 de manera que la ranura de la lima 170 pueda extenderse de una manera similar a un enrollado (por ejemplo, espiral) alrededor del miembro interior con forma cilíndrica 162. La ranura 170 puede enrollarse parcialmente alrededor del miembro interior 162 o puede enrollarse alrededor del miembro interior 162 una o más veces. Como se muestra en la Figura 21-22B, la ranura de la lima 170 puede extenderse a lo largo de una espiral completa (por ejemplo, desde el primer extremo 164 a una porción media 184 del miembro interior 162) y puede continuar extendiéndose a lo largo de una espiral parcial (por ejemplo, desde la porción media 184 al segundo extremo 166) alrededor del miembro interior 162. El miembro interior 162 puede incluir además una distancia de desplazamiento del accesorio 186, que puede definirse por la distancia entre la base 174 de la ranura de la lima 170 y el eje del accesorio 163 (y/o el eje del accesorio 146, cuando sea colineal). Similar a la distancia de desplazamiento 158, la distancia de desplazamiento del accesorio 186 define una o más porciones del vástago 142 que puede desplazarse desde el eje de la lima 146. Más particularmente, en un ejemplo no limitante específico como se muestra en las Figuras 21 -22B, el miembro interior 162 puede incluir una distancia de desplazamiento del accesorio continua 186 (por ejemplo, variable) que se extiende generalmente desde una primera porción 190 del miembro interior 162 próxima al primer extremo 164 al segundo extremo 166 del miembro interior 162. El miembro interior 162, que incluye la distancia de desplazamiento continua del accesorio 186, puede resultar en que la lima no lineal 140 tiene una abertura 192 que se extiende generalmente longitudinal a lo largo del eje de la lima 146. Se aprecia que la abertura resultante 192 se extiende generalmente desde una localización del vástago 194 al extremo del vástago 142 (por ejemplo, la punta 148). Sin

embargo, la presente descripción puede no limitarse a una porción de desplazamiento 150 única y/o continua y puede incluir una pluralidad de porciones de desplazamiento 150 de manera que el vástago 142 puede desplazarse desde y luego regresar hacia el eje de la lima 146 una o más veces como se describe en la presente descripción. Convenientemente, las porciones de desplazamiento 180, las porciones guías 182 pueden posicionarse para definir la ranura 170 y una trayectoria de la lima determinada en la misma para recibir y orientar las porciones de una lima convencional a una forma no lineal predeterminada (por ejemplo, con una o más curvas tal como generalmente una forma espiral, forma de sacacorchos, u otras).

El accesorio 160 puede incluir además un miembro de recubrimiento 200 configurado para acoplarse al miembro interior 162. El miembro de recubrimiento 200 puede incluir una superficie interior 202, una superficie exterior 204, cada una de estas se extiende generalmente entre un primer extremo 206 y un segundo extremo 208. Generalmente, el miembro de recubrimiento 200 puede configurarse para acoplarse al miembro interior 162 encerrando al menos parcialmente la ranura de la lima 170. Convenientemente, la superficie interior 102 del miembro de recubrimiento 200 respalda sustancial o completamente la ranura de la lima 170 mientras proporciona una abertura y/o agujero pasante en uno o ambos extremos de la ranura de la lima 170 (por ejemplo, en el primer y/o segundo extremos 164, 166 del miembro interior 162) para permitir que el vástago 142 pase a través de los mismos. Además, se aprecia que la superficie interna 202 se configura para acoplarse (por ejemplo, corresponder o complementarse) a la superficie exterior 168 del miembro interior 162. Como se muestra en las Figuras 21 y 23, el miembro de recubrimiento 200 puede incluir un agujero pasante generalmente cilíndrico 210 definido por la superficie interior 202. El agujero pasante cilíndrico 210 puede separarse suficientemente para recibir el miembro interior 162 y el vástago 142 se extiende a través del mismo como se muestra en la Figura 21. Típicamente, la separación entre la superficie exterior 168 del miembro interior 162 y la superficie interior 204 del miembro de recubrimiento 200 puede minimizarse para mantener sustancialmente al menos una porción del vástago 142 dentro de la ranura de la lima 170 de manera que el vástago 142 pueda mantenerse generalmente a lo largo de la trayectoria no lineal predeterminada de la lima. Más particularmente, la separación entre la superficie exterior 168 del miembro interior 162 y la superficie interior 204 del miembro de recubrimiento 200 puede minimizarse para reducir o sustancialmente evitar el movimiento (por ejemplo, radialmente) del vástago 142 dentro de la ranura de la lima 170. La forma exterior del miembro de recubrimiento 200 puede también tener forma cilíndrica, sin embargo, se contempla cualquier forma y/o tamaño del miembro de recubrimiento 200.

El acoplamiento del miembro interior 162 y del miembro de recubrimiento 200 puede lograrse mediante cualquier medio de acoplamiento conocido en la técnica. El medio de acoplamiento puede ajustarse por fricción mediante cualquier otro medio de acoplamiento. El medio de acoplamiento puede ser cualquier otra estructura conocida capaz de asegurar de manera desmontable el miembro de recubrimiento 200 al miembro interior 162 para mantener generalmente el vástago 142 dentro de la ranura de la lima 170. Opcionalmente, esto puede lograrse mientras limita además o elimina sustancialmente el movimiento del vástago 142 en el mismo. A partir de ahí, la lima (por ejemplo, el vástago 142) que se posiciona dentro de la ranura de la lima 170 para orientarse a lo largo de la trayectoria de la lima no lineal del accesorio 160 puede someterse a un proceso de tratamiento con calor como se describe a continuación para dar forma a la lima convencional formando de este modo una lima no lineal con forma establecida (por ejemplo, lima tridimensional con forma espiral 140 u otra).

En un ejemplo de formación específico de la lima no lineal 140 como se muestra en la Figura 21, el método puede incluir envolver una lima espiral acanalada (por ejemplo, lima de níquel titanio) alrededor del miembro interior (por ejemplo, pasador en espiral). Se coloca el miembro de recubrimiento (por ejemplo, el recubrimiento del tubo) sobre el miembro interior que comprende la lima acanalada de manera que el miembro interior que comprende la lima acanalada pueda insertarse a través de la abertura del miembro de recubrimiento manteniendo de este modo en la lima acanalada una configuración en forma espiral. Opcionalmente, el miembro de recubrimiento puede colocarse sobre el miembro interior antes de insertar la lima acanalada en el accesorio (por ejemplo, ranura de la lima). Se calienta la unidad de accesorio que incluye la lima acanalada en un aparato de calentamiento (por ejemplo, un horno) de manera que a la lima acanalada pueda dársele forma en una configuración con forma de espiral alrededor del miembro interior.

Como se describió anteriormente, el proceso de producción del instrumento dental con forma establecida puede incluir colocar una lima convencional (por ejemplo, lima lineal acanalada de NiTi) en un accesorio de flexión orientando de este modo la lima convencional hacia una forma predeterminada (por ejemplo, forma no lineal) y luego dar forma mediante un tratamiento con calor (descrito a continuación) al accesorio de plegado para dar forma a la lima convencional formando de este modo una lima no lineal con forma establecida correspondiente a la forma predeterminada. El número de flexiones (por ejemplo, porciones de desplazamiento) y/o la localización de las flexiones pueden elegirse de una pluralidad de configuraciones además de las descritas en la presente descripción. El diseño del accesorio y/o el proceso de dar forma a la lima pueden producirse a partir de varias configuraciones para formar una lima no lineal y/o producir en masa las limas no lineales del tipo y diseño descritos en la presente descripción u otros. Más particularmente, el diseño del miembro interior puede variar en cuanto a una pluralidad de configuraciones para formar espirales o de otra manera con un diámetro mayor o menor, un grado de estrechamiento general (diferente al estrechamiento de la lima), más o menos espirales, u otros.

Generalmente, el método de formación de la lima no lineal con forma establecida puede incluir 1) proporcionar una lima convencional (por ejemplo, una lima lineal) que tiene un eje de la lima; 2) proporcionar un accesorio que tiene una trayectoria de la lima no lineal predeterminada (por ejemplo, 2D, 3D, u otra); 3) insertar la lima convencional en el



accesorio de manera que una primera porción de la lima convencional (por ejemplo, el vástago de la lima) pueda desplazarse desde el eje de la lima dentro de un primer plano (por ejemplo, para formar una lima no lineal de dos dimensiones); 4) desplazar opcionalmente una segunda porción de la lima convencional del eje de la lima con un segundo plano diferente al primer plano (por ejemplo, para formar una lima no lineal tridimensional); y 5) tratar con calor la lima no lineal formando de este modo una lima no lineal con forma establecida.

Se aprecia que el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura de al menos aproximadamente 300 °C, preferentemente al menos aproximadamente 350 °C, y con mayor preferencia al menos aproximadamente 450 °C. Además, se aprecia que el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura de menos de 600 °C, preferentemente de menos de 550 °C y con mayor preferencia de menos de 500 °C. Por ejemplo, el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 650 °C, preferentemente de aproximadamente 350 °C a aproximadamente 600 °C, y con mayor preferencia de aproximadamente 450 °C a aproximadamente 550 °C.

El proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura por un período de tiempo de al menos aproximadamente 1 minuto, preferentemente al menos aproximadamente 3 minutos, y con mayor preferencia al menos aproximadamente 5 minutos para dar forma a la lima superelástica formando de este modo una lima no lineal con forma establecida. Además, se aprecia que el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura por un período de tiempo de menos de aproximadamente 45 minutos, preferentemente de menos de aproximadamente 30 minutos, y con mayor preferencia de menos de aproximadamente 20 minutos. Por ejemplo, el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no lineal con forma establecida puede incluir calentar una lima superelástica a una temperatura por un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 45 minutos, preferentemente de aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 30 minutos, y con mayor preferencia de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 20 minutos.

Los parámetros de establecimiento de la forma para el proceso de tratamiento con calor pueden incluir calentar el material (por ejemplo, níquel titanio u otro) a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 600 °C (por ejemplo, aproximadamente 400 °C a aproximadamente 550 °C) o de otra manera por un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto a aproximadamente 45 minutos (por ejemplo, aproximadamente 1 min a aproximadamente 30 min) u otro. En una modalidad preferida de la presente descripción para dar forma a una lima, una temperatura y tiempo típicos para dar la forma en el aparato de calentamiento (por ejemplo, un horno) puede ser aproximadamente 500 °C (+/- 50 °C) por 10 minutos (+/- 5 minutos) permitiendo a la lima tomar una forma permanente diferente (por ejemplo, una forma no lineal).

Después del tratamiento de calor para dar la forma, puede permitirse que se enfríe la lima no lineal. La etapa de enfriamiento puede incluir reducir gradualmente la temperatura del aparato de calentamiento, templar, y/o enfriar con aire la lima no lineal tanto directamente o mientras está dentro del accesorio. Preferentemente, una vez que se ha completado el proceso de dar forma con tratamiento de calor, en el aparato de calentamiento, el accesorio puede retirarse del aparato de calentamiento y permitir que el aire se enfríe. A partir de ahí, una vez que el accesorio se ha enfriado, la lima puede retirarse del accesorio formando de este modo una lima no lineal con forma establecida que puede establecer su forma permanentemente en una geometría nueva no lineal.

La lima de endodoncia con forma establecida (por ejemplo, las limas giratorias) contemplada en la presente descripción, puede incluir una o más flexiones a lo largo de la longitud del vástago de la lima para asegurar un máximo contacto de la superficie con el conducto radicular a medida que se limpia y se conforma durante un procedimiento del conducto radicular. Se conoce bien que los conductos radiculares dentro de una estructura del diente no son uniformes en la sección transversal. La mayoría de los conductos radiculares tienen una geometría irregular y pueden tener varias geometrías de la sección transversal que incluyen elíptica, de lazo, alargada, estrecha, etc. Con las limas convencionales (por ejemplo, las limas lineales), la sección transversal de la lima tiene geometría generalmente circular y de este modo extraerá típicamente más dentina del conducto radicular para asegurar que todas las paredes del conducto radicular se limpien y se conformen o menos de la dentina del conducto radicular debido a que o la lima disminuye su tamaño o la geometría del conducto radicular es demasiado grande para permitir que la lima convencional lo limpie. Teniendo una lima no lineal con forma establecida, la lima puede configurarse para "expandirse" maximizando de este modo el contacto de la superficie (por ejemplo, aumentando el perímetro total de la lima no lineal durante la rotación) con las paredes del conducto radicular que se limpian o "doblarse" reduciendo de este modo el contacto de la superficie (por ejemplo, disminuyendo el perímetro total de la lima no lineal durante la rotación) si las paredes del conducto radicular son más estrechas que las curvas de la lima conformada. El perímetro total de la lima no lineal durante la rotación, el movimiento alternativo, la oscilación vertical, u otros y sus combinaciones puede definirse como la distancia alrededor del perímetro de la abertura formada por la lima no lineal durante su rotación con respecto a una profundidad específica de la lima dentro del conducto radicular. Se aprecia que la expansión y/o plegado de la lima no lineal puede ocurrir en respuesta a la geometría de la pared del conducto radicular 138 (por ejemplo, dentina/interfaz de pulpa) cambiando en la dirección radial a lo largo de varias profundidades (por ejemplo, dirección longitudinal) del conducto radicular. Por ejemplo, como se muestra en las Figuras 19A-19B, una abertura del conducto radicular 136A

que tiene una pared de la abertura 137A puede formarse durante la rotación, el movimiento alternativo, la oscilación vertical de la lima no lineal 126, u otros y sus combinaciones a una profundidad representada por la sección transversal A-A. La distancia alrededor de la pared de la abertura 137A define el perímetro total de la abertura del conducto radicular 136A con respecto a la profundidad de la lima no lineal en la sección transversal A-A. Más particularmente, la  
 5 abertura del conducto radicular 136 define el agujero/abertura creado por la lima no lineal durante la rotación, el movimiento alternativo, la oscilación vertical, u otros y sus combinaciones y la pared de la abertura 137 define el material (por ejemplo, dentina, pulpa u otro material)/interfaz del agujero.

Generalmente, durante la expansión de la lima no lineal, la amplitud (por ejemplo, distancia de desplazamiento) de al  
 10 menos una porción de desplazamiento (por ejemplo, porción curva) puede aumentar (por ejemplo, aumentar la distancia de desplazamiento) aumentando generalmente de este modo el perímetro total formado durante la rotación de la lima no lineal. Se aprecia que aumentando el perímetro total durante la rotación de la lima no lineal, el contacto de la superficie con el conducto radicular puede aumentar de manera que puede formarse una mayor abertura del conducto radicular. Generalmente, durante el plegado de la lima no lineal, la amplitud de al menos una porción curva puede disminuir (por  
 15 ejemplo, disminuir la distancia de desplazamiento), disminuyendo generalmente de este modo el perímetro total formado durante la rotación de la lima no lineal. Se aprecia que disminuyendo el perímetro total formado durante la rotación de la lima no lineal, el contacto de la superficie con el conducto radicular puede disminuir de manera que puede formarse una menor abertura del conducto radicular. Convenientemente, una o más porciones de la lima no lineal puede expandirse mientras una o más de otras porciones se doblan optimizando de este modo el contacto de la superficie de la lima no  
 20 lineal con el conducto radicular de manera que la cantidad de material del conducto radicular extraído puede aumentar con respecto a una lima lineal generalmente similar. Por tanto, la lima no lineal con forma establecida puede expandirse y/o doblarse si es necesario dentro del conducto radicular para optimizar la limpieza y/o conformación del conducto radicular con respecto a la geometría de la pared del conducto radicular.

Los factores tales como la rigidez de la lima pueden afectar la limpieza y/o conformación de un conducto radicular. La  
 25 cantidad de rigidez de la lima no lineal con forma establecida puede optimizarse para asegurar que pueda permitirse que la lima se expanda cuando la lima no lineal pueda conformarse y/o limpiarse en una porción relativamente grande del conducto radicular y/o doblarse cuando la lima no lineal pueda conformar y/o limpiar una porción relativamente pequeña del conducto radicular mediante varias variables. En una modalidad, la rigidez de las flexiones (por ejemplo,  
 30 porciones de desplazamiento) puede controlarse mediante el diseño de la sección transversal de la lima. Con las limas giratorias convencionales, los vástagos pueden estar disponibles con un estrechamiento de la lima cuando el diámetro del vástago generalmente aumenta la punta que tiene cierto diámetro de la punta de la lima (que tiene cierto diámetro de la punta) a lo largo de la longitud del vástago de la lima (o al menos una porción de mismo). El estrechamiento de la lima puede definirse generalmente por la tasa de aumento del diámetro a lo largo de la longitud del vástago de la lima. Por ejemplo, una lima con un 4 % de estrechamiento tendrá generalmente aproximadamente un aumento del diámetro de 0,04 mm aproximadamente cada 1,0 mm de longitud de la porción del vástago desde la punta de la lima. Como las  
 35 limas no lineales con formas establecidas pueden configurarse para expandirse y/o doblarse en una o más porciones de desplazamiento, el contacto de la superficie con las paredes del conducto radicular puede generalmente aumentar con respecto a una lima convencional similar (por ejemplo, una lima lineal) con un estrechamiento similar. Por lo tanto, la capacidad de aumentar el perímetro total de la abertura del conducto formada por la lima no lineal durante la rotación u otro, el estrechamiento de la lima puede reducirse (por ejemplo, reduciendo la rigidez del vástago) en la lima no lineal con forma establecida reduciendo de este modo la resistencia a la fatiga cíclica y la flexibilidad de la lima no lineal. Típicamente, para lograr un perímetro total similar de una abertura del conducto usando una lima lineal convencional, el estrechamiento de la lima aumenta en gran medida (por ejemplo, aumentando la rigidez del vástago) aumentando de  
 40 este modo la resistencia cíclica a la fatiga y la flexibilidad de la lima no lineal. Como tal, la lima no lineal con forma establecida puede incluir un menor grado de estrechamiento de la lima para formar una abertura del conducto con un perímetro total con respecto a una lima lineal convencional que tiene un grado de estrechamiento de la lima aumentado para formar una abertura del canal que tiene el mismo perímetro total.

La rigidez de la lima no lineal puede optimizarse aumentando la masa en la sección transversal (por ejemplo, un  
 50 estrechamiento mayor o un vástago más grueso) para hacer la lima no lineal más rígida o disminuyendo la masa en la sección transversal (por ejemplo, menor estrechamiento o vástago más delgado) para hacer la lima no lineal menos rígida. Aumentando la masa en la sección transversal puede reducirse o restringir sustancialmente la expansión o plegado de una porción de desplazamiento del vástago de la lima mientras que disminuyendo la masa en la sección  
 55 transversal puede aumentarse la expansión o doblarse la porción de desplazamiento del vástago de la lima. Opcionalmente o además de ajustar la masa de la sección transversal, la rigidez de la lima no lineal puede optimizarse aumentando el número de porciones de desplazamiento (por ejemplo, aumentando la rigidez) o disminuyendo el número de porciones de desplazamiento (por ejemplo, disminuyendo la rigidez). Además, la rigidez de la lima no lineal puede optimizarse aumentando la desviación de las porciones de desplazamiento con respecto al eje longitudinal de la lima no  
 60 lineal (por ejemplo, la distancia desde el eje longitudinal de la lima al punto alto de la desviación) para aumentar la rigidez o disminuyendo la cantidad de desviación de las porciones de desplazamiento con respecto al eje longitudinal de la lima de la lima no lineal (por ejemplo, la distancia desde el eje generalmente longitudinal de la lima de la lima no lineal al punto alto y/o al borde interior de la porción de desplazamiento del vástago) para disminuir la rigidez.

Un tratamiento con calor secundario puede usarse para controlar además la rigidez de las flexiones optimizando las  
 65 propiedades del material de la lima. Esto puede lograrse mediante el tratamiento con calor de la lima con forma

establecida en ciertos parámetros para ajustar la rigidez de la lima (por ejemplo, hacer la lima más rígida o menos rígida). Por ejemplo, en una modalidad, una lima no lineal con forma establecida no superelástica puede formarse tratando con calor adicional una lima no lineal con forma establecida usando el método de tratamiento con calor descrito en la presente descripción para formar una lima no superelástica, aunque no se requiera. Se aprecia que el proceso de tratamiento con calor para formar una lima no superelástica puede incluir generalmente calentar una lima superelástica a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 600 °C (por ejemplo, de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 500 °C) por un período de tiempo de aproximadamente 20 minutos a aproximadamente 120 minutos (por ejemplo, de aproximadamente 35 minutos a aproximadamente 80 minutos, y preferentemente de aproximadamente 40 minutos a aproximadamente 70 minutos) aumentando de este modo la temperatura de acabado de la austenita a más de 20 °C (por ejemplo, mayor que aproximadamente 25 °C, y preferentemente mayor que 30 °C, entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 60 °C, entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 40 °C preferentemente entre aproximadamente 30 °C y aproximadamente 40 °C, y con mayor preferencia entre 35 °C y aproximadamente 40 °C) cuando se usa después de darle forma mediante el proceso de tratamiento con calor.

Otro método para controlar la rigidez es mediante la composición química del níquel titanio añadiendo un elemento terciario al níquel titanio tal como Fe, Cu, Cr, etc. o variando los porcentajes de níquel, titanio o del elemento terciario u otros como se describe en la presente descripción.

Se aprecia que la etapa de calentamiento para el tratamiento con calor no superelástico y/o el tratamiento con calor no lineal puede lograrse por cualquier medio de calentamiento conocido (proceso de calentamiento eléctrico, calentamiento por radiación o inducción o puede suministrarse un fluido calentado tal como vapor o aceite, u otro, y cualquiera de sus combinaciones) suficiente para calentar los instrumentos a las temperaturas descritas en la presente descripción. En una modalidad preferida, la etapa de calentamiento puede incluir calentar el instrumento en una caldera bajo una atmósfera controlada como se describe en la presente descripción.

En otra modalidad, la etapa de calentamiento puede incluir calentar (por ejemplo, calentar selectivamente) un instrumento (por ejemplo, una o más porciones del instrumento) mientras se inserta opcionalmente en un accesorio (para el propósito de alterar o mantener un perfil de forma deseada) como se describe en la presente descripción. El control de la temperatura es generalmente bastante importante en tales procesos para el propósito de alcanzar o mantener un estado metalúrgico deseado y/o llevar a cabo las etapas de tratamiento con calor tal como la nitruración y similares. El calentamiento por resistencia, en donde una corriente eléctrica fluye a través del instrumento para generar calor, puede ser ya que el calentamiento por resistencia puede ser muy rápido y muy controlable de manera que pueden lograrse las temperaturas precisas y/o las regiones seleccionadas del instrumento calentado.

La etapa de calentamiento cuando se usa el calentamiento por resistencia puede incluir además poner en contacto el instrumento con un fluido líquido o gaseoso durante el curso de un proceso de formación y tratamiento. Este fluido puede comprender un fluido templado usado para controlar la temperatura del instrumento, o puede comprender un fluido de tratamiento tal como una especie que puede reaccionar químicamente con el metal del instrumento; tales fluidos de tratamiento pueden comprender fluidos de nitruración, u otros. De otra manera, este fluido puede comprender un fluido de tratamiento tal como una especie que puede que no reaccione químicamente con el metal del instrumento.

Puede entenderse que el calentamiento por resistencia eléctrica implique un proceso en donde una corriente eléctrica directa o alterna se aplica directamente a un instrumento para provocar el calentamiento de tal instrumento. Generalmente, una corriente eléctrica puede aplicarse directamente al instrumento y/o al accesorio cuando se incluye para calentar el instrumento. En una modalidad, el instrumento calentado o las porciones del instrumento pueden someterse al calor para mantener la configuración del instrumento mientras se posiciona dentro del accesorio en una orientación no lineal como se describe en la presente descripción (por ejemplo, un tratamiento con calor para darle forma). En otras instancias, el calentamiento altera un estado metalúrgico del instrumento. Más particularmente, el calentamiento por resistencia eléctrica puede permitir el calentamiento selectivo para una o más porciones del instrumento o puede proporcionar el calentamiento de todo el instrumento para alterar el estado metalúrgico del instrumento o sus porciones como se describe en la presente descripción (por ejemplo, tratamiento con calor no superelástico). Se aprecia que una o más porciones del instrumento puede calentarse selectivamente de manera que una o más porciones del instrumento incluyen una  $A_f$  aumentada para formar una porción no superelástica mientras una o más porciones diferentes del instrumento pueden incluir una  $A_f$  diferente (por ejemplo, porción no superelástica o superelástica). Además, se aprecia que una o más porciones del instrumento pueden calentarse selectivamente de manera que la una o más porciones del instrumento incluyen una  $A_f$  aumentada para formar una porción no superelástica mientras una o más porciones diferentes del instrumento pueden incluir una  $A_f$  más baja para formar una porción superelástica. El grado de calentamiento puede controlarse con gran precisión controlando el flujo de corriente eléctrica. Posterior a esto, la corriente eléctrica se termina, y se permite que el instrumento se enfríe. El perfil del enfriamiento puede controlarse mediante el uso de agentes de temple.

Se aprecia que durante el calentamiento del instrumento usando el calentamiento por resistencia, un par de contactos de un electrodo separados, que forman una unión conductora eléctrica al instrumento o una porción entre los mismos, están en comunicación eléctrica con una fuente de energía eléctrica (por ejemplo, un generador, baterías, u otros). Una vez que los contactos se posicionan alrededor del instrumento, la electricidad fluirá entre los contactos separados, proporcionando de este modo el calor suficiente para llevar a cabo el tratamiento con calor específico. Como se

describió anteriormente, en algunos ejemplos, si solamente ciertas porciones del instrumento deben someterse a un ciclo de tratamiento con calor, los contactos pueden disponerse para suministrar corriente eléctrica solamente a tales porciones del instrumento. En consecuencia, todas esas modalidades están dentro del alcance de esta invención. Además, en algunas instancias, ciertas porciones de un instrumento pueden someterse a etapas de tratamiento con calor específicas separadas de las etapas de tratamiento con calor aplicadas al resto del instrumento. Por ejemplo, un instrumento completo puede tratarse con calor para inducir una primera transición metalúrgica en el mismo (por ejemplo, ningún tratamiento con calor superelástico), y las porciones seleccionadas de ese instrumento vuelven a tratarse luego para convertir tales porciones seleccionadas a una geometría específica (por ejemplo, tratamiento con calor de la lima no lineal) y/o un segundo estado metalúrgico. Por ejemplo, un instrumento puede procesarse de tal manera que produzca un miembro de alta dureza que tenga áreas seleccionadas de baja dureza en el mismo.

Reivindicaciones

1. Un método de fabricación de una lima no superelástica que comprende las etapas de:
  - (i) proporcionar una lima superelástica que tiene una temperatura de acabado de la austenita; y
  - (ii) calentar al menos una porción de la lima superelástica a una temperatura de 300 °C a 600 °C por un período de tiempo de 5 minutos a 120 minutos para alterar la temperatura de acabado de la austenita formando de este modo la lima no superelástica; en donde la temperatura de acabado de la austenita alterada de la lima no superelástica es de 20 °C a 40 °C;
 que comprende además la etapa de
  - (iii) enfriar la porción de la lima no superelástica, y
  - (iv) calentar al menos una porción de la lima no superelástica enfriada a una temperatura de 350 °C a 600 °C por un período de tiempo de 3 minutos a 30 minutos para dar forma a la porción del vástago formando de este modo una lima no lineal con forma establecida no superelástica.
2. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la lima no superelástica se forma de un material que incluye una aleación con memoria de forma.
3. El método de conformidad con la reivindicación 2, en donde la aleación con memoria de forma incluye níquel y titanio.
4. El método de conformidad con la reivindicación 2, en donde la aleación con memoria de forma es una aleación binaria basada en níquel-titanio.
5. El método de conformidad con la reivindicación 2, en donde la aleación con memoria de forma es una aleación ternaria a base de níquel-titanio.
6. El método de conformidad con la reivindicación 5, en donde la aleación ternaria a base de níquel-titanio tiene la fórmula Ni-Ti-X en donde X es Co, Cr, Fe, o Nb.
7. El método de conformidad con la reivindicación 2, en donde la aleación con memoria de forma incluye una aleación basada en cobre, una aleación basada en hierro o una combinación de ambos.
8. El método de conformidad con la reivindicación 7, en donde la aleación con memoria de forma es la aleación basada en cobre que incluye CuZnAl o CuAlNi.
9. El método de conformidad con la reivindicación 2, en donde la aleación con memoria de forma es la aleación basada en hierro que incluye FeNiAl, FeNiCo, FeMnSiCrNi o FeNiCoAlTaB.

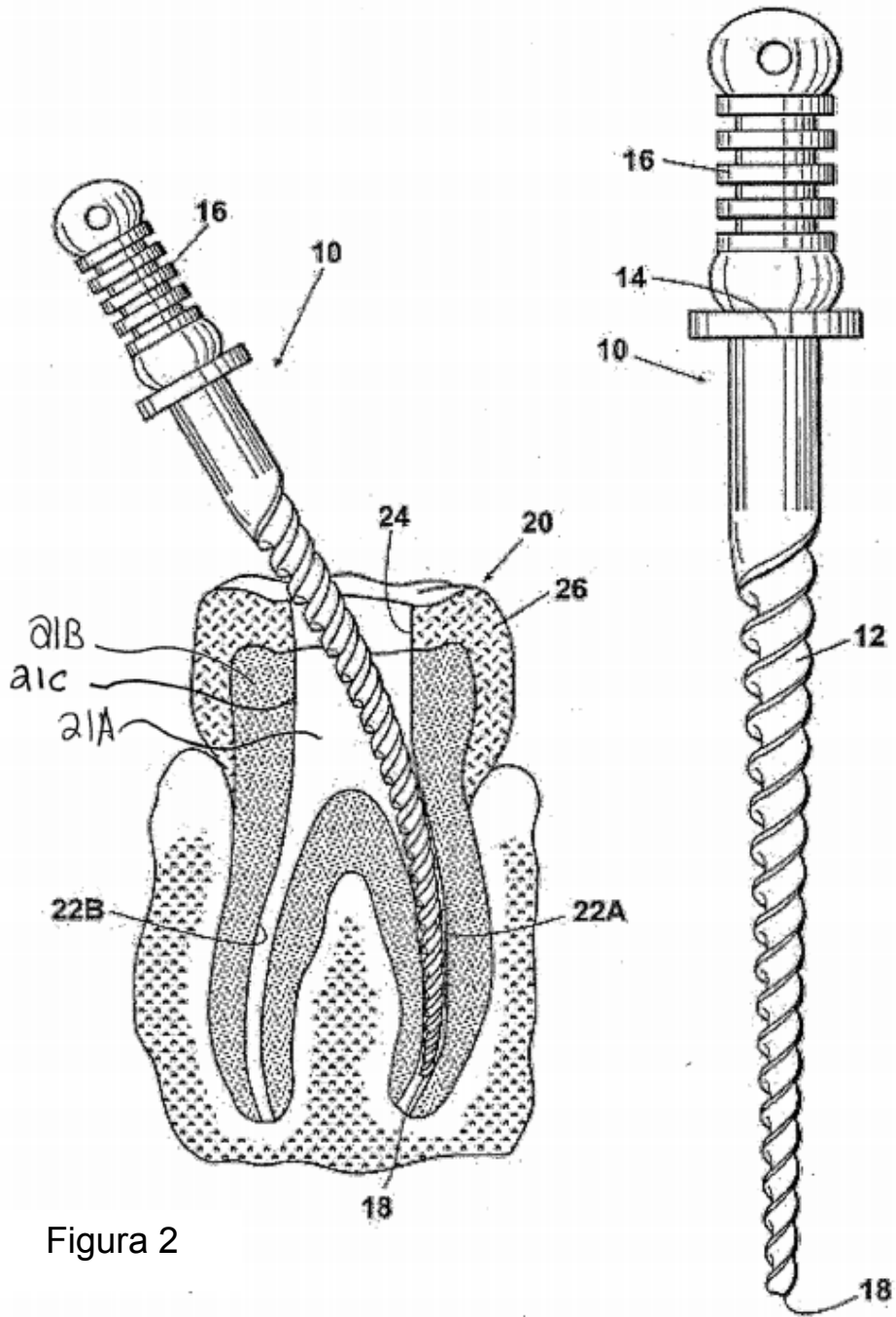


Figura 2

Figura 1A

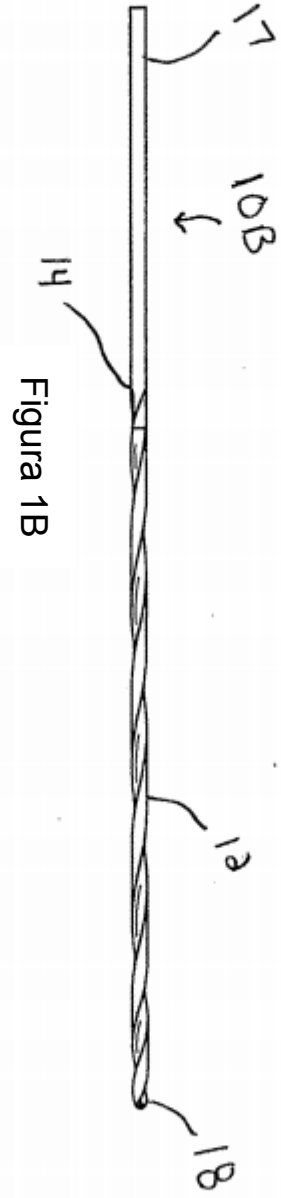


Figura 1B

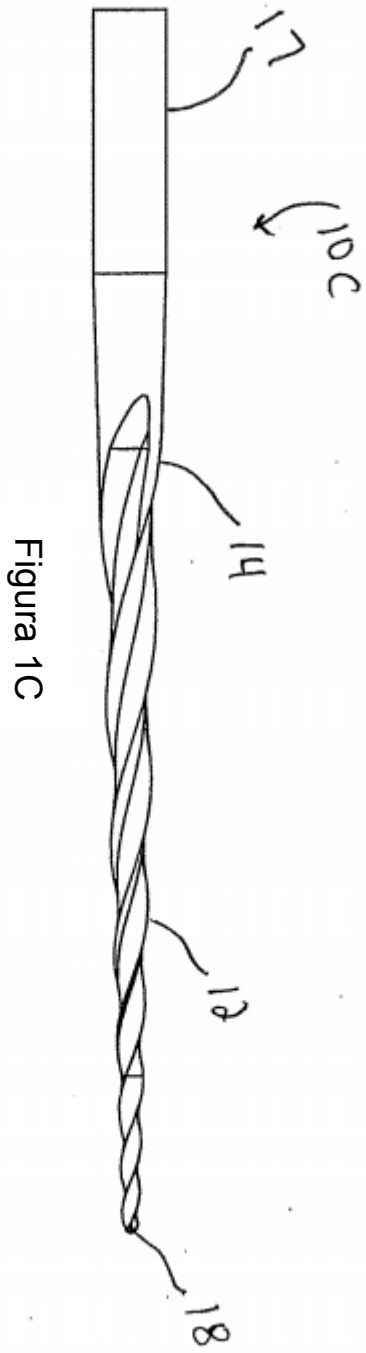


Figura 1C

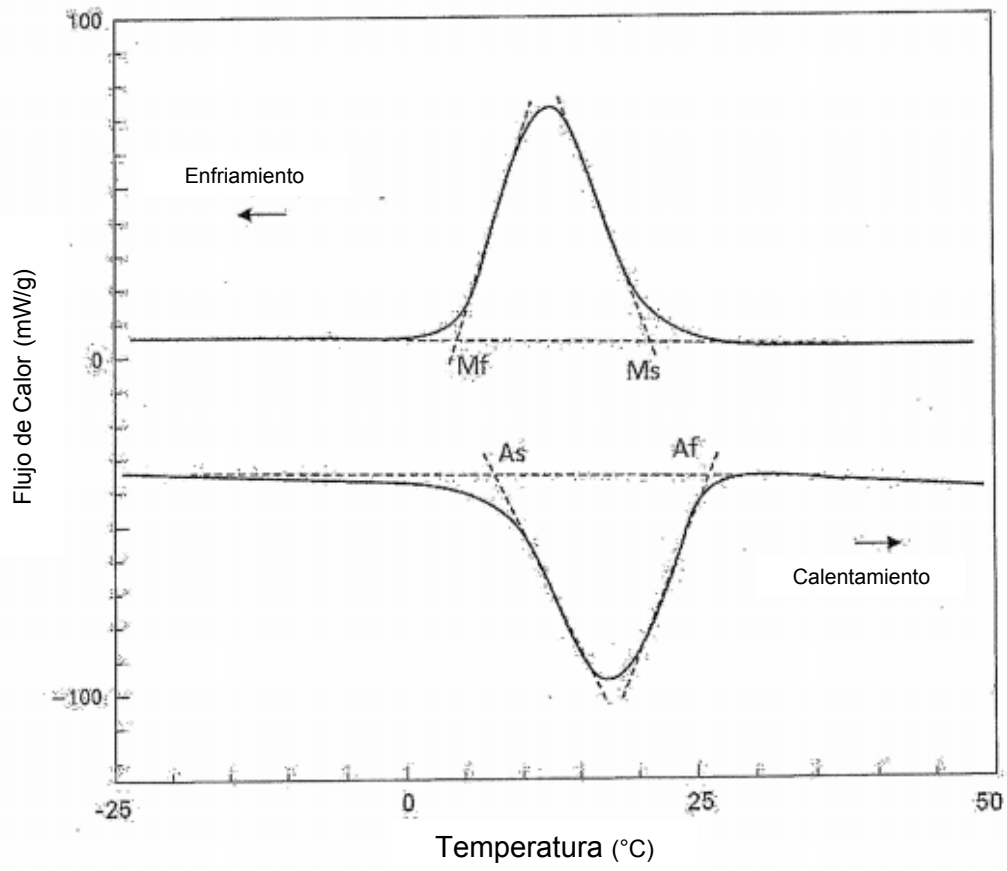
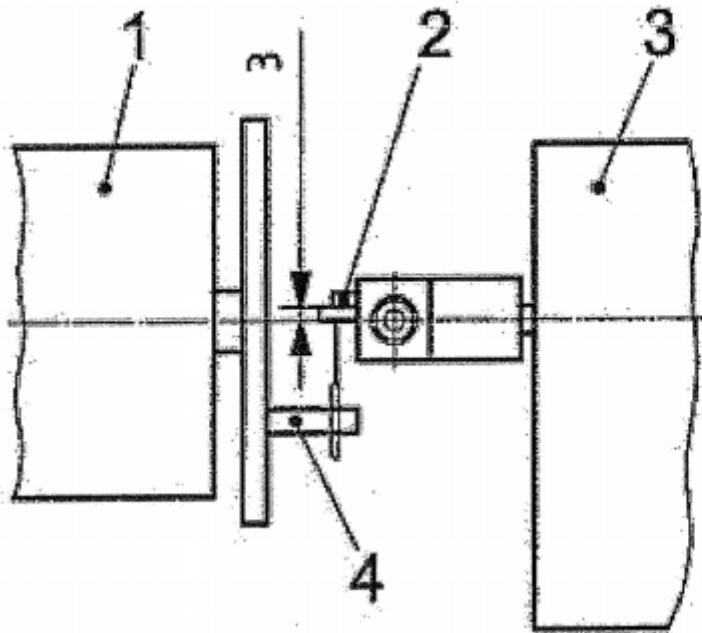


Figura 3





Leyenda

- 1 motor de engranaje reversible
- 2 parada
- 3 dispositivo de medición del torque
- 4 pinza

Aparato de prueba de la flexión

Figura 4

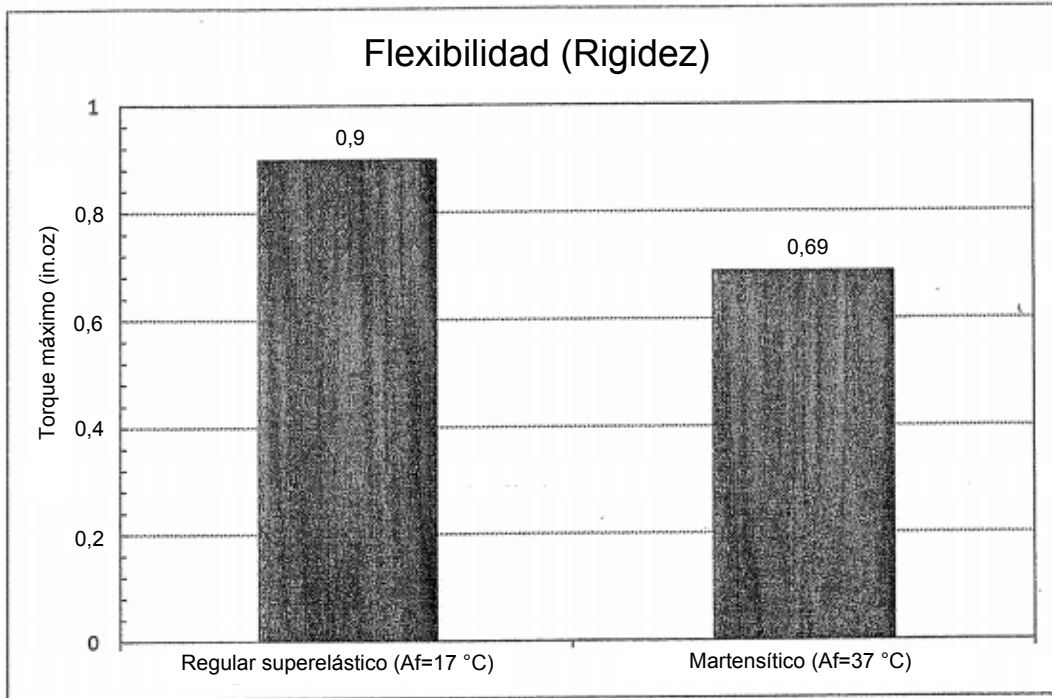


Figura 5

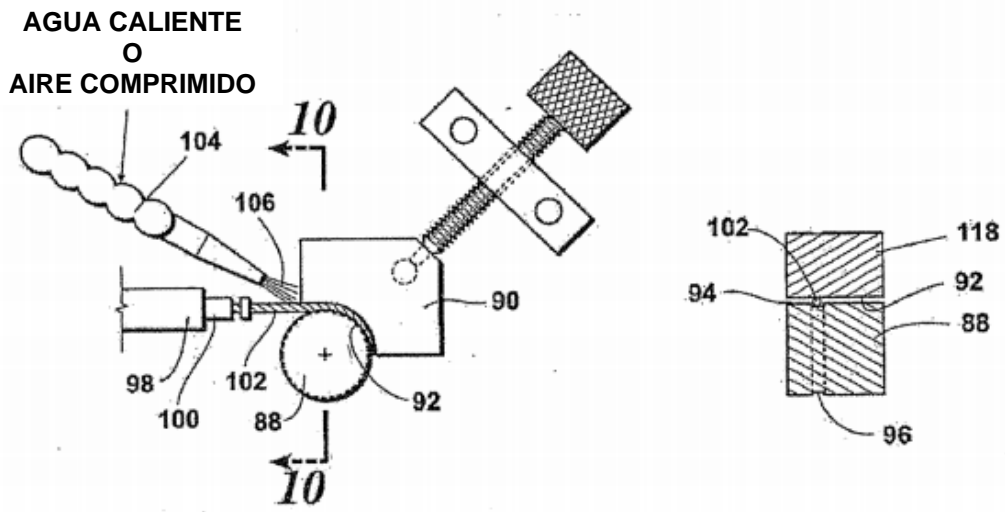


Figura 6

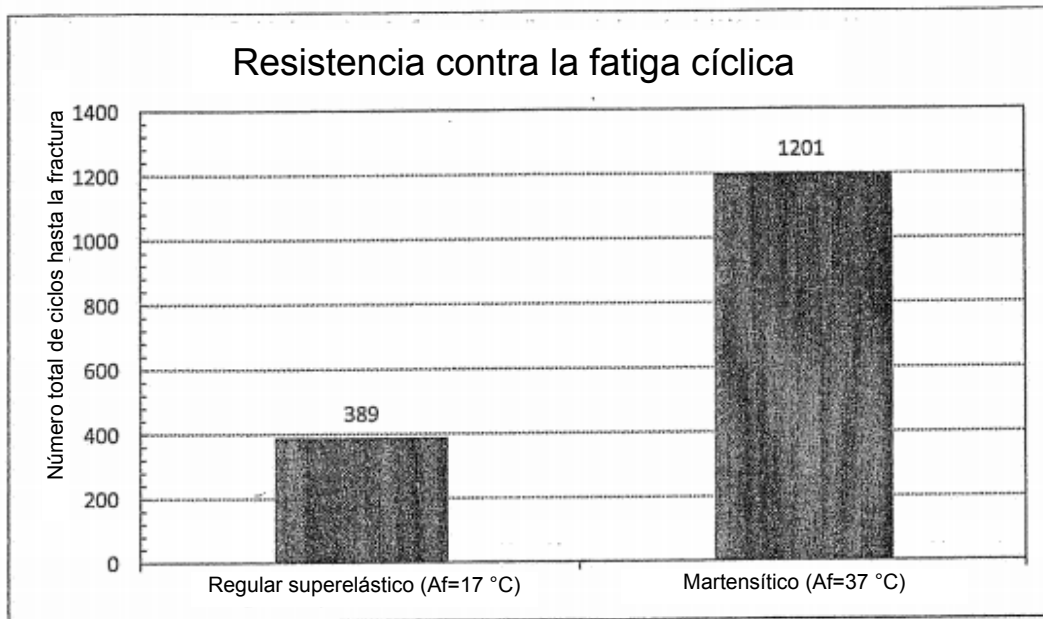
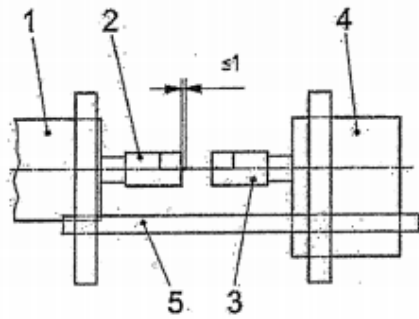
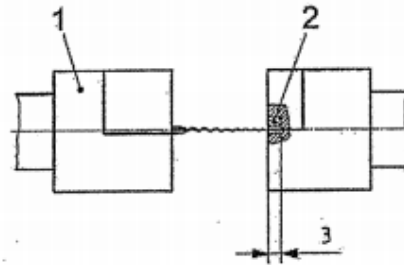


Figura 7



Leyenda

- 1 motor de engranaje reversible
- 2 mandril con mordazas de acero inoxidable
- 3 mordazas de latón suaves
- 4 dispositivo de medición del torque
- 5 cojinete lineal



Leyenda

- 1 mandril con mordazas de acero inoxidable
- 2 mordazas de latón suaves

Detalles del mandril de prueba

Aparato para la prueba de torque

Figura 8

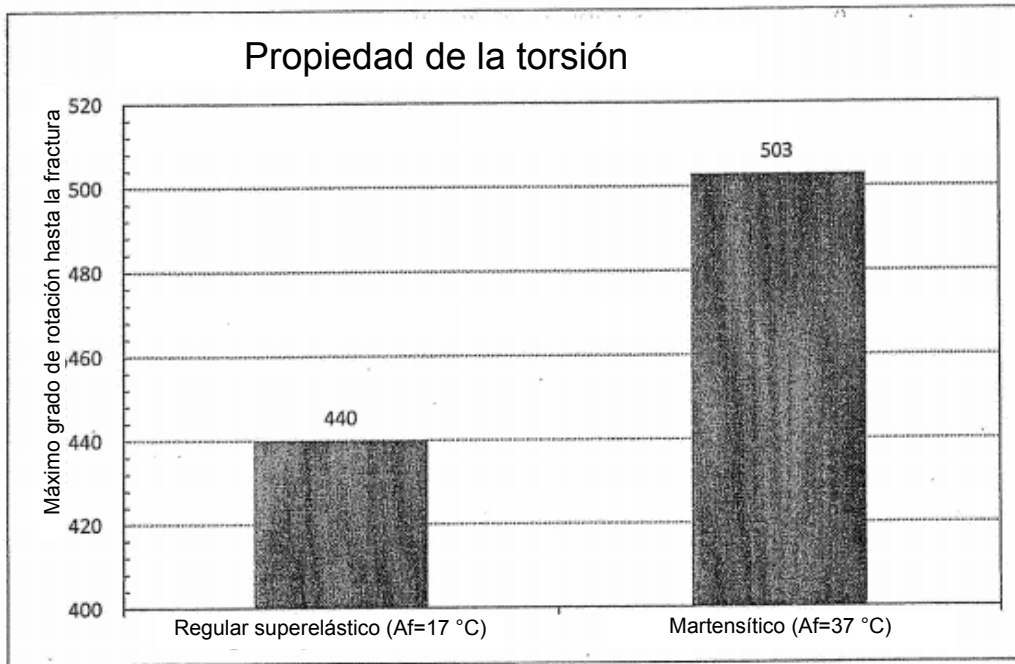


Figura 9

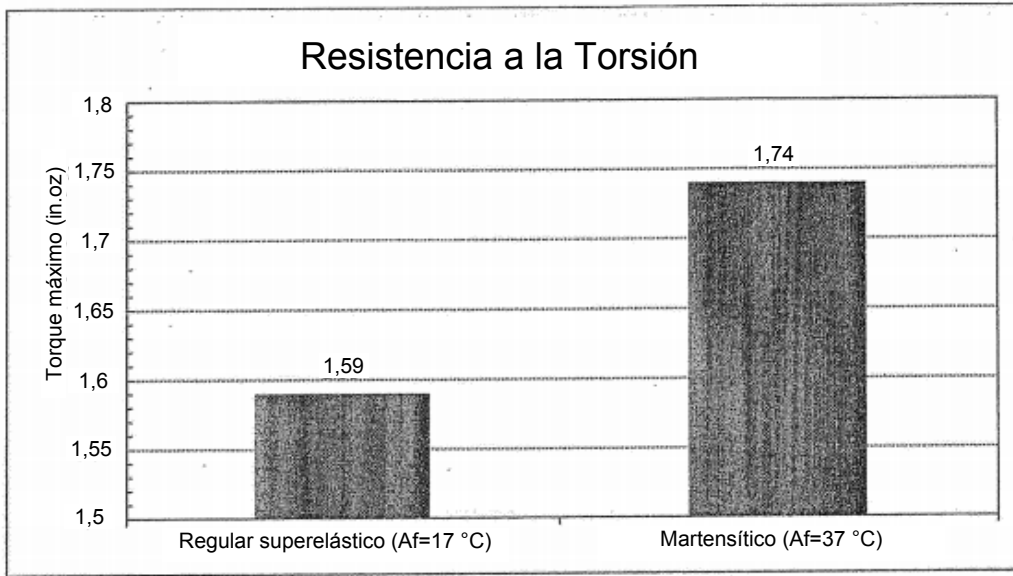


Figura 10

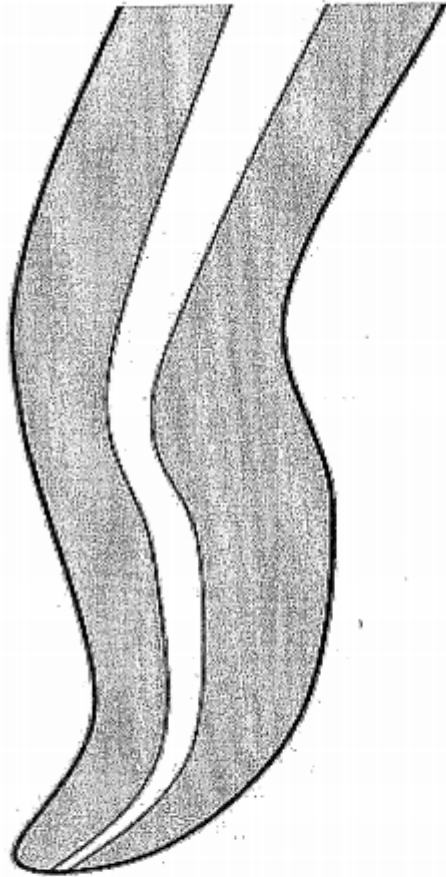


Figura 11



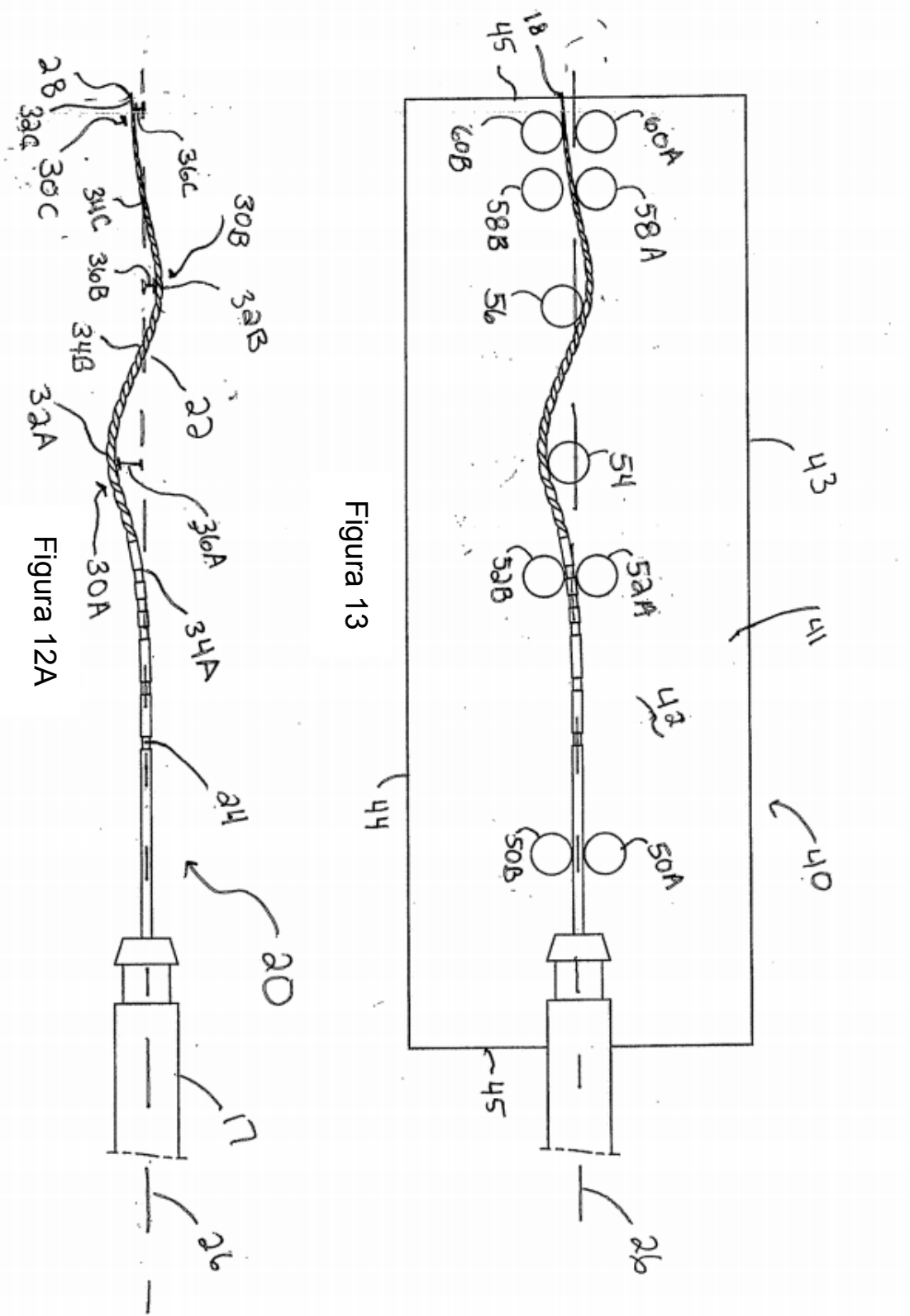


Figura 13

Figura 12A

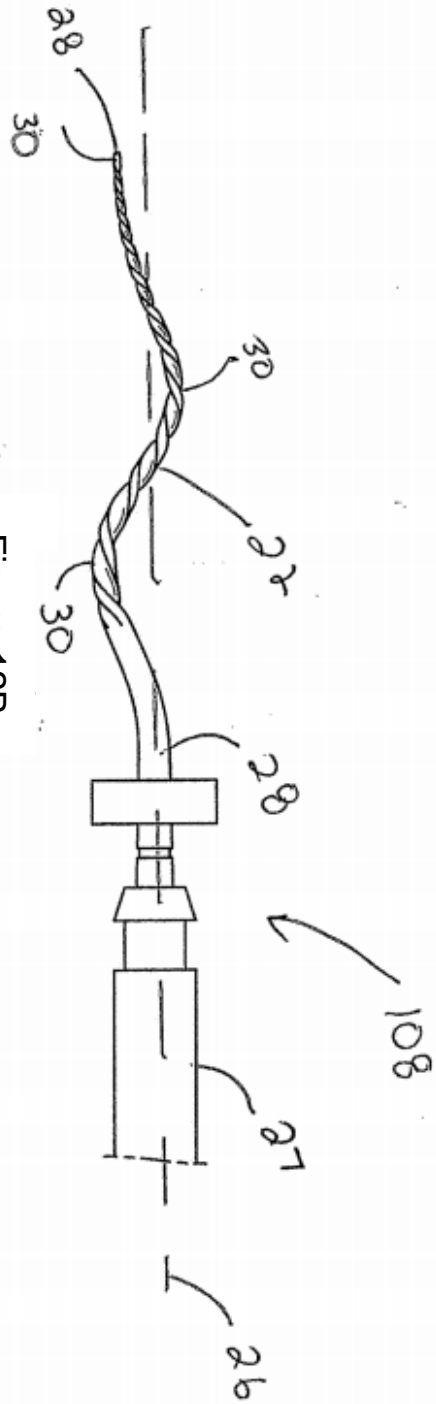


Figura 12B

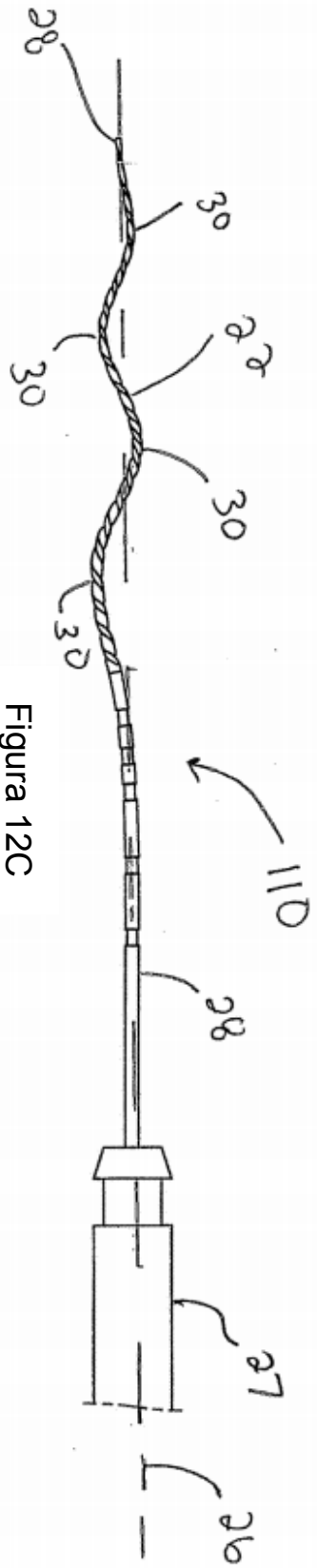


Figura 12C

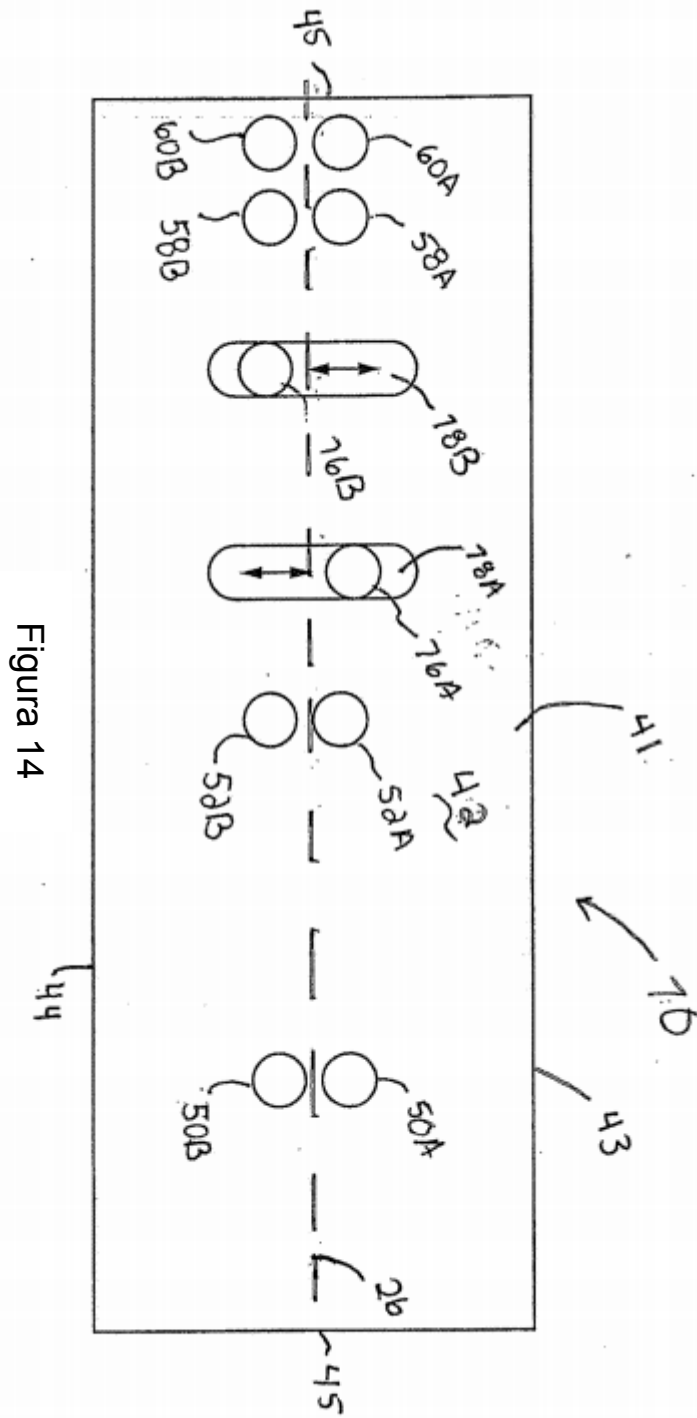
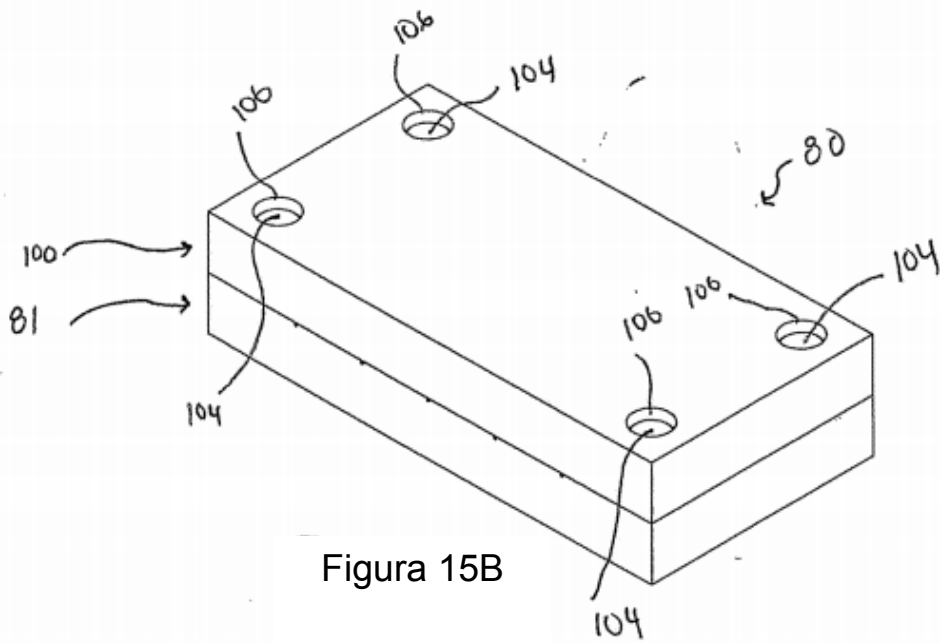
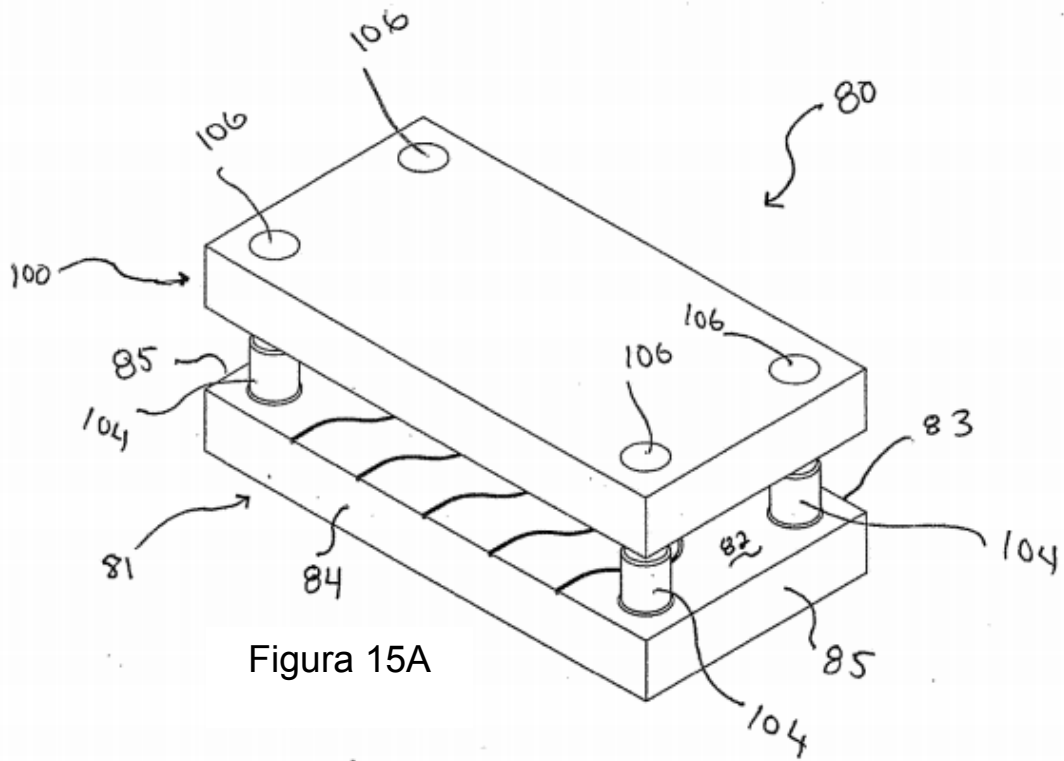


Figura 14



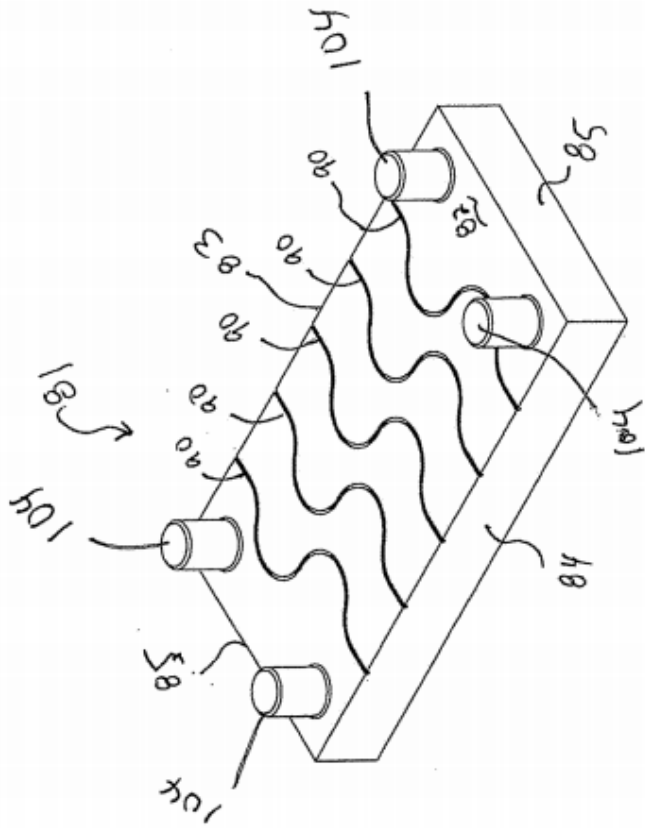


Figura 16C

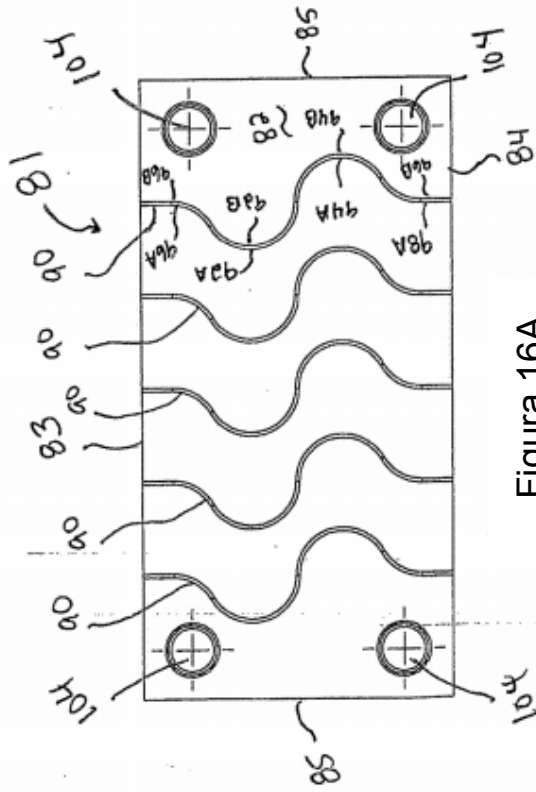


Figura 16A

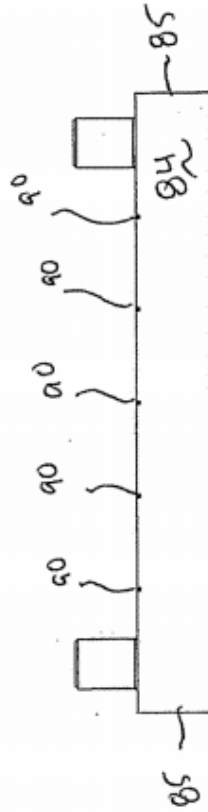


Figura 16B

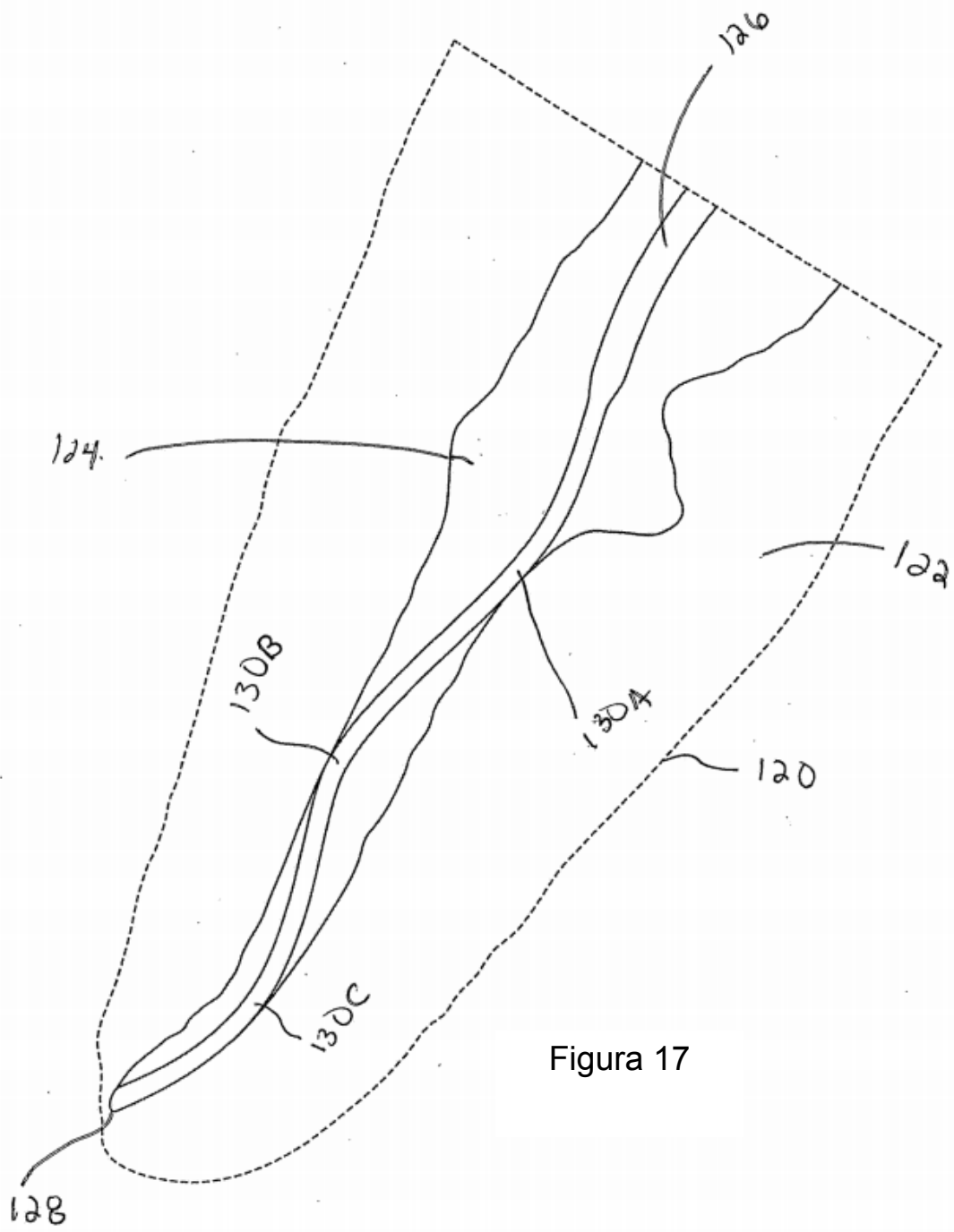


Figura 17

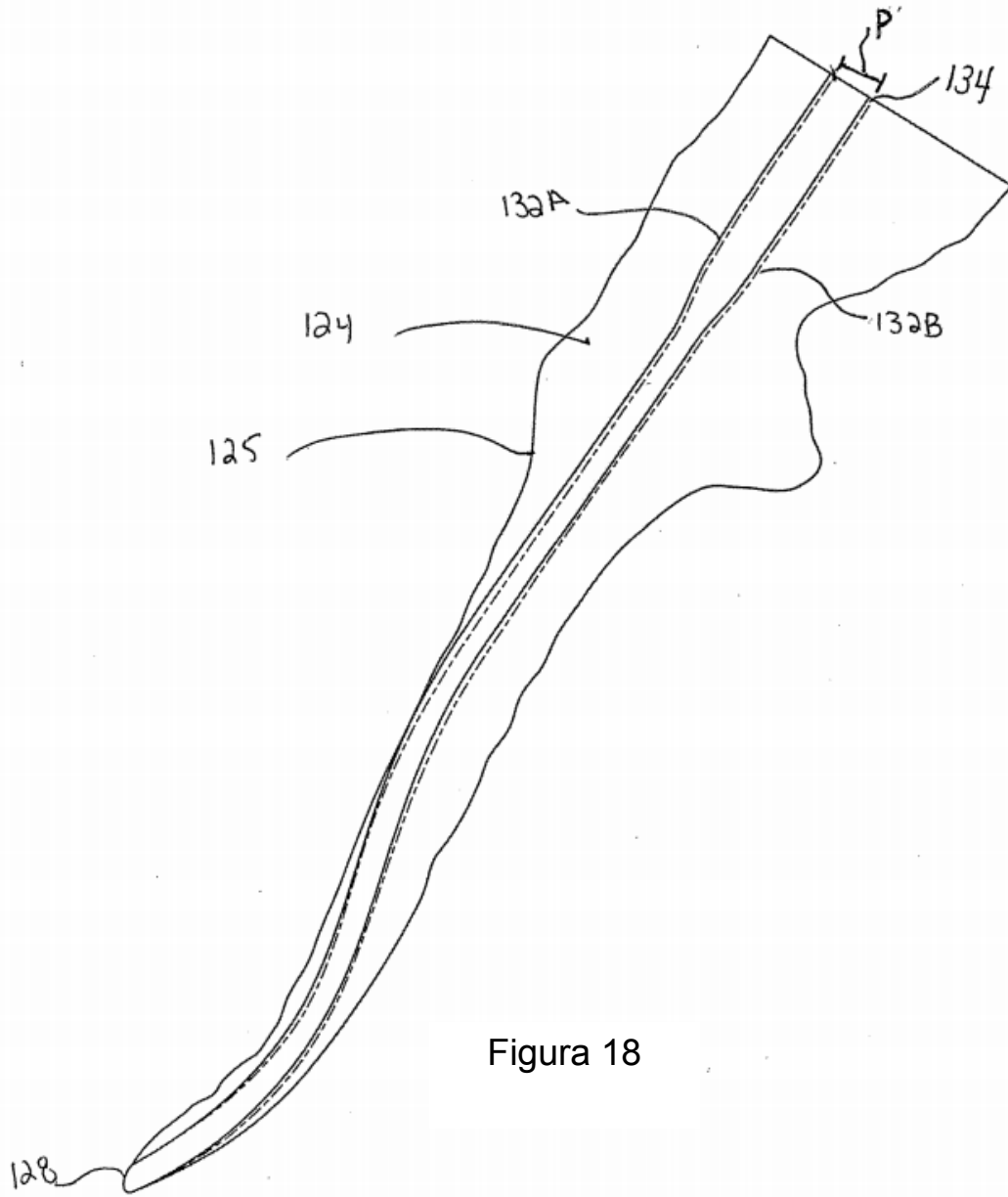


Figura 18

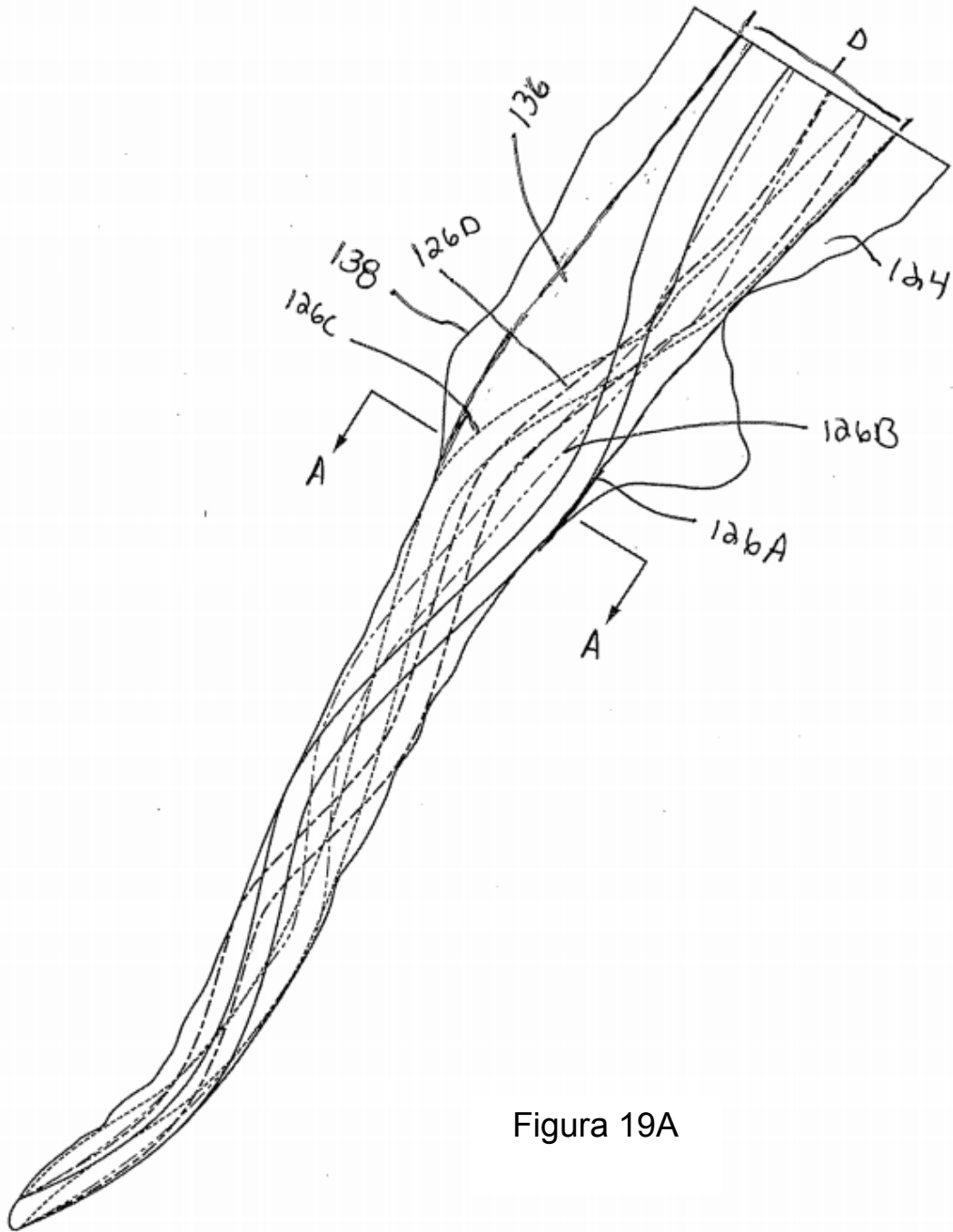
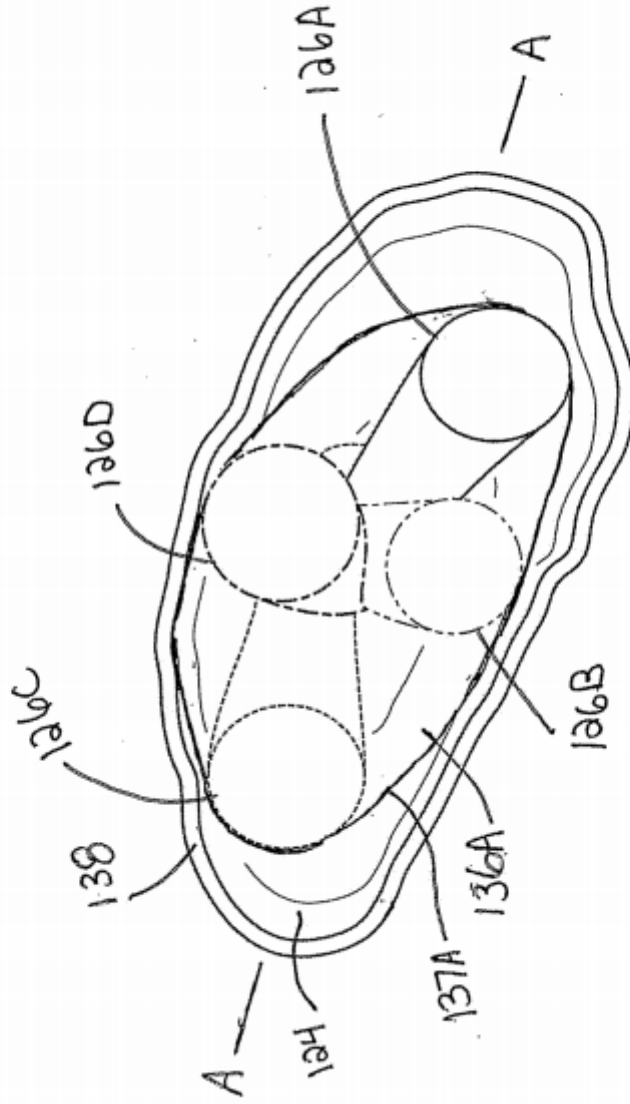


Figura 19A



Figura 19B



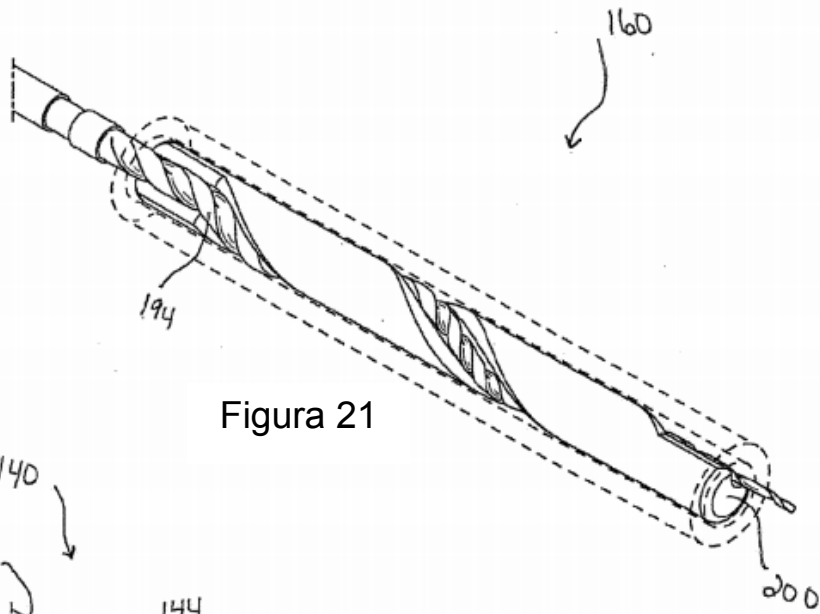


Figura 21

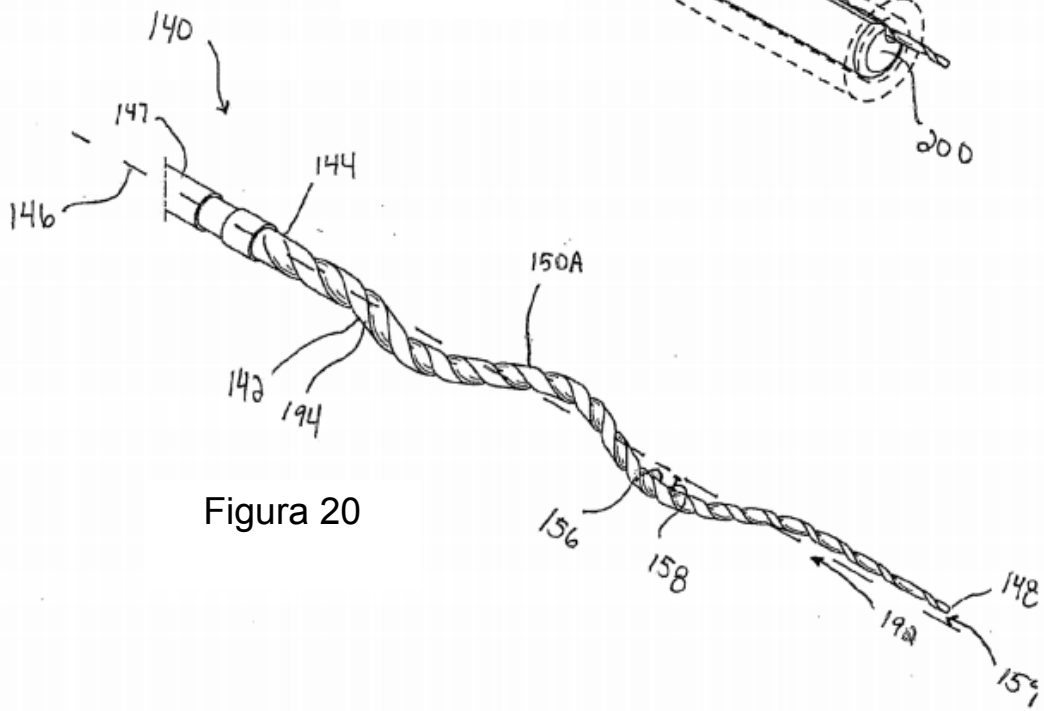


Figura 20

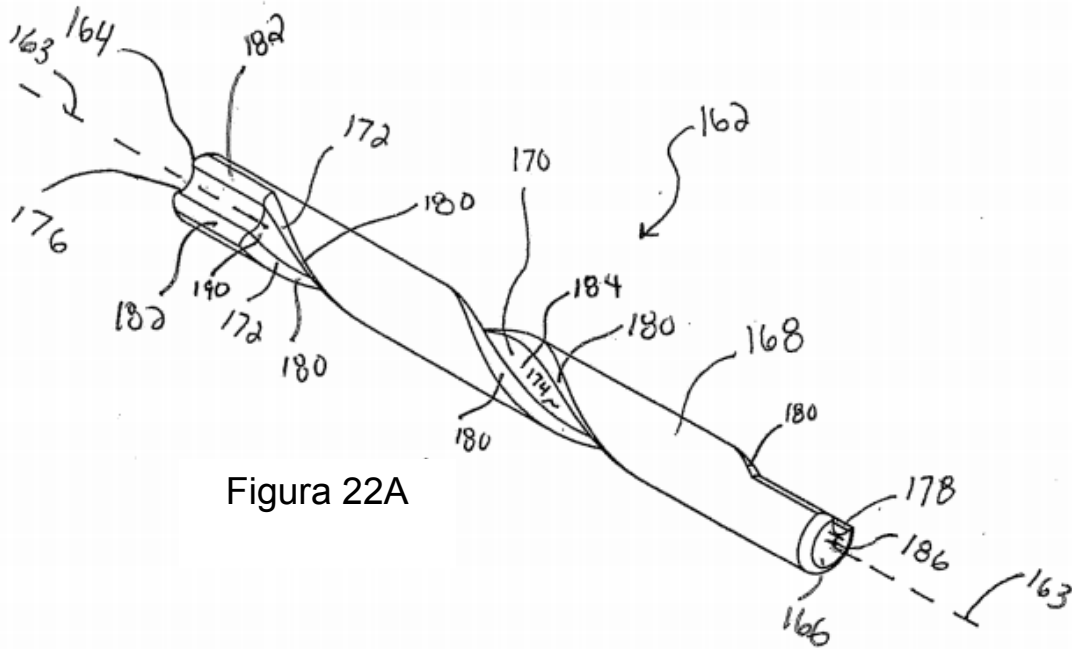


Figura 22A



Figura 22B

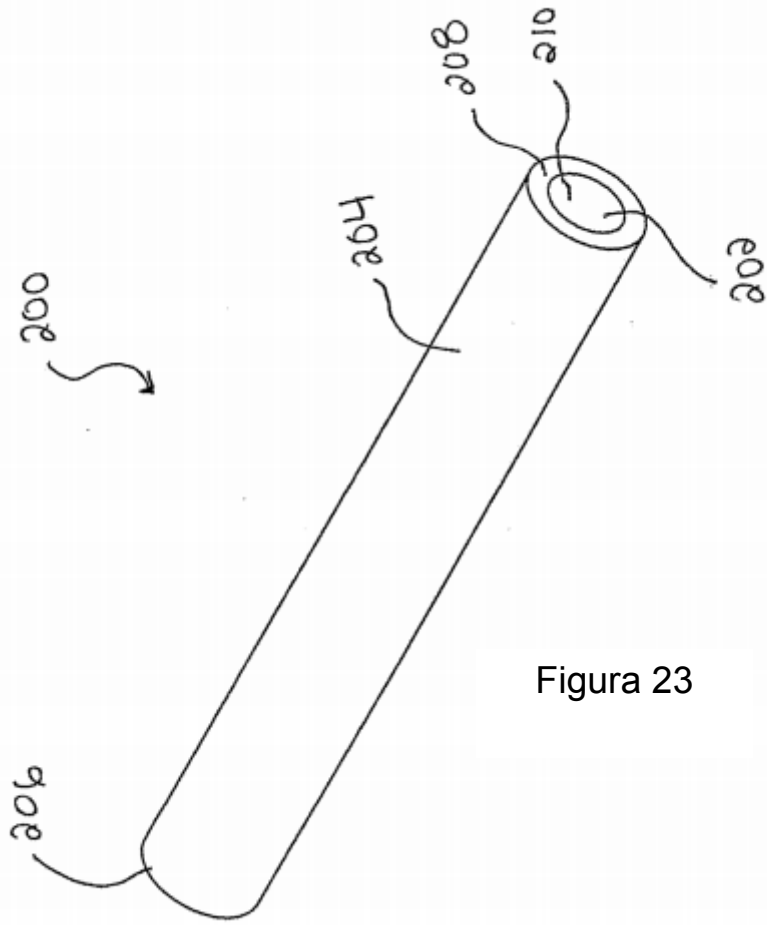


Figura 23