



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 981**

51 Int. Cl.:  
**A61C 5/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06007527 .2**

96 Fecha de presentación : **10.04.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1709934**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.10.2006**

54 Título: **Instrumentos endodónticos plegables.**

30 Prioridad: **08.04.2005 US 669409 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.08.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.08.2011**

73 Titular/es: **Michael J. Scianamblo**  
**1526 Fifth avenue**  
**San Rafael, California 94901, US**

72 Inventor/es: **Scianamblo, Michael J.**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 363 981 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 endodónticos plegables

Antecedentes

- 5 La presenta invención se relaciona con instrumentos endodónticos. Los instrumentos endodónticos se pueden utilizar para limpiar y agrandar el espacio de la cavidad endodóntica ("ECS"), también conocida como el sistema de canal de raíz de un diente humano. La figura 1A muestra un ejemplo de un canal de raíz 1 preparado 102 de un diente 104. Como se puede ver, el canal de raíz preparado 102 es usualmente un canal estrecho que corre a través de la porción central de la raíz del diente. La limpieza y el alargamiento del ECS se pueden necesitar por la muerte de la necrosis de la pulpa dental, que es el tejido que ocupa el espacio de un diente saludable. Este tejido se puede degenerar por una multitud de razones, que incluyen caries dental, las restauraciones dentales profundas, las fracturas dentales completas e incompletas, los daños traumáticos por las necrosis espontáneas debido a la calcificación y a la isquemia del tejido, que usualmente acompaña el proceso de envejecimiento. Similar a un apéndice necrótico gangrenoso, la remoción completa del tejido es muy importante, sino urgente, porque el desarrollo posterior de infecciones o los abscesos dentales, la septicemia, y aún la muerte.
- 10
- 15 El sistema de canal de raíz del diente humano es a menudo estrecho, curvado y calcificado, y puede ser extremadamente difícil de salvar o limpiar. De hecho, los instrumentos endodónticos convencionales o para el canal de raíz habitualmente disponibles son frecuentemente inadecuados en la remoción completa de la pulpa y del alargamiento eficiente del ECS. Adicionalmente, ellos están usualmente predispuestos a la ruptura, originando la destrucción adicional del diente. Los instrumentos rotos son usualmente difíciles, sino imposibles de remover, a
- 20
- menudo necesitando la remoción del diente. El daño del diente, que ocurre como resultado de una perforación franca o alteración de la anatomía natural del ECS, también puede conducir a la falla del canal de la raíz y de la pérdida del diente.
- El procedimiento del canal de raíz mismo se puede apreciar mejor al referirse a las figuras 1A y 1B. El canal de la raíz no preparado 102 del diente 104 usualmente inicia como un canal estrecho y relativamente paralelo. El portal de entrada o el orificio 106 y el portal de salida o foramen 108 son equivalentemente iguales en diámetro. Para acomodar la limpieza completa y el llenado del canal y para evitar una infección adicional, el canal debe ser usualmente preparado. La preparación de la cavidad endodóntica ("ECP") incluye generalmente progresivamente el agrandamiento del orificio y el cuerpo del canal, aunque dejando el foramen relativamente pequeño. El resultado es usualmente una preparación en forma de cono continuo, por ejemplo, el espacio 109.
- 25
- 30 En general, los instrumentos endodónticos se utilizan para preparar el espacio de la cavidad endodóntica como se describió anteriormente. Los instrumentos endodónticos pueden incluir instrumentos de mano e instrumentos impulsados por motor. Los últimos pueden necesitar ser un instrumento rotatorio. Las combinaciones tanto de instrumentos de mano convencional como rotatorios impulsados por motor son usualmente requeridos para efectuar un ECP exitoso y de manera segura.
- 35 Las figuras 2A y 2B muestran un instrumento endodóntico convencional 200. El instrumento endodóntico mostrado incluye un eje 202 que incluye una punta 204 y un eje 202 que incluye un apunte una punta 204 y un vástago 206. El instrumento endodóntico 200 también incluye ranuras 208 y 210 que se enrollan en espiral alrededor del eje 202. Las ranuras se denominan en la presente especificación como canales.
- La figura 2B muestra una sección transversal 212 (es decir la sección transversal A-A) del instrumento endodóntico. La sección transversal 208 muestra secciones transversales 214 y 216 de los canales 208 y 210, respectivamente. Como se puede ver de las figuras 2A y 2B, los canales 208 y 210 son generalmente el espaciado a ambos lados de la estructura helicoidal 218 (o hélice) que se enrolla en espirales alrededor del eje 202. La porción de fondo de un canal visto como una línea curva (por ejemplo la curva 220 indicada en forma resaltada)- se denomina en la presente especificación como estriada (indicada mediante línea resultada). La porción de una estría que entra en contacto con una superficie que está siendo cortada durante el corte se denomina en la presente especificación como parte plana radial. El ítem 222 de la figura 2 es un ejemplo de una parte plana radial.
- 40
- 45

- Un canal de un instrumento endodóntico usualmente incluye un borde apilado configurado para cortar. El borde 224 de la figura 2A es un ejemplo de tal borde de corte. El borde 224 se puede ver como un punto 226 en la figura 2. En general, un instrumento que tiene bordes de corte a mano derecha es uno que cortará o renovará el material cuando rote en el sentido de las manecillas del reloj, como se ve desde el vástago a la punta. En esta especificación, una dirección de rotación se especificará como se ve desde el vástago a la punta del instrumento. La dirección de corte de rotación para el instrumento endodóntico a mano derecha es en el sentido de las manecillas del reloj. Un instrumento que tiene bordes de corte a mano izquierda es uno que cortará o removerá material cuando rote en contra del sentido de las manecillas del reloj. La dirección de corte de rotación, en este caso, es al contrario de las manecillas del reloj.
- 5
- 10 Un instrumento endodóntico incluye una porción de trabajo, que es la porción que puede cortar o remover el material. La porción de trabajo es típicamente la porción a lo largo del eje que está entre la punta del instrumento y el extremo del vástago de los canales. La porción 228 es la porción de trabajo para instrumento endodóntico mostrado en la figura 2A. La porción de trabajo se denomina también en esta especificación como porción de corte, y la longitud de trabajo como la longitud de corte o trabajo.
- 15 Los instrumentos manuales son típicamente elaborados de blancos de alambre de metal de varios tamaños. Las propiedades metalúrgicas de estos alambres, en general, se han hecho con ingeniería para producir un biorango de propiedades físicas. Estos alambres son usualmente entonces entorchados o cortados para producir formas y estilos específicos. Los ejemplos de los instrumentos de mano incluyen instrumentos de mano tipo K, tipo H y tipo R. La figura 2C muestra un mandril con púas 230, que es un ejemplo de un instrumento tipo R. La figura 2D muestra una sección transversal 232 (es decir la sección transversal A-A) del mandril con púas 230. El mandril con púas se elabora de alambre de hierro suave que es biselado y tiene muescas para formar púas o raspas a lo largo de su superficie. Estos instrumentos son generalmente utilizados en la remoción general del tejido de pulpa o los desechos del sistema del canal de raíz. Otra lima tipo R es una lima cola de rata.
- 20
- 25 Los instrumentos tipo k en su uso habitual incluyen rectificadores y limas K. La figura 2E muestra un ejemplo de una lima K 234. La figura 2F muestra una sección transversal 236 (es decir la sección transversal A-A) de la lima K 234. Las limas K están generalmente disponibles en acero de carbono, acero inoxidable, y más recientemente una aleación de níquel-titanio. Para fabricar un instrumento tipo K, un alambre redondo de varios diámetros se muele usualmente en blancos piramidales de tres o cuatro lados y luego se rotan o se giran en las formas apropiadas. Estas formas especifican y controlan por la American National Standards Institute ("ANSI") y la International Standards Organization ("ISO"). El congreso de la oración para los rectificadores y las limas son similares; excepto sin embargo, que las limas usualmente tienen un mayor número de canales por unidad de longitud que los rectificadores. Los rectificadores son utilizados en una dirección rotacional solamente, mientras que las limas se pueden utilizar en una forma rotacional o de empuje al lado. Las limas hechas de blancos de tres lados triangulares tienen áreas de sección transversal más pequeñas que las limas hechas de blancos con cuatro lados. Así, estos instrumentos son usualmente más flexibles y menos probable que se fracturen. Ellos también pueden desplegar mayores ángulos de espacio y son más eficientes durante la producción de desechos. Las limas triangulares, por lo tanto, se consideran generalmente más deseables para los instrumentos de mano.
- 30
- 35 La figura 2G muestra un ejemplo de una lima tipo H 238. La figura 2H muestra una sección transversal 240 (es decir la sección transversal A-A) de la lima tipo H 238. Las limas tipo H son usualmente elaboradas mediante canales de labrado en blancos de metal redondo biselados para formar una serie de conos de intersección. Las limas tipo H pueden usualmente cortar solamente la dirección de empuje (es decir un golpe de halado). Principalmente porque ellas tienen ángulos de inclinación positivos. Las limas tipo H pueden ser instrumentos de corte extremadamente eficientes.
- 40
- 45 Los instrumentos de mano son usualmente elaborados de acuerdo a las guías del ANSI y la ISO, que especifican que una porción de trabajo de un instrumento es de 16 mm de longitud. El ANSI y el ISO además especifican que un primer diámetro o de uno del instrumento, es 1 mm desde la punta o  $D_0$ . Otras especificaciones ANSI e ISO requieren que: los instrumentos tengan un bisel estándar de 0,012 mm por mm a lo largo de la porción de trabajo 126; la punta mantiene una forma piramidal no mayor de 75 grados en el centro transversal lineal; y los instrumentos de mano (por ejemplo aquellos mostrados en las figuras 2A-2H) están disponibles en 21, 25 y 31 mm de largo.

Además de los instrumentos de mano descritos anteriormente, existen instrumentos rotatorios que son usualmente impulsados por motor. La figura 3A muestra un instrumento rotatorio de ejemplo 300 que es denominado como rectificador tipo G o perforador. La figura 3B muestra la sección transversal 301 (es decir la sección transversal A-A) del instrumento tipo G. Las perforadoras tipo G están usualmente disponibles en carbono o acero inoxidable. Como es típico, la perforadora tipo G 300 mostrada incluye una cabeza en forma de llama corta 302 unida a un vástago largo 303. El núcleo o red mostrado en la figura 3B muestra las secciones transversales 304, 305 y 306 de los tres canales. Los canales, en este caso, el ángulo es el ángulo entre el borde de ataque de una herramienta de corte y una perpendicular a la superficie que es cortada. El ángulo de inclinación se describe más adelante. La cabeza en forma de llama 302 incluye una superficie de no corte para evitar la perforación. El instrumento 300 se utiliza usualmente como un instrumento de corte lateral solamente. El instrumento 300 es relativamente rígido y, por lo tanto, no se puede utilizar usualmente en un espacio curvado, por ejemplo, el ECS.

Las perforadoras tipo G están disponibles en longitudes de 14, 18 y 25 mm medidas desde la punta al vástago, que es donde la perforadora se puede insertar en una pieza de mano de velocidad lenta estándar por vía de un pestillo de agarre 307. Las perforadoras tipo G están disponibles en diámetros variantes de 0,30 mm a 1,5 mm y de tamaños de 1 hasta 6.

El documento US 2 004 02 19485 describe un instrumento endodóntico configurado para erguirse cuando se rota.

#### Resumen

La presente invención suministra instrumentos endodónticos que se estiran yerguen como se especifica en la reivindicación 1 para preparar un espacio de calidad endodóntico.

En un aspecto, la invención está dirigida a un dispositivo endodóntico que tiene un cuerpo biselado que tiene un extremo de punta y un extremo de vástago, en donde el extremo de punta tiene un diámetro que es menor que un diámetro del extremo de vástago y el cuerpo tiene un eje de rotación que se extiende del extremo de punta al extremo de vástago. El cuerpo tiene al menos una superficie de trabajo que se extiende entre el extremo de vástago y el extremo de punta; una primera sección transversal perpendicular al eje de rotación, en donde la primera sección transversal tiene una primera geometría; y una segunda sección transversal perpendicular al eje de rotación, y en donde la segunda sección transversal tiene una segunda geometría, en donde la primera geometría es diferente de la segunda geometría; en donde la primera sección transversal y la segunda sección transversal interceptan a al menos una superficie de trabajo.

Las implementaciones pueden incluir una o más de las siguientes características. La primera geometría puede ser simétrica y la segunda geometría puede ser asimétrica. La primera sección transversal puede ser más cercana al extremo del vástago que al extremo de punta. La primera sección transversal puede tener un número diferente de superficies de trabajo que la segunda sección transversal. La segunda sección transversal, un centroide puede estar descentrado del eje de rotación. La primera geometría y la segunda geometría pueden incluir diferentes números de superficies de trabajo. El cuerpo puede ser flexible. El cuerpo se puede formar de níquel-titanio. El cuerpo puede ser suficientemente flexible de tal manera que cuando una punta del cuerpo se dobla en una posición fija en la medida en que el cuerpo rota, una porción que intercepta la segunda sección transversal se dobla alejándose del eje de rotación a una cantidad sustancialmente igual en un primer ángulo de rotación y en un segundo ángulo de rotación. El primer ángulo de rotación puede ser 180° del segundo ángulo de rotación. La segunda sección transversal se puede doblar alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual en cada ángulo de rotación. Una porción que no se estira del cuerpo puede tener un centroide que descansa sustancialmente sobre el eje de rotación que intercepta al menos una superficie de trabajo en la medida en que la punta del cuerpo está unida en una posición fija y el cuerpo rota. La al menos una superficie de trabajo puede incluir un canal de corte. Una punta del cuerpo puede no tener superficies de corte. En una sección transversal que intercepta el eje de rotación, un centro de masa puede estar descentrado del eje de rotación. La superficie de trabajo se puede configurar para remover material cuando el cuerpo es rotado dentro de un canal de material. Cuando la punta del cuerpo es mantenida en su lugar y el cuerpo es rotado, al menos una porción del cuerpo ondas helicoidales.

En otro aspecto, la invención está dirigida a un dispositivo endodóntico, que comprende un cuerpo biselado que tiene un extremo de punta y un extremo de vástago, en donde el extremo de punta tiene un diámetro que es menor

5 que el diámetro del extremo de vástago y el cuerpo tiene un eje de rotación, en donde a lo largo de la longitud del cuerpo biselado, al menos un centroide una sección transversal que intercepta una superficie de trabajo del cuerpo está sobre el eje de rotación y al menos un centroide está descentrado del eje de rotación, el cuerpo tiene al menos una superficie de corte a lo largo del diámetro externo que se configura para remover material cuando el cuerpo es rotado dentro de un canal del material.

10 Las implementaciones pueden incluir una o más de las siguientes características. El cuerpo puede ser ladeado de tal manera que el centroide sobre el eje de rotación está cerca al extremo del vástago y la punta está más alejada del eje de rotación comparada con otros centroides a lo largo de la longitud del cuerpo. El cuerpo puede ser lineal. Una pluralidad de centroides que corresponden a la superficie de corte puede estar en una línea. El cuerpo puede tener una porción que incluye una superficie de corte y la porción puede ser lineal. El cuerpo puede ser flexible. El cuerpo se puede formar de níquel-titanio. El cuerpo puede ser suficientemente flexible de tal manera que cuando la punta del cuerpo se une en una posición fija en la medida en que el cuerpo rota, una porción del cuerpo se puede doblar alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual en un ángulo múltiple de rotación. El cuerpo puede ser curvado. La punta se puede descentrar del eje de rotación. La punta puede estar sobre el eje de rotación. 15 El cuerpo puede tener al menos una superficie de trabajo que se extiende entre el extremo del vástago y el extremo de punta; una sección transversal perpendicular al eje de rotación, en donde la primera sección transversal tiene una primera geometría; una segunda sección transversal perpendicular el eje de rotación, en donde la segunda sección transversal tiene una segunda geometría, en donde la primera geometría es diferente de la segunda geometría; y la primera sección transversal y la segunda sección transversal interceptan la al menos una superficie de corte. 20 Cuando la punta del cuerpo es mantenida en el lugar y el cuerpo es rotado, al menos una porción del cuerpo puede formar ondas helicoidales.

25 En aún otro aspecto, la invención está dirigida a un dispositivo endodóntico, que comprende un cuerpo biselado que tiene un extremo de punta y un extremo de vástago, en donde el cuerpo tiene al menos una porción con un centro de masa que está descentrado del eje de rotación y es suficientemente flexible de tal manera que cuando la punta del cuerpo está unida en una posición fija en la medida en que el cuerpo rota, la porción se dobla alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual a un primer ángulo de rotación y en un segundo ángulo de rotación. El primer ángulo de rotación puede ser de 180 grados desde el segundo de rotación. La porción se puede doblar alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual en cada ángulo de rotación.

30 En otro aspecto, la invención está dirigida a un dispositivo endodóntico, que comprende un cuerpo lineal que tiene un extremo de punta y un extremo de vástago y una superficie de trabajo del extremo de punta y el extremo de vástago, y en donde la primera sección transversal del cuerpo intercepta la superficie de trabajo hacia el extremo de vástago y una segunda sección transversal del cuerpo intercepta la superficie de trabajo hacia el extremo de punta, la primera sección transversal es paralela a la segunda sección transversal, ambas la primera sección transversal y la segunda sección transversal son simétricas y el primer eje a través del centro de la primera sección transversal y 35 perpendicular a la primera sección transversal es diferente de un segundo eje a través de un centro de la segunda sección transversal y perpendicular a la segunda sección transversal.

40 Las implementaciones pueden incluir una o más de las siguientes características. El cuerpo puede ser flexible, por ejemplo, el cuerpo se puede formar de níquel-titanio. El cuerpo puede ser suficientemente flexible de tal manera que cuando una punta del cuerpo se une en una posición fija en la medida en que el cuerpo rota, una porción del cuerpo se dobla alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual a ángulos múltiples de rotación. Los ángulos múltiples de rotación pueden estar separados 180°. El cuerpo puede tener la misma geometría y dimensiones por debajo de su longitud. Cuando la punta del cuerpo se mantiene en el lugar y el cuerpo es rotado, al menos una porción del cuerpo puede formar ondas helicoidales.

45 En aún otro aspecto, la invención está dirigida a un método de limpiar un espacio de cavidad endodóntica. Un instrumento flexible se inserta dentro del espacio de la cavidad endodóntica en donde el instrumento tiene una primera porción con un centro de masa que se traslapa con un eje de rotación del instrumento y una segunda porción con un centro de masa que está descentrada del eje de rotación. Una punta del instrumento flexible es puesta en contacto contra la superficie interna del espacio de cavidad. El instrumento es rotado de tal manera que la primera porción se dobla alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual a un primer ángulo de 50 rotación y un segundo ángulo de rotación. Rotar el instrumento puede incluir hacer que el instrumento ferre ondas

sinusoidales entre el espacio de la cavidad. En aún otro aspecto, la invención está dirigida a un método de limpiar un espacio de cavidad endodóntico. Se inserta un instrumento flexible en el espacio de cavidad endodóntica en donde el instrumento tiene un cuerpo biselado que tiene un extremo de punta y un extremo de vástago, el extremo de punta tiene un diámetro que es menor que el diámetro del extremo de vástago y el cuerpo tiene un eje de rotación que se extiende desde el extremo de punta al extremo de vástago, el cuerpo tiene al menos una superficie de trabajo que se extiende entre el extremo de vástago y el extremo de punta, la primera sección transversal perpendicular al eje de rotación, en donde la primera sección transversal tiene una primera geometría, y una segunda sección transversal perpendicular al eje de rotación, en donde la segunda sección transversal tiene un eje de geometría en donde la primera geometría es diferente de la segunda geometría, en donde la primera sección transversal y la segunda sección transversal interceptan la al menos una superficie de trabajo, una punta del instrumento flexible es puesta en contacto contra la superficie interna del espacio de la cavidad. El instrumento es rotado de tal manera que al menos una superficie de trabajo que intercepta la segunda sección se dobla alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual a un primer ángulo de rotación y en un segundo ángulo de rotación.

Los dispositivos descritos aquí pueden suministrar una limpieza endodóntica más eficiente que es más segura para un paciente. Un instrumento que es tanto flexible como fuerte resiste la ruptura y el daño al paciente. Un instrumento que es flexible y tiene un centro de masa descentrado de un eje de rotación puede oscilar hacia afuera del eje de rotación en la medida en que el instrumento es rotado a altas velocidades, tal como cuando el instrumento se utiliza con una herramienta motorizada. Si el instrumento se configura para doblar una cantidad igual en cada ángulo de rotación, el diámetro interno del espacio se puede contactar mediante el instrumento y limpiar uniformemente. El instrumento se puede hacer para tener un diámetro más pequeño que el espacio que requiere limpieza, permitiendo de esta manera que un sitio de difícil de acceder sea accedido.

Los detalles de una o más realizaciones de la invención se establecen en los dibujos que la acompañan y la descripción de adelante. Otras características, objetos y ventajas se la invención serán evidentes de la descripción, los dibujos y de las reivindicaciones.

## 25 Descripción de los dibujos

Figuras 1A y 1B ilustran un procedimiento de canal de raíz.

Figuras 2A-2H muestran ejemplos de instrumentos endodónticos.

Figuras 3A y 3B muestran un ejemplo de un instrumento endodóntico tipo rotatorio.

Figura 4 muestra un instrumento endodóntico que tiene hélices reversadas.

30 Figura 5 muestra otro instrumento endodóntico que tiene hélices reversadas.

Figuras 6A y 6B muestran otros instrumentos endodónticos que tienen unas hélices reversadas.

Figuras 7A-7D muestran un instrumento endodóntico que tiene cortes transversales sobre sus hélices.

Figuras 8A y 8B muestran un instrumento endodóntico que tiene estrías S, ángulos de inclinación positivos, o ninguna parte plana radial o tierras radiales reducidas.

35 Figuras 9A-9H muestran un instrumento endodóntico que tiene bordes enrollados y biselados.

Figuras 10A-10C ilustran la noción del conjunto crítico de instrumentos endodónticos.

Figuras 11A-11D ilustran el área de contacto de un instrumento endodóntico.

Figura 12 ilustra la porción de trabajo de un conjunto de celda crítica de instrumentos endodónticos.

La figura 13 muestra una celda de una masa que se mueve en un círculo.

La figura 14 muestra un esquema de una porción de un instrumento que tiene una sección transversal trapezoidal.

La figura 15 muestra las secciones transversales del instrumento de la figura 14.

La figura 16 muestra los cuerpos con los centros de masa diferentes de sus centros de rotación.

La figura 17 muestra un diagrama de esfuerzo versus deformación.

5 La figura 18 muestra la deflexión de una viga saliente.

La figura 19 muestra una porción de un instrumento.

La figura 20 muestra una viga con varios ejes ilustrados.

Figuras 21A-21E muestran una implementación de un instrumento endodóntico.

Figuras 22A-22D muestran un instrumento endodóntico que incluye una punta de corte.

10 Figuras 23A-23D muestran otra implementación de un instrumento endodóntico.

Figuras 24A-24E muestran otra implementación de un instrumento endodóntico.

Figuras 25A-25E muestran otra implementación de un instrumento endodóntico.

Figura 26 ilustra erguidos.

Figura 27-30B muestra representaciones esquemáticas de otras implementaciones de instrumentos endodónticos.

15 Figuras 31A, 21B son esquemas de instrumentos erguidos durante la rotación.

Figuras 31A, 335B son esquemas de blancos utilizados para formar los instrumentos descritos aquí.

Los numerales de referencia y designaciones similares en varios dibujos indican elementos similares.

#### Descripción detallada

##### Hélice reversada

20 Los instrumentos endodónticos convencionales tienen labor desde corte a mano derecha y hélices a mano derecha. Una ranura que forma espirales de hélice al lado derecho alrededor del eje, en una dirección longitudinal del vástago a la punta y, adicionalmente, en una dirección de rotación en el sentido de giro de las manecillas del reloj (como se ve del vástago a la punta). Esta configuración es similar a las roscas de un tornillo. Los instrumentos endodónticos convencionales que tienen este tornillo como configuración son propensos a doblarse. Adicionalmente, las tierras radiales y los ángulos de corte negativos típicos de instrumentos endodónticos convencionales predisponen los  
25 instrumentos a una fatiga y ruptura prematuras.

Un instrumento endodóntico de acuerdo con la invención puede incluir una hélice reversada. Unas espirales de hélice reversada alrededor del eje de un instrumento, en una dirección longitudinal del vástago a la punta y, adicionalmente, en una dirección de rotación opuesta a la dirección de rotación del corte. Si, por ejemplo, el  
30 instrumento endodóntico tiene una dirección de rotación de corte de sentido de las manecillas del reloj, sus hélices girarían en espiral en una dirección de retracción en el sentido contrario a las manecillas del reloj (a lo largo de un eje longitudinal del eje en una dirección del vástago a la punta y como se debe desde el vástago a la punta). En este caso, el instrumento incluye bordes de corte al lado derecho. Esto es, el borde de corte está sobre el lado del borde delantero de las hélices en la medida en que el instrumento es rotado en la dirección de rotación de corte.

La figura 4 muestra un ejemplo del instrumento endodóntico descrito. El instrumento mostrado incluye un eje 402, hélices 402 y 406, un extremo de vástago (o simplemente extremo) 408, extremo de punta (o simplemente punta) 410. La hélice 406, por ejemplo, incluye borde de corte 412. Así, el instrumento corta cuando es rotado alrededor de su eje longitudinal 418 en una dirección contraria a las manecillas del reloj (como se ve desde una perspectiva del extremo a la punta), y la dirección de corte es contraria a las manecillas del reloj (como se indica por la flecha 414). La dirección cuyas hélices 404 y 406 giran en espiral alrededor del eje 402 es en el sentido de las manecillas del reloj (a lo largo del eje y en una dirección del extremo a la punta como se ve desde una perspectiva del extremo a la punta; como se indica por la flecha 416).

Si el instrumento endodóntico tiene una dirección de rotación de corte en el sentido de las manecillas (como se ve desde una perspectiva en el extremo de la punta), entonces sus ranuras pueden girar en espiral en una dirección de rotación contraria a las manecillas del reloj (a lo largo de un eje longitudinal del eje en una dirección del extremo a la punta; y como se ve desde la perspectiva de un extremo a la punta). La figura 5 muestra un ejemplo del instrumento endodóntico descrito. El instrumento mostrado incluye un eje 502, hélices 504 y 506, un extremo de vástago (simplemente extremo) 508, extremo de punta (o simplemente punta) 510. La hélice 504, por ejemplo, incluye borde de corte 512. Así, el instrumento corta cuando este es rotado alrededor de su eje longitudinal 518 en una dirección en el sentido de las manecillas del reloj (como se ve desde la perspectiva del extremo de la punta), y la dirección de corte es en el sentido de las manecillas del reloj (como se indica por la flecha 514). La dirección cuyas ranuras 504 y 506 giran el espiral alrededor del eje 502 es contraria al sentido de las manecillas del reloj (a lo largo del eje en una dirección del extremo de la punta y como se ve desde de la perspectiva del extremo a la punta; como se indica por la flecha 516).

Un instrumento endodóntico que tiene una hélice reversada que generalmente no es propensa a doblarse y puede arrastrar desechos desde la punta a su extremo, removiendo así los desechos desde el espacio que se preparó. En una implementación, el instrumento endodóntico se puede fabricar de un material flexible o superflexible, tal como NITI o una aleación de NITI. Los instrumentos impulsados por motor, que incluyen instrumentos impulsados de motor rotatorio, así como también instrumentos de mano pueden incluir la configuración de hélice reversada descrita.

En los ejemplos anteriores, los instrumentos endodónticos mostrados incluyen solo dos ranuras. Los instrumentos endodónticos que tienen cualquier número de ranuras y cualquier geometría de estría puede incorporar la configuración de hélice reversada descrita. Las figuras 6A y 6B muestran implementaciones de instrumentos endodónticos de ranura múltiple que tienen una configuración de hélice reversada.

### 30 Hélices que tienen cortes transversales

Un instrumento endodóntico de acuerdo con la invención puede incluir hélices que incluyen uno o más cortes transversales, los cortes transversales de una hélice pueden pero no necesitan estar en ángulos rectos con la hélice. En general, los cortes transversales pueden tener una geometría y profundidad con el fin de incrementar la flexibilidad del instrumento endodóntico y permitir al instrumento doblarse más fácilmente. La figura 7A muestra un instrumento 702 que incluye hélices que tienen cortes transversales. La figura 7B muestra una sección transversal 704 (es decir la sección transversal B-B) del instrumento 702. La figura 7C muestra las diferentes geometrías de ejemplo que puede tener un corte transversal. Los cortes transversales pueden incluir bordes cortantes, por ejemplo, el borde cortante 706, que consecuentemente suministra un dispositivo de corte más eficiente. La figura 7E muestra una sección transversal 708 (es decir la sección transversal A-A) del instrumento 702.

40 Diseños de red que tienen estrías en forma de S, ángulos de inclinación positivos, y ninguna parte plana radial o tierras radiales reducidas.

La figura 8A muestra un instrumento 802, que es un ejemplo de instrumento endodóntico que tiene una estría en forma de S que es una aproximación a los ángulos de inclinación positivos, y ninguna parte plana radial o tierras radiales reducidas. El instrumento 802 incluye cuatro hélices 804, 806, 808, y 810 y cuatro ranuras 812, 814, 816 y 818. La figura 8B muestra una sección transversal 820 (es decir, la sección transversal A-A) del instrumento 802. El diseño de red mostrado exhibe una forma similar a cuadrilátero. La figura 8B muestra las secciones transversales 822, 824, 826 y 828 de las ranuras. Las estrías tienen forma de S, lo que suministra masa que puede reforzar los bordes de corte del instrumento.

Los bordes de corte (mostrado como cuatro arcos delimitados por los puntos 830, 832, 834 y 836) pueden tener ángulos de inclinación positivos reducidos, que hacen los bordes de corte menos propensos a la ruptura que los bordes de corte con ángulos de corte largos. En la presente especificación, el ángulo de corte de un borde de corte que se forma mediante una ranura se puede definir como el ángulo entre (i) una tangente de la estría de la ranura en el borde de corte y (ii) un radio que se extiende radialmente hacia afuera desde el centro de la sección transversal del instrumento. Por ejemplo, el borde de corte en el punto 836 que se forma por la ranura 822 exhibe un ángulo de corte  $2_1$  definido por la tangente 840 y el radio 842. La tangente 840 puede estar matemáticamente representada como una derivada de un lado, tomado del punto 836, de una función que representa la estría 844. Alternativamente, existen otras maneras de definir el ángulo de corte. Por ejemplo, el ángulo de corte se puede definir como el ángulo  $2_2$  entre la tangente descrita 840 y la tangente 846 de una circunferencia 848 del instrumento en el punto 836. Bajo la definición alternativa, el ángulo de corte  $2_2$  se dice que es neutro o cero cuando el ángulo es de  $90^\circ$ , positivo cuando es mayor de  $90^\circ$ , y negativo cuando es menor de  $90^\circ$ .

Una estría en forma de S también remueve la parte plana radial usualmente presente en los instrumentos endodónticos convencionales, el área achurada transversalmente 850 representa una parte plana radial hipotética. Como se puede ver, la parte plana radial, si está presente, rasparía contra la superficie que es cortada y crea arrastre innecesario a la largo de las superficies de trabajo de instrumento y lo hace ineficiente y los predispone a la ruptura.

El instrumento endodóntico descrito se puede fabricar de blancos de metal cilíndrico preformados de níquel titanio. Alternativamente, el instrumento se puede fabricar de otros blancos y otros materiales.

El extremo de vástago del instrumento anteriormente puede incluir un anexo tipo pasador adecuado para acoplamiento, usualmente desacoplamiento, a un mandril impulsado por motor, el anexo tipo pasador también puede ser adecuado para acoplar a una manija si el instrumento va a ser utilizado manualmente. La puerta del instrumento puede ser lisa aunque manteniendo la conicidad, bisel y forma en sección transversal del instrumento.

Lo siguiente describe una implementación. La punta de la implementación termina en una forma piramidal o parabólica y tiene al menos 0,05 mm de diámetro y 1-3 mm de longitud. La longitud de corte (no incluyendo la punta) la implementación es de 8-16 mm de largo. En general, la longitud de corte debe ser de al menos 12 mm de largo. Los bordes de cortes de la implementación se crean al incluir 1 a 6 ranuras. Alternativamente, la implementación puede incluir ranuras adicionales. Las ranuras usualmente inician en una primera porción cerca al extremo de vástago del instrumento y terminan en una segunda posición cerca al extremo de punta del instrumento. La primera posición se refiere al diámetro de ranura máximo (o MxFD) y la segunda posición se refiere a un diámetro de ranura mínimo (o MnFC). Las ranuras son cóncavas y son sustancialmente iguales una a la otra. Las ranuras tienen una forma y profundidad que permanece constante a lo largo de la longitud del eje. Alternativamente, la forma y/o profundidad pueden variar a lo largo de la longitud del eje. Estas ranuras son esparcidas a lo largo de la circunferencia de la superficie de corte. El espaciamiento puede ser de intervalos uniformes o intervalos irregulares. Esto es, la formación de hélice o espirales que progresan desde el extremo de vástago a la punta del instrumento se puede espaciar a intervalos regulares o a intervalos crecientemente más estrechos. En el último caso, se puede incluir un mayor número de espirales por unidad de longitud a lo largo del eje longitudinal de la implementación. Cada ranura forma un ángulo inclinado neutro ligeramente positivo. Las ranuras giran en espiral alrededor del eje del instrumento, completando  $360^\circ$  de rotación para un mínimo de 1 mm, y un máximo de 6mm de longitud axial de la superficie de corte.

Superficies de trabajo variables con modificaciones de ranura y/o bordes de corte atenuados.

Las superficies de corte o los bordes de ataque de los instrumentos endodónticos convencionales se han elaborado con bordes de corte activos o filosos a lo largo de la longitud completa de la superficie de trabajo. Esta configuración puede predisponer el instrumento a grandes cantidades de torque que conducen a una fatiga o ruptura prematura. Uno puede mitigar el problema al variar el diseño y la longitud de la superficie de trabajo. En la medida en que el instrumento se incrementa en diámetro, la longitud de la superficie de trabajo, o el número de ranuras de corte (es decir el número de ranuras que forman los bordes de corte) por unidad de longitud a lo largo del eje longitudinal del instrumento, se pueden reducir. Aunque, esta configuración no mitiga la cantidad de torque que el instrumento engendra en la medida en que el tamaño del instrumento se incrementa, eliminar las ranuras también elimina la

capacidad del instrumento a continuar arrastrando desechos en forma de corona. Como resultado, el instrumento se taponará fácilmente creando un arrastre innecesario sobre el instrumento.

Un instrumento endodóntico de acuerdo con la invención retiene las ranuras a lo largo de la longitud completa de la superficie de trabajo para mantener la acción de arrastre. El borde de ataque de la superficie de trabajo, sin embargo, se modifica de tal manera que solo una porción de la superficie de trabajo corta. Esta modificación es efectuada al hacer roma o enrollar el borde de las ranuras tanto en los extremos de punta como de vástago del instrumento, dejando la porción central de la superficie de corte activa. Los bordes de enrollado evitarán que el instrumento se sobre alargue o rasgue el foramen del ECS distantemente y mitigue el arrastre y la fatiga prematura de manera próxima. Las figuras 9A 9B muestran un instrumento de ejemplo que incluye una porción de trabajo reducida. La figura 9A muestra el instrumento 902. La figura 9B muestra la porción de trabajo 914 del instrumento 902. La figura 9C muestra una porción de punta de no corte 906 del instrumento 902. La figura 9D muestra una porción de extremo de vástago de corte 908 del instrumento 902. Las figuras 9E 9H muestran una implementación en la cual el instrumento 902 está biselado desde el vástago a la punta.

Los instrumentos endodónticos se pueden suministrar en conjuntos. Un conjunto usualmente incluye instrumentos de diferentes diámetros. Al preparar un ECS, un endodoncista usualmente inicia el proceso de preparación utilizando el instrumento que tiene el diámetro más pequeño. En la medida en la que ECS se agranda, el endodoncista usualmente cambia a instrumentos de diámetros progresivamente más largos. Las características de bordes enrollados descrita anteriormente puede variar de un instrumento a otro en un conjunto de instrumentos, con la superficie activa disminuyendo en longitud progresivamente en la medida en que el diámetro del instrumento se incrementa. Esta característica la permitiría al instrumento continuar arrastrando desechos en forma de corona, pero mitiga el torque al que el instrumento está sujeto cuando corta.

Conjunto de célula crítica de los instrumentos endodónticos

Un conjunto de instrumentos endodónticos, cuyos instrumentos pueden tener la misma longitud pero diferentes diámetros, se puede suministrar para uso en serie para alargar progresivamente el ECS 102 de un diente (figura 1A) y crear el espacio en forma de cono continuo 109 (previamente mostrado en la figura 1B y mostrado también en la figura 10A). En particular, el instrumento con el diámetro más pequeño es utilizado primero para agrandar el ECS 102 a una cierta extensión. Luego, el instrumento con el siguiente diámetro más grande se utiliza para alargar adicionalmente ECS. Este proceso continúa hasta que el instrumento que tiene el diámetro más grande se utiliza para completar la creación del espacio 109. Alargar progresivamente el ECS como se describió anteriormente puede usualmente someter el diente y los instrumentos endodónticos a tensión que es significativamente menor que la tensión que se ejercería si solamente se utilizara un instrumento para crear el espacio 109.

El nivel de tensión al cual el instrumento endodóntico es sometido se puede relacionar con la cantidad de material que el instrumento remueve. En vista de lo anterior, el número de instrumentos endodónticos suministrados en el conjunto así como también su tamaño se puede determinar de tal manera que cada instrumento del conjunto es sometido a un mismo nivel o similar de tensión durante su uso para remover su cantidad de material dental. La determinación se puede basar en un modelo de conjunto crítico que se explicará en los siguientes párrafos.

La porción indicada del espacio 109 (figura 10A), que generalmente inicia en el punto en el ECS (referido adelante como el punto de inicio de la curva) donde la preparación de la línea recta ya no es práctica o posible y finaliza en el foramen de la ECS se puede modelar como el objeto geométrico 1002 mostrado en la figura 10B. El objeto 1002 representa la porción curvada de los ECS idealmente preparados.

El objeto 1002 se puede incrementar a lo largo de su longitud, la cual es típicamente de 12 milímetros, en doce secciones de un milímetro. Como se puede ver, las secciones transversales que así incrementan en espacio 109 son círculos que se denota como 50, 51, ..., 62, donde la sección transversal 50 está en la punta se la sección transversal 62 está en la culata del espacio 109.

Nótese que el eje (no mostrado) de cada instrumento endodóntico del conjunto puede ser incrementado de manera similar por las secciones transversales denotadas,  $D_1, D_2, \dots, D_{12}$ , cada uno de los cuales pueden corresponder a una sección transversal respectiva del espacio 109.  $D_6$ , por ejemplo, corresponde a la sección transversal 56.

La sección transversal 56 representa la porción del ECS que tiene mayor curvatura, usualmente denominada como fulcro. El fulcro usualmente ocurre en o cerca al punto medio entre el foramen y la curva entre el punto de la curva anteriormente descrito de la ECS y, adicionalmente, es generalmente el punto donde los instrumentos endodónticos son más vulnerables a falla, incluyendo por ejemplo, ruptura catastrófica.

- 5 El conjunto de instrumentos endodónticos se puede configurar para reducir la probabilidad de falla en o cerca de la sección transversal  $D_6$  de sus ejes. En particular, el conjunto se puede configurar de tal manera que la cantidad total de material dental a ser removido alrededor de la sección transversal 56 es homogéneamente distribuido dentro los instrumentos del conjunto. Un conjunto de instrumentos así configurado se denominará como el conjunto de celda crítica.
- 10 La figura 10C muestra la sección transversal 56, que incluye siete círculos, es decir, dos círculos 1003 1009. Los círculos pueden definir 10 anulos de igual área. Los círculos 1003 1009 tienen, respectivamente, diámetros  $D_0$ - $D_6$  y radios  $R_0$ - $R_6$ . Nótese que el círculo 1003 y 1009 corresponden, respectivamente, a los perímetros de la sección transversal 50 y la sección transversal 56. Cada ánulo se puede definir por su círculo externo e interno y, adicionalmente, puede representar la cantidad de material dental que un instrumento suele remover. Los
- 15 instrumentos pueden ser de un tamaño tal que sus secciones transversales en  $D_6$  correspondan a los círculos 1004 - 1009. Esto es, el instrumento  $n$ ésimo no va a tener un diámetro de sección transversal  $D_6$  de  $d_n$ . El primer instrumento, por ejemplo, va a tener un diámetro de sección transversal  $D_6$  de  $d_1$ .

Como se puede ver de la figura 10E, el anulo tiene un círculo externo y un círculo interno. El área del ángulo se puede calcular al tomar la diferencia entre el área del círculo externo y el área del círculo interno. Todo que ECS va a ser agrandado secuencialmente desde 0.20 a 0.70 mm en  $D_6$  (y 0.20 a 1,12 mm en  $D_{12}$ ), el área del anulo definido por los círculos 1003 y 1009, que como se discutió puede representar la cantidad total de material a ser removido en o alrededor de  $D_6$ , se puede calcular como

$$A_{\text{círculo externo}} - A_{\text{círculo interno}} = \pi (.35)^2 - \pi (.1)^2$$

$$A_{\text{del anulo en } D_6} = \pi (.1225) - \pi (.01)$$

$$25 \quad A_{\text{del anulo en } D_6} = \pi (.1125)$$

Para un conjunto de seis instrumentos, la cantidad de material distribuido a cada instrumento para remoción se puede representar al dividir el área total anteriormente calculada por seis. Cada instrumento tendría entonces un incremento en el área de sección transversal en  $D_6$  de un sexto del área calculada anteriormente (es decir, el área del anulo definida por los círculos 1003 y 1009 en  $D_6$ ), que se calcula como;

$$30 \quad (A_{\text{del anulo en } D_6})/6$$

$$= [\pi (.1125)]/6$$

$$= \pi 0.01875$$

En general, una fórmula para determinar el radio  $D_6$  el  $n$ ésimo instrumento se puede definir como

$$\begin{aligned} \pi r_n^2 &= \pi (r_{n-1})^2 + \pi 0.01875 \\ r_n^2 &= (r_{n-1})^2 + 0.01875 \\ r_n &= [(r_{n-1})^2 + 0.01875]^{1/2} \end{aligned} \quad [1]$$

5 Donde n representa la posición secuencial del instrumento en la secuencia de instrumentos en el conjunto, estando la secuencia basada en el tamaño. El primer instrumento en el conjunto, por ejemplo, es usualmente el instrumento de tamaño más pequeño y es aquel del conjunto que se utiliza primero para preparar el ECS. Así, n es un entero que es al menos 1. Adicionalmente, r<sub>n</sub> es el radio de la sección transversal D<sub>6</sub> del enésimo instrumento, excepto para r<sub>0</sub>, que es el radio de círculo 1003 (es decir el diámetro del ECS preparados en D<sub>6</sub>) mostrado en la figura 10. Alternativamente, la fórmula se puede definir como

$$\begin{aligned} \pi r_n^2 &= \pi (r_0)^2 + n(\pi 0.01875) \\ r_n^2 &= (r_0)^2 + n(0.01875) \\ r_n &= [(r_0)^2 + n(0.01875)]^{1/2} \quad (2) \end{aligned}$$

10 Adicionalmente, el radio de la sección transversal D<sub>6</sub> del instrumento más pequeño del conjunto, es decir, el instrumento número 1, que corresponde al radio de la sección transversal ECS que resulta después del primer instrumento que se utiliza, para preparar el ECS es

$$r_1^2 = r_0^2 + 0.01875$$

$$r_1^2 = (0.1)^2 + 0.01875$$

$$r_1^2 = 0.010 + 0.01875$$

$$r_1^2 = 0.0388$$

$$r_1 = 0.1696$$

Así, el diámetro de la sección transversal D<sub>6</sub> del primer instrumento es

$$d_1 = 0.339\text{mm}$$

15 Utilizando la fórmula (1) o Fórmula (2) se pueden derivar los valores de d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>, d<sub>5</sub>, y d<sub>6</sub> en D<sub>6</sub>. La Tabla 1 muestra los diámetros en sección transversal derivados, d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>, d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>, d<sub>5</sub>, y d<sub>6</sub>, que ocurren en D<sub>0</sub>, D<sub>6</sub>, y D<sub>12</sub>. Los porcentajes que aparecen como exponente por ejemplo aquellos listados en la fila D<sub>6</sub>, representan cada uno el incremento porcentual en el área de sección transversal del diámetro previo o instrumento. El promedio de estos cambios de d<sub>1</sub>-d<sub>6</sub> a D<sub>6</sub> es 24%. El promedio de los cambios de d<sub>1</sub>-d<sub>5</sub> en D<sub>6</sub> es 29%.

Tabla 1

	d <sub>0</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>	d <sub>6</sub>
D0	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
D6	0.20	0.339 <sup>70%</sup>	0.436 <sup>28%</sup>	0.515 <sup>15%</sup>	0.583 <sup>13%</sup>	0.644 <sup>10%</sup>	0.700 <sup>8%</sup>
D12	0.20	0.522	0.712	0.86	0.986	1.098	1.2

20

La Tabla 2 muestra los diámetros de sección transversal del conjunto de instrumentos que es similar al conjunto crítico. El incremento promedio del diámetro es 29%, lo cual, notablemente, se logra mediante la progresión logarítmica y no la progresión lineal del conjunto convencional, como es el caso de los conjuntos convencionales de instrumentos.

Tabla 2

	15/05	20/06	24/07	27/08	29/09	30/10
D1	15	20	24	27	29	30
D2	20	26	31	35	38	40
D3	25	32	38	43	47	50
D4	30	38	45	51	56	60
D5	35	44	52	59	65	70
D6	40 <sup>100%</sup>	50 <sup>25%</sup>	59 <sup>18%</sup>	67 <sup>13%</sup>	74 <sup>10%</sup>	80 <sup>8%</sup>
<b>Conjunto Crítico D6</b>	<b>.339<sup>70%</sup></b>	<b>.436<sup>28%</sup></b>	<b>.515<sup>15%</sup></b>	<b>.583<sup>13%</sup></b>	<b>.644<sup>10%</sup></b>	<b>.7000<sup>8%</sup></b>
D7	45	56	66	75	81	90
D8	50	62	73	83	90	100
D9	55	68	80	91	99	110
D10	60	74	87	99	108	120
D11	65	80	94	107	117	130
D12	70	86	101	115	126	140

5 La tabla 3 muestra los diámetros en sección transversal de otro conjunto de instrumentos que es similar al conjunto crítico. El cambio porcentual en el diámetro en sección transversal de D6 de este conjunto es también 29%. Nótese, sin embargo, que existe un incremento sustancial en el diámetro de los instrumento desde d5 a d6, lo cual se puede considerar seguro, porque la rigidez del instrumento evita cualquier flexión significativa eliminando la fatiga y la ruptura.

Tabla 3

	15/04	20/05	24/06	27/07	30/08	35/10
D1	15	20	24	27	30	35
D2	19	25	30	34	38	45
D3	23	30	36	41	46	55
D4	27	35	42	48	54	65
D5	31	40	48	55	62	75
D6	35 <sup>75%</sup>	45 <sup>28%</sup>	54 <sup>20%</sup>	62 <sup>15%</sup>	70 <sup>13%</sup>	85 <sup>21%</sup>
<b>Conjunto Crítico D6</b>	<b>.339<sup>70%</sup></b>	<b>.436<sup>28%</sup></b>	<b>.515<sup>15%</sup></b>	<b>.583<sup>13%</sup></b>	<b>.644<sup>10%</sup></b>	<b>.7000<sup>8%</sup></b>

10 La tabla 4 muestra diámetros en sección transversal de aún otro conjunto de instrumentos que es similar al conjunto crítico. Estos instrumentos corresponden muy cercanamente al conjunto crítico en D6. El incremento promedio del diámetro 60 a pesar de D6 desde el primero al quinto instrumento es 29%, es idéntico al conjunto crítico. El instrumento con el diámetro más pequeño el 15/04 también se puede descontar o reservar de un conjunto crítico, porque es extremadamente flexible e intrínsecamente seguro.

15 Opcionalmente, donde un conjunto incluye uno o más instrumentos que tienen diámetros en sección transversal que varía a lo largo del eje, como es el caso de los instrumentos representados en las fallas incluidas en esta especificación, uno puede enrollar los bordes de corte de las porciones de un instrumento que tiene el mismo diámetro como otro instrumento del conjunto. Haciéndolo así se puede reducir la resistencia a la cual el instrumento

está sometido y hacer el instrumento menos predispuesto a falla. Las tablas, las celdas sombreadas indican que las porciones listadas en las celdas pueden tener bordes enrollados.

	15/04	20/05	23/06	25/07	27/08	30/10
D1	15	20	23	25	27	30
D2	19	25	29	<del>32</del>	35	40
D3	23	30	35	39	43	50
D4	27	35	41	46	51	60
D5	31	40	47	53	59	70
D6	35 <sup>75%</sup>	45 <sup>29%</sup>	53 <sup>18%</sup>	60 <sup>13%</sup>	67 <sup>12%</sup>	80 <sup>19%</sup>
<b>D6 Crítico</b>	<b>.339<sup>70%</sup></b>	<b>.436<sup>28%</sup></b>	<b>.515<sup>15%</sup></b>	<b>.583<sup>13%</sup></b>	<b>.644<sup>10%</sup></b>	<b>.7000<sup>8%</sup></b>
D7	39	50	59	67	75	90
D8	43	55	66	<del>74</del>	<del>83</del>	100
D9	47	60	<del>72</del>	81	91	110
D10	51	<del>65</del>	78	88	99	120
D11	55	<del>70</del>	84	95	107	130
D12	59	<del>75</del>	90	102	115	140

Tabla 4

- 5 La tabla 5 muestra los diámetros de la sección transversal de aún otro conjunto de instrumentos que es similar al conjunto crítico. Estos instrumentos desvían ligeramente el conjunto crítico; sin embargo, estos semejan tamaños de punta y husos que son similares a la mayoría de los practicantes.

Tabla 5

	15/04	20/05	25/06	30/07	35/08	40/10
D1	15	20	25	34	36	40
D2	19	25	31	41	44	50
D3	23	30	37	48	52	60
D4	27	35	43	55	60	70
D5	31	40	49	62	68	80
<b>D6</b>	<b>35<sup>75%</sup></b>	<b>45<sup>28%</sup></b>	<b>55<sup>22%</sup></b>	<b>69<sup>25%</sup></b>	<b>76<sup>11%</sup></b>	<b>90<sup>18%</sup></b>
	15/04	20/05	25/06	30/07	35/08	40/10
<b>Conjunto Crítico D6</b>	<b>.339<sup>70%</sup></b>	<b>.436<sup>28%</sup></b>	<b>.515<sup>15%</sup></b>	<b>.583<sup>13%</sup></b>	<b>.644<sup>10%</sup></b>	<b>.7000<sup>8%</sup></b>

- 10 Estos cálculos y los conjuntos de instrumentos que se han propuesto son de nuevo, funciones de la fórmula para el área de un círculo. También se pueden hacer cálculos similares utilizando fórmulas para las circunferencias de un círculo o el área de superficie de un tronco. Además, se puede hacer también cálculos utilizando el promedio de las áreas de superficie de todos los diámetros de intersección de la celda crítica, sus circunferencias, las áreas de superficie de los troncos o las proporciones o combinaciones de las mismas.
- 15 Una alternativa, por ejemplo, se puede implementar de tal manera que la distribución anteriormente descrita del material dental a ser removido se puede calcular no solamente para la sección transversal D<sub>6</sub>, sino para cualquier

combinación de las secciones transversal  $D_1$ - $D_6$ , o aún para cualquier sección transversal o cada una de las secciones transversales a lo largo de eje del eje.

5 Las diferencias anteriormente descritas en las áreas en sección transversal de  $D_6$  de los instrumentos, por ejemplo, la diferencia en las áreas en sección transversal de  $D_6$  de los primeros y segundos instrumentos y las diferencias de las áreas de sección transversal de  $D_6$  de los segundos y terceros instrumentos, no necesitan ser exactamente iguales. Las diferencias en las áreas pueden ser sustancialmente iguales, por ejemplo, una diferencia que no es más de dos veces la otra diferencia.

10 Las secciones transversales utilizadas en el modelo anteriormente descrito no necesitan de sus secciones transversales de  $D_6$  sino que pueden ser secciones transversales sustancialmente iguales que la sección transversal de  $D_6$ . Las secciones transversales dentro de los cinco milímetros de la sección transversal de  $D_6$ , por ejemplo, se pueden utilizar en el modelo.

15 Como otra alternativa, el conjunto crítico se puede definir con base en el cálculo del área de contacto efectiva de cada instrumento endodóntico en un conjunto de instrumentos endodónticos. El área de contacto efectiva es el área de superficie expuesta de una forma similar a cono, la cual, para un instrumento endodóntico, se define como se mostró en las figuras 11A y 11B. El instrumento endodóntico de ejemplo 1102 mostrado incluye una porción 1104, que como se discutió anteriormente, es la porción del instrumento que incluye los bordes de corte, por ejemplo, el borde de corte 1106. La porción de trabajo incluye secciones transversales, cada una definiendo un círculo en el cual se puede inscribir la correspondiente sección transversal. El círculo que tiene el diámetro mayor se define usualmente por la sección transversal más larga, que usualmente ocurre cerca al extremo próximo de la porción de trabajo (es decir el extremo que está más cercano al vástago y más alejado de la punta del instrumento endodóntico). El círculo que tiene el diámetro más pequeño es usualmente definido por la sección transversal más pequeña, que usualmente ocurre en o cerca del extremo distante de la porción de trabajo (es decir el extremo que está más cercano a la punta). En la mayoría de los casos, los círculos descritos más grande y más pequeño son la base 1108 y la parte superior 1110, respectivamente, de una forma similar a cono 1112. La base 1108 tiene un primer diámetro y la parte superior 1110 tiene un segundo diámetro que usualmente más pequeño que el primer diámetro. La distancia a lo largo del eje longitudinal 1114 y el instrumento endodóntico define la altura 1116 de la forma similar a cono 1112. Esta forma similar a cono 1112 tiene un área de superficie expuesta denominada tronco, y excluye el área de superficie de la base 1108 y la parte superior 1110. El área de superficie expuesta se puede definir matemática como, por ejemplo, al integrar los círculos descritos a lo largo de la altura de la forma similar a cono.

20 Cuando un conjunto crítico se basa en el área de contacto efectiva descrita (es decir el área de superficie descrita de la forma similar a cono), el instrumento endodóntico en un conjunto crítico de instrumentos endodónticos puede tener un tamaño tal que el incremento del área de contacto efectiva de un instrumento endodóntico al siguiente instrumento endodóntico de mayor tamaño sea sustancialmente la misma. Las figuras 11C y 11D muestran seis ejemplos de forma similares a cono de un conjunto de instrumentos endodónticos críticos de ejemplo. El cambio del área de superficie entre cualquiera de las formas adyacentes es sustancialmente constante. En los casos donde el instrumento endodóntico incluye una porción de trabajo que corre a la punta del instrumento, la forma similar a cono es un cono.

25 Alternativamente, se puede definir un conjunto crítico de manera diferente de las formas descritas anteriormente. El criterio que se debe satisfacer es que cada instrumento endodóntico en un conjunto sea sometido a sustancialmente el mismo nivel de tensión por torsión. Distribuir la tensión por torsión como se describió reduce la ruptura.

30 La distribución de la tensión por torsión se puede afinar al cambiar la porción de trabajo de un instrumento, como se describió anteriormente. Reducida la porción de trabajo del instrumento de abanicado, por ejemplo, se puede reducir el nivel de tensión por torsión al cual está sometido en instrumento durante su uso. La figura 12 muestra una implementación de un conjunto de instrumentos endodónticos donde la porción de trabajo varía de instrumento a Instrumento de tal manera que los instrumentos son sometidos a sustancialmente el mismo nivel de tensión durante su uso. (Las líneas punteadas delimitan las porciones de trabajo).

Un conjunto crítico puede incluir más o menos de seis instrumentos. El número de instrumentos depende de la cantidad de material dental a ser removido, con más instrumentos siendo necesarios para remover más material dental. El número de instrumentos, sin embargo, no debe ser tan numeroso para impedir la preparación ECS al requerir al practicante cambiar frecuentemente los instrumentos.

- 5 Conjunto de celda crítica que incluye una combinación de instrumentos de hélice reversada e instrumentos de hélice no reversada

Como se discutió anteriormente, utilizar un instrumento de hélice reversada puede reducir el riesgo de que el instrumento se una al diente que está siendo trabajado. Tal instrumento puede ser así extremadamente útil durante la remoción inicial de la dentina (una fase de alargamiento preliminar del ECP), cuando el riesgo de la unión puede ser mayor. Sin embargo, durante etapas posteriores de la ECP, la capacidad de arrastre del instrumento de hélice reversada se puede reducir en la medida en que los pedazos de dentina se acumulan en las ranuras del instrumento. La acumulación puede evitar que el instrumento hélice reversa corte en el diente que está siendo trabajado a la longitud de trabajo completa del instrumento. Más aún, el instrumento de hélice reversado puede incluir ranuras que tengan ángulos de hélice empinados (y consecuentemente una gran pendiente) y/o ranuras profundas. Cuando este incluye estas características, el instrumento de hélice reversadora puede dejar un área de superficie irregular sobre las paredes del canal que requieran planeación adicional.

En una implementación, un conjunto de instrumentos de celda crítica, por ejemplo, el conjunto listado en la tabla 3 anterior, incluye una combinación de instrumentos que tienen hélices e instrumentos reversados que no requieren hélices reversadas. El primero, tercero y quinto instrumentos (es decir los tamaños 15/4, 24/06 y 30/08) del conjunto tienen cada uno hélices reversadas. El segundo, cuarto y sexto instrumentos (es decir los tamaños 20/05, 27/07 y 35/10) del conjunto no tiene cada uno hélices reversadas. Un utilizaría así, una forma alternativa, un instrumento de hélice reversada y un instrumento de hélice no reversada durante una etapa de preparación desde D<sub>1</sub> a D<sub>6</sub>. En un sentido, el instrumento de hélice reversada se puede utilizar como un escariador tosco y el instrumento de hélice reversada siguiente al instrumento de hélice reversada en el conjunto se utilizaría como un escariador de acabado.

En razón a que la acumulación descrita no ocurre con los instrumentos sin las hélices reversadas, ellos se pueden utilizar durante etapas posteriores de la ECP para suministrar el arrastre necesario. Adicionalmente, los instrumentos de hélice reversada de un conjunto pueden incluir características típicas de un escariador de acabado, por ejemplo, que tiene cualquier combinación de (i) tres o cuatro bordes de ataque, (ii) ángulos de hélice inferiores y pendiente de ranura más corta, (iii) ranuras menos profundas, (iv) menos relieve (parabólico) o ángulos de relieve inferiores detrás de los bordes de ataque, (v) un ángulo de inclinación neutro o negativo. Los instrumentos de un conjunto de instrumentos de hélice reversada y de hélice no reversada, pueden tener tierras reducidas o no radiales, que pueden predisponer el instrumento a arrastre, desgaste prematuro y/o ruptura.

Como se discutió anteriormente, la producción del espacio del canal de raíz de D<sub>1</sub> a D<sub>6</sub>, especialmente D<sub>6</sub>, es una crítica o no segura del espacio de canal de raíz. Esta es el área que es más estrecha, y la más curvada y está asociada con el número mayor de fallas o fracturas de instrumentos. En algunas implementaciones, los tamaños de punto y los biseles de los instrumentos en un conjunto, de D<sub>1</sub> a D<sub>6</sub>, se pueden fabricar de tal manera que los instrumentos y las hélices reversas tengan cada uno un tamaño de punta ligeramente más pequeño y un ahusamiento ligeramente mayor que el que tiene el instrumento de hélice reversado precedente. Tales tamaños de punta y ahusamientos le permiten a los instrumentos de hélice no reversar de un conjunto de redireccionar la porción aplicable del espacio de canal de raíz preparado por el instrumento de hélice reversada precedente y capturar cualquier desecho que puede permanecer, mitigando la oportunidad de obstrucciones apicales o bloqueo. De D<sub>7</sub> a D<sub>12</sub>, la zona segura del sistema de canal de raíz, el ahusamiento de los instrumentos en un conjunto se puede fabricar de tal manera que el diámetro en cada instrumento del conjunto se incremente progresivamente.

La tabla 6 muestra una implementación del tamaño de punta anteriormente descrito y la configuración de ahusamiento. Nótese que se han incluido ocho instrumentos, cuatro instrumentos de hélice reversada del diseño de celda crítica con una hélice a mano izquierda y corte a mano derecha, (R/R) y cuatro instrumentos de hélice no reversada con corte a mano derecha y hélice a mano derecha (R/R). Nótese también que las últimas dos columnas representan dos secuencias diferentes con R/R. Estos instrumentos tienen diámetros significativamente grandes en razón a que la ruptura en general no es una preocupación.

Tabla 6

	16/04 (L/R)	15/05 R/R	18/06 L/R	17/07 R/R	20/08 L/R	19/09 R/R	22/10 L/R	21/12 R/R	<b>Alternativo</b> 24/10 R/R
D1	16	15	18	17	20	19	22	21	24
D2	20	20	24	24	28	28	32	33	34
D3	24	24	30	31	36	37	42	45	44
D4	28	29	36	38	44	47	52	57	54
D5	32	34	42	45	52	56	62	69	64
D6	36	39	48	52	60	65	72	81	74
<b>D6CIS</b>	<b>.3397<sup>0%</sup>*</b>			<b>.515<sup>16%</sup></b>				<b>.7000<sup>8%</sup></b>	
D7	40	44	54	59	68	74	82	93	84
D8	44	49	60	66	76	83	92	105	94
D9	48	54	66	73	84	92	102	117	104
D10	52	59	72	80	92	101	112	129	124
D11	56	64	78	87	100	110	122	141	134
D12	60	69	84	94	108	119	132	143	144

Opcionalmente, los instrumentos de hélice no reversada de un conjunto pueden incluir todas las características de un escariador de acabado ideal, por ejemplo, (i) múltiples bordes de ataque con ángulos de inclinación neutros o negativo (sin partes planas radiales), (ii) ángulos de hélice inferiores (o superiores) y pendientes de ranura más cortas (o más largas), y (iii) ranuras poco profundas. Tales instrumentos de hélice no reversada permanecerán en general seguras cuando se utilicen en conjunto con los instrumentos de hélice reversada de un conjunto. Como se discutió anteriormente, puede haber justificación para utilizar un instrumento de hélice no reversada que es de un diámetro significativamente mayor que el instrumento de hélice reversada que precede inmediatamente el conjunto. Tal uso se puede limitar dependiendo de la celeridad de la curvatura del canal que está siendo preparado.

Opcionalmente, los instrumentos de hélice reversada del conjunto pueden tener ranuras que hacen espirales insignificantes y sustancialmente rectas. Tal como con la configuración de hélice reversada, el diseño de hélice recto tampoco se dobla.

Erguido

Tal como se aplica a una lima o escariador endodóntico, el fenómeno de “erguido” es visto como una onda mecánica transversal, que se puede modificar, y es comparable con la onda transversal que se puede producir a lo largo de una cuerda o de una tensionada. Si una ata el extremo suelto de una cuerda larga a un punto estacionario, tensa la cuerda horizontalmente, y entonces le da al extremo que está siendo soportado un movimiento transversal hacia atrás y hacia adelante, es decir, suministra una fuerza de excitación,  $F_e$ , el resultado es un pulso de onda que viaja a lo largo de la longitud de la cuerda. La observación muestra que el pulso viaja con una velocidad definida, manteniendo su forma en la medida en que este viaja, y que los segmentos individuales que hacen la cuerda moverse hacia atrás y hacia adelante en una dirección perpendicular a la posición de equilibrio de la cuerda. En física, este principio se puede expresar matemáticamente mediante la Fórmula que es igual a  $y = f(x,t)$ . Aquí, la posición de equilibrio se selecciona a lo largo del eje x (que corresponde a la cuerda tensionada), y el desplazamiento transversal de cualquier punto alejado de esta posición (es decir el desplazamiento máximo de la cuerda, o amplitud). Así, y es una función tanto de x (la posición no desplazada del punto) y el tiempo t. Esto se denomina función de onda.

En cualquier tiempo t, si uno toma una fotografía de la forma instantánea de la cuerda, observamos que llevaría sinusoidalmente con x.

Este mismo sistema puede funcionar en tres dimensiones por medio de una fuerza de excitación que se aplica a lo largo tanto de los ejes y como z, aquí, en cualquier tiempo t, si uno toma una fotografía de una forma instantánea de la cuerda, encontraremos que y y z varía sinusoidalmente con x. De nuevo. Utilizando la cuerda tensionada como un ejemplo, se observa que la cuerda produce una espiral u onda helicoidal. De manera interesante, si uno aplica una

fuerza lateral  $F_1$  en alguna parte a lo largo del eje x como una fuerza de excitación,  $F_e$ , se aplica el mismo fenómeno observado; mientras que, la porción de la cuerda distante a la fuerza lateral también formará un espiral.

5 Al preparar un espacio de cavidad endodóntico, ECS, a lo largo de la celda crítica, CP, con un instrumento rotatorio flexible, se puede configurar un sistema similar. El instrumento es doblado en una posición algo fija en un extremo, por el codo o curvatura mayor del canal, y en el otro extremo por la cabeza de la pieza de mano en la medida en que esta está rotando. La observación de un instrumento endodóntico con una sección transversal cuadrada, o doblamente simétrica que rebota en el ECS, parece tener poco, si es que tiene alguna, desviación del eje de rotación. Un instrumento con una sección transversal simplemente simétrica (trapezoidal o triangular), actúa como una cuerda con una fuerza de excitación o fuerzas aplicadas a lo largo de los ejes y y z, o una fuerza de extracción a lo largo del eje y y una fuerza lateral aplicada en alguna parte a lo largo de su longitud. La fuerza lateral, o momento, en este caso, es el resultado que se produce al relocalizar el centro de masa del instrumento alejado del eje x.

La mayoría de las matemáticas para la teoría de la onda helicoidal se enfoca en los campos de hidrodinámica, acústica y electromagnético. Afortunadamente, la física newtoniana suministra una plétora de leyes y principios, que se puede aplicar a este fenómeno.

15 Si uno considera la relación entre el torque  $\lambda$  y la aceleración angular  $\alpha$  de un masa puntual  $m$ , uno puede entender mejor la naturaleza física del erguido. En relación a la figura 13, la masa  $m$  que se mueve en un círculo de radio  $r$  actúa mediante una fuerza tangencial  $F_t$ .

Utilizando la segunda ley de Newton para relacionar  $F_t$  con la aceleración tangencial  $a_t=r\alpha$  donde  $\alpha$  es la aceleración angular.

$$F_t = ma_t = mr\alpha.$$

20

El hecho de que el torque cerca del centro de rotación debido a  $F_t$  es  $\lambda=F_t r$ , uno llega a

$$\lambda = mr^2\alpha.$$

Para un cuerpo rígido rotatorio hecho de una conexión de masas  $m_1, m_2, \dots, m_j$  el torque total cerca al eje de rotación es

$$\lambda = \sum \lambda_i = \sum (m_i r_i^2) \alpha.$$

25

La segunda ecuación puede considerar la aceleración angular de todos los puntos en un cuerpo rígido como el mismo, de tal manera que este pueda ser tomado por fuera de la sumatoria. Así, si un torque constante  $\lambda_1$ , tal como se aplica en una pieza de mano dental controlada por torque fuera aplicada a una masa  $m_i$  la aceleración de  $m_i$  se incrementaría o disminuiría exponencialmente en la medida en la que el radio  $r$  y  $m_i$  cambia. El torque, como las ondas a lo largo de la cuerda tensionada, se debe definir alrededor de un conjunto particular de ejes. Además considerando el momento de inercia,  $I$ , de un cuerpo rígido con masa  $m_i$  da una medida de la cantidad de resistencia que tiene el cuerpo a cambiar su estado de movimiento de rotación. Matemáticamente, el momento de inercia es

30

$$I = \sum m_i r_i^2$$

La expresión del torque es

$$\lambda = I \alpha.$$

35

Este es el análogo rotacional de la segunda ley de Newton. Aplicando este principio del centro de masa o al centroide se produce el cuerpo rígido.

$$F_{total} = m \alpha_{cm}$$

En donde  $\alpha_{cm}$  es la aceleración del centro de masa.

5 El momento de inercia, como el torque se deben definir alrededor de un conjunto particular de ejes. Es diferente para diferentes elecciones de ejes. La elección de ejes es arbitraria, y se puede seleccionar de tal manera que se adecue mejor a la aplicación particular, y su geometría respectiva.

Los objetos extendidos se pueden considerar como una colección muy grande de masas muy pequeñas pegadas a las cuales la definición del momento de inercia dado anteriormente se puede aplicar.

10 Como el torque, el momento de inercia depende de cómo se distribuye la masa alrededor del eje. Para una masa total dada, el momento de inercia es mayor si más masa es alejada del eje que si la misma masa se distribuye más cerca del eje.

Si uno considera que ocurre cuando un número de masas  $m_1, m_2, \dots, m_i$ , o  $m_i$  se distribuyen a lo largo de una línea, la medida de la tendencia de la masa  $m_i$  ha rotar alrededor de un punto una distancia  $x$  se denomina el momento del cuerpo alrededor de punto. Este momento se mide mediante la cantidad  $m_i x$ , y toma en cuenta que la tendencia es mayor cuando la masa o la distancia al centro de rotación es mayor.

15 Con más de  $i=2$  masas ( $m_1, m_2, \dots, m_i$ ) puestos en las posiciones  $x_1, x_2, \dots, x_i$  respectivamente a lo largo de una línea de coordenada, el momento  $M$  del sistema de masas es solo la suma de los momentos individuales  $m_1 x_1 + m_2 x_2 + \dots + m_n x_n$ . Cuando  $M=0$ , el sistema no rotará alrededor del punto en el origen, y por lo tanto está en equilibrio.

20 Así, cuando el centro de masa del sistema corresponde al eje o rotación, el sistema está en equilibrio y el instrumento gira homogéneamente alrededor del eje. Cuando el centro de masa o el centroide o el sistema está a una distancia del centro de rotación, similar a un instrumento endodóntico de una sección transversal química simétrica, el sistema está fuera de equilibrio y tenderá a erguirse.

25 Otra interpretación del momento de inercia es la capacidad de la sección transversal de un sistema a resistir el doblamiento. En un espacio, bidimensional, esto se puede considerar en referencia a los ejes  $x$  y  $y$ . El segundo momento del área se puede describir en términos más simples cómo

$$I_x = \sum A y^2$$

Para una tajada delgada o sección transversal de un sistema con un grosor y densidad uniforme, también denominado una lámina, la ubicación del centroide a lo largo del eje  $y$  se podría expresar como  $y = \sqrt{I_x/A}$ .

30 Un instrumento endodóntico ideal con sección transversal única simétrica tendría un centro de masa o centroide con coordenadas geométricas, que le permiten al instrumento cortar las paredes internas o externas a lo largo de la celda crítica del ECS homogéneamente. Este centroide tendría una aceleración angular  $\alpha_{cm}$  mayor que  $\alpha_{ar}$  o la aceleración angular en el eje geométrico o rotación con el torque  $\lambda_x$  suministrado por la pieza de mano dental. Regresando a la fórmula para torque

$$\lambda = m r^2 \alpha$$

35 Con un torque constante  $\lambda$ , la aceleración  $\alpha_{cm}$  se incrementa con respecto a  $\alpha_{ar}$ , en la medida en que  $r_{cm}$  se desvía del eje de rotación. Los sistemas de masa puntuales son sistemas matemáticos, que pueden describir mejor este efecto en dos o tres dimensiones.

Un sistema de masa puntuales  $m_1, m_2, \dots, m_i$  localizado en el espacio bidimensional tiene un momento con respecto a cualquier línea  $L$  en el plano; se define por ser la suma  $M_L = m_1 d_1 + m_2 d_2 + \dots + m_n d_n$ , donde el  $d_i$  es la distancia (directa) desde las masas  $m_i$  a la línea  $L$ . En particular, si las masas están localizadas en los puntos con las coordenadas  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ , entonces el momento del sistema alrededor del eje  $y$  es  $M_y = \sum m_i x_i$  donde el momento alrededor del eje  $x$  es  $M_x = \sum m_i y_i$ .

5 Como resultado, las fórmulas  $X = M_y/m, Y = M_x/m$  da las coordenadas de un punto  $(x, y)$  alrededor de las cuales el sistema está en equilibrio tanto en las direcciones  $x$  como  $y$ . Este punto es el centro de masa del sistema bidimensional y la distribución de las masas se balanceará sobre el plano en este punto.

Ahora, si en lugar de un sistema discreto de masas, consideramos una lámina plana que se extiende a través de una región  $r$  en el plano, de tal manera que en cada punto  $(x, y)$ , el  $r$  existe en una densidad de masa variable  $\rho(x, y)$ , medida en unidades de masa por unidad de área, entonces la masa total de la lámina es dada por la integral doble.

$$m = \iint_r \rho(x, y) dA$$

El momento  $M_y$  de la lámina con respecto al eje  $y$  es entonces  $\int_R x \rho(x, y) dA$  de  $A$  y similarmente  $M_x = \int_R y \rho(x, y) dA$ . Adicionalmente, las mismas fórmulas utilizadas anteriormente le permiten a uno encontrar el centro de masa  $(x, y)$  de la lámina.

15 Si la lámina tiene una densidad uniforme, esto es, si  $\rho(x, y) = \rho$  es constante, entonces el computo del centro de masas se simplifica a

$$\begin{aligned} (X, Y) &= \left( \frac{\iint_r x \rho(x, y) dA}{\iint_r \rho(x, y) dA}, \frac{\iint_r y \rho(x, y) dA}{\iint_r \rho(x, y) dA} \right) \\ &= \left( \frac{\iint_r x dA}{\iint_r dA}, \frac{\iint_r y dA}{\iint_r dA} \right) \end{aligned}$$

20 Así, el centro de masa depende en este caso solo de la forma de la lámina y no de su densidad. Por esta razón, a menudo referimos al centro de masa de una lámina de densidad de masa constante como el centroide de la región  $r$  que define su forma.

En el espacio tridimensional, uno puede medir momentos de sólidos alrededor de los planos. Por ejemplo,

$M_{xy} = \int_S z \rho(x, y, z) dV$  es el momento del sólido  $S$  alrededor del plano  $xy$ , y el centro de masa  $(X, Y, Z)$  de  $S$  satisface las ecuaciones

$$X = M_{yz} / m, \quad Y = M_{xz} / m, \quad Z = M_{xy} / m,$$

25 
$$m = \iiint_S \rho(x, y, z) dV$$

Que son la masa total de  $S$

30 De la misma manera que  $m x$  mide el momento de una masa puntual  $m$  una distancia  $x$  desde un punto, línea, o plano en el espacio 1, 2, o 3, el segundo momento o momento de inercia  $m x^2$  mide la resistencia del cuerpo de rotación alrededor del punto, línea o plano. En el caso continuo, esto lleva a las fórmulas

$$I_x = \iint_A x^2 \rho(x, y) dA, \quad I_y = \iint_A y^2 \rho(x, y) dA$$

Para los momentos de inercia de la lámina en el espacio 2 alrededor de los ejes de coordenadas. Porque

$$I_x + I_y = \iint_A x^2 \rho(x, y) dA + \iint_A y^2 \rho(x, y) dA = \iint_A r^2 \rho(x, y) dA$$

- 5  $I_0 = I_x + I_y$  es el momento de inercia de la lámina alrededor del origen. Esto aplica a la mecánica de placas delgadas que giran alrededor de un punto del mismo plano en que ellas descansan. Los momentos de inercia se extienden naturalmente a un espacio 3D.

- 10 En el campo de la ingeniería mecánica llamada dinámica de cuerpos rígidos, es útil dibujar cuerpos libres y diagramas simétricos de una sección transversal del cuerpo. Consideran el instrumento rotatorio esquemático (es decir el área de sección transversal constante a lo largo de su longitud) con una sección transversal trapezoidal simplemente simétrica como se muestra en las figuras 14 y 15. En este caso la convención para elección del eje es orientar el eje de rotación del instrumento a lo largo del eje x.

En relación a la figura 14, un eje de ejemplo con una sección transversal trapezoidal tiene un eje centroide que se extiende a través de C, que es paralela al eje de rotación o al eje x. Así, el cuerpo libre y los diagramas simétricos son como se muestra en las figuras 15A y 15B respectivamente.

$$\sum M_o = F_t r_t - W d_c = N k_f r_f - m g d_c = I_o \alpha$$

$$\sum F_n = m a_n = m d_c \omega^2$$

15  $\sum F_t = m a_t = m r a_c$

En donde

$\omega$  = velocidad angular de rotación

N = fuerza normal ejercida sobre el instrumento por el material de raíz

$k_f$  = coeficiente de fricción del material.

20  $F_f = \text{Fuerza de fricción} = N k_f$

C = centroide de la sección transversal, o centro de masa.

O = Centro de rotación del eje longitudinal, o centro geométrico.

$d_c$  = distancia desde el centro de rotación al centroide

a = aceleración angular de la sección transversal.

25  $a_r$  = aceleración relativa del centro de masa del instrumento.

$a_c$  = aceleración centrípeta del centro de masa del instrumento

$g$  = aceleración debido a la gravedad = 32.2 ft/s<sup>2</sup>

$W$  = peso de la sección transversal =  $mg$

$r_f$  = distancia del eje de rotación al punto de aplicación de  $F_f$ .

5 De esta manera la ecuación de momento y la forma del vector de la segunda ley de Newton de movimiento generalizada se puede escribir:

$$\sum F = ma_r$$

$$\sum M_o = Ia$$

10 Cuando se observan las dinámicas rotacionales de cuerpo rígido en una configuración de laboratorio, los ingenieros pueden utilizar el conjunto completo de ecuaciones dinámicas discutidas anteriormente para predecir el movimiento del cuerpo. Los ingenieros deben a su disposición al menos tantas ecuaciones dinámicas como desconocidos, con el fin de resolver las resultantes deseadas que pertenecen al cuerpo particular en movimiento. Luego de esta línea de pensamiento el ingeniero puede aplicar relaciones geométricas conocidas desde un sistema dinámico particular para derivar ecuaciones adicionales, que se podrían utilizar para resolver los resultados deseados.

Así el radio de giro  $k_g$  de una masa alrededor de un eje para el cual el movimiento de inercia es  $I$  se define mediante la ecuación

15 
$$k_g = (I/m)^{1/2}$$

20 Así  $k_g$  es una medida de la distribución de masa de un cuerpo dado alrededor del eje en cuestión y su definición es análoga a la definición del radio de giro para los momentos de inercia del área. Si toda la masa se pudiera concentrar en una distancia  $k_g$  del eje en momento correcto de inercia sería  $k_g^2 m$ . El momento de inercia de un cuerpo cerca de un eje particular se indica frecuentemente al especificar la masa del cuerpo y el radio del giro de cuerpo alrededor de un eje. El momento de inercia es luego calculado utilizando la ecuación

$$I = k_g^2 m$$

25 Adicionalmente, si el momento de inercia de un cuerpo es conocido alrededor de un eje centroide este se puede determinar alrededor de cualquier eje paralelo. Para probar este punto coinciden los dos ejes paralelos mostrados en la figura 14, hasta C y el eje x (eje de rotación). La distancia radial desde los dos ejes y cualquier elemento de masa  $dm$  son  $r_o$  y  $r_i$ , y de las figuras 15A, 15B, la separación del eje es  $d_c$ . Así, si uno aplica una ecuación de momento directamente alrededor del eje de rotación  $x_o$

$$\sum M_o = I_o a$$

Del diagrama simétrico uno puede obtener sumatoria  $m_o$  muy fácilmente al evaluar el momento de la resultante alrededor de  $o$ , la cual se convierte en

30 
$$\sum M_o = I_o a + mar$$

Esta relación se denomina a menudo como la transferencia de eje.

Los componentes de aceleración del centro de masa para el movimiento circular son más fácilmente expresados en coordenadas tangenciales normales

$$a_n = r\omega^2 \text{ and } a_t = r\alpha,$$

5 Que son componentes de dos escalares de la ecuación de fuerza  $\Sigma F=ma_r$ , como se muestra en las figuras 16A, 16B, 16C. Al aplicar la ecuación de momento alrededor del centro de masa C es esencial con el momento de fuerza alrededor del eje rotacional. Por lo tanto al aplicar la transferencia de la relación del eje para los momentos de masa de inercia  $I_o=I_r+m^2r$  nos da

$$\Sigma M_o = (I_o - mr_r^2)a + mr_r^2 a = I_o a.$$

10 Así uno puede combinar la fuerza resultante  $ma_r$  y la pareja resultante  $I_r a$  al mover el componente tangencial  $ma_t$  a una posición paralela hasta el punto Q, como se muestra en la figura 16D. El punto Q se localiza mediante

$$mr_r a_q = I_r a + mr_r a (r_r)$$

15 Y al utilizar la transferencia del teorema del eje I e  $I_o=k_o^2m$  da  $q=k_o^2/z$ . El punto Q es denominado el centro de preclusión y tiene la propiedad única de que la resultante de todas las fuerzas aplicadas al cuerpo deben pasar a través de este. Se sigue que la suma de momentos de todas las fuerzas alrededor del centro de preclusión es siempre cero

$$\Sigma M_Q = 0$$

Este principio puede tener uso práctico cuando se analiza el caso del instrumento endodóntico porque este le da al ingeniero unas ecuaciones más para utilizar cuando se resuelven los desconocidos después de medir ciertas características de su movimiento en el laboratorio.

20 El erguimiento de un instrumento endodóntico se puede aproximar al hacer ciertas presunciones y al aplicar las fórmulas de tensión y el alargamiento para el doblamiento de las vigas derivadas en el campo de la ingeniería mecánica denominada mecánica de materiales. El caso más general de un sistema de fuerzas es aquel en el cual las fuerzas no son ni concurrentes ni paralelas. Tal sistema siempre se puede reemplazar por una fuerza resultante única que actúa en un punto arbitrario de la pareja resultante, o el momento de doblamiento. Sigue que al resolver  
25 las fuerzas que actúan sobre el instrumento en cualquier instante al utilizar las ecuaciones dinámicas descritas anteriormente, se puede obtener la fuerza lateral resultante p y la pareja resultante m que actúa sobre el centroide de una sección transversal arbitraria.

30 En este caso, asumir que las cargas laterales actúan sobre un plano de simetría. En razón a que el eje y es el plano de simetría para el instrumento con la sección transversal trapezoidal simétrica o sencillamente simétrica mostrada en la figura 14, este es un eje principal. Si el material es linealmente elástico, entonces el eje neutro pasa a través del centroide c. Así entonces el eje y y z son ejes principales centroidales de la sección transversal. Bajo estas condiciones las tensiones de doblamiento normales que actúan sobre la sección transversal varían linealmente con la distancia desde el eje neutro y se calculan de la fórmula de flexión,  $\sigma = My/I$ , por la cual

$\sigma$ = tensión = P/A

35 P= carga lateral que actúa sobre la sección transversal

A= área de la sección transversal

Para entender mejor este principio, considere el cuerpo trapezoidal mostrado en la figura 14. Si en una configuración de laboratorio se toma una fotografía fija de un instrumento que tiene esta simetría en cualquier instante, se puede observar una flexión finita del segmento. Si uno considera que un extremo es relativamente fijo por la pieza de mano dental, entonces las características geométricas de la deflexión se pueden medir. En este caso el instrumento se flexionará en forma similar, a lo que lo haría una viga voladiza sometida a una carga lateral que actúa transversalmente al eje longitudinal.

Aquí cabe notar que la mayoría de la literatura publicada a cerca del objeto de la mecánica de materiales se describió para sistemas estructurales, pero la misma teoría aplica para análisis de tensión de cualquier objeto.

La carga P que actúa o la distancia L del extremo fijo creará acciones internas o resultantes de tensión en la forma de fuerzas de corte y momentos de doblamiento. Adicionalmente, después de la carga, el eje es doblado en una curva que es conocida como la curva de deflexión de la viga.

Para propósitos de referencia, se construye un sistema de ejes de coordenadas con su origen en el soporte. El eje x positivo está dirigido a lo largo del eje longitudinal (es decir a través de la página de izquierda a derecha) y el eje y es positivo hacia abajo. El eje z está dirigido hacia adentro (esto es, alejado del lector y hacia la página) de tal manera que los ejes forman un sistema de coordenadas a mano derecha.

Las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la mayoría de las herramientas dentales tales como un instrumento rotatorio flexible se determinan mediante pruebas de laboratorio efectuadas sobre especímenes pequeños de material. Después de efectuar una prueba de tensión o compresión del material las varias magnitudes de la carga, se puede preparar un diagrama de tensión versus alargamiento. Tal diagrama se muestra en la figura 17.

La mayoría de los materiales estructurales tienen una región inicial en el diagrama de tensión alargamiento en el cual el material se comporta tanto elástica como linealmente. La región es importante en ingeniería porque se diseñan muchas máquinas para funcionar a bajos niveles de tensión con el fin de evitar la deformación permanente del rendimiento. La elasticidad lineal es una propiedad de muchos materiales sólidos tal como aleaciones de metal como es el caso con el níquel titanio desde el cual se construyen muchos instrumentos endodónticos flexibles.

La relación lineal entre tensión y estiramiento se puede expresar mediante la ecuación

$$\sigma = E\varepsilon$$

En la cual  $\varepsilon$  es el alargamiento y E es una constante de proporcionalidad conocida como el módulo de elasticidad. El módulo de elasticidad es la pendiente del diagrama de tensión alargamiento en la región linealmente elástica y su valor depende del material que esté siendo utilizado. Esta relación es conocida como ley de Hooke, nombrada por el famoso científico inglés Robert Hooke (1635-1703). Hooke midió el tensionamiento de alambres largos que soportan pesos y observó que las elongaciones eran linealmente proporcionales a las respectivas cargas aplicadas por cada peso.

Para obtener las ecuaciones generales de la curva de flexión para una viga prismática (es decir área de sección transversal constante a lo largo de la longitud de la viga), considere la viga voladiza mostrada en la figura 18A. Uno puede colocar el origen de las coordenadas en el extremo fijo. Así, el eje x de la viga es dirigido positivo a la derecha y el eje y está dirigido positivo hacia abajo. Aquí, asumir que el plano xy es el plano de simetría y todas las cargas actúan en este plano. Se sigue que el plano xy es el plano de doblamiento. La deflexión de la viga en cualquier punto  $m_1$  a la distancia  $x_1$  del origen es la traslación, o desplazamiento de ese punto en la dirección y, medida del eje x a la curva de deflexión. Cuando v se expresa como una función de x tenemos la ecuación de la curva.

El ángulo de rotación del eje de la viga en cualquier punto  $m_1$  es el ángulo de entre el eje x y la tangente de la curva de deflexión. El ángulo es positivo cuando gira en sentido de las manecillas del reloj, siempre y cuando los ejes x y y tengan las direcciones seleccionadas.

5 Ahora considere un segundo punto  $m_2$  a la distancia  $ds$  adicionalmente a lo largo de la curva de deflexión a la distancia  $x+dx$  desde el origen. La deflexión en este punto es  $v+dv$ , donde  $dv$  es el incremento en la deflexión en la medida en que nos movemos desde los puntos  $m_1$  a  $m_2$ . También, el ángulo de rotación en  $m_2$  es  $\theta+d\theta$ , donde  $d\theta$  es el incremento del ángulo de rotación. En los puntos  $m_1$  y  $m_2$ , podemos construir líneas normales a las tangentes a la curva de deflexión. La intersección de estas normales localiza el centro de rotación  $\rho$ . Desde la figura 18 vemos que  $\rho d\theta = dx$ . Entonces, la curva  $k$  (igual al recíproco del radio de curvatura) se da mediante la siguiente ecuación

$$k = 1/\rho = d\theta/ds$$

La convención de signo seleccionada para la curvatura es que el ángulo  $\theta$  se incrementa en la medida en que nos movemos a lo largo de la viga en la dirección positiva  $x$ .

10 La pendiente de la curva de flexión es la primera derivada  $dv/dx$ , como lo sabemos del cálculo. De la ecuación anterior vemos que la pendiente es igual a la tangente del ángulo de rotación  $\theta$ , porque  $x$  es decimalmente pequeño, entonces

$$dv/dx = \tan \theta \approx \theta = \arctan (dv/dx)$$

15 Estas relaciones están basadas en consideraciones geométricas; así ellas aplican a una viga de cualquier material.

La mayoría de las vigas sufren solo rotaciones pequeñas, o torsión cuando ellas se cargan, de esta manera sus curvas de deflexión son muy planas con curvaturas extremadamente pequeñas. Bajo estas condiciones, el ángulo  $\theta$  es una cantidad muy pequeña, así nosotros podemos hacer algunas aproximaciones que simplifican nuestro trabajo. Las relaciones se mantienen verdaderas para el instrumento rotatorio flexible porque mientras la curva de deflexión es helicoidal debido a la rotación del centro de masa alrededor del centro de rotación, los instrumentos endodónticos son construidos con un material de tal rigidez, comparado con el material de raíz, que no existe doblamiento dentro de la cavidad de la raíz. De esta manera la torsión alrededor del eje de rotación, o del eje  $x$ , es muy pequeña.

20 Como se puede ver de la figura 18B

$$ds = dx/\cos\theta$$

25 Y en razón a que  $\cos\theta \cong 1$ , cuando  $\theta$  es pequeño obtenemos

$$ds \cong dx$$

Por lo tanto, la curvatura se vuelve

$$k = 1/\rho = d\theta/dx$$

30 Así para fuerzas de torsión pequeñas en la viga, el ángulo de rotación y la pendiente son iguales. Al tomar la derivada de  $\theta$  con respecto a  $x$ , encontramos

$$k = 1/\rho = d\theta/dx = d^2v/dx^2$$

Esta fórmula relaciona una curvatura  $k$  con la deflexión de la viga, y es válida para una viga de cualquier material. Si el material es linealmente elástico, y sigue la ley de Hook, la curvatura es

$$k = 1/\rho = -M/EI$$

En la cual M es el momento de doblamiento, y EI es la rigidez a la flexión de la viga, por lo tanto

$$d\theta/dx = d^2v/dx^2 = -M/EI$$

5 La cual es una ecuación diferente de la curva de deflexión de una viga. Esta ecuación se puede integrar en cada caso encontrar en cada caso particular para encontrar el ángulo de rotación  $\theta$  o la deflexión  $v$ . Por ejemplo, al diferenciar la ecuación anterior con respecto  $x$  y luego sustituir las ecuaciones  $q=-dV/dx$  y  $V=dM/dx$  obtenemos

$$d^3v/dx^3 = -V/EI$$

$$d^4v/dx^4 = q/EI$$

Donde  $V$  es la fuerza de corte y  $q$  es la intensidad de la carga distribuida. De esta realización y utilizando la notación original, podemos expresar las diferentes ecuaciones dadas anteriormente en la siguiente forma

$$10 \quad EIV'' = -M, \quad EIV''' = -V \quad \text{y} \quad EIV'''' = q$$

De la derivación en estas ecuaciones uno puede ver que ellas son válidas solamente cuando los materiales siguen la ley de Hook, y cuando las pendientes de la curva de deflexión son muy pequeñas. También cabe notar que las ecuaciones se derivaron considerando las deflexiones debido al puro doblamiento en sí y sin considerar las deformaciones de corte. Estas limitaciones son satisfactorias para la mayoría de los propósitos prácticos. Se sabe del cálculo que las deflexiones se pueden obtener al integrar la fuerza de corte y las ecuaciones de carga, así como también al integrar la ecuación para el momento de doblamiento, con la elección dependiendo de la preferencia personal del diseñador. Nótese también que la deflexión del instrumento endodóntico rotario sería comparable a la amplitud de la onda helicoidal, que forma la curva de deflexión. Esta declaración es importante porque sugiere unos medios directos para diseñar instrumentos rotatorios con magnitudes variantes de amplitud, permitiéndonos así "hacer a la medida" los instrumentos para ajustar a un ancho particular de la cavidad de la raíz.

Las diferentes ecuaciones de la curva de deflexión de la viga descrita anteriormente son ecuaciones lineales, esto es, todos los términos que contienen la deflexión y sus derivadas se elevan a la primera potencia. Para las vigas, ellas se pueden aplicar al instrumento dental de la misma manera. Por lo tanto, las soluciones de las ecuaciones para varias condiciones de carga se pueden superponer. Así, las deflexiones originadas por varias diferentes cargas que actúan simultáneamente sobre el instrumento se pueden encontrar al superponer las deflexiones originadas por las cargas que actúan separadamente. Este método para encontrar la deflexión se conoce como el principal de la superposición.

Por ejemplo, si  $v_1$  representa la deflexión debido a una pareja y el momento resultante  $m_1$  y  $v_2$  representa la deflexión causada por la fuerza de fricción  $F_f$ , entonces la deflexión total causada por  $m_1$  y  $f_1$  es  $v_1+v_2$ .

30 Los métodos descritos anteriormente para calcular las deflexiones de instrumento prismático se pueden también utilizar para encontrar las deflexiones de un instrumento no prismático. Para un instrumento biselado de simetría variable o de sección transversal con simetría única, la teoría del doblamiento descrita previamente para el instrumento prismático da resultados satisfactorios siempre y cuando el ángulo de inclinación sea pequeño.

35 El uso de la ecuación diferencial para encontrar la deflexión es práctico solamente si el número de ecuaciones a ser resueltas, se limita a una o dos, y solamente si las integraciones se efectúan fácilmente. En el caso de un instrumento biselado, sin embargo, puede ser difícil (o aún imposible) resolver matemáticamente la ecuación diferencial. La razón es que la expresión al momento de inercia y como una función de la longitud  $x$  es a menudo complicada y produce una ecuación diferencial con un coeficiente variable en lugar de coeficientes constantes. Para

el instrumento biselado, por lo tanto, el momento de inercia es variable a lo largo de su longitud y las deflexiones no se pueden encontrar mediante análisis matemático exacto.

5 Como una aproximación cercana, sin embargo, se puede obtener que se predeciría la deflexión del instrumento originado por las fuerzas implicadas luego de que está al utilizar el principal de la superimposición, y al considerar un "modelo" del instrumento actual hecho de secciones prismáticas, con cada sección consecutiva teniendo un área transversal prismática más pequeña. La deflexión total del instrumento biselado actual, entonces, se podría aproximar al superponer las deflexiones en cada sección individual del modelo, por medio de la cual el área de sección transversal de cada sección prismática del modelo se asemeja a las áreas en sección transversal del instrumento actual a lo largo de su longitud.

10 Regresando a la discusión de las tensiones y flexión de doblamiento normales, el instrumento endodóntico rotatorio descrito anteriormente podría experimentar doblamiento alrededor de ambos ejes principales de la sección transversal. De esta manera necesitamos establecer una convención de signo consistente para tales momentos. Un segmento del instrumento sometido a los momentos de doblamiento  $m_x$  y  $m_y$  actúa sobre la sección transversal arbitrariamente seleccionada como se muestra en la figura 19.

15 Estos momentos representan vectorialmente mediante flechas de cabeza que se toman como positivas en la dirección positiva y en el eje x y z. Cuando se utiliza la representación vectorial si la regla de la mano derecha da el sentido del movimiento (que es la dirección de la rotación del momento). Nótese que en los momentos de doblamiento  $m_y$  y  $m_z$  actúan sobre la cara x positiva de la lámina. Si los momentos de doblamiento actúan sobre la cara x negativa de la lámina entonces sus vectores están en la dirección negativa del eje y y x.

20 El caso más simple de doblamiento asimétrico surge cuando la viga doblemente simétrica se somete a cargas que actúan en direcciones que se deslizan los ejes de simetría. Si la sección transversal de una viga es asimétrica, el análisis para doblamiento se vuelve más complicado. Aquí, el caso de una viga al doblarse se describe con facilidad de exposición de procedimientos que se pueden aplicar al caso de un instrumento endodóntico de rotación. Asumiendo que la viga que tiene la sección transversal mostrada adelante se somete a un momento de doblamiento.  
25 Considere dos ejes perpendiculares y y z en el plano de la sección transversal. La tarea es determinar que condiciones deben cumplir con el fin de que estos ejes sean ejes neutros para doblar bajo la acción del momento m, como se mostró en las figuras 20A, 20B, 20C, 20D.

30 Es razonable asumir que la viga se dobla de tal manera que el eje z es el eje neutro. Entonces el plano xy es el plano de doblar, y la viga se deflecta en ese plano. La curvatura de la viga doblada es positiva o negativa de acuerdo con el signo matemático de convención escogido. Así, la tensión normal que actúa sobre un elemento de área a una distancia y del eje neutro es

$$\sigma = -k_y E y$$

35 El signo menos se necesita porque la curvatura positiva significa que la parte de la viga por debajo del eje neutro está en compresión. La fuerza del elemento de área es  $\sigma dA$ , y la fuerza resultante es la integral elemental tomada sobre el área de sección transversal completa, en razón a que nosotros estamos considerando el puro doblamiento, la fuerza resultante debe ser cero, así,

$$\int \sigma_x dA = -k_y E \int y dA = 0$$

40 Esta ecuación muestra que el eje neutro (el eje z) puede pasar a través del centroide c de la sección transversal. Como alternativa, podríamos asumir que el eje y fuera del eje neutro, en cuyo caso el eje xz es el plano de doblamiento.

Consideremos ahora el momento resultante de la tensión  $\sigma_x$  y asumamos que el doblamiento tiene lugar alrededor del eje z como el eje neutro, en cuyo caso la tensión  $\sigma_x$  se obtiene de la ecuación anterior. Entonces las tensiones de doblamiento alrededor de los ejes x y z son

$$M_z = -\int \sigma_x y dA = -k_z E \int y^2 dA = -k_z E I_z$$

$$M_y = -\int \sigma_x z dA = -k_z E \int y z dA = -k_z E I_{yz}$$

5 En la cual  $I_{yz}$  es el producto de inercia del área de sección transversal con respecto a los ejes x y z. De estas ecuaciones, se pueden extraer ciertas conclusiones. Si el eje z se selecciona en la dirección arbitraria a través del centroide, será el eje neutro solamente si existen los momentos  $M_y$  y  $M_z$  actuando alrededor tanto de los ejes y como z y solamente si los momentos están en la proporción establecida. Mediante la ecuación anterior, sin embargo, si el eje z es el eje principal, entonces  $I_{yz}=0$  y el único momento que actúa es  $M_z$ . En ese evento, nosotros tenemos doblamiento en el plano xz con el momento  $M_z$  actuando en el mismo plano. En otras palabras, el doblamiento tiene lugar de la misma manera que para la viga simétrica. Se pueden sacar conclusiones similares bajo la presunción de que el eje y es el eje neutro.

10 Así, se puede extraer la siguiente conclusión importante. Cuando una viga asimétrica está en puro doblamiento, el plano del momento de doblamiento es perpendicular al eje neutro solo si los ejes y y z son los ejes centroidales principales de la sección transversal. Entonces, si actúa un momento de doblamiento en uno de los planos principales, este plano será el plano de doblamiento (perpendicular al plano de doblamiento) y la teoría de doblamiento usual es válida.

15 La conclusión presente sugiere un método directo para analizar una viga asimétrica sometida a cualquier momento de doblamiento M. Uno puede iniciar al localizar los ejes centroidales principales y y z. Luego el acople aplicado M se resuelve en los componentes  $M_y$  y  $M_z$ , asumiendo que es positiva las direcciones mostradas en las figuras 20A, 20B, 20C, 20D. Estos componentes son  $M_y =$

$$M \sin \theta \quad M_z = M \cos \theta$$

20 Donde  $\theta$  es el ángulo entre el vector M y el eje z. Cada uno de estos componentes actúa en un plano principal y produce puro doblamiento en ese mismo plano. Así, aplican las fórmulas de tensión y deflexión usuales para el doblamiento puro. La tensión y las deflexiones obtenidas de  $M_y$  y  $M_z$  que actúan separadamente se pueden superponer para obtener las correspondientes cantidades debido al momento de doblamiento original M. Por ejemplo, la tensión de doblamiento resultante en cualquier punto A de la sección transversal es

$$25 \quad \sigma_x = M_y z / I_y - M_z y / I_z$$

O

$$\sigma_x = (M \sin \theta) z / I_y - (M \sin \theta) y / I_z$$

En la cual y y z son las coordenadas del punto A. La ecuación del eje neutro nn se obtiene al establecer  $\sigma_x$  igual a cero

$$30 \quad \sin \theta (z / I_y) - \sin \theta (y / I_z) = 0$$

El ángulo  $\beta$  entre esta línea y el eje z se obtiene como sigue

$$\tan \beta = y / z = I_y / I_z \tan \theta$$

Esta ecuación muestra que en general los ángulos  $\theta$  y  $\beta$  no son iguales, de esta manera el eje neutro no es perpendicular al plano en el cual se aplica en el cual el acople aplicado  $M$  actúa.

5 La deflexión producida por los acoples de doblamiento  $M_y$  y  $M_z$  se pueden obtener de las Fórmulas de deflexión usuales. Estas deflexiones tienen lugar en los planos principales y se puede superponer para obtener las deflexiones resultantes, que descansan en el plano que es normal al eje neutro  $n_n$ .

10 Los discusiones precedentes presentan un arsenal de herramientas analíticas que se podrían utilizar para producir el desempeño dinámico de un instrumento endodóntico rotatorio sin importar su geometría en la sección transversal. Estos mismos principios se pueden utilizar para producir el erguimiento, o doblamiento y las deflexiones resultantes, que ocurrirán cuando el centro de masa del instrumento esté descentrado del eje de rotación. Al aplicar estos procedimientos, el diseñador podría hacer a la medida del instrumento para cortar en áreas clínicamente difíciles de alcanzar del canal. Tal ejemplo de un procedimiento es como sigue.

1. Conceptualizar un instrumento con una geometría de sección transversal que tenga un centro descentrado de masa. La geometría en consideración debe ser simplemente simétrica.
- 15 2. arrastrar el cuerpo libre de los diagramas simétricos de la sección transversal, o la lámina, teniendo en consideración el momento y las fuerzas de flexión, que aplican a la geometría particular.
3. Resolver las fuerzas que actúan sobre la lámina en una fuerza resultante única y un acople resultante.
4. Determinar la tensión y los momentos de doblamiento de la sección que resulta de las fuerzas aplicadas.
5. Desarrollar un "modelo" prismático del instrumento, que semeje las dimensiones geométricas del instrumento biselado actual.
- 20 6. Calcular la curva de deflexión para cada sección del modelo accionado por las fuerzas implicadas.
7. Escribir las ecuaciones diferenciales, que aplican a la curva de deflexión particular en consideración.
8. Integrar la ecuación diferencial a lo largo de la longitud de cada sección para calcular su deflexión. Note que esto se puede hacer para las ecuaciones de corte y fuerza, así como también para las ecuaciones de momento de doblamiento, dependiendo de la preferencia personal del diseñador.
- 25 9. Superponer las deflexiones para cada sección, para obtener una aproximación cercana de la deflexión del instrumento actual.
10. Repetir el procedimiento para varias secciones transversales hasta que se obtenga la deflexión deseada (por ejemplo deflectar dentro de los confines de un ancho particular de la cavidad de raíz).

#### Erguimiento equilateral

30 Los instrumentos fabricados de materiales flexibles que son suficientemente asimétricos (cuando se ven en una sección transversal) se pueden erguir, particularmente en sus extremos de punta. Algunos de estos instrumentos incluyen ranuras que son variables en profundidad y/o separación no homogéneamente (es decir para una sección transversal dada), los ángulos entre las ranuras no son iguales. Tales instrumentos mantienen la misma geometría de sección transversal a lo largo del eje de rotación, y en espaciamiento entre las ranuras, así, no cambia a lo largo  
35 del eje de rotación (aunque las ranuras no sean homogéneas). Las ranuras, en tal caso, se describe en la presente especificación como siendo paralelas.

Aunque un instrumento configurado como se describió anteriormente se puede erguir, el erguido es típicamente no es homogéneo alrededor del eje de rotación. Esto es, la extensión a la cual el instrumento oscila desde del eje de rotación es diferente para diferentes ángulos de rotación. En esencia, el aislamiento del instrumento no es simétrico  
40 alrededor del eje de rotación.

Un instrumento endodóntico flexible se puede diseñar para erguido de tal manera que su oscilación sea simétrica o aproximadamente simétrica alrededor del eje de rotación. Esto es, el erguido es equilateral o aproximadamente equilateral. El erguido debe tener al menos la misma distancia desde el eje de rotación y los sitios biangulares que tengan una separación de 180°. En algunas implementaciones, el erguido equilateral es un resultado de un cuerpo superflexible que tenga al menos una porción con un centro de masa localizado alejado del eje del cuerpo de rotación que está unido al extremo de punto mientras gira. Esto es, cuando el instrumento está dentro del ECS y se hace rotar, el instrumento forma ondas helicoidales dentro del canal. El número de ondas puede variar con base en la configuración del instrumento, formando 0, 5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 o más sondas sinusoidales dentro del canal.

- 5
- 10 Cuando un instrumento capaz de erguirse es retado dentro del ECS, las funciones del instrumento que se yerguen contactan una pared del ECS a la vez. Por el contrario, en instrumentos rotatorios convencionales, el instrumento se utiliza de tal manera que las paredes del ECS se limpian simultáneamente. Mientras que los instrumentos descritos aquí se describe como siendo capaces de erguirse equilateralmente, se debe entender que los instrumentos pretenden intentar el erguido equilateralmente. Así, los instrumentos pueden tener porciones que se aproximan al erguido equilateral y pueden no lograr un erguido equilateral perfecto bajo cualquiera o todas las condiciones.
- 15

El erguido equilateral se puede causar por un número de diferentes configuraciones de instrumento. En algunas implementaciones, el instrumento, cuando se ve en la sección transversal, inicia en el extremo de vástago como simétrico de sección transversal y gradualmente se vuelve asimétrico en la medida en que progresa hacia el extremo de punta. La porción A simétrica se erguirá durante el uso. En razón a que un instrumento NiTi es flexible y puede cambiar la fase de la martensita a la austenita cuando están bajo presión, la porción simétrica del instrumento también puede iniciar en erguido. Los instrumentos tomados de otros materiales también pueden inducir erguido en porciones no asimétricas durante rotación. En otras implementaciones, el instrumento, cuando se ve en la sección transversal, comienza en el extremo de vástago como transversalmente simétrico, pero se vuelve asimétrico y toma una nueva geometría en la medida en que esta se mueve al extremo de punta. Por ejemplo, el instrumento puede tener una sección transversal cuadrada en el extremo de vástago y una sección transversal triangular en el extremo de punta. El cambio en simetría o geometría ocurre en un área que translapa una superficie de corte.

20

25

En otras implementaciones, el instrumento tiene un eje de rotación o centroide "ladeado". Esto es, el eje de rotación no es paralelo a una línea a lo largo de los cuales los centroides de los instrumentos descansan. El eje de rotación de la línea a lo largo de la cual los centroides se pueden interceptar y estar en un ángulo uno con el otro. El instrumento ladeado puede ser lineal, o puede ser curvado.

30

Más aún, algunas de las configuraciones descritas adelante le permiten al instrumento tener un erguido equilateral en una porción para cortar una porción curvada del ECS, incluyendo el fulcro (el punto de mayor curvatura). El instrumento puede cortar homogéneamente la pared interna o externa del ECS en el fulcro. En general, se puede configurar un instrumento para tener un erguido unilateral en un punto a lo largo de la porción de trabajo de su eje. Tal característica es ventajosa en la medida en que la curvatura del canal puede y típicamente se desvía en un plano axial-distal o sagital y el plano bucolingual o de corona. Además, la curvatura de los canales es muy variable, usualmente incrementando lentamente y luego más rápidamente en la medida en que uno se aproxima a la porción apical de la preparación. Estos cambios de la curvatura son raramente lineales.

35

#### Implementaciones

- 40 Las figuras 21A, 21B ilustran una implementación de un instrumento endodóntico descrito aquí. El instrumento endodóntico 1110 incluye tres lados, es triangular en sección transversal, y se puede utilizar para remover el tejido y/o la dentina del ECS. El instrumento 1110 incluye un vástago 1111 y una porción de trabajo 1112, que es biselada en la dirección del vástago a la punta. La punta 1113 incluye una superficie activa o de corte, que es coincidente con la superficie de trabajo 1112 (por ejemplo, como la punta mostrada en las figuras 22A-22D).
- 45 Alternativamente, la punta de ataque 1113 (del instrumento mostrado en las FIGURAS 21A-21E) puede incluir una superficie no activa o de no corte, que es también confluyente con la superficie de trabajo 1112 (por ejemplo, como la punta mostrada en la FIGURA 9C). El MxFD 1117 está localizado cerca al extremo del vástago de la superficie del corte y el MnFD 1116 está localizado cerca a la punta 1113. El vástago 1111 por encima de la porción de trabajo

1112 es esencialmente cilíndrico y exhibe un diámetro ligeramente más pequeño que la superficie de corte en el MxFD. El instrumento 110 incluye una porción de borde enrollada 114, que es confluyente con la porción de trabajo 1112. Esta modificación de borde enrollado se ilustra en las FIGURAS 9A-9D. Una configuración 1115, que es adecuada para el motor de impulsión de la máquina con una pieza de mano u mandril, o una manija utilizada para instrumentación manual, se une al vástago 1111.

Como se muestra en las FIGURAS 21A-21E, tres ranuras helicoidales continuas 1120A, 1120B y 1120C son acanaladuras sustancialmente cóncavas que siguen la circunferencia de la superficie de trabajo 1112 en forma de espiral hacia la punta de ataque 1113 que forma círculos concéntricos. Estas ranuras pueden ser equidistantes una a la otra o volverse crecientemente más estrechas o más numerosas en la medida en que ellas se aproximan a la punta. El número total de ranuras desde el MxFD al MnFD no debe ser menor de 16 pero no mayor de 24. Las ranuras helicoidales 1120A, 1120B y 1120C cada una se originan en el MxFD en el sitio separado que está igualmente espaciado alrededor de la circunferencia del vástago 1111 o más específicamente en 120° de separación. Cada estructura helicoidal (es decir la masa entre las ranuras) es continua a lo largo de la longitud de la superficie de corte 1112 a la punta de ataque 1113.

Con referencia a la FIGURA 21E, se puede ver que las ranuras 1120A, 1120B y 1120C tienen estrías en forma de S 1121A, 1121B y 1121C. Las ranuras 1120A, 1120B y 1120C forman bordes de corte helicoidales 1125A, 1125B y 1125C en la periferia del vástago 1111. Una sección transversal se muestra en la porción de corte 1112. Las ranuras helicoidales 1120A, 1120B y 1120C cooperan para formar una red de núcleo 1126, que es esencialmente triangular. Los áreas del espacio o los cortes radiales creados por las ranuras 1121A, 1121B y 1121C delimitan la red o núcleo. Estas áreas de espacio están designadas por los numerales 1130A, 1130B y 1130C. En la sección transversal del vástago 1111, las estrías 1121A, 1121B, y 1121C de las ranuras de corte 1120A, 1120B, y 1120C forman áreas de espacio en forma de gotas de profundidad variable. Las superficies de corte 1125A, 1125B, y 1125C, o el perímetro del vástago, y las estrías de las paredes internas 1121A, 1121B, y 1121C circunscriben las áreas de espacio 1130A, 1130B, y 1130C.

Con referencia a la FIGURA 21E, se puede ver que las paredes 1121A, 1121B, y 1121C interceptan la periferia del vástago 1111 en los puntos 1131A, 1131B, y 1131C. Estas intersecciones están separadas a distancias iguales o a 120° de separación formando un ángulo de corte neutro (90° de ángulo con la tangente del perímetro del vástago 1111) o un ángulo con inclinación ligeramente positiva (mayor de 90° con la tangente del perímetro del vástago 1111). El punto de conexión dibujado por las líneas 1131A, 1131B, y 1131C forman un triángulo equilátero. Como se muestra en la FIGURA 21D, los puntos 1131A, 1131B, y 1131C intersectan la periferia del vástago 1111 alternativamente a 110°, 125°, y 125° de separación. Las líneas dibujadas que conectan en punto 1131A, 1131B, y 1131C forman un triángulo isósceles. El delimitado del triángulo que se forma conectando el punto 1131A, 1131B, y 1131C puede variar. El delimitado también puede ser un triángulo escaleno con ángulos desiguales. La diferencia en el número de grados de separación entre la estría más larga y la estría corta no es menor de 60° sino mayor de 150°.

Las estrías 1121A, 1121B, y 1121C tienen forma de S y son individualmente simétricas. El bisector de cada estría divide la estría igualmente en segmentos convexos y cóncavos que forman la curva en forma de S. Las líneas que bisectan cada estría se pueden dibujar en el centro del núcleo 1126 y son iguales en longitud. Además, el bisector alternativo A se puede dibujar del centro de cada estría a través de la concavidad más grande a la estría adyacente y perpendicular a las líneas, que forman el triángulo equilátero. Los bisectores de cada estría 1121A, 1121B, y 1121C son iguales.

La profundidad mayor de cada estría se puede definir mediante el segmento de A. Estas profundidades pueden variar y, adicionalmente, ser calculadas con un porcentaje de la longitud de A. Las profundidades mayores de las estrías 1121A, 1121C, y 1121B, indicadas con segmentos de línea demarcados 1137A, 1137B, y 1137C, son 15%, 20%, y 25% de la longitud de arco, respectivamente. Las concavidades más grandes de las estrías 1121A, 1121B, y 1121C son imágenes espejo de las concavidades mayores de las mismas estrías. La profundidad y altura de cada estría puede variar; sin embargo, el diámetro de sección transversal de la porción del núcleo 1126 debe ser generalmente más estrecho de aproximadamente la mitad o el 50% del diámetro en sección transversal del vástago del instrumento. Las FIGURAS 23A-23D ilustran otra implementación, que es de cuatro lados o rectilínea en la sección transversal se puede utilizar para remover tejido y/o dentina de un ECS. La implementación mostrada

incluye un vástago similar a aquel descrito en las FIGURAS 21A-21E y una porción de trabajo 1212, que es ahusada en la dirección del vástago a la punta. La punta 1213 puede incluir una superficie de corte, que es confluyente a la superficie de trabajo 1212 (por ejemplo, como la punta mostrada en las FIGURAS 22A-22D). Alternativamente, la punta de ataque 1213 (del instrumento mostrado en las FIGURAS 23A-23D) puede incluir una superficie de no corte, que es confluyente con la superficie de trabajo 1212 (por ejemplo, como la punta mostrada en la FIGURA 9C). El MxFD 1217 está localizado cerca al extremo del vástago de la superficie de corte y el MnFD 1216 está localizado cerca al extremo de punta de la superficie de corte. El vástago 1211 por encima de la superficie de corte 1212 es esencialmente cilíndrico exhibiendo un diámetro ligeramente más pequeño que la superficie de corte en el MxFD (también similar al instrumento descrito en las FIGURAS 21A-21E). El instrumento puede incluir una porción de borde modificado o enrollado 1214, que puede ser confluyente con la superficie de corte 1212. El borde de enrollado incluye una porción de borde modificado enrollado 1214, que puede ser confluyente con la superficie de corte 1212. Las características del borde enrollado se ilustran en las FIGURAS 9A-9D. Un configuración, que es adecuada para un motor que impulsa la máquina con una pieza de mano y mandril o una manija utilizada para la instrumentación manual, se unen al vástago en su extremo más próximo (también similar a la configuración descrita en las FIGURAS 21A-21E).

Con referencia adicional a las FIGURAS 23A-23D, cuatro ranuras helicoidales continuas 1220A, 1220B, 1220C, y 1220D son ranuras sustancialmente cóncavas que siguen la circunferencia de la superficie de trabajo 1212 en forma de espiral hacia la punta de ataque 1213 que forma círculos concéntricos, que pueden ser equidistantes uno del otro o que se vuelven crecientemente más estrechos o más numerosos en la medida en que ellos se aproximan a la punta 1213. El número total de ranuras desde MxFD a MnFD no debe ser inferior de 16 pero no mayor de 24. Las ranuras helicoidales 1220A, 1220B, 1220C, y 1220D cada una se originan en MxFD en sitios separados que están igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del vástago 1211 o más específicamente a 90° de separación. Cada ranura es continua a lo largo de la longitud de la superficie de corte 1212 a la punta de ataque 1213.

Con referencia a la FIGURA 23D, se puede ver que las ranuras 1220A, 1220B, 1220C, y 1220D tienen ranuras en forma de S 1221A, 1221B, 1221C, y 1221D. Las ranuras 1220A, 1220B, 1220C, y 1220D forman bordes de corte helicoidales 1225A, 1225B, 1225C, y 1225D en la periferia del vástago 1211. Con referencia a la FIGURA 23D, se muestra una sección transversal de la porción de corte 1212. Las ranuras helicoidales 1220A, 1220B, 1220C, y 1220D cooperan para formar una red de núcleo 1226, que es generalmente de forma cuadrada. La red de núcleo está delineada por áreas de espacio radial o cortes creados por las estrías 1221A, 1221B, 1221C, y 1221D. Estas áreas de espacio están designadas por los numerales 1230A, 1230B, 1230C y 1230D. En la sección transversal del vástago, las estrías 1221A, 1221B, 1221C, y 1221D de las ranuras de corte 1220A, 1220B, 1220C, y 1220D forman áreas de espacio de gota de profundidad variable. Las áreas de espacio 1230A, 1230B, 1230C, y 1230D están circunscritas por bordes de corte 1225A, 1225B, 1225C, y 1225D, o el perímetro del vástago, y las estrías de las paredes internas 1221A, 1221B, 1221C, y 1221D.

Con referencia a la FIGURA 23D, se puede ver que las estrías 1221A, 1221B, 1221C, y 1221D intersectan la periferia del vástago 1211 en el punto 1231A, 1231B, 1231C, y 1231D, respectivamente. Estas intersecciones son separaciones a distancias iguales o a 90° de separación, que forman ángulos neutros (90° de ángulo con la tangente del perímetro del vástago 1211) o ángulos con inclinación ligeramente positiva (mayores de 90° con la tangente del perímetro del vástago 1211). El punto que conecta las líneas dibujadas 1231A, 1231B, 1231C, y 1231D forman un cuadrado.

Las estrías 1221A, 1221B, 1221C, y 1221D tienen forma de S y son individualmente simétricas. El bisector de cada estría divide la estría igualmente en segmentos convexos y cóncavos que forman una curva en forma de S. Las líneas que bisectan cada estría se puede dibujar al centro del núcleo 1226 y son de longitud igual. Además, un bisector alternativo se puede dibujar desde el centro de cada estría a través de la concavidad más grande la estría opuesta y es también igual en longitud.

La profundidad más grande de cada estría se puede definir mediante un segmento de A. Estas profundidades pueden variar y, adicionalmente, ser calculadas como un porcentaje de la longitud de A. Las profundidades más grandes de las estrías 1221A y 1221C, indicadas con los segmentos de línea demarcada 1237A y 1237C, son 5% de la longitud de a. La profundidad más grande de las estrías 1221B y 1221D, indicada con los segmentos de línea 1237B y 1237D, son 25% de a. Las convexidades más grandes de las estrías 1221A, 1221B, 1221C, y 1221D son

imágenes espejo de las concavidades más grandes de las mismas estrías. La profundidad y altura de cada estría puede variar; sin embargo, el diámetro en sección transversal de la porción de núcleo 1226 no debe ser generalmente más estrecha de aproximadamente la mitad o el 50% del diámetro en sección transversal del vástago del instrumento

- 5 Las FIGURAS 24A-24E ilustran otra implementación, que es de cuatro lados o rectangular en la sección transversal y se puede utilizar para remover tejido y/o dentina de un ECS. El instrumento incluye un vástago 311 similar a aquel descrito por encima con respecto a las FIGURAS 21A-21E y una porción de trabajo 312, que es ahusada en la dirección del vástago a la punta. La punta 313 puede incluir una superficie de corte, que es confluyente a la superficie de trabajo 312 (por ejemplo, como la punta mostrada en las FIGURAS 22A-22D). Alternativamente, la punta 313 puede desplegar una superficie de no corte, que es confluyente con la porción de trabajo 312 (por ejemplo, como la punta mostrada en la FIGURA 9C). El instrumento incluye un MxPD 317 y un MnPD 316. El vástago 311 por encima de la porción de trabajo 312 es esencialmente cilíndrico exhibiendo un diámetro ligeramente más pequeño que la superficie de corte en el MxPD. El área de vástago es similar a aquella descrita en las FIGURAS 21A-21E. El instrumento incluye una porción de borde modificada o enrollada 314, que es confluyente con la superficie de corte 312. La característica de borde enrollado se ilustra en las FIGURAS 9A-9D. Una configuración, que es adecuada para un motor impulsado por máquina con una pieza de mano y mandril o una manija utilizada para la instrumentación manual, se unen al vástago en su extremo más próximo también similar a la configuración descrita en las FIGURAS 21A-21E.

20 Como se muestra en las FIGURAS 24A-24E, cuatro ranuras continuas 320A, 320B, 320C y 320D son acanaladuras sustancialmente cóncavas, que siguen la circunferencia de la superficie de trabajo 312 en forma de espiral hacia la punta de ataque 313 que forma círculos concéntricos, que pueden ser equidistantes o que se vuelven crecientemente más estrechos y más numerosos en la medida en que ellos se aproximan a la punta. El número total de ranuras desde el MxPD al MnPD debe ser inferior de 16 pero no mayor de 24. Las ranuras 320A, 320B, 320C, y 320D se originan cada una en el MxPD en varios sitios separados alrededor de la circunferencia del vástago, más específicamente a 80°, 100°, 80°, y 100° de separación, respectivamente. Cada ranura es continua a lo largo de la longitud de la superficie de corte 312 a la punta de ataque 313. Con referencia a la FIGURA 24E, se puede ver que las ranuras 320A, 320B, 320C, y 320D tienen unas estrías en forma de S 321A, 321B, 321C, y 321D. Las ranuras 320A, 320B, 320C, y 320D forman bordes de corte helicoidales 325A, 325B, 325C, y 325D en la periferia del vástago 311. Como se muestra en la FIGURA 24E, una sección transversal se muestra en la porción de corte 312. Las ranuras 320A, 320B, 320C, y 320D cooperan para formar una red de núcleo 326, que es esencialmente de forma rectangular. La red de núcleo es delineada por las áreas del espacio radial o los cortes creados por las ranuras 321A, 321B, 321C, y 321D. Estas áreas de espacio están designadas por los numerales 330A, 330B, 330C, y 330D. En la sección transversal del vástago, las estrías 321A, 321B, 321C, y 321D de las ranuras 320A, 320B, 320C, y 320D forman áreas de espacio de gota de profundidad variable. Las áreas de espacio 330A, 330B, 330C, y 330D están circunscritas por borde de corte 325A, 325B, 325C, y 325D, o el perímetro del vástago, y las estrías 321A, 321B, 321C, y 321D.

40 Como se muestra en la FIGURA 24E, se puede ver que las estrías 321A, 321B, 321C, y 321D intersectan la periferia del vástago 311 en los puntos 331A, 331B, 331C, y 331D, respectivamente. Estas intersecciones están a 80°, 100°, 80°, y 100° de separación, respectivamente, formando ángulos de inclinación neutros o ligeramente positivos. El punto para conectar las líneas dibujadas 331A, 331B, 331C, y 331D forman un rectángulo. La diferencia en grados entre la estría más larga y la estría más corta es de 20°. Alternativamente, como se muestra en la FIGURA 24D, los puntos 331A, 331B, 331C, y 331D pueden intersectar la periferia del vástago a 90°, 95°, 80° y 95° de separación, respectivamente. Las líneas dibujadas que conectan el punto 331A, 331B, 331C, y 331D también forman un rectángulo. El delineado del trapecoide que es el punto de conexión formado 331A, 331B, 331C, y 331D puede variar. La diferencia en el número de grados de separación entre la estría más larga y la estría más corta no debe ser menor de 5° y no mayor de 70°.

50 Las estrías 321A, 321B, 321C, y 321D tienen forma de S y son individualmente simétricas. El bisector de cada estría divide la estría igualmente en segmentos convexo y cóncavo que forman una curva en forma de S. Los bisectores alternativos a y b se pueden dibujar desde el centro de cada estría a través de la concavidad más grande de la estría opuesta.

La profundidad más grande de cada estría puede definir los segmentos de a y b. Estas profundidades pueden variar y, adicionalmente, ser calculadas como un porcentaje de la longitud de a y b. Las profundidades más grandes de las estrías 321A y 321C, indicadas con los segmentos de línea demarcados 337A y 337C, son 5% de la longitud de a. La profundidad más grande 321B y 321D, indicada con los segmentos de línea demarcados 337B y 337D, es 5% de b. Las convexidades más grandes de las estrías 321A, 321B, 321C, y 321D son imágenes espejo de las concavidades más grandes de las mismas estrías. La profundidad y la altura de cada estría puede variar; sin embargo, el diámetro de sección transversal de la porción de núcleo 326 debe ser generalmente no más estrecho que la mitad o el 50% del diámetro en sección transversal del vástago del instrumento.

Las FIGURAS 25A-25E ilustran otra implementación, que es de cuatro lados y trapezoidal en la sección transversal y se puede utilizar para remover tejido y/o destina de un ECS. El instrumento incluye un vástago 411 similar a aquel descrito anteriormente con respecto a las FIGURAS 21A-21E y una porción de trabajo 412, que es ahusada en la dirección de vástago a la punta. La punta 413 puede incluir una superficie de corte, que es confluyente a la superficie de trabajo 412 (por ejemplo, como la punta mostrada en las FIGURAS 22A-22D). Alternativamente, la punta 413 puede desplegar una superficie de no corte, que es confluyente con la porción de trabajo 412 (por ejemplo, como la punta mostrada en la FIGURA 9C). El instrumento incluye un MxFD 417 y un MnFD 416. El vástago 411 por encima de la porción de trabajo 412 es esencialmente cilíndrica exhibiendo un diámetro ligeramente mayor que la superficie de corte en el MxFD. El vástago aquí es similar a aquel descrito en las FIGURAS 21A-21E. El instrumento incluye una porción de borde modificada o enrollada 414, que es confluyente con la superficie de corte 412. Esta característica de borde enrollado se ilustra en las FIGURAS 9A-9D. Una configuración, que es adecuada para un motor impulsado por máquina con una pieza de mano y mandril o una manija utilizada para la instrumentación manual, se unen al vástago en su extremo más próximo también similar a la configuración descrita en las FIGURAS 21A-21E.

Como se muestra en las FIGURAS 25A-25E, cuatro ranuras continuas 420A, 420B, 420C y 420D son ranuras sustancialmente cóncavas que siguen la circunferencia de la superficie de trabajo 412 en forma de espiral hacia la punta de ataque 413 que forma los círculos concéntricos, que pueden ser equidistantes o que se vuelven crecientemente más estrechos o más numerosos en la medida en que ellos se aproximan a la punta. El número total de ranuras desde MxFD al MnFD no debe ser menor de 16 pero no mayor de 24. Las ranuras 420A, 420B, 40C, y 420D cada una se originan en el MxFD en varios sitios espaciados alrededor de la circunferencia del vástago, más específicamente a 90°, 100°, 70°, y 100° de separación, respectivamente. Cada ranura es continua a lo largo de la longitud de la superficie de corte 412 a la punta de ataque 413.

Con referencia a la FIGURA 25E, se puede ver que las ranuras 420A, 420B, 420C, y 420D tiene estrías en forma de S 421A, 421B, 421C, y 421D. Las ranuras 420A, 420B, 420C, y 420D forman bordes de corte helicoidales 425A, 425B, 425C, y 425D en la periferia del vástago 411. Como se muestra en la FIGURA 25E, se muestra la sección transversal de la porción de corte 412. Las ranuras 420A, 420B, 420C, y 420D cooperan para formar una red o núcleo 426, que es esencialmente de forma rectangular. La red de núcleo es delineada mediante áreas de espacio radial o cortes creados por las estrías 421A, 421B, 421C, y 421D. Estas áreas de espacio son designadas por los numerales 430A, 430B, 430C, y 430D. En la sección transversal del vástago, las estrías 421A, 421B, 421C, y 421D de las ranuras 420A, 420B, 420C, y 420D forman áreas de espacio de gota de profundidad variable. Las áreas de espacio 430A, 430B, 430C, y 430D están circunscritas por bordes de corte 425A, 425B, 425C, y 425D, o el perímetro del vástago, y las estrías 421A, 421B, 421C, y 421D.

Como se muestra en la FIGURA 25E, se puede ver que las estrías 421A, 421B, 421C, y 421D intersectan la periferia del vástago 411 en los puntos 431A, 431B, 431C, y 431D, respectivamente. Estas intersecciones están a 90°, 100°, 70°, y 100° de separación, respectivamente, formando ángulos de inclinación neutros o ligeramente positivos. El punto para conectar las líneas dibujadas 331A, 331B, 331C, y 331D forman un trapecoide. La diferencia en grados entre la estría más larga y la estría más corta es de 30°. Alternativamente, como se muestra en la FIGURA 24D, los puntos 331A, 331B, 331C, y 331D pueden intersectar la periferia del vástago en 90°, 95°, 80° y 95° de separación, respectivamente. Las líneas dibujadas que conectan el punto 431A, 431B, 431C, y 431D también forman un trapecoide. El delineado del trapecoide que es el punto de conexión formado 431A, 431B, 431C, y 431D puede variar. La diferencia en el número de grados de separación entre la estría más larga y la estría más corta no debe ser menor de 5° y no mayor de 70°.

Las estrías 421A, 421B, 421C, y 421D tienen forma de S y son individualmente simétricas. El bisector de cada estría divide la estría igualmente en segmentos convexo y cóncavo que forman una curva en forma de S. Los bisectores alternativos a, b, y c se pueden dibujar desde el centro de cada estría a través de la concavidad más grande de la estría opuesta.

- 5 La profundidad más grande de cada estría se puede definir como los segmentos de a, b, y c. Estas profundidades pueden variar y, adicionalmente, ser calculadas como un porcentaje de la longitud de a, b, y c. Las profundidades más grandes de las estrías 421A, indicadas con los segmentos de línea demarcados 437A, es 5% de la longitud de a. La profundidad más grande 421B, 421C, y 421D se puede indicar de forma similar. Las convexidades más grandes de las estrías 421A, 421B, 421C, y 421D son imágenes espejo de las concavidades más grandes de las mismas estrías. La profundidad y la altura de cada estría puede variar; sin embargo, el diámetro de sección transversal de la porción de núcleo 426 debe ser generalmente no más estrecho que la mitad o el 50% del diámetro en sección transversal del vástago del instrumento.

- 15 La FIGURA 26 proporciona un diagrama de la parte de un instrumento 1802 que oscila alejándose del eje de rotación a diferentes distancias, dependiendo del ángulo de rotación, y así se yergue de una manera no equilateral. La proporción a la cual el instrumento 182 oscila alejándose del eje de rotación 1804 en un primer ángulo de rotación, de  $90^\circ$ , es mucho mayor que la extensión en la cual el instrumento 1802 oscila alejándose del eje de rotación 1804 en el segundo ángulo de rotación,  $270^\circ$ . En esencia, la oscilación del instrumento no es asimétrica alrededor de un eje de rotación.

- 20 En referencia a la FIGURA 27, un esquema de un instrumento 2001 se muestra que es capaz de erguido equilateral. En una implementación, el perfil del instrumento cuando se ve en sección transversal comienza en su segmento más próximo (cerca al extremo en vástago) como una sección transversal completamente simétrica. Gradualmente, la sección transversal se vuelve asimétrica en la medida en que esta progresa distantes (hacia el extremo de punta). Una vista longitudinal del extremo próximo 2016 al extremo distante 2036 exhibiría un cambio en simetría. El extremo próximo 2016, es la sección transversal del instrumento 2001 que tienen puntas 2018 que son equidistantes de un centro del instrumento 2001 y se traslapan con el triángulo equilátero 2020 que se ajusta dentro de un círculo 2022 que se formaría en los puntos 2018 en la medida en que el instrumento 2001 rota. En el extremo distante 2036, la sección transversal del instrumento 2001 tiene puntos 2032 que se traslapan con un triángulo isósceles 2030 que se ajusta dentro de un círculo 2038 formado por los puntos 2032 en la medida en que el instrumento 2001 rota. El cambio descrito desde una sección transversal simétrica a una asimétrica puede ser gradual o progresiva, pero se visualiza un cambio rápido progresivo para ser más eficiente. Un cambio gradual se puede realizar que sea similar sobre cada segmento, tal como cuando el cambio entre  $D_2$  y  $D_3$  es igual a la cantidad de cambio de  $D_3$  a  $D_4$  y de  $D_4$  a  $D_5$ . Un cambio más progresivo puede ser que la cantidad de cambio cambie geoméricamente o exponencialmente desde el segmento entre  $D_4$  y  $D_5$  y el segmento entre  $D_3$  y  $D_4$ . El cambio de simétrico a asimétrico puede significar que algunas de las ranuras que se vuelvan más cercanas mientras que otras se muevan separándose, uno o más sectores planos pueden extenderse adicionalmente desde el instrumento que otras de las partes planas, o la geometría puede cambiar, tal como cuando una sección transversal triangular con lados que tienen la misma longitud se vuelve una sección triangular donde al menos un lado es mayor que el otro, o cuando la sección transversal es trapezoidal.

- 40 Aún otro instrumento que es capaz de erguido equilátero puede cambiar tanto su simetría como geometría a lo largo de la longitud. El perfil del instrumento cuando se visualiza en la sección transversal comienza en su segmento más próximo como simétrico, tomándose la asimetría y la nueva geometría simultáneamente. En relación a FIGURAS 28, 28A y 28B, en una implementación, la sección transversal del instrumento inicia, por ejemplo, como cuatro lados o rectangular y es simétrica en el extremo del vástago 2112 y se vuelve de tres lados y asimétrica del extremo de punto 2131. Otros ejemplos también son posibles, tal como el polígono de tres lados que cambia a cuatro, el polígono de cinco o seis lados, un polígono de cuatro lados que cambia a un polígono de cinco o seis lados, un polígono de cinco lados que cambia a un polígono de tres, cuatro o seis lados o un polígono de seis lados que cambia a un polígono de tres, cuatro o cinco lados. El término polígono aproxima la forma y no pretende indicar que los lados son necesariamente lineales.

- 50 En referencia a la FIGURA 29, 29A, 29B, 29C, y 29D, un esquema de un instrumento 2201 caracteriza un perfil que tiene un eje longitudinal ladeado. Esto es, los centroides 2210 de las secciones transversales múltiples del

instrumento no descansan sobre el eje de rotación 2216. El instrumento aquí puede incluir una sección transversal (por ejemplo, cercana al extremo del vástago) que tiene un centroide 2210 que está sobre el eje de rotación y otra sección transversal (por ejemplo, cercana al extremo de punta) que tiene un centroide que está fuera del eje de rotación 2216. La geometría puede cambiar o permanecer igual por debajo de la longitud del instrumento. El instrumento ladeado puede tener una sección lineal, donde al menos la porción del instrumento que tiene las superficies de trabajo es lineal, ver el instrumento 2250 como se muestra en la FIGURA 29C, o el instrumento completo puede ser lineal como el instrumento 2260 como se muestra en la FIGURA 29D.

En referencia a las FIGURAS 30A y 30B, en algunas implementaciones, una porción de un instrumento ladeado se curva. Un instrumento con un centroide variable, puede tener una curva gradual o progresiva en el perfil mismo. Esto es, los centroides de las secciones transversales definen una curva. La punta 2315, 2135' del instrumento puede descansar sobre o separada del eje de rotación 2320.

Cualquier combinación de las características de diseño anteriormente descritas se pueden emplear para crear un diseño híbrido, que puede ser una mejora del básico diseñado o empleado para el caso especial que pueda requerir instrumentos de costumbre. Por ejemplo, las superficies de trabajo descritas en las FIGURAS 21-25 se pueden utilizar con los instrumentos descritos en las FIGURAS 27-30B.

Los cambios en la geometría de la sección transversal no están limitados a aquellos descritos anteriormente. El instrumento puede tener, por ejemplo, un cambio en la geometría de la sección transversal tal que las secciones transversales de la porción del instrumento para corte de la porción curvado del ECS sean asimétricos con las secciones transversales de la punta de las porciones de extremos sean simétricas. Más aún, el cambio no requiere ser gradual y se puede acelerar, por ejemplo, en la porción del instrumento para cortar la porción curvada del ECS.

En referencia a las FIGURAS 31A, 31B, como se describen aquí, las porciones del instrumento endodóntico capaz de erguido equilátero se doblarán alejándose del eje de rotación cuando son utilizadas, tal como con un perforador motorizado, en algunas implementaciones, el instrumento de erguido 2410 creará una onda mecánica 2420, o múltiples de una mitad de una onda mecánica. Cuando se visualizan, la onda puede aparecer para formar ondas helicoidales que se propagan hacia arriba y hacia abajo dentro del canal. La onda forma espirales en los x, y y z y se mueve en tres dimensiones. Esto le puede permitir al instrumento ondular dentro del ECS para cortar cualquier material dentro del ECS. El erguido puede ahusarse en la medida en que este aproxima a las porciones no erguidas del instrumento 2410. Adicionalmente, los cambios en el diámetro y la geometría pueden cambiar la cantidad de erguido. La FIGURA 31A muestra el instrumento en dos sitios diferentes en dos puntos diferentes en el tiempo mientras que el instrumento rota. La FIGURA 31B muestra el área cubierta por el instrumento en la medida en que este rota. En la medida en que la onda se propaga, diferentes porciones del instrumento se extiende desde el eje de rotación en cantidades variantes (no mostradas) que pueden aparecer en un cuerpo espiralado para un observador humano cuando el instrumento es rotado muy rápido.

#### Métodos para formar instrumentos

Los instrumentos descritos aquí se pueden formar iniciando con un blanco que es luego conformado para lograr un resultado deseado. Con referencia a las FIGURAS 32A, 32B, un blanco 2510, tal un blanco de metal, se puede conformar para tener una geometría o sección transversal sustancialmente uniforme del extremo del blanco del vástago 2514 al extremo de punta 2518. La geometría es asimétrica hacia debajo de la longitud del blanco 2510. El centro de masa es el mismo relativo al eje de rotación 2516 a lo largo de la longitud del blanco 2510. En la medida en que se forman las ranuras, tal como mediante molido, maquinado, corte o pulido, las distancias relativas entre las ranuras se pueden cambiar o se pueden cambiar las profundidades para lograr el instrumento descrito anteriormente con referencia a la figura 27.

Con referencia a las FIGURAS 33A, 33B, un blanco 2520 se conforma para tener una geometría diferente en el extremo del vástago 2524 que en el extremo de punta 2528. Aquí, el extremo del vástago 2524, el blanco 2520 tiene una sección transversal rectangular o cuadrada. En el extremo de punta 2528, del blanco 2520 está la sección transversal triangular. Entre la sección transversal triangular y la sección transversal rectangular, el blanco toma una sección transversal trapezoidal. El patrón de ranura deseado se puede formar en el instrumento. Tal instrumento es el descrito anteriormente con respecto a la FIGURA 28.

5 Con referencia a las FIGURAS 34A, 34B, un blanco 2530 es cortado en forma ladeada. En el extremo de vástago 2534, el blanco 2530 tiene un centro de masa o un centro geométrico que está sobre un primer eje 2540. Hacia el extremo de punta 2538, el blanco 2530 tiene un centro de masa o centro geométrico que está sobre el segundo eje 2542. El primer eje 2540 es paralelo al segundo eje 2542, pero los dos no se traslapan. Si el instrumento fuera cortado perpendicular a cualquiera de los ejes, la sección transversal del instrumento sería asimétrico. En algunas implementaciones, los blancos se forman con un metal flexible, tal como un metal con memoria y se logra la forma al maquinar el blanco 2530, en lugar de doblar el blanco. El instrumento es luego maquinado para formar la superficie de corte deseada. Tal instrumento ladeado formado del blanco 2530 se describe en la figura 29B. En algunas implementaciones, el blanco es simétrico desde el extremo del vástago 2534 al extremo de punta 2538.

10 Con referencia a las FIGURAS 35A, 35B, se corta un blanco 2550 en la forma curvada para formar un instrumento curvado de manera similar a como se describió con respecto a la FIGURA 34A y 34B

Un instrumento que se dobla en la configuración deseada es luego precocido (tal como se hace a menudo con las herramientas dentales convencionales, sin importar su geometría) puede no exhibir el mismo tipo de erguido, es decir erguido equilátero, como un instrumento similarmente conformado que se ha conformado al cortar o maquinar.

15 Alternativas

Un número de implementaciones de la invención se ha descrito. Sin embargo, se debe entender que varias modificaciones se pueden hacer sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. Por ejemplo, en otras implementaciones, los instrumentos similares pueden incluir cinco o seis ranuras. Los vástagos y/o los bancos de metal de los cuales se pueden fabricar estos instrumentos y que tienen unos diámetros ligeramente mayores  
 20 suministran material suficiente para facilitar un número creciente de ranuras. Las ranuras, por lo tanto, requerirían más pocas espirales por unidad de longitud. Los instrumentos de tamaño o diámetro creciente, se vuelven crecientemente menos flexibles. Implementar más ranuras y/o cortar las ranuras más profundamente en los blancos de metal durante la elaboración puede facilitar la compensación o la disminución de la flexibilidad. Además, espacios más amplios y profundos también suministran mayor oportunidad de arrastrar hacia afuera los desechos desde el  
 25 ápice al aspecto de corona del diente. Los materiales flexibles diferentes al Ni-Ti se pueden utilizar para formar el instrumento. También, aunque las limas y los escariadores se describen en este documento, un instrumento que tiene las características descritas aquí se puede aplicar a cualquier tipo de dispositivo. De acuerdo con esto, se contemplan otras implementaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo endodóntico (2201), comprende:

Un cuerpo ahusado que tiene un extremo de punta y un extremo de vástago, en donde el extremo de punta tiene un diámetro que es menor que el diámetro del extremo de vástago y el cuerpo tiene un eje de rotación (2216) que se extiende desde el extremo de punta al extremo de vástago, y el cuerpo que tiene un perfil que es un eje longitudinal ladeado que tiene:

Al menos una superficie de trabajo que se extiende entre el extremo de vástago y el extremo de punta, la superficie de trabajo incluye una ranura de corta;

Una primera sección transversal perpendicular al eje de rotación, en donde la primera sección transversal tiene una primera geometría; y una segunda sección transversal perpendicular al eje de rotación, en donde la segunda sección transversal tiene una segunda geometría, en donde la primera geometría es diferente de la segunda geometría;

La primera sección transversal y la segunda sección transversal se interceptan en al menos una superficie de trabajo,

En donde el dispositivo endodóntico se configura para erguirse debido a los centroides (2210) del instrumento que no descansa sobre el eje de rotación.

2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la primera geometría es simétrica y la segunda geometría es asimétrica.

3. El dispositivo de la reivindicación 2, en donde la primera sección transversal está más cercana al extremo del vástago que al extremo de punta.

4. El dispositivo de la reivindicación 2, en donde la primera sección transversal tiene un número diferente de superficies de trabajo que la segunda sección transversal.

5. El dispositivo de la reivindicación 2, en donde en la segunda sección transversal, un centroide está descentrado del eje de rotación.

6. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la primera geometría y la segunda geometría incluyen diferentes números de superficies de trabajo.

7. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el cuerpo es flexible.

8. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el cuerpo se forma de níquel-titanio.

9. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el cuerpo es flexible de tal manera que cuando la punta del cuerpo es doblada en una posición fija en la medida en que rota el cuerpo, una porción del cuerpo que intercepta la segunda sección transversal se dobla alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual en un primer ángulo de rotación y en un segundo ángulo de rotación.

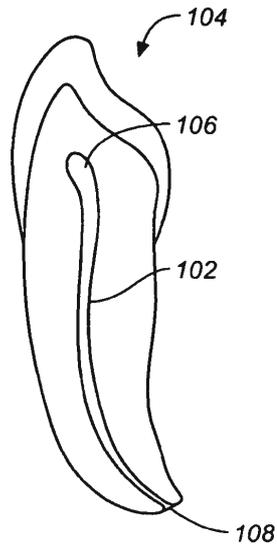
10. El dispositivo de la reivindicación 9, en donde el primer ángulo de rotación es 180° del segundo ángulo de rotación.

11. El dispositivo de la reivindicación 9, en donde la segunda sección transversal se dobla alejándose del eje de rotación una cantidad sustancialmente igual en cada ángulo de rotación.

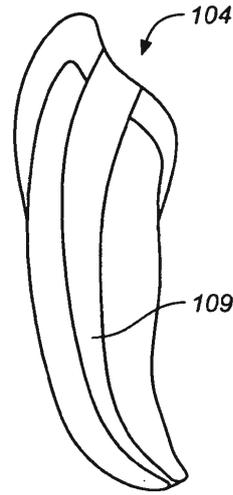
12. El dispositivo de la reivindicación 9, en donde la porción no erguida del cuerpo tiene un centroide que descansa sustancialmente sobre el eje de rotación que intercepta la al menos una superficie de trabajo en la medida en que la punta del cuerpo es doblada en una posición fija y el cuerpo rota.

13. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la al menos una superficie de trabajo incluye una ranura de corte.
14. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la punta del cuerpo no tiene superficies de corte.
15. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde en una sección transversal que intercepta el eje de rotación, un centro de masa está descentrado del eje de rotación.
- 5 16. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la superficie de trabajo se configura para remover material cuando el cuerpo es rotado dentro un canal del material.
17. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el cuerpo se configura para formar ondas helicoidales al tener un centro de masa localizado alejado del eje de rotación.
- 10 18. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde a lo largo de la longitud del cuerpo ahusado, al menos un centroide de una sección transversal que intercepta la superficie de trabajo del cuerpo está sobre el eje de rotación y al menos un centroide está descentrado del eje de rotación, el cuerpo tiene al menos una superficie de corte a lo largo del diámetro externo que se configura para remover el material cuando el cuerpo es rotado entre un canal del material.
- 15 19. El dispositivo endodóntico de la reivindicación 18, en donde el centroide sobre el eje de rotación está cercano al extremo del vástago y la punta está más alejada del eje de rotación comparado con los otros centroides a lo largo de la longitud del cuerpo.
20. El dispositivo endodóntico de la reivindicación 18, en donde el cuerpo es lineal.
21. El dispositivo endodóntico de la reivindicación 18, en donde una pluralidad de centroides que corresponden a la superficie de corte están en una línea.
- 20 22. El dispositivo endodóntico de la reivindicación 18, en donde el cuerpo tiene una porción que incluye la superficie de corte y la porción es lineal.
23. El dispositivo endodóntico de la reivindicación 18, en donde el cuerpo se curva.
24. El dispositivo endodóntico de la reivindicación 23, en donde la punta está descentrada al eje de rotación.
25. El dispositivo endodóntico de la reivindicación 23, en donde la punta está sobre el eje de rotación.
- 25 26. El dispositivo de la reivindicación 1, que comprende un cuerpo lineal que tiene el extremo de punta y el extremo de vástago y la superficie de trabajo entre el extremo de punta y el extremo de vástago, en donde la primera sección transversal del cuerpo intersecta la superficie de trabajo hacia el extremo de vástago y la segunda sección transversal del cuerpo intersecta la superficie de trabajo hacia el extremo de punta, la primera sección transversal es paralela a la segunda sección transversal, la primera sección transversal y la segunda sección transversal son simétricas y un primer eje a través del centro de la primera sección transversal y perpendicular a la primera sección transversal es diferente del segundo eje a través de un centro de la segunda sección transversal y perpendicular a la segunda sección transversal.
- 30 27. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la primera geometría es un polígono de tres lados y la segunda geometría es un polígono de cuatro, cinco o seis lados.
- 35 28. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la primera geometría es un polígono de cuatro lados y la segunda geometría es un polígono de cinco, o seis lados.
29. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde en la primera geometría las ranuras tienen una profundidad diferente que la segunda geometría.

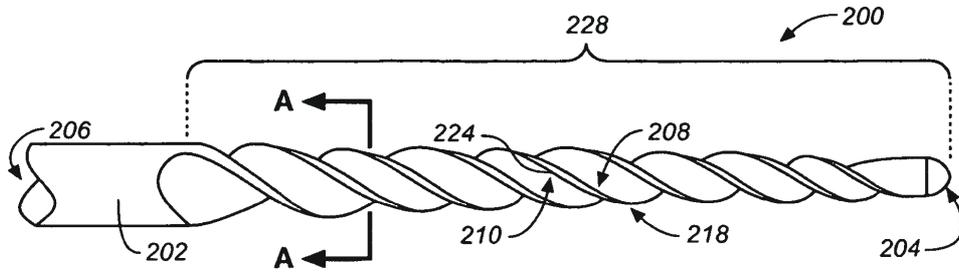
30. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la distancia relativa entre las ranuras es diferente a la primera geometría que en la segunda geometría.
31. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el cuerpo del instrumento es superflexible y tiene al menos una porción en un centro de masa localizado alejado del eje de rotación del cuerpo.
- 5 32. El dispositivo de la reivindicación 1, que tiene una sección transversal simétrica en el extremo del vástago y que gradualmente se vuelve asimétrico en la medida en que este progresa hacia el extremo de punta.
33. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde las secciones transversales de la porción del dispositivo para cortar desde la porción curvada del espacio de la cavidad endodóntica son asimétricos mientras que las secciones transversales de la punta de las porciones de extremo son simétricas.



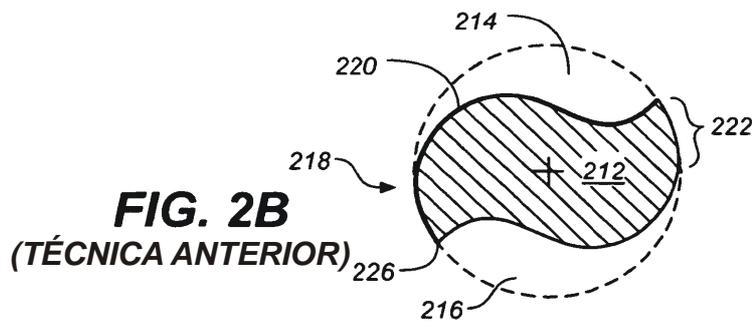
**FIG. 1A**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



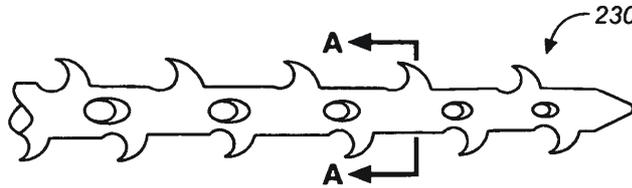
**FIG. 1B**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



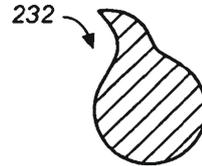
**FIG. 2A** (TÉCNICA ANTERIOR)



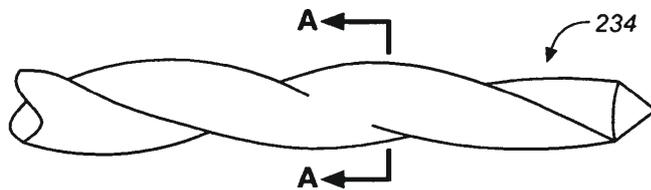
**FIG. 2B**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



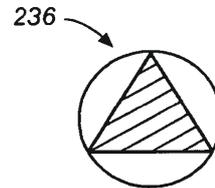
**FIG. 2C**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



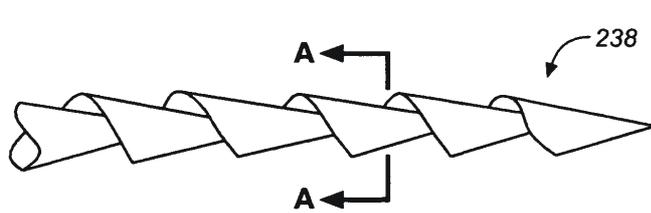
**FIG. 2D**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



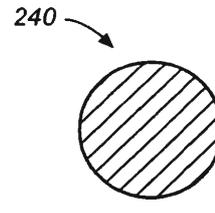
**FIG. 2E**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



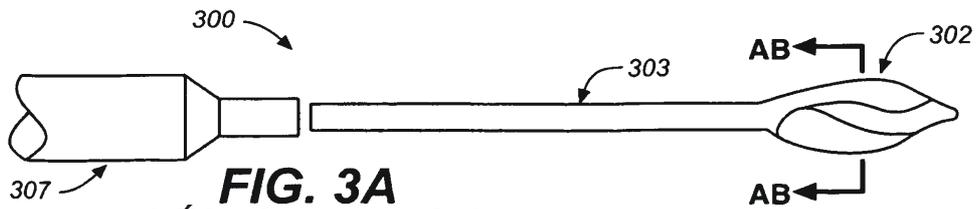
**FIG. 2F**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 2G**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



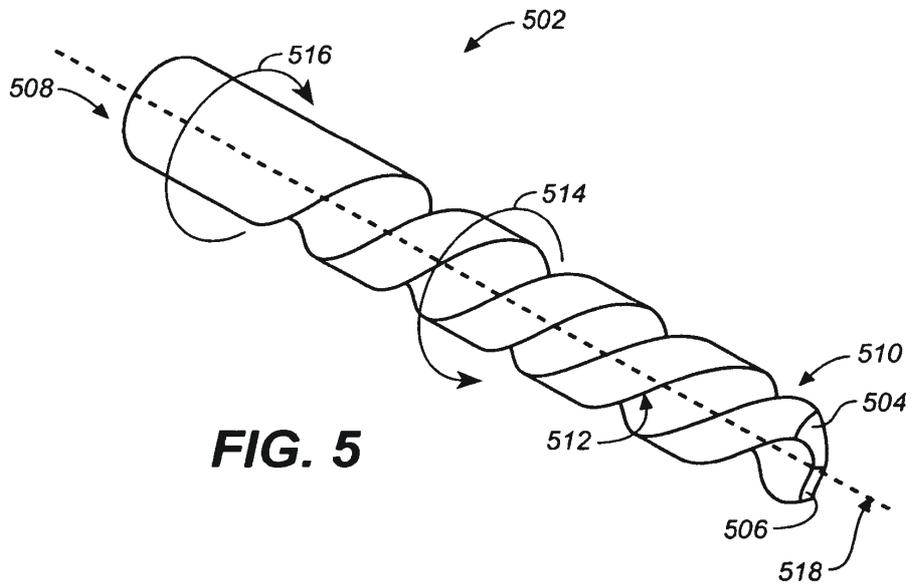
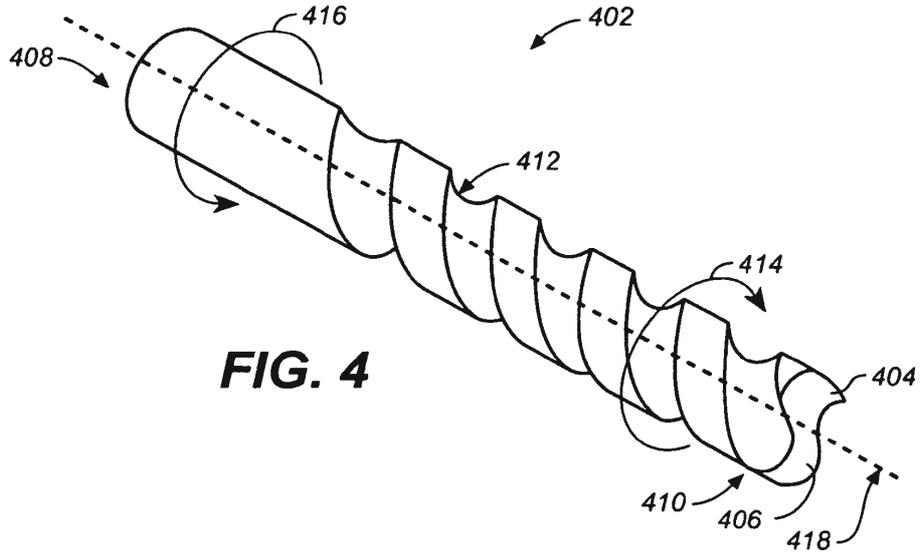
**FIG. 2H**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 3A**  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 3B**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

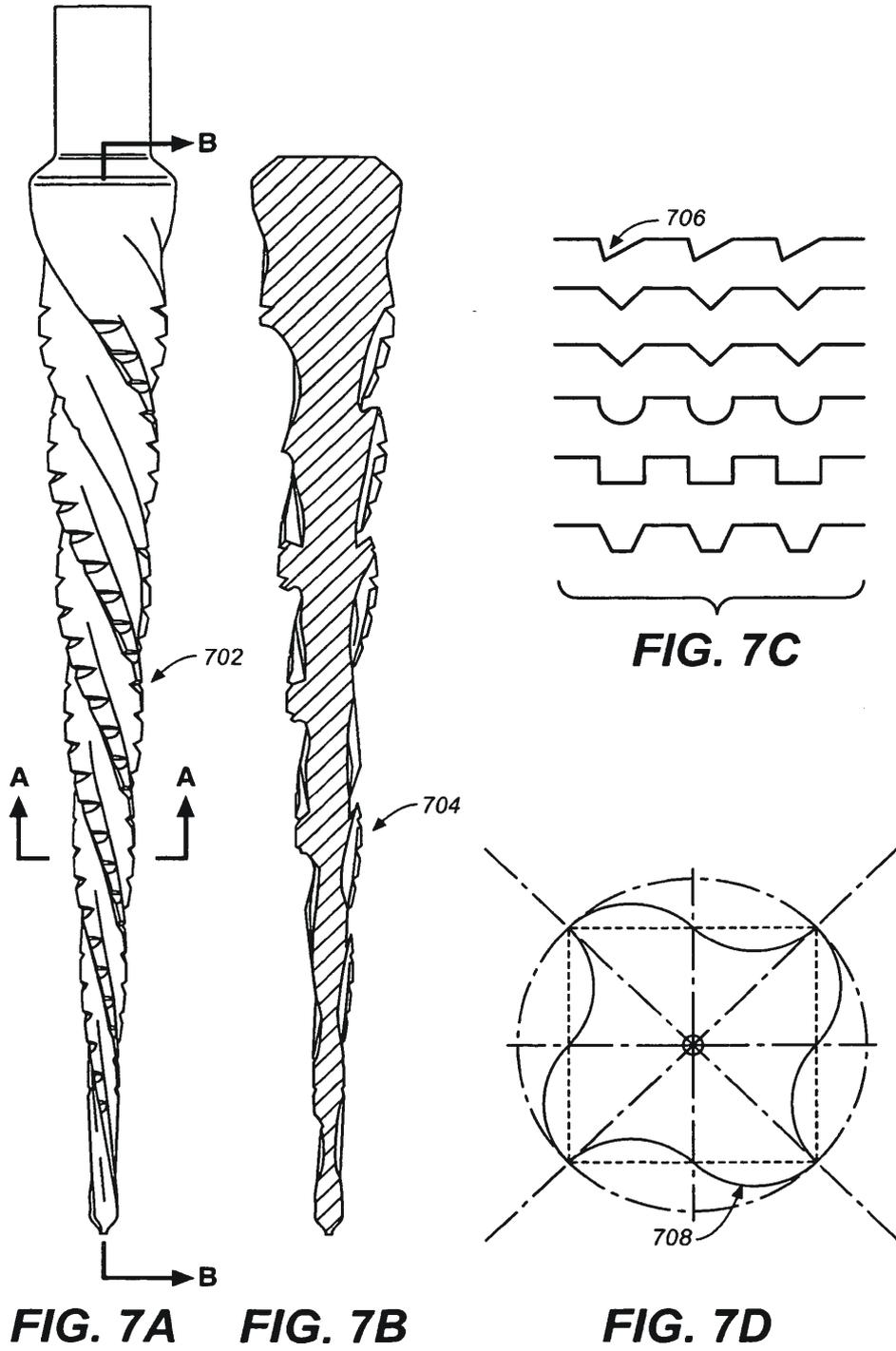


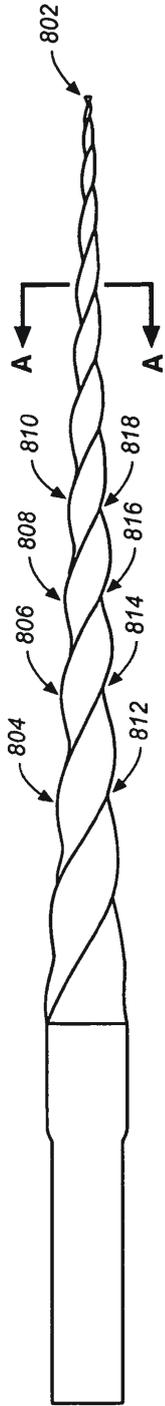


**FIG. 6A**

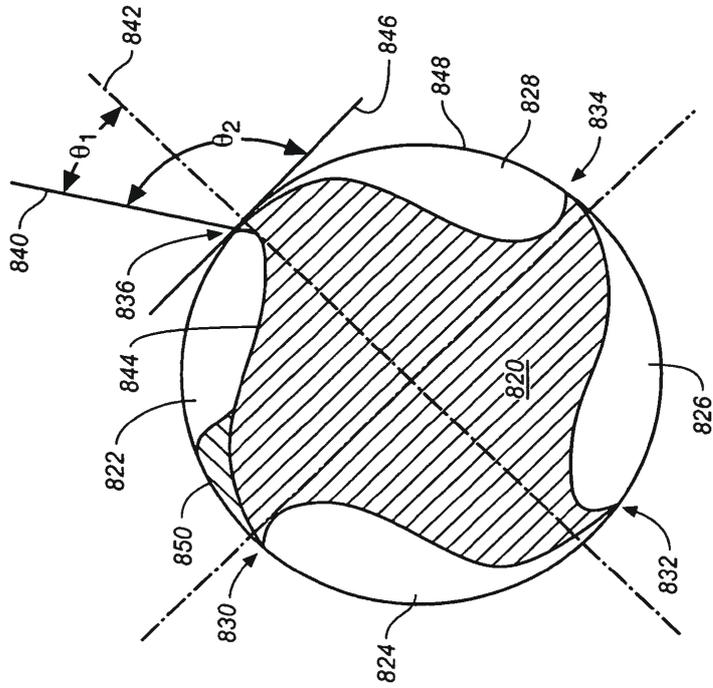


**FIG. 6B**

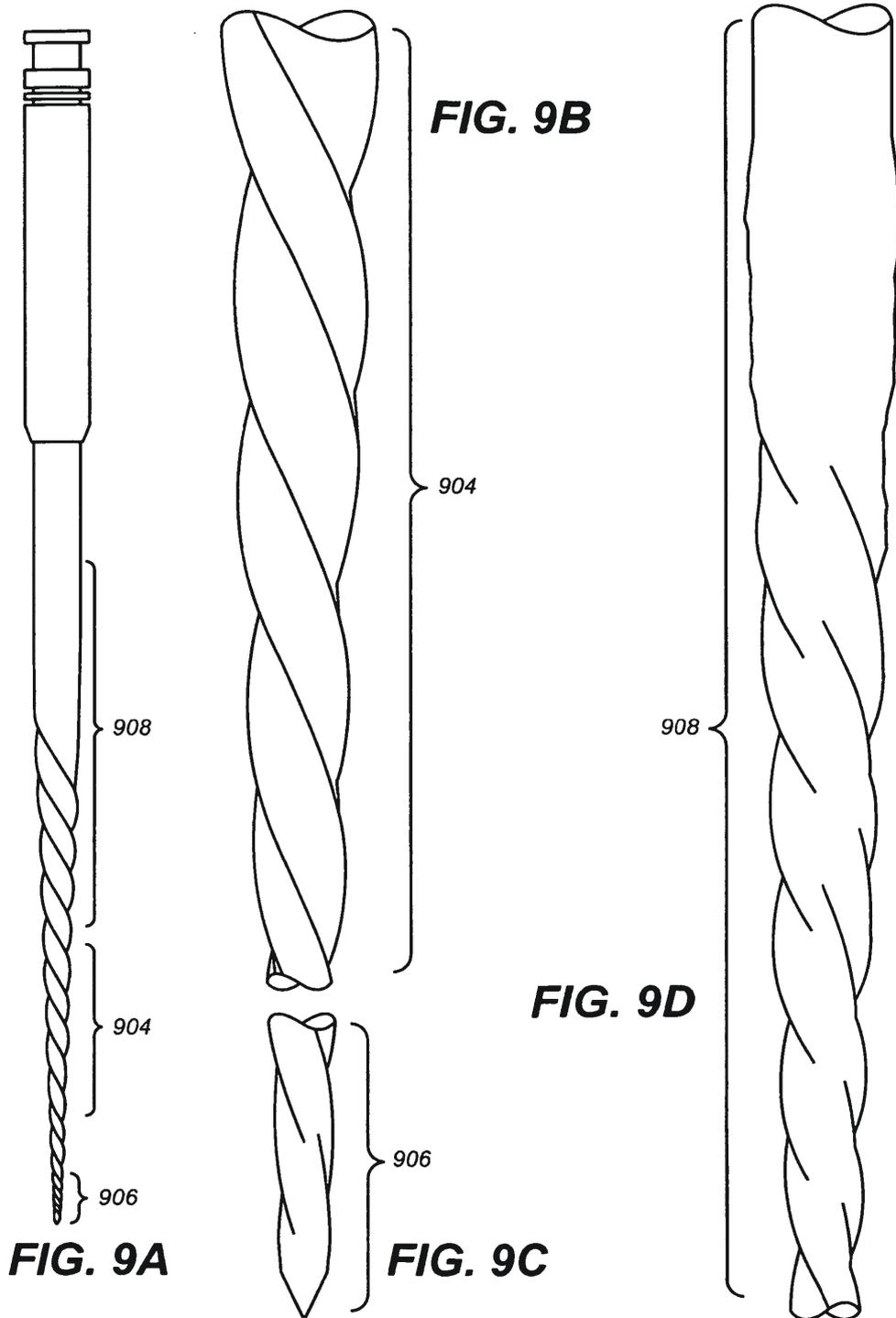


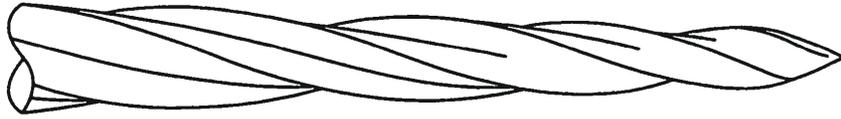


**FIG. 8A**

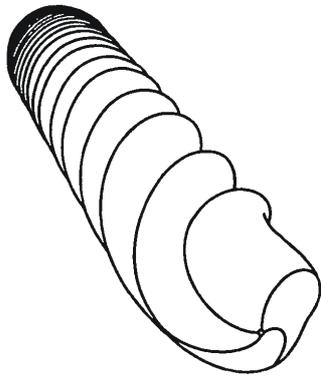


**FIG. 8B**

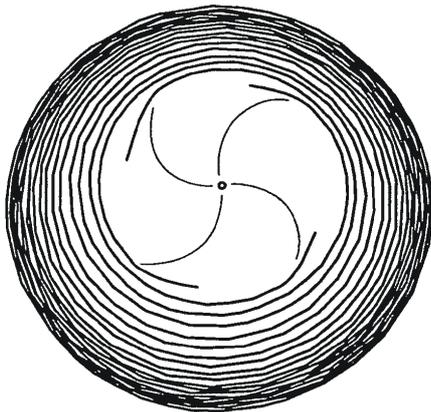




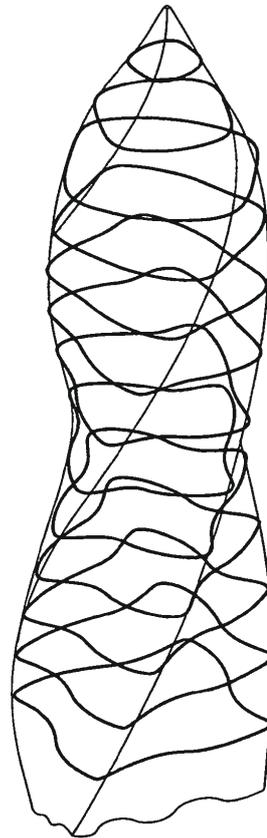
**FIG. 9E**



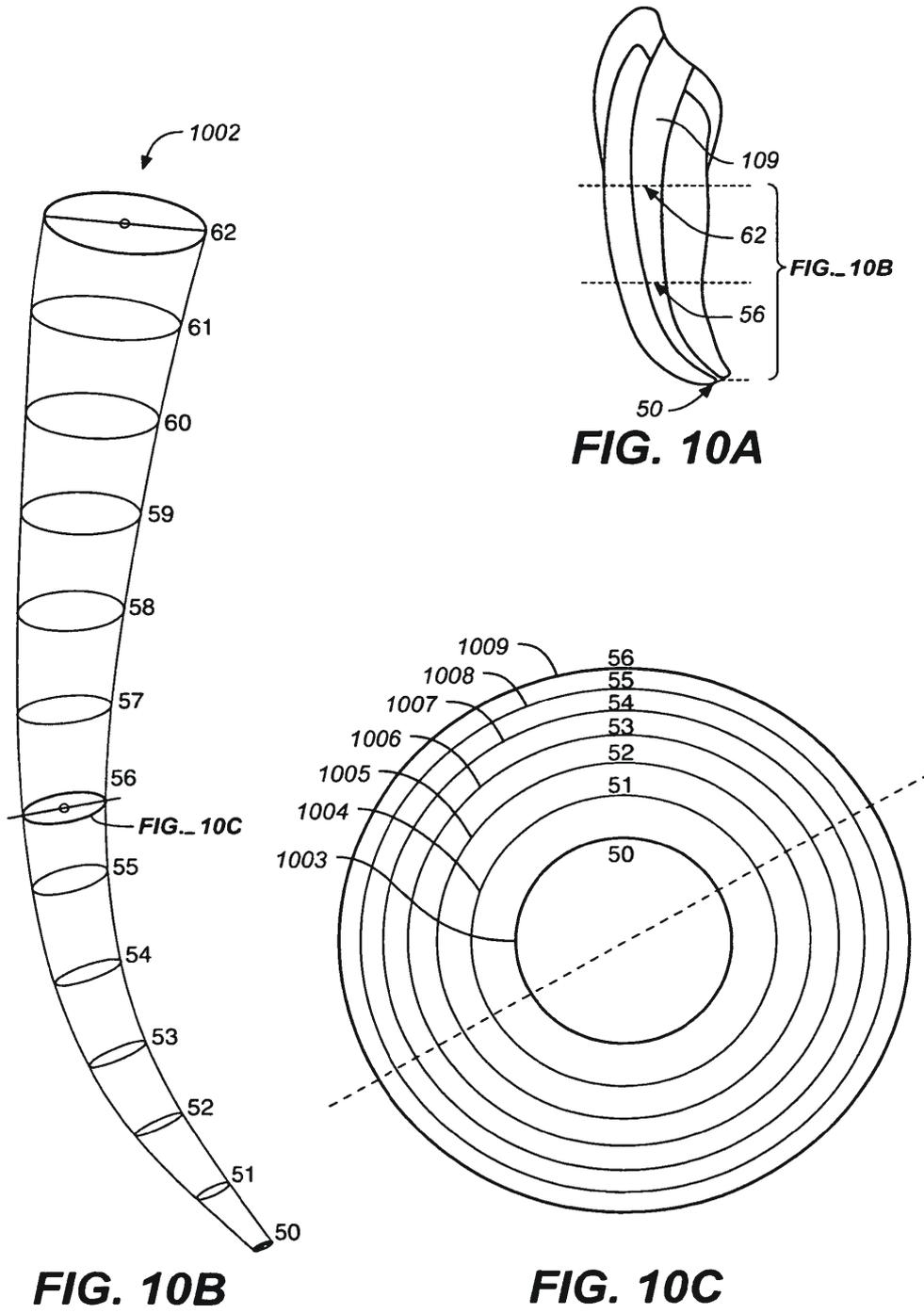
**FIG. 9F**

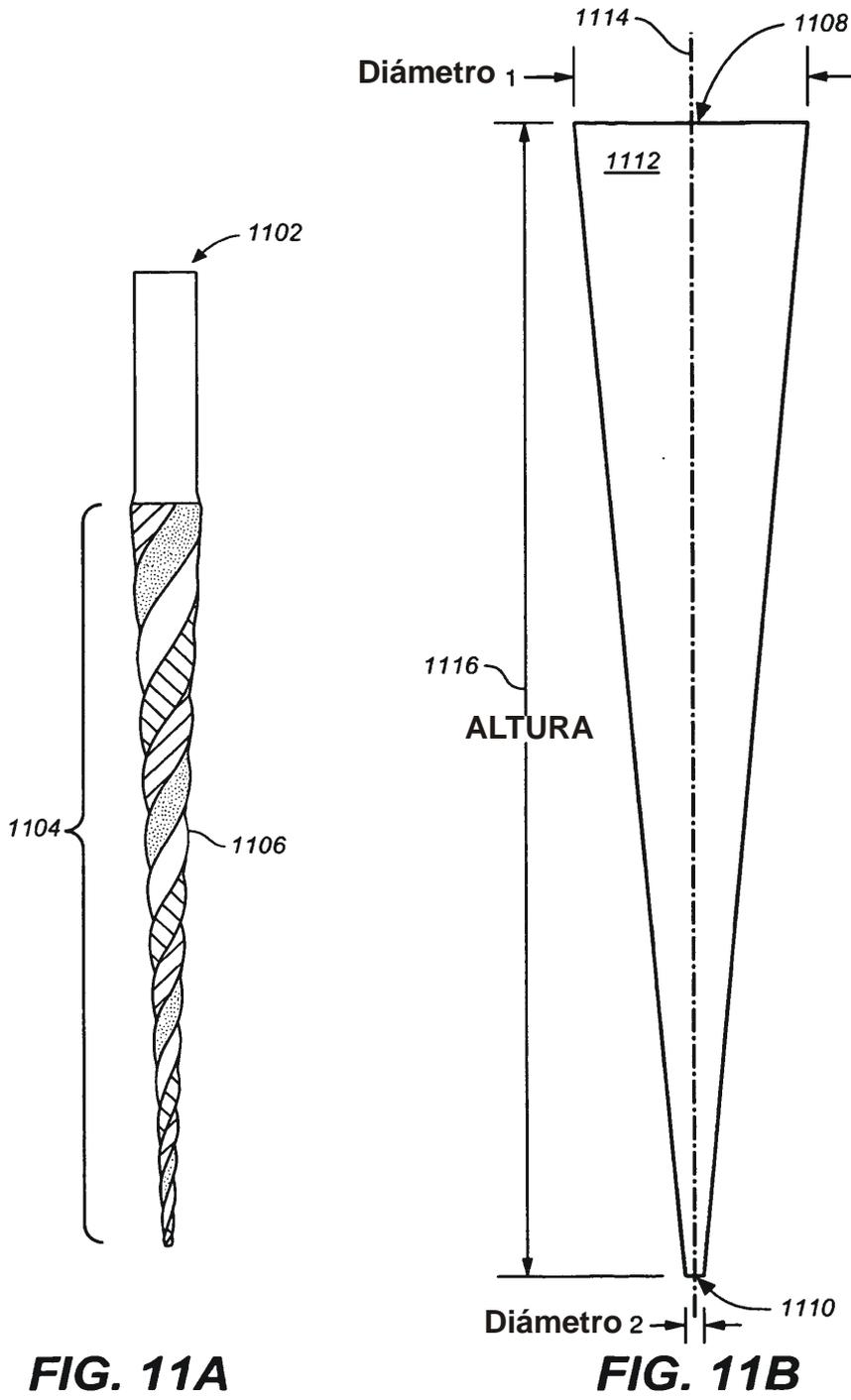


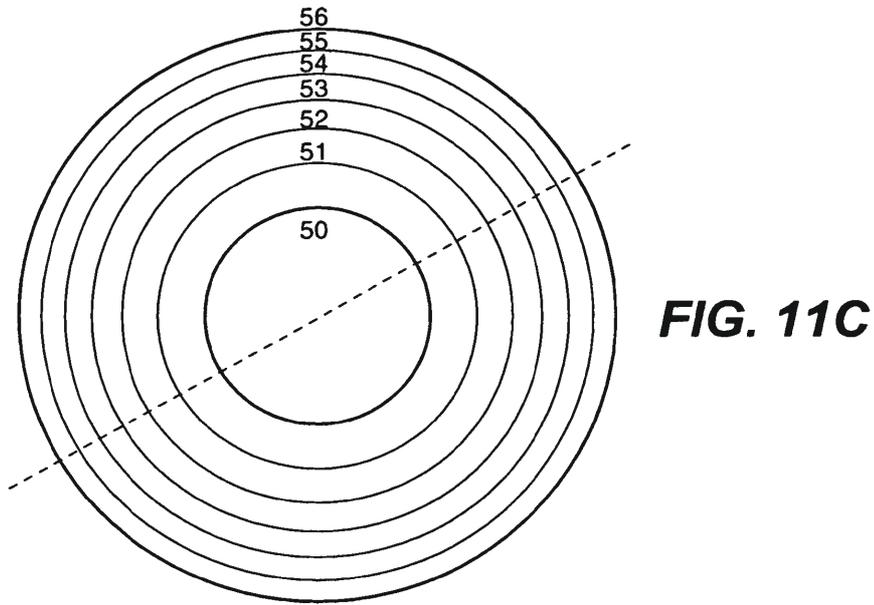
**FIG. 9G**



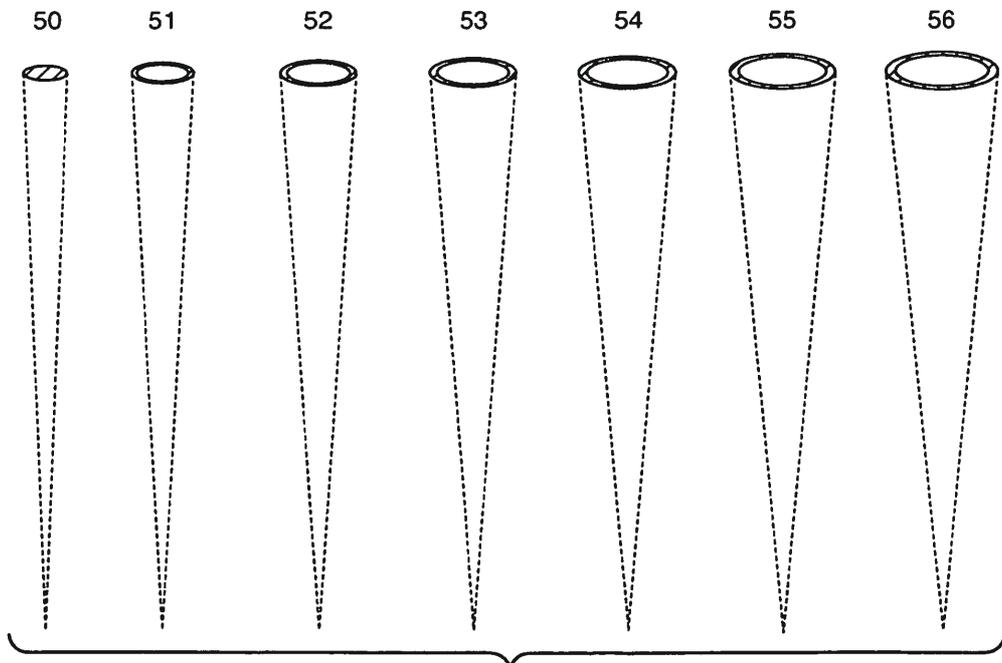
**FIG. 9H**



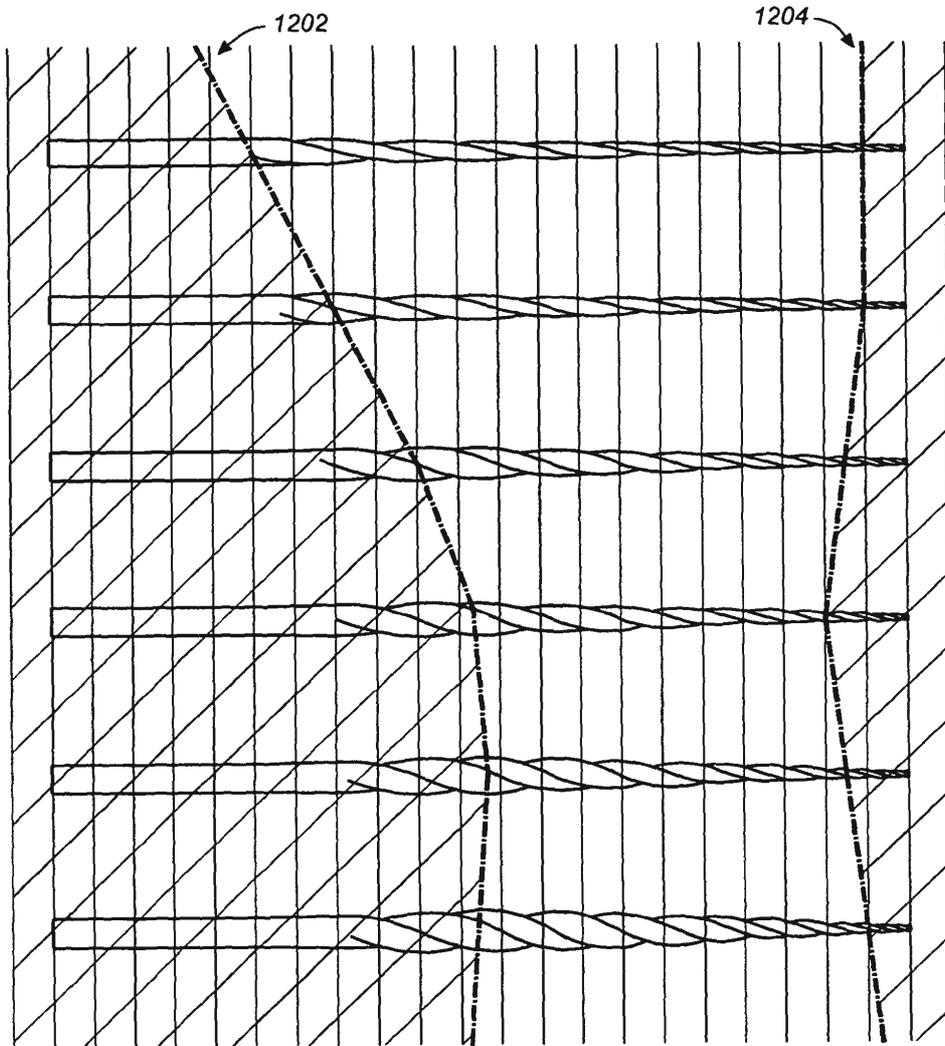




**FIG. 11C**

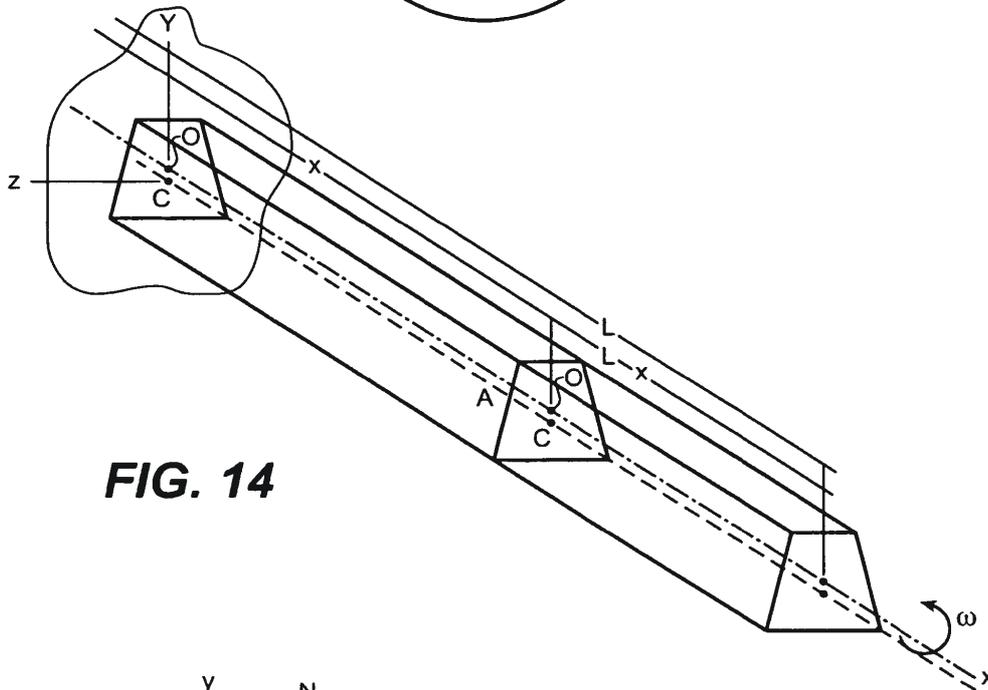
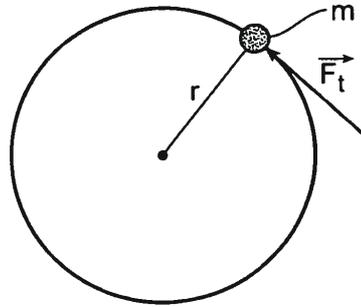


**FIG. 11D**

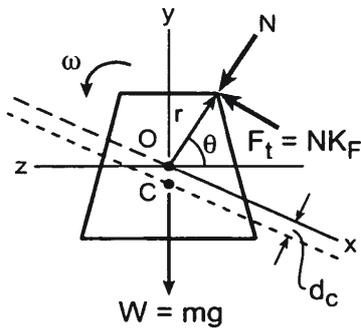


**FIG. 12**

**FIG. 13**

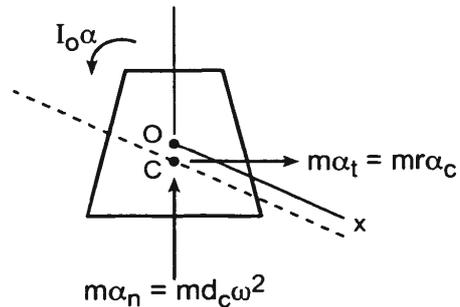


**FIG. 14**



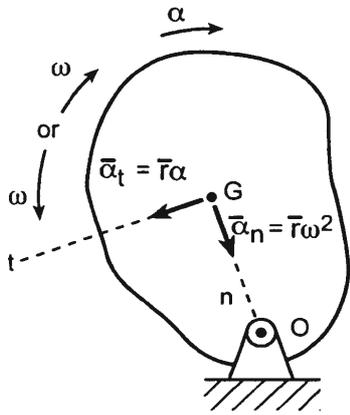
Cuerpo Libre

**FIG. 15A**

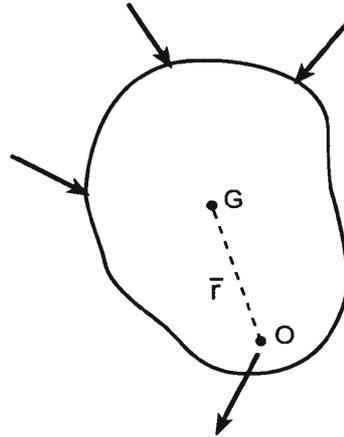


Cinético

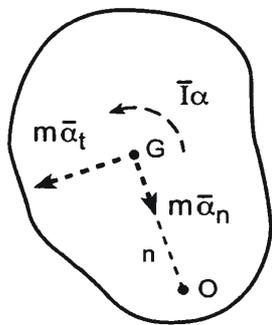
**FIG. 15B**



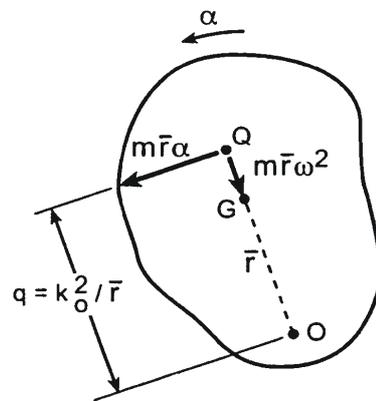
**FIG. 16A**



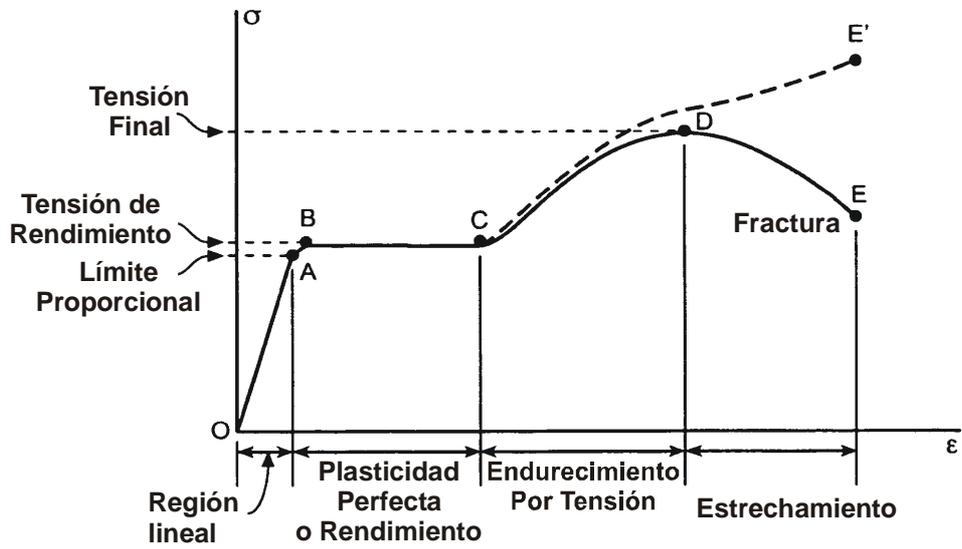
**FIG. 16B**



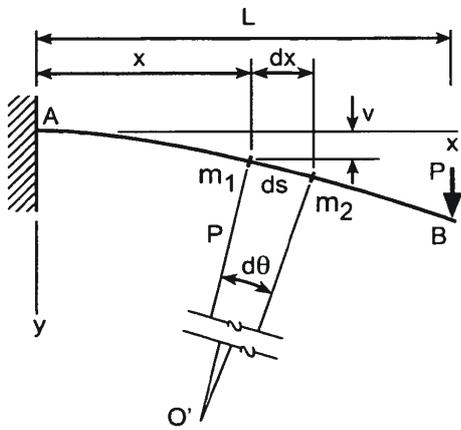
**FIG. 16C**



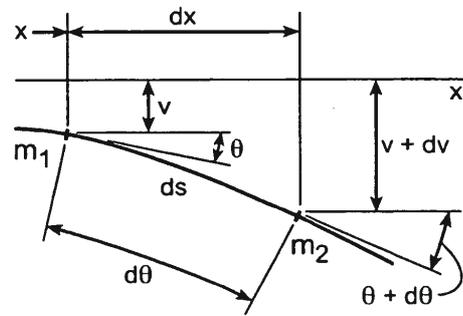
**FIG. 16D**



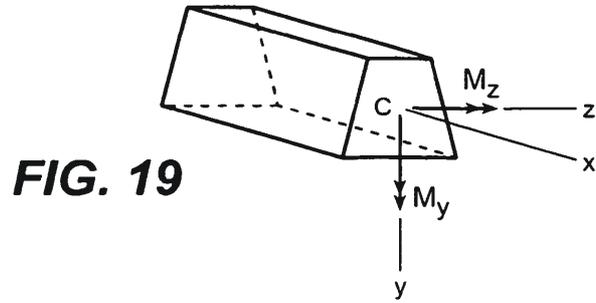
**FIG. 17**



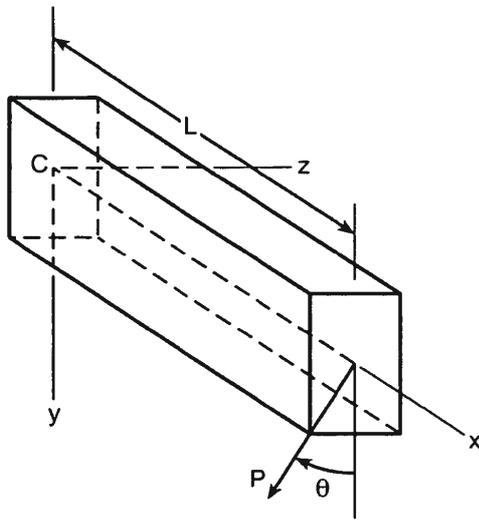
**FIG. 18A**



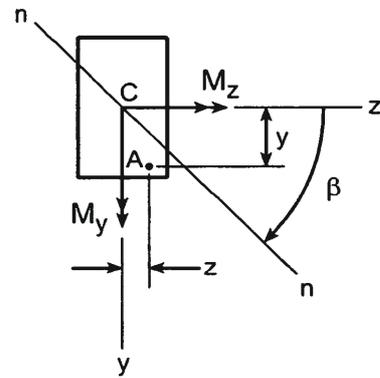
**FIG. 18B**



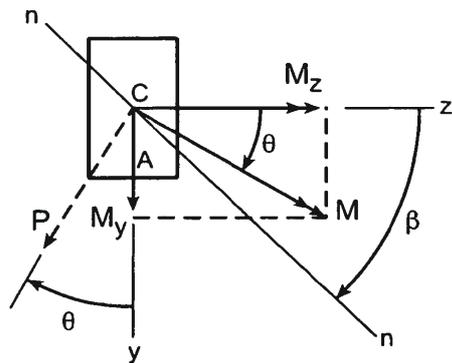
**FIG. 19**



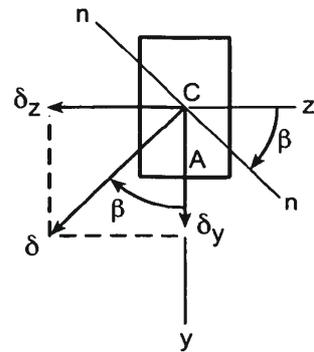
**FIG. 20A**



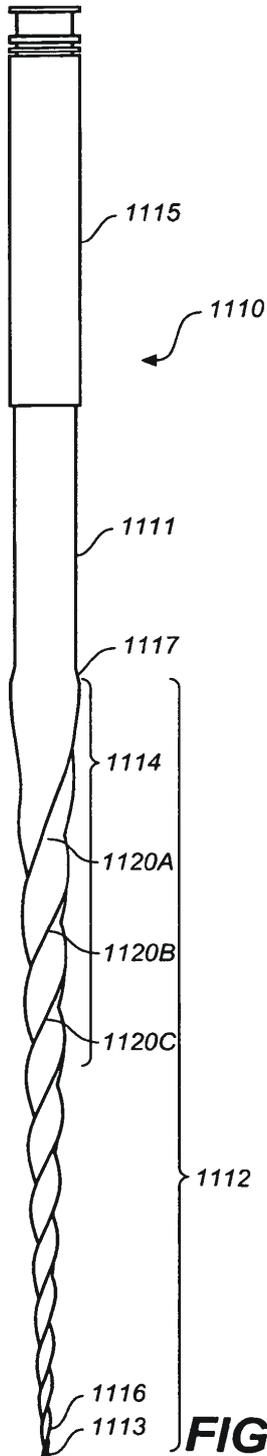
**FIG. 20B**



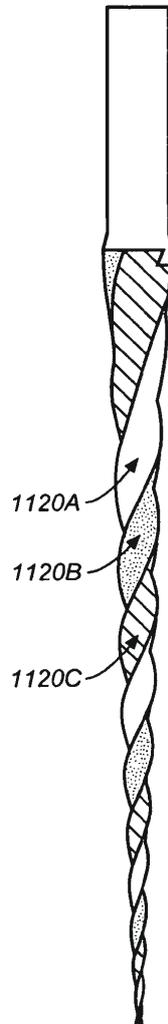
**FIG. 20C**



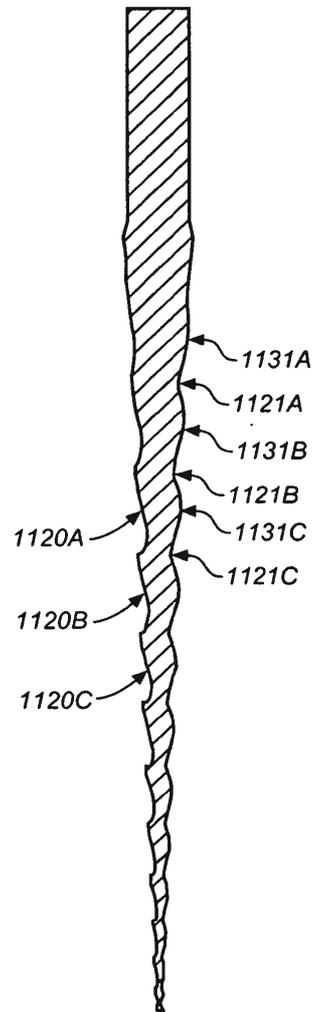
**FIG. 20D**



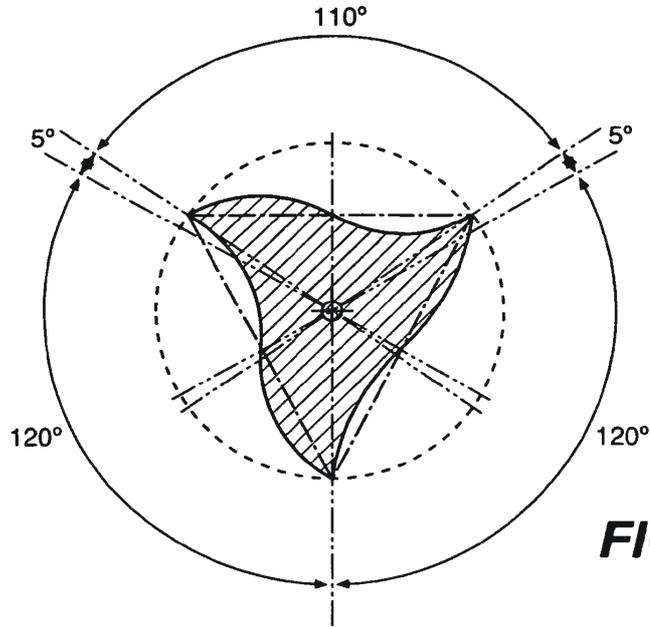
**FIG. 21A**



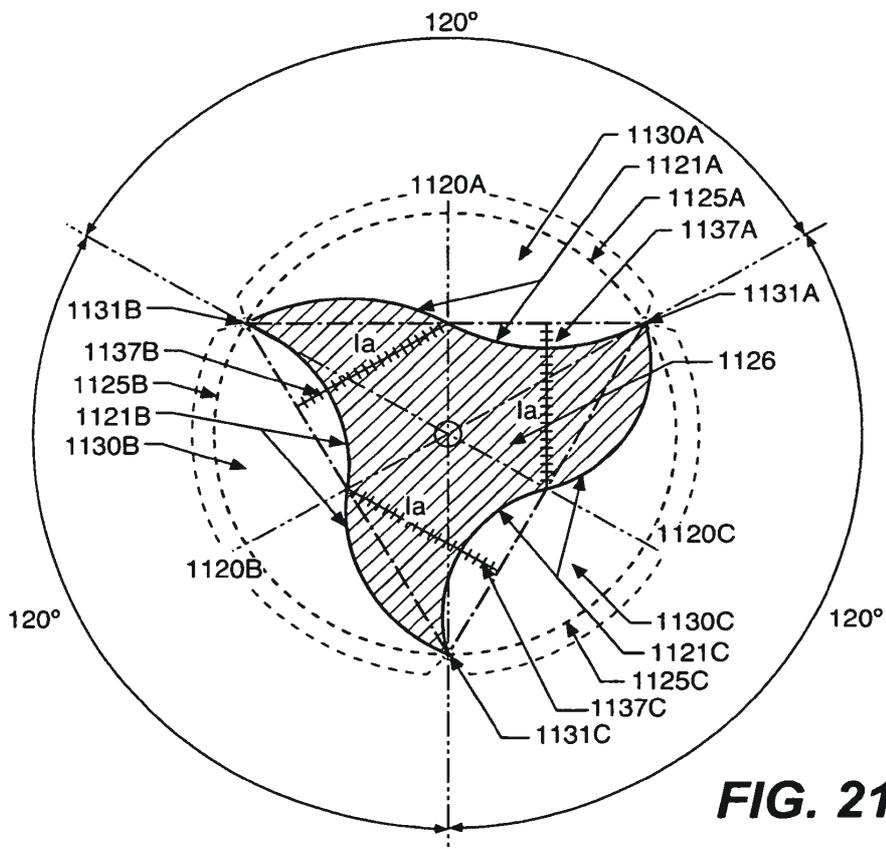
**FIG. 21B**



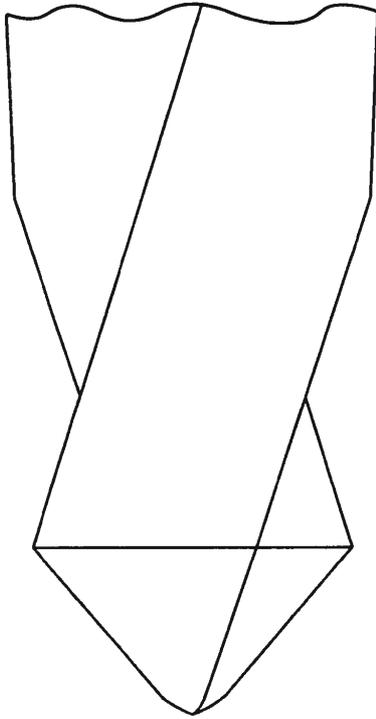
**FIG. 21C**



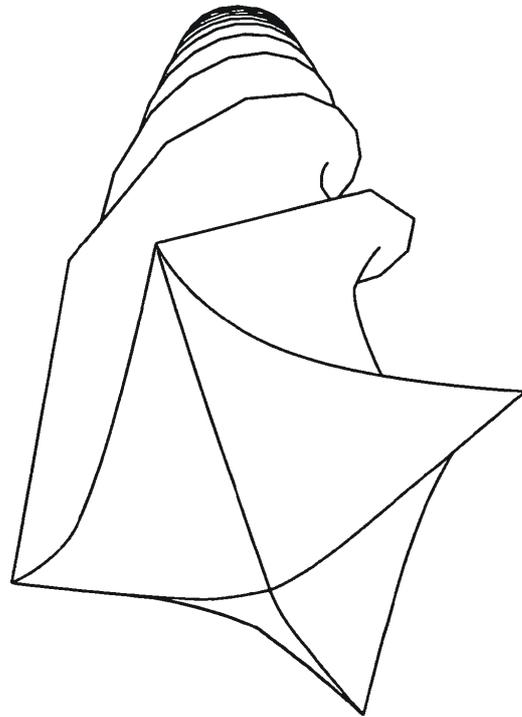
**FIG. 21D**



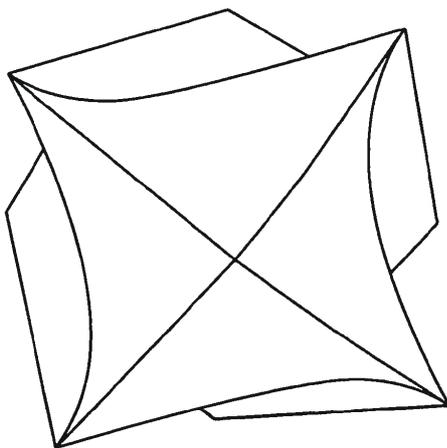
**FIG. 21E**



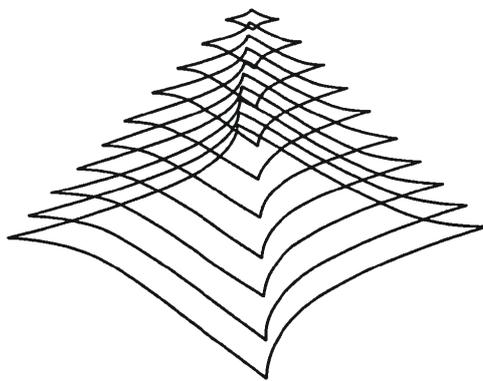
**FIG. 22A**



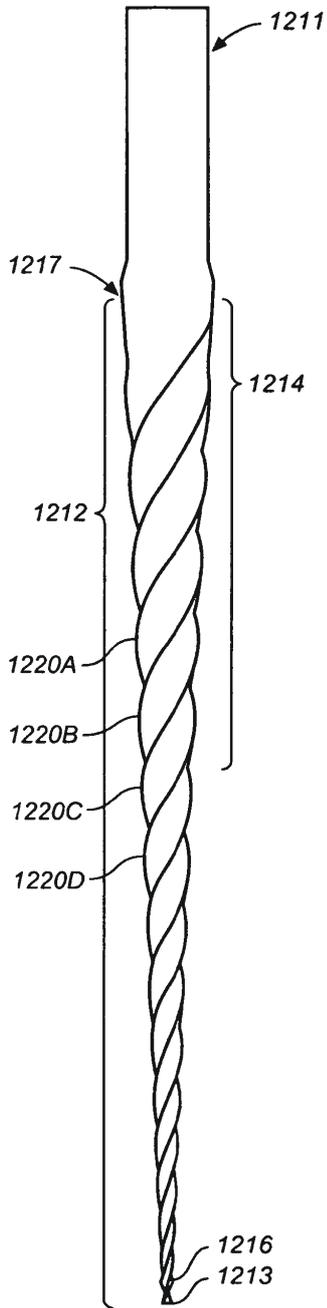
**FIG. 22D**



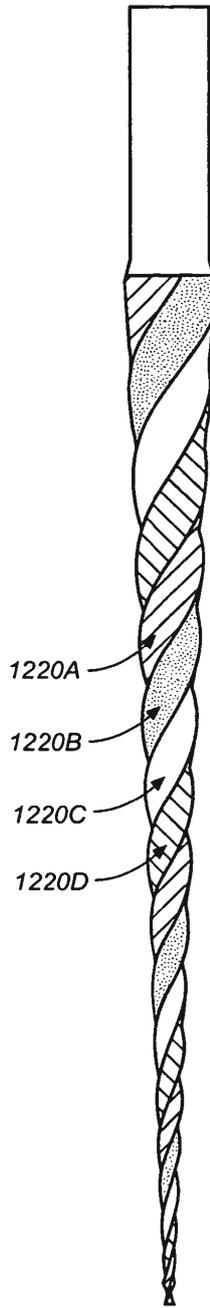
**FIG. 22B**



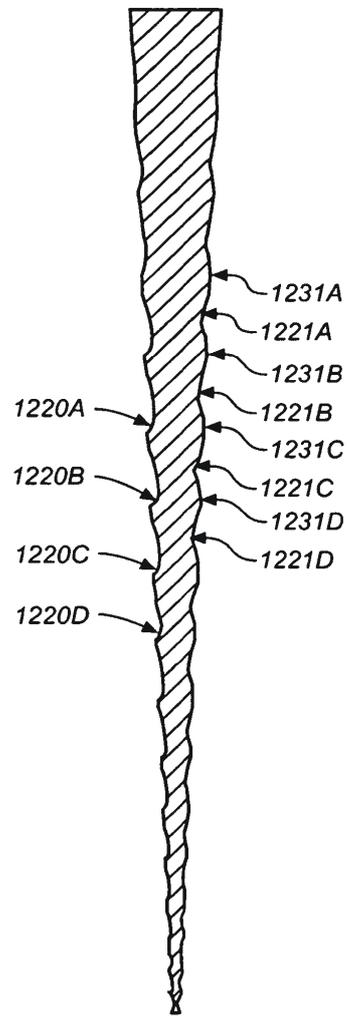
**FIG. 22C**



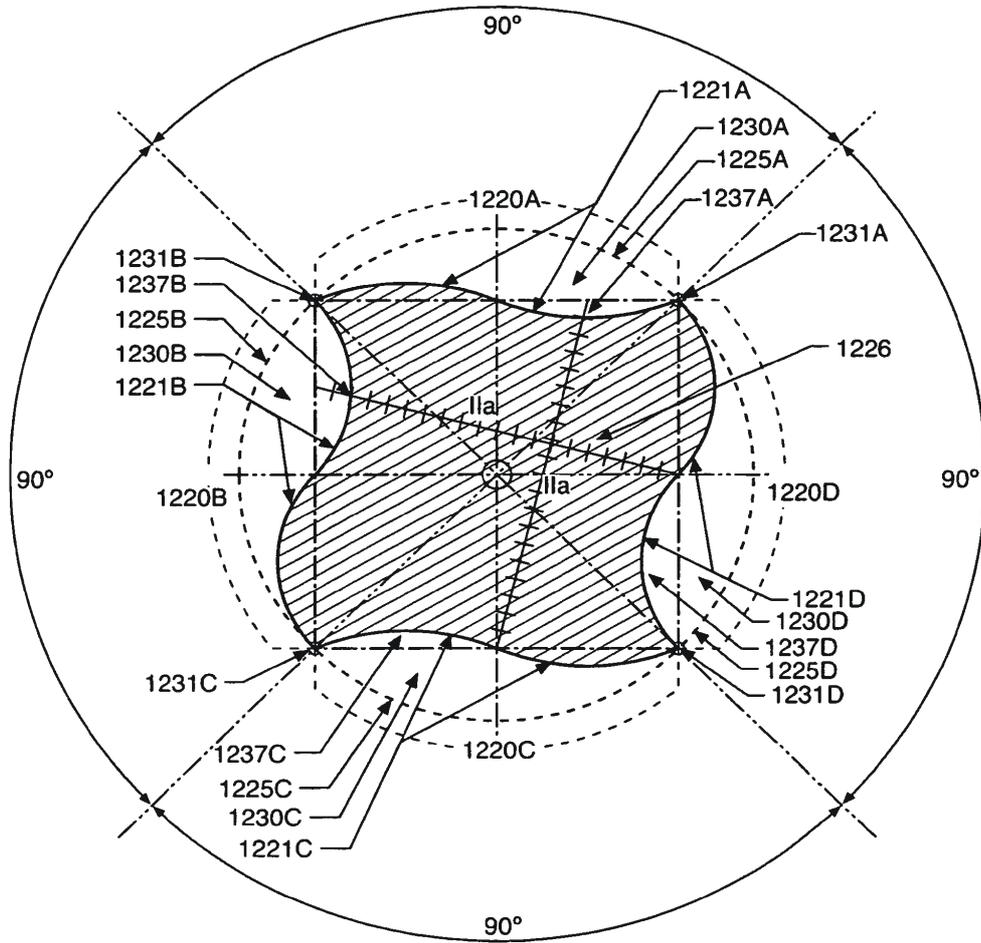
**FIG. 23A**



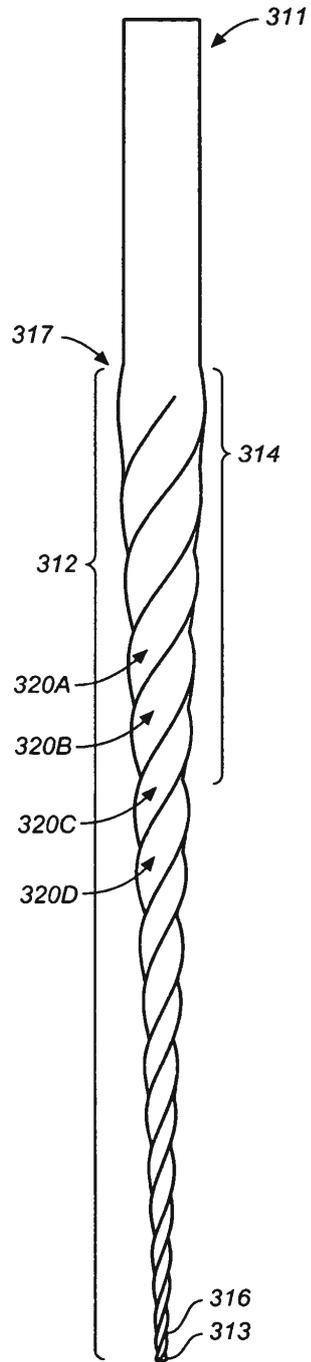
**FIG. 23B**



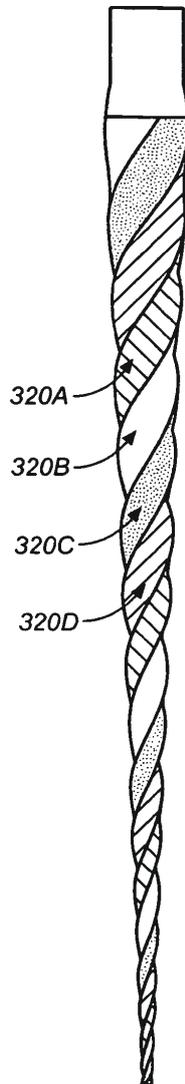
**FIG. 23C**



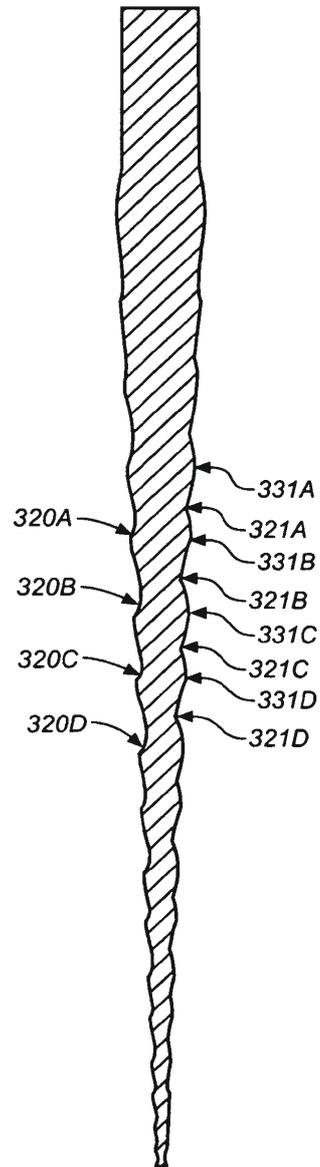
**FIG. 23D**



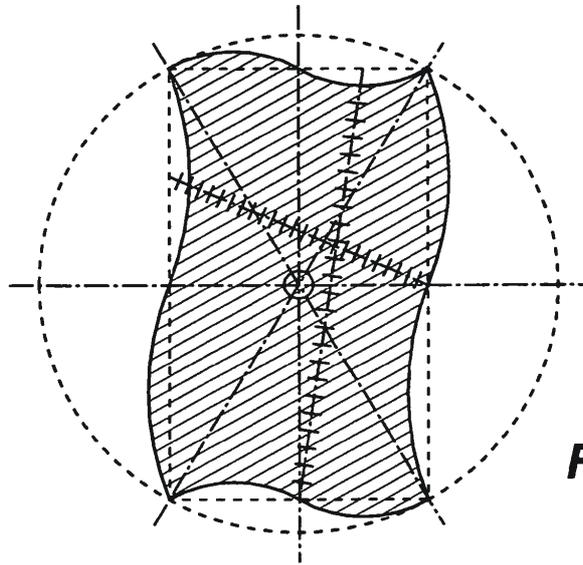
**FIG. 24A**



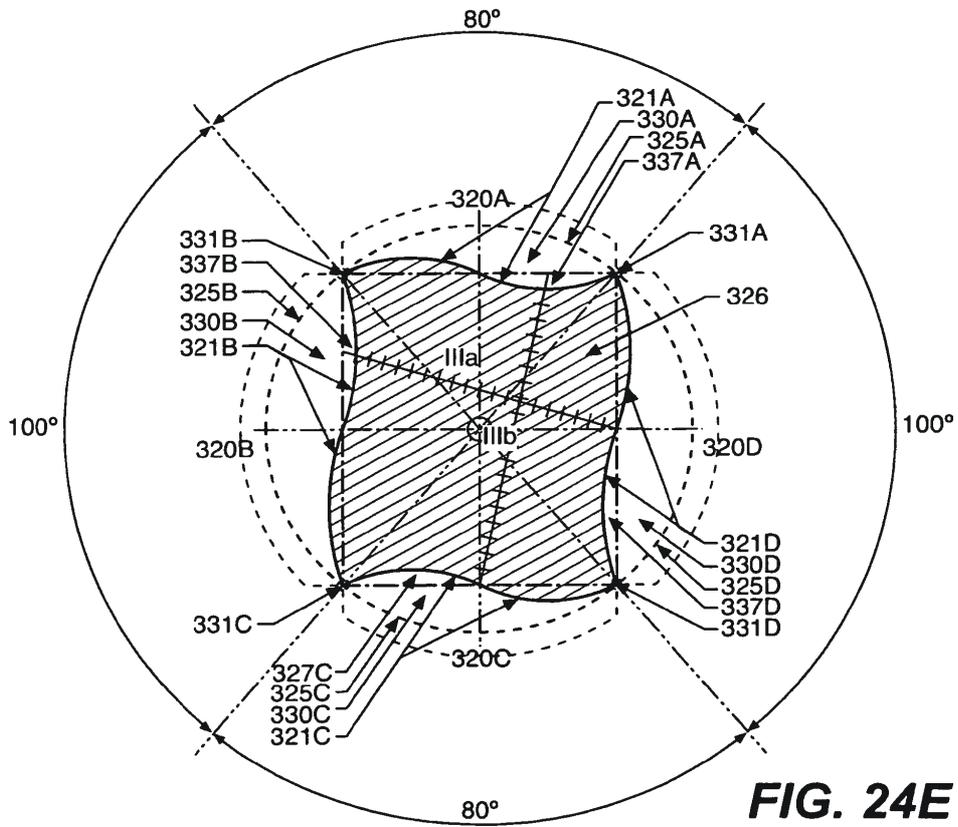
**FIG. 24B**



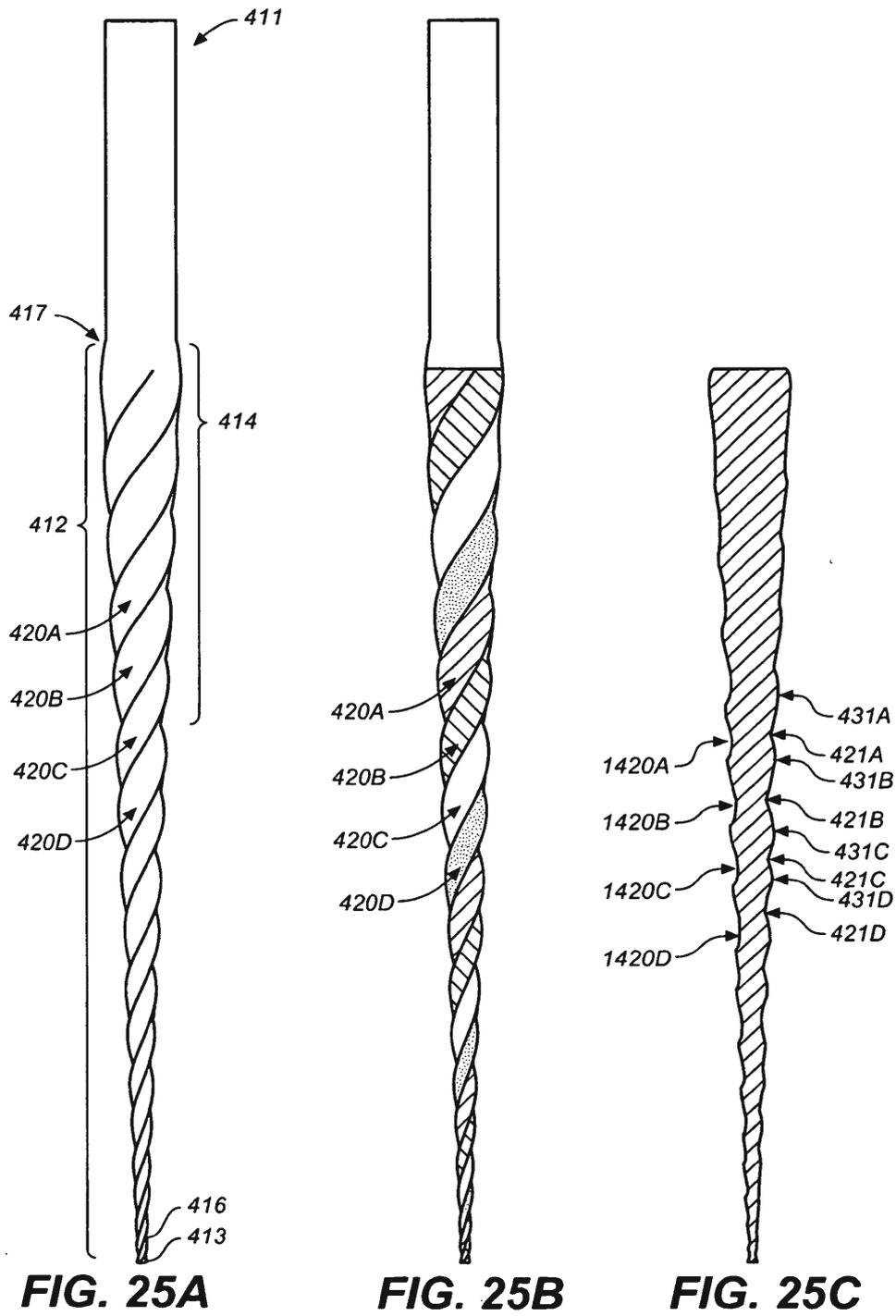
**FIG. 24C**

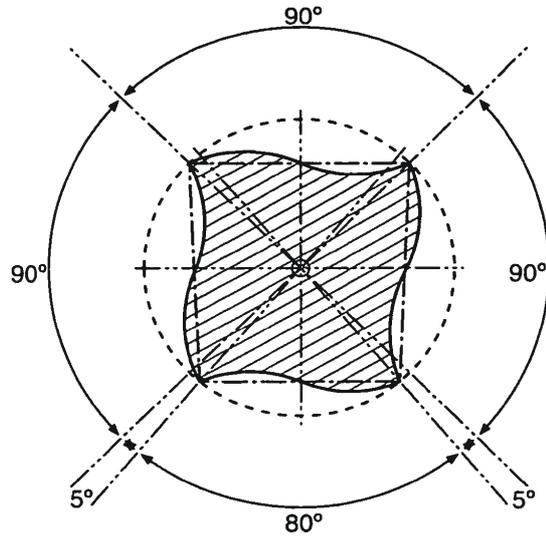


**FIG. 24D**

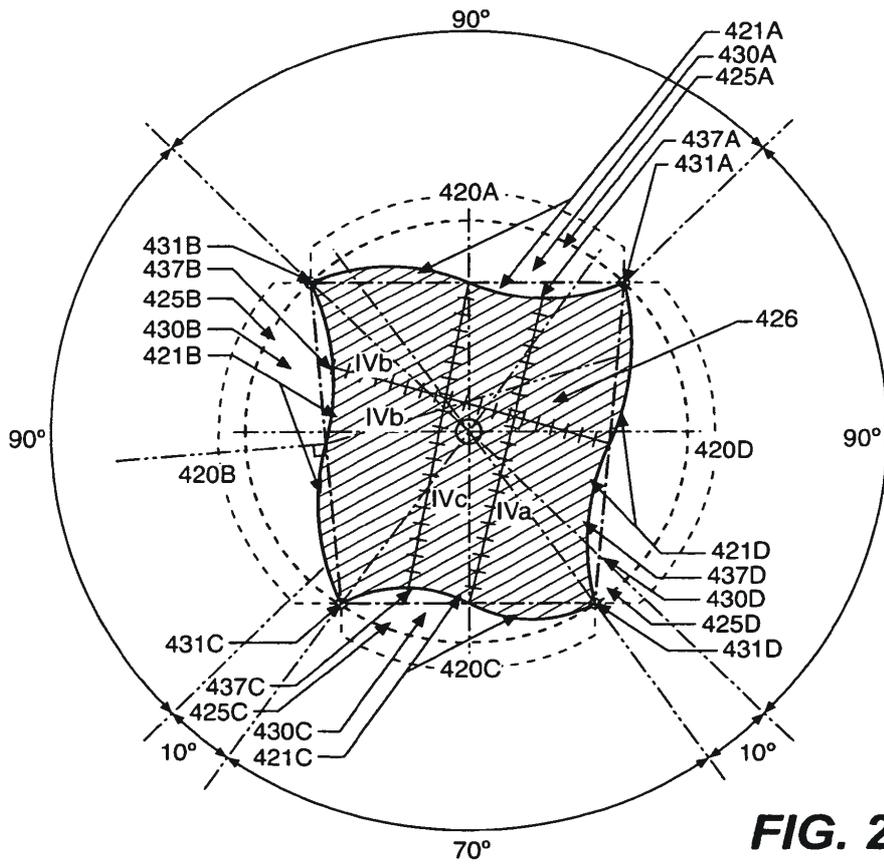


**FIG. 24E**

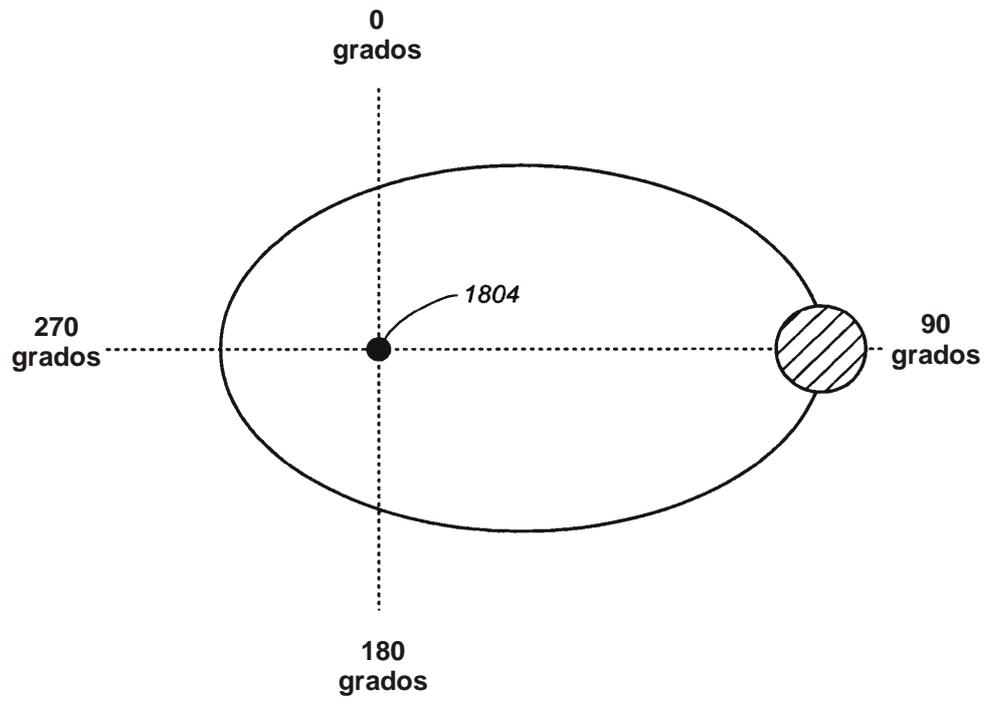




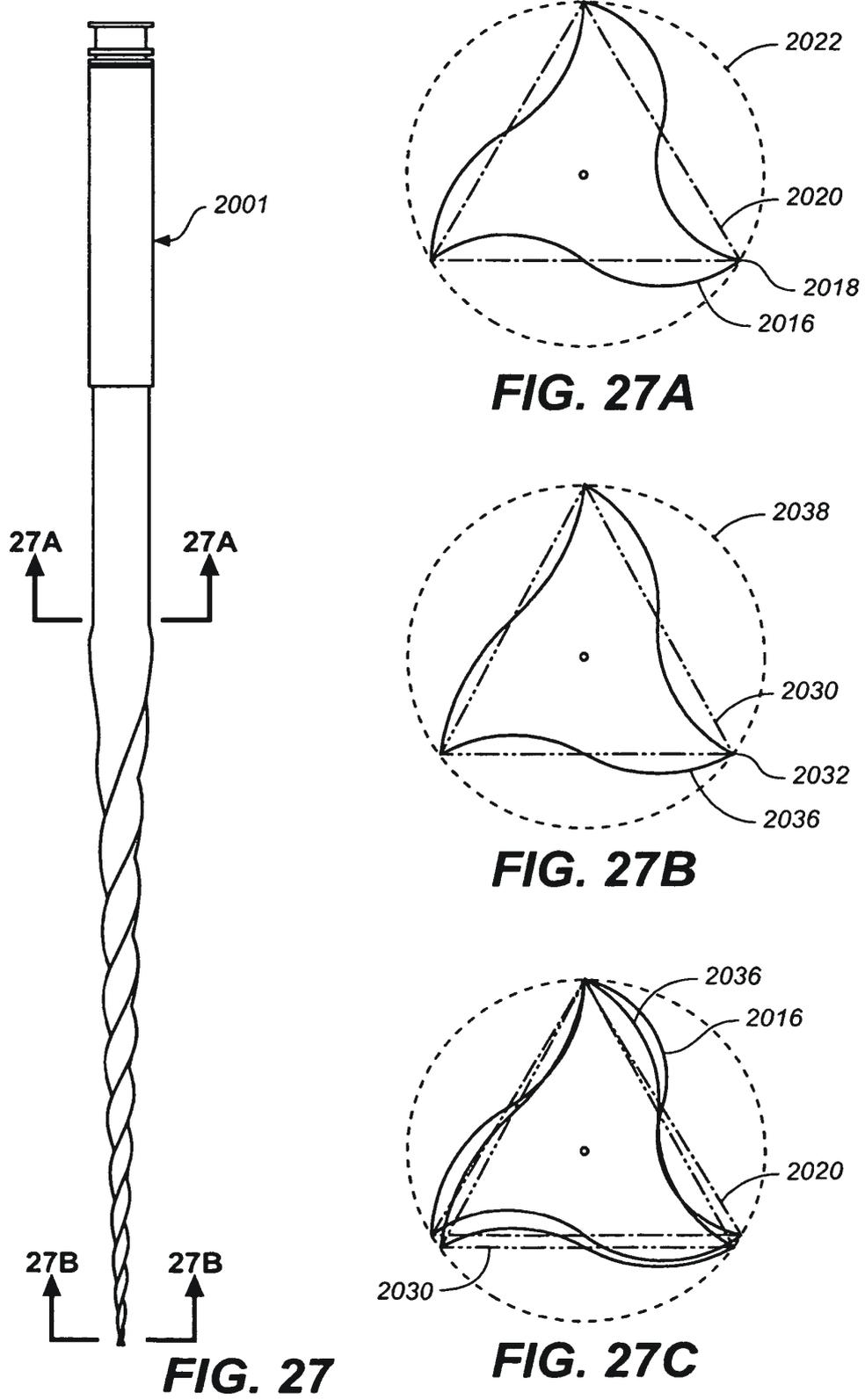
**FIG. 25D**

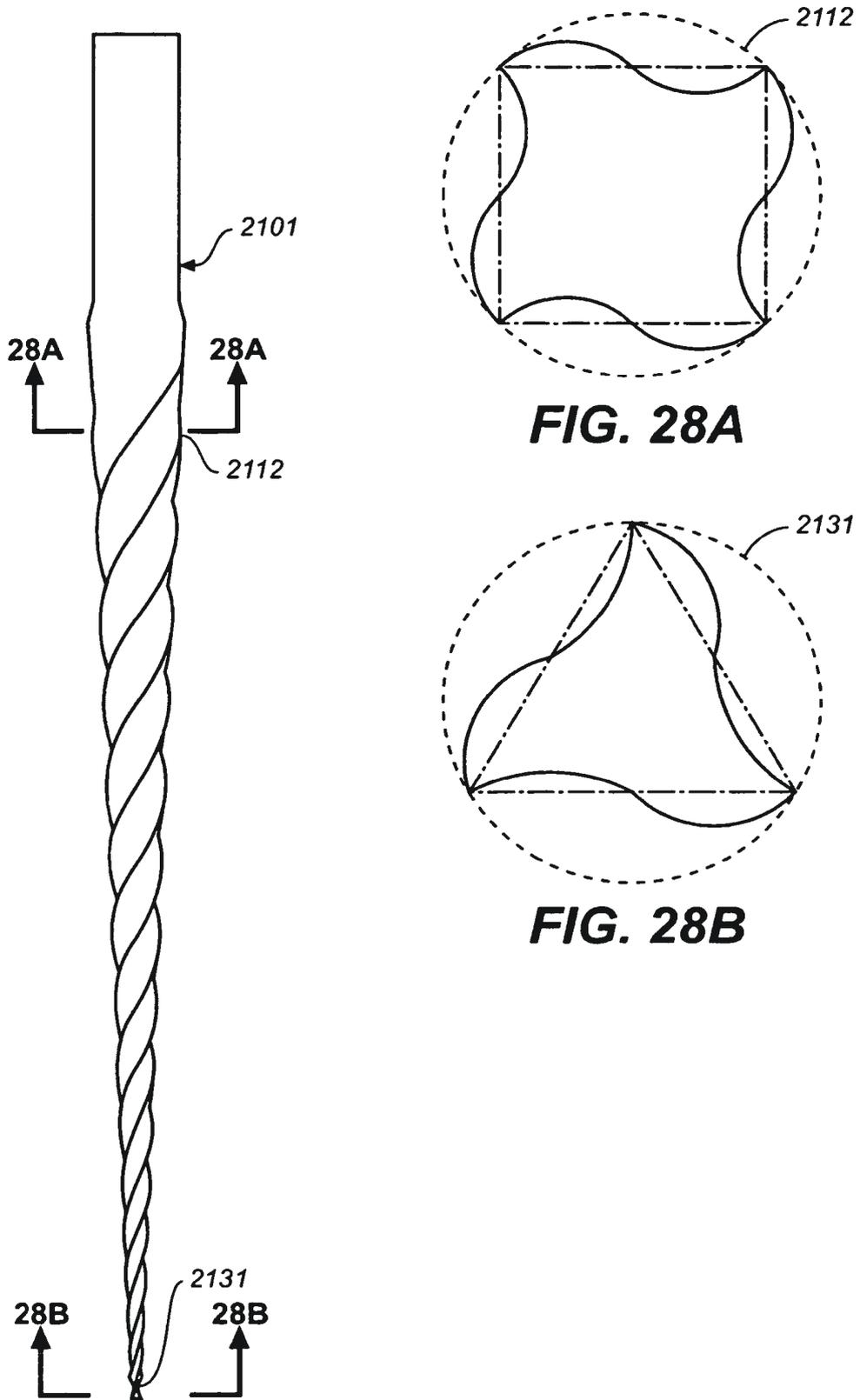


**FIG. 25E**



**FIG. 26**

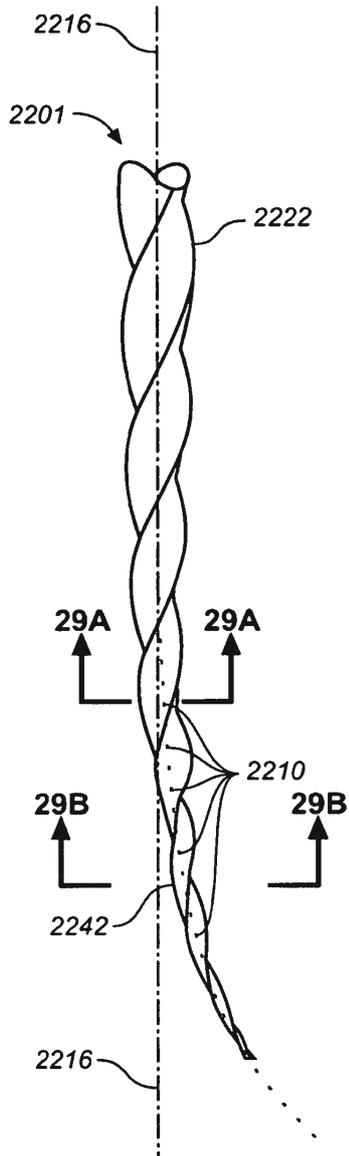




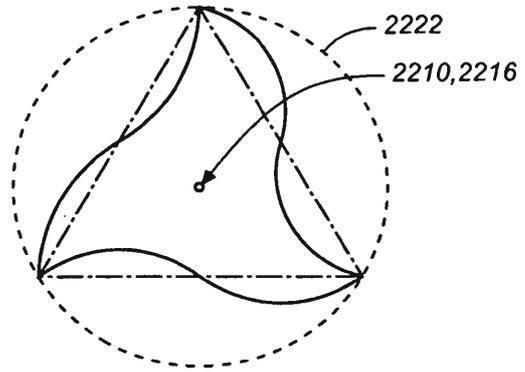
**FIG. 28A**

**FIG. 28B**

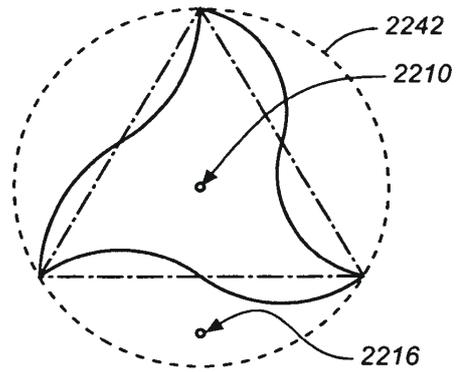
**FIG. 28**



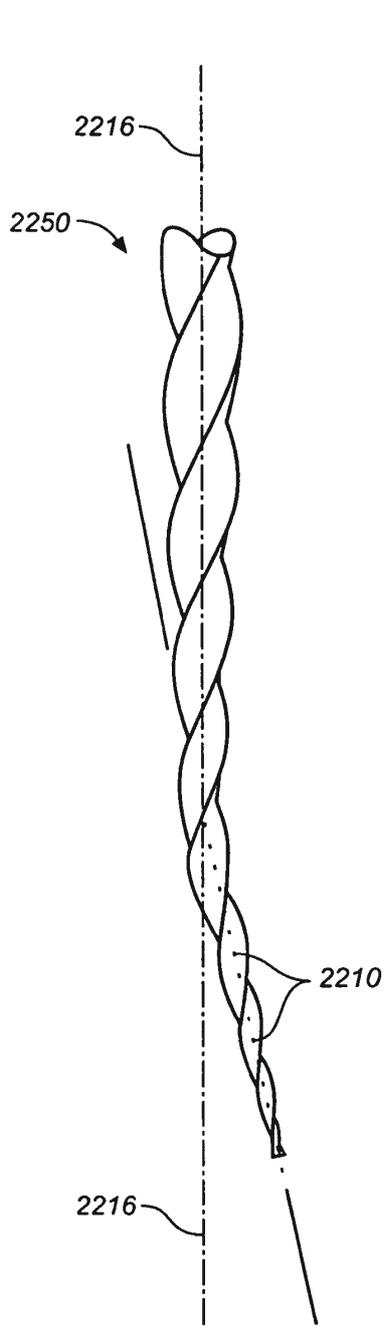
**FIG. 29**



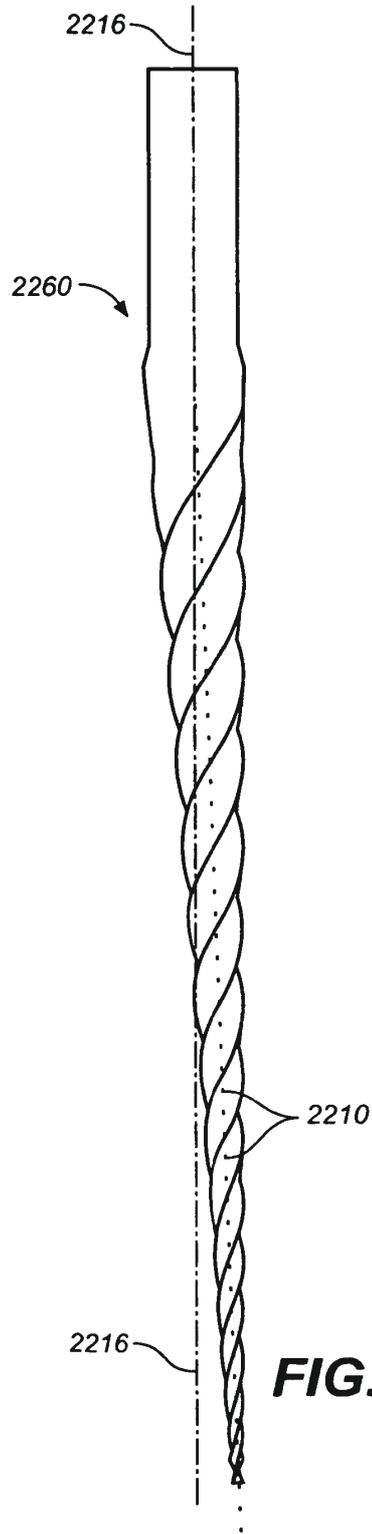
**FIG. 29A**



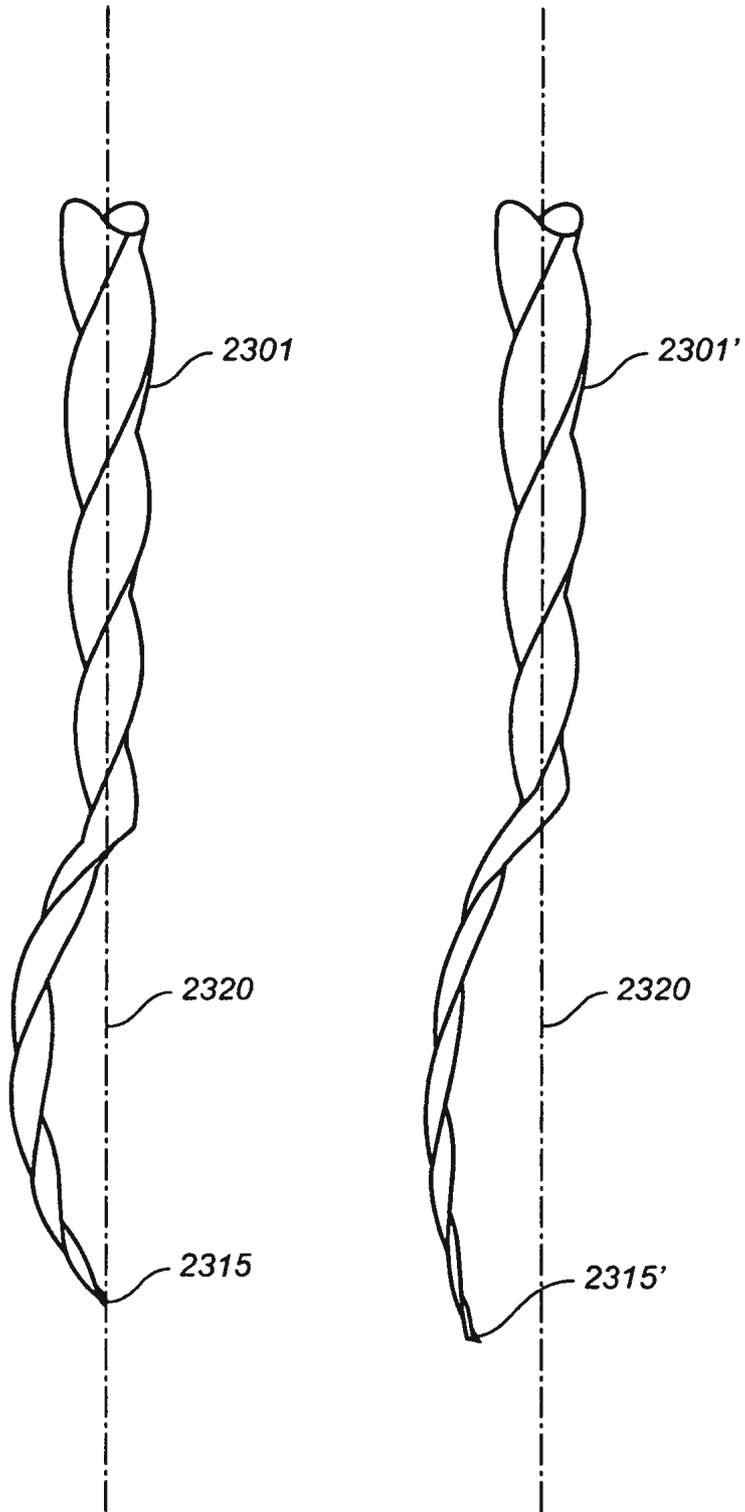
**FIG. 29B**



**FIG. 29C**

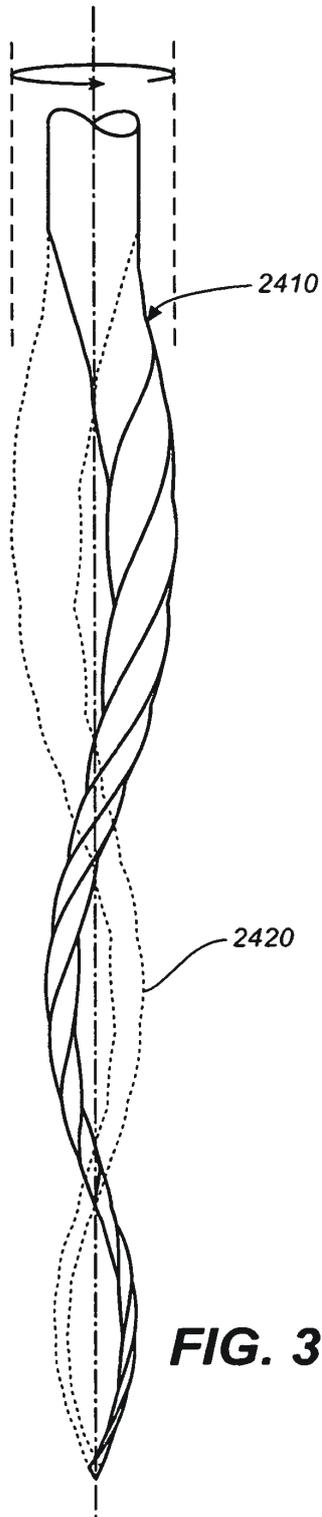


**FIG. 29D**

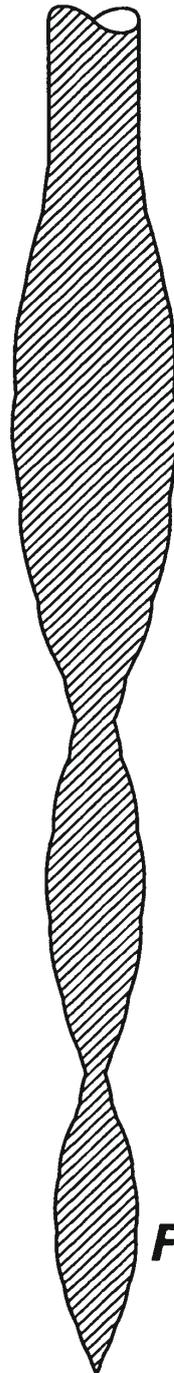


**FIG. 30A**

**FIG. 30B**



**FIG. 31A**



**FIG. 31B**

