

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 976 139**

51 Int. Cl.:

H01R 4/66 (2006.01)

H02G 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2018 PCT/US2018/019078**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.09.2018 WO18160417**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2018 E 18761946 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2024 EP 3590155**

54 Título: **Sistemas eléctricos de puesta a tierra**

30 Prioridad:

03.03.2017 US 201762466687 P
11.12.2017 US 201715838154

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.07.2024

73 Titular/es:

GLXT HOLDINGS, LLC (100.0%)
249 Sagehouse Point
Blue Ridge, Georgia 30513-3369, US

72 Inventor/es:

LABARGE, THOMAS EVAN;
WYSONG, GORDON y
BELK, JOHN H.

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 976 139 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

Sistemas eléctricos de puesta a tierra

5 Campo técnico

Esta descripción se refiere a sistemas eléctricos de puesta a tierra. Más específicamente, esta descripción se refiere a mejoras en sistemas que emplean electrodos de tierra.

10 Antecedentes

Una "tierra" es una conexión eléctrica entre un circuito o equipo y la tierra o un cuerpo conductor grande que sirve en lugar de la tierra. "Puesta a tierra" un sistema eléctrico es instalar una conexión a tierra en el sistema eléctrico. La devolución segura de la corriente errante (también conocida como "corriente de falla") a la tierra sin dañar la vida o los dispositivos es una preocupación importante para las empresas, servicios públicos y propietarios de viviendas. Cuando falla un terreno, se pueden destruir activos valiosos y las personas pueden resultar heridas o muertas. En los Estados Unidos, el Código Eléctrico Nacional (NEC) requiere una conexión a tierra de protección para evitar la acumulación de tensión debido a un rayo, un cortocircuito en un circuito o una falla en el aislamiento que de otro modo causaría una descarga eléctrica, lesiones o la muerte. En un entorno industrial, la ausencia de un trayecto de conexión a tierra de muy baja resistencia puede causar una acumulación de electricidad estática que, a su vez, puede introducir ruido en los circuitos de comunicación y transmisión y puede representar un peligro al manipular materiales inflamables. Las conexiones a tierra protegen los equipos o sistemas eléctricos de alcanzar tensiones excesivas al proporcionar una ruta alternativa para que la corriente viaje (distinta a través de un circuito eléctrico en el equipo). La puesta a tierra también es valiosa para prevenir riesgos de choque eléctrico. Un cable neutro que conecta el equipo eléctrico a un sistema de tierra de una estructura evita el desarrollo de grandes diferencias de tensión entre la línea neutra y una línea de tierra que va desde el pin de tierra de un enchufe hasta el chasis del equipo. El documento WO 2014/133234 describe un electrodo de tierra conductor de alta sensibilidad.

Las varillas de tierra, también conocidas como electrodos de tierra, son mecanismos típicos para establecer una conexión a tierra con la tierra. Barras construidas de cobre o hierro, cada una que tiene una longitud típica de 2,4 m (8 pies), se introducen en el suelo y luego se conectan eléctricamente a una fuente de corriente que se busca poner a tierra (fuente de corriente de falla). Tales varillas no pueden ser utilizadas en todos los tipos de terreno porque en algunas áreas, la profundidad del suelo es mucho menor a 2,4 m (8 pies), por lo que en dichas áreas se utilizan rejillas de puesta a tierra horizontales (que comprenden varillas de tierra enterradas horizontalmente) para cubrir grandes áreas. Las rejillas de puesta a tierra son menos confiables que las varillas de tierra porque cuando un elemento de puesta a tierra, como una red o una varilla, se entierra horizontalmente, casi la mitad de la capacidad de puesta a tierra se desperdicia, ya que el área superficial del elemento que mira hacia arriba en el suelo solo podrá afectar la conductividad de la poca tierra que está por encima del elemento enterrado. Otro inconveniente de los sistemas existentes se refiere a las variaciones en la humedad del suelo. Las varillas de tierra típicamente necesitan interactuar con cierta humedad para ser efectivas. Sin embargo, algunos suelos pueden encontrarse en ambientes o áreas que experimentan sequías, y en esos casos, las varillas de tierra generalmente no pueden funcionar como se pretende. Además, los diferentes sitios tienen diferentes composiciones, así como diferentes profundidades de suelo. Por ejemplo, el suelo cerca de una costa puede tener agua salobre en él, lo cual puede conducir corriente con una resistencia muy baja (entre uno y dos ohmios), mientras que a solo alrededor de 16 km (10 millas) tierra adentro, el suelo a menudo carece de agua salobre y la resistencia puede aumentar radicalmente hasta varios cientos de ohmios. Tales condiciones diferentes han provocado frecuentemente que cada instalación de un sistema de puesta a tierra sea diseñada específicamente para cada sitio, con poca o ninguna uniformidad entre las instalaciones en diferentes sitios.

50 Resumen

La invención está definida en las reivindicaciones independientes. Otros aspectos y modalidades preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes. Cualquier aspecto, modalidad y ejemplo de la presente descripción que no esté comprendido dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas no forma parte de la invención y se proporciona únicamente con fines ilustrativos. Se entiende que este resumen no es una descripción exhaustiva de la divulgación. Este resumen es ilustrativo y no restrictivo, y no tiene la intención de identificar elementos clave o críticos de la descripción ni delimitar su alcance. El único propósito de este resumen es explicar y ejemplificar ciertos conceptos de la descripción como una introducción a la siguiente descripción completa y detallada.

En un aspecto de la presente descripción, se define un sistema eléctrico de puesta a tierra en la reivindicación 1 adjunta. La columna eléctricamente conductora tiene una superficie exterior, una sección transversal de la columna eléctricamente conductora que define un perímetro de la superficie exterior, y la capa de fibra de carbono puede rodear el perímetro. El sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un tubo de reposición de sal configurado para su fijación a un miembro de tierra, el tubo de reposición de sal tiene una pared de tubo que define una superficie interior y una superficie exterior, la superficie interior de la pared del tubo define una cámara de tubo, en donde la pared del tubo define un orificio de drenaje que se extiende desde la superficie exterior de la pared del

tubo, a través de la pared del tubo y hacia la cámara del tubo. La sal electrolítica se puede disponer dentro de la cámara del tubo, en donde el orificio de drenaje está configurado para proporcionar un pasaje para que la sal electrolítica, durante el uso del sistema, se filtre desde la cámara del tubo y hacia una cámara de columna al menos parcialmente definida por la columna eléctricamente conductora.

5 En otro aspecto de la presente descripción, se define en la reivindicación 8 adjunta un método para instalar un sistema eléctrico de puesta a tierra en un sitio.

10 En otro aspecto de la presente descripción, se define un kit de sistema eléctrico de puesta a tierra en la reivindicación 10 adjunta. El kit puede además comprender un conjunto de tubo de reposición de sal posicionado dentro del electrodo hueco durante el envío del kit del sistema eléctrico de puesta a tierra, el conjunto de tubo de reposición de sal comprende un tubo de reposición de sal que tiene extremos opuestos y una pared de tubo que define una superficie interior y una superficie exterior, la superficie interior define una cámara de tubo, en donde la pared del tubo define un orificio de drenaje que se extiende desde la superficie exterior de la pared del tubo, a través de la pared del tubo y hacia la cámara del tubo; sal electrolítica dispuesta dentro de la cámara del tubo; una tapa recibida en cada extremo del tubo de reposición de sal para retener la sal electrolítica dentro de la cámara del tubo; y cinta soluble en agua colocada sobre el orificio de drenaje, la cinta soluble en agua configurada para evitar la salida de la sal electrolítica fuera de la cámara del tubo a través del orificio de drenaje durante el envío; por lo tanto, el conjunto de tubo de reposición de sal está configurado de tal manera que, durante el uso del sistema eléctrico de puesta a tierra, la cinta soluble en agua se disuelve con el tiempo para permitir que la sal electrolítica se filtre desde la cámara del tubo, a través del orificio de drenaje y hacia el espacio externo al tubo de reposición de sal.

15 Las diversas implementaciones descritas en la presente descripción pueden comprender sistemas, métodos, características y ventajas adicionales, que no necesariamente se describen en la presente descripción, pero que resultarán evidentes para un experto en la técnica al examinar la siguiente descripción detallada y las figuras adjuntas. Se pretende que todos esos sistemas, métodos, características y ventajas sean incluidos dentro de la presente descripción y protegidos por las reivindicaciones adjuntas. Las características y ventajas de dichas implementaciones pueden ser realizadas y obtenidas mediante los sistemas, métodos y características particularmente señalados en las reivindicaciones adjuntas. Estas y otras características se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas, o se pueden aprender mediante la práctica de implementaciones ilustrativas como se establece a continuación.

Breve descripción de las figuras

20 Se ilustran las características y componentes de las siguientes figuras para enfatizar los principios generales de la presente descripción. Las características y componentes correspondientes en todas las figuras pueden ser designados por caracteres de referencia coincidentes para mantener la consistencia y claridad.

40 La Figura 1 es una vista en perspectiva de una red de puesta a tierra eléctrica que comprende sistemas de puesta a tierra eléctrica espaciados de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La Figura 2 es una vista superior de la instalación de ejemplo representada en la Figura 1, que muestra tres conjuntos de puesta a tierra eléctrica dispuestos en una formación triangular (delta).

45 La Figura 3 es una vista en perspectiva de un único subconjunto de electrodo parcialmente completado de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de los componentes del subconjunto de electrodo ilustrado en la Figura 3, mostrados en relación despiezada entre sí y con un rollo de tela de fibra de carbono.

La Figura 5A es una vista en perspectiva de un electrodo de sistema de puesta a tierra de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, con dos columnas eléctricamente conductoras mostradas unidas extremo a extremo.

50 La Figura 5B es un detalle transversal de la unión entre las dos columnas eléctricamente conductoras tomado del detalle 5B en la Figura 5A.

La Figura 5C es una vista en perspectiva de un electrodo de sistema de puesta a tierra de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, que ilustra una columna eléctricamente conductora continua con dos piezas de tela de fibra de carbono envueltas alrededor de diferentes partes de la columna.

55 La Figura 5D es una vista en perspectiva de un electrodo de sistema de puesta a tierra de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, construido de manera idéntica al electrodo de la Figura 5C, excepto que se agrega la característica de un orificio configurado para admitir un relleno electrolítico en una cámara de columna cuando el electrodo se instala en un sitio en una orientación horizontal.

60 La Figura 6 es una vista en perspectiva de un electrodo de sistema de puesta a tierra de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, donde se muestran dos columnas eléctricamente conductoras interconectadas por terminales de cable y miembros de cable.

Las Figuras 7A y 7B ilustran ampliaciones del tejido de fibra de carbono ilustrada en, por ejemplo, la Figura 4.

65 La Figura 8 es una vista en perspectiva de un tubo de reposición de sal y una porción superior de una varilla de tierra, ambos utilizados en un sistema eléctrico de puesta a tierra de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción, sujetados entre sí con sujetadores como bridas de plástico.

La Figura 9 es un detalle de las conexiones de plomo en un extremo superior de un electrodo del sistema de

puesta a tierra de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción.

La Figura 10 es una vista superior de un sistema eléctrico de puesta a tierra instalado, antes de colocar un recinto encima del sistema, con una barra colectora y conexiones de cableado asociadas de la Figura 9 mostradas en perspectiva.

5 La Figura 11 es una vista en perspectiva de un recinto para un sistema eléctrico de puesta a tierra de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción, también mostrando la barra colectora de la Figura 10 adjunta a una superficie interna del recinto.

Las Figuras 12A y 12B son vistas laterales y superiores, respectivamente, de la barra colectora ilustrada en las Figuras 10 y 11.

10 Las Figuras 13A y 13B son vistas en perspectiva de mangas de instalación construidas de acuerdo a diferentes aspectos de la presente descripción.

La Figura 14A es una vista en sección de un sistema eléctrico de puesta a tierra instalado de acuerdo con un aspecto de la presente descripción, insertado dentro de un orificio formado en el suelo natural en un sitio de puesta a tierra, antes de colocar un recinto encima del sistema, y representa el uso de una manga de instalación para un tipo de suelo natural.

15 La Figura 14B es una vista en sección del sistema eléctrico de puesta a tierra instalado representado en la Figura 14A, pero mostrando el sistema completamente instalado, con la colocación de un recinto encima del sistema después de la completa remoción de la manga de instalación.

20 La Figura 14C es una vista en sección de un sistema de puesta a tierra eléctrico completamente instalado de acuerdo con un aspecto de la presente descripción, pero mostrando un tipo diferente de suelo natural para el cual no se utilizó una manga de instalación.

La Figura 15 es una vista en perspectiva que ilustra componentes que pueden venderse juntos como un kit, junto con ciertos otros componentes ilustrados en las figuras anteriores, de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción.

25 La Figura 16 es una vista en sección que ilustra un electrodo de puesta a tierra eléctrico que no forma parte de la presente invención.

La Figura 17 es una vista en perspectiva de un conjunto de electrodos que no forma parte de la presente invención.

30 La Figura 18 es una vista en perspectiva de un conjunto de electrodos que no forma parte de la presente invención.

La Figura 19A es una vista en perspectiva de una sección de manga de instalación construida de material electrolítico que no forma parte de la presente invención, para su uso con conjuntos de puesta a tierra eléctrica del tipo ilustrado en las Figuras 17 y 18.

35 La Figura 19B es una vista en perspectiva de una sección de manga de instalación construida de material electrolítico que no forma parte de la presente invención, también para su uso con conjuntos de puesta a tierra eléctrica del tipo ilustrado en las Figuras 17 y 18.

La Figura 20 es una vista en perspectiva de un ejemplo de un sistema eléctrico de puesta a tierra instalado insertado dentro de un orificio formado en el suelo, mostrado en una vista en sección, el sistema que comprende el conjunto de electrodo de la Figura 17 y secciones de manga de instalación del tipo ilustrado en la Figura 19A.

40 La Figura 21 es una vista en perspectiva de un sistema eléctrico de puesta a tierra de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción.

Descripción detallada

45 La presente descripción se puede entender más fácilmente mediante referencia a la siguiente descripción detallada, ejemplos, figuras y reivindicaciones, así como su descripción anterior y posterior. Sin embargo, antes de que se divulguen y describan los dispositivos, sistemas y/o métodos actuales, se entiende que esta divulgación no se limita a los dispositivos, sistemas y/o métodos específicos revelados a menos que se especifique lo contrario, ya que estos pueden, por supuesto, variar. También se entiende que la terminología utilizada en la presente descripción tiene el propósito de describir aspectos particulares solamente y no pretende ser limitante.

50 La siguiente descripción se proporciona como una enseñanza habilitadora de los dispositivos, sistemas y/o métodos actuales en su mejor aspecto conocido actualmente. Con este fin, los expertos en la técnica pertinente reconocerán y apreciarán que se pueden realizar muchos cambios en los diversos aspectos descritos en la presente descripción, y aun así obtener los resultados beneficiosos de la presente descripción. También será evidente que algunos de los beneficios deseados de la presente descripción se pueden obtener seleccionando algunas de las características de la presente descripción sin utilizar otras características. En consecuencia, aquellos que trabajan en la técnica reconocerán que muchas modificaciones y adaptaciones a la presente descripción son posibles e incluso pueden ser convenientes en ciertas circunstancias. Por lo tanto, la siguiente descripción se proporciona como ilustrativa de los principios de la presente divulgación y no como una limitación de los mismos.

55 Como se utiliza en todo el documento, las formas singulares "un," "una" y "el" incluyen referencias en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Así, por ejemplo, la referencia a una cantidad de uno de un elemento en particular puede comprender dos o más elementos de este tipo a menos que el contexto indique lo contrario.

60 Los rangos pueden expresarse en la presente descripción como "aproximadamente" un valor específico, y/o

"aproximadamente" otro valor específico. Cuando se expresa dicho rango, otro aspecto comprende desde un valor particular y/o hasta otro valor particular. De manera similar, cuando los valores se expresan como aproximaciones, mediante el uso del antecedente "aproximadamente" o "substancialmente", se entenderá que el valor particular forma otro aspecto. Se entenderá además que los puntos finales de cada uno de los rangos son significativos tanto en relación al otro punto final, como de forma independiente al otro punto final.

A los efectos de la presente descripción, una propiedad del material o una dimensión que mide aproximadamente X o substancialmente X en una escala de medición particular se encuentra dentro de un rango entre X más una tolerancia superior estándar de la industria para la medición especificada y X menos una tolerancia inferior estándar de la industria para la medición especificada. Debido a que las tolerancias pueden variar entre diferentes materiales, procesos y entre diferentes modelos, la tolerancia para una medida particular de un componente específico puede encontrarse dentro de un rango de tolerancias.

Como se utiliza en la presente descripción, los términos "opcional" o "opcionalmente" significan que el evento o circunstancia posteriormente descritos pueden o no ocurrir, y que la descripción comprende casos en los que dicho evento o circunstancia ocurre y casos en los que no ocurre.

La palabra "o", tal como se utiliza en la presente descripción, significa cualquier miembro de una lista en particular y también comprende cualquier combinación de miembros de esa lista.

Para simplificar la descripción de varios elementos descritos en la presente descripción, se pueden hacer referencia a las convenciones de "superior", "inferior", "lateral", "superior", "inferior", "horizontal" y/o "vertical". A menos que se indique lo contrario, "parte superior" describe el lado del sistema o componente que está orientado hacia arriba, mientras que "parte inferior" se refiere al lado del sistema o componente que está opuesto o distal a la parte superior del sistema o componente y está orientado hacia abajo. A menos que se indique lo contrario, "lado" describe que un extremo o dirección del sistema o componente se encuentra orientado en dirección horizontal. "Horizontal" o "orientación horizontal" describe aquello que se encuentra en un plano alineado con el horizonte. "Vertical" o "orientación vertical" describe aquello que se encuentra en un plano inclinado a 90 grados respecto a lo horizontal.

Se describe un sistema eléctrico de puesta a tierra diseñado para superar las desventajas mencionadas anteriormente y proporcionar un sistema que logra resultados superiores a los de los sistemas de puesta a tierra convencionales, y a un costo reducido. Las implementaciones del sistema eléctrico de puesta a tierra descrito proporcionan uniformidad de los componentes del sistema de puesta a tierra, simplificando las instalaciones de puesta a tierra. La mejora en el rendimiento del sistema descrito se logra con menos material eléctricamente conductor (como el cobre) que el utilizado en las redes de puesta a tierra convencionales. Así, el sistema descrito proporciona un rendimiento mejorado a menor costo, tanto en términos de mano de obra como de materiales. Estos y otros beneficios están asociados al sistema eléctrico de puesta a tierra descrito en la presente descripción.

La Figura 1 ilustra un sitio de puesta a tierra en el cual se ha instalado una red de puesta a tierra eléctrica 10. La red 10 puede comprender un par de sistemas de puesta a tierra eléctrica 12, 14 mostrados solo de manera general como contornos, con detalles estructurales de los sistemas 12, 14 que se discutirán en la presente descripción. La red 10 podría incluir más de dos sistemas de puesta a tierra eléctrica o solo uno de dichos sistemas, dependiendo, por ejemplo, de los requisitos de puesta a tierra para el sitio. Cada sistema eléctrico de puesta a tierra 12, 14 puede ser construido de manera idéntica de acuerdo con cualquiera de los aspectos de la presente descripción, que se discutirán en detalle en la presente descripción. Los sistemas 12, 14 están separados entre sí por una distancia predeterminada "d", que puede ser dictada por los códigos aplicables. Por ejemplo, denotando la longitud del sistema 12 como L, en algunos aspectos se puede requerir que la distancia mínima "d" sea de magnitud 2L. Los cables de tierra 49, 51, 53 pueden originarse en una estructura o sistema eléctrico (no mostrado) para el cual se desea la puesta a tierra y se muestran ingresando a un recinto seguro como una caja de medidor 50. Dentro de la caja del medidor 50, los cables de tierra 49, 51, 53 pueden conectarse con terminales adecuados 52 a una barra colectora de la caja del medidor 54, que puede estar construida de una barra de cobre sólido en varios aspectos. Los cables de tierra 49, 51, 53 representan cables que conectan a tierra redes eléctricas separadas de la red de puesta a tierra 10; por ejemplo, uno de los cables de tierra 49 puede conectar a tierra un sistema de entretenimiento doméstico, mientras que otro cable de tierra 51 puede conectar a tierra uno o más electrodomésticos domésticos. Se muestra que el cable de tierra 53 se conecta mediante una fijación mecánica 48 a una varilla de tierra convencional 47 como un ejemplo representativo de un componente convencional de la red de puesta a tierra, distinto de la red de puesta a tierra 10. La conexión de los cables de tierra 49, 51, 53 a la barra colectora de la caja del medidor 54 también se puede realizar alternativamente mediante soldadura o soldadura o cualquier otro método deseado en otros aspectos. También conectado a la barra colectora de la caja del medidor 54 se encuentra el cable trenzado 56, que representa un cable de tierra para una fuente de corriente de falla separada, representada simbólicamente en 11. La fuente de corriente de falla 11 puede ser un circuito activo con corriente eléctrica que lo atraviesa, como un circuito de otro sistema eléctrico dentro de la estructura, o puede ser un rayo que golpea la estructura o el suelo natural en las cercanías de la estructura, lo que provoca una sobretensión lo suficientemente fuerte en el sistema eléctrico de la estructura para transmitir corriente al cableado trenzado 56, que puede ser un cable trenzado AWG (Calibre de Alambre Americano) #4. La fuente de corriente de falla 11 se comunica eléctricamente con el cable trenzado 56 a través de un trayecto de la corriente mostrado simbólicamente en 13, que representa cualquier

trayecto tomado por la corriente de falla para llegar al cable trenzado 56. El cable trenzado 56, que sirve como conductor para la red de puesta a tierra 10, está interconectado eléctricamente a través de la barra colectora de la caja de medidores 54 con las demás redes de puesta a tierra para la estructura, de acuerdo con la Sección 250.94 del NEC. Alternativamente, si los sistemas de puesta a tierra separados no están interconectados dentro de la caja del medidor 50 con mecanismos como la barra colectora de la caja del medidor 54, se puede utilizar un bloque de terminación de interconexión de sistemas de puesta a tierra (IBTB) 55 para interconectar eléctricamente las redes de puesta a tierra separadas. El IBTB 55 puede ser un artículo disponible comercialmente vendido por, por ejemplo, Value Tech Supply como el Artículo Núm. 90588. Las estructuras más modernas ya pueden tener un IBTB 55 montado en una pared para acceso exterior; sin embargo, en caso de que un sitio no esté equipado de esta manera, se puede suministrar un IBTB 55 como parte de un kit de acuerdo con una implementación de algunos aspectos de la presente descripción, que se describe más adelante en relación con la Figura 15. El cable trenzado 56 que sale de la caja del medidor 50 puede ser llevado en un conducto o envoltura 58 por una distancia predeterminada. En varios aspectos, un ejemplo de conexiones de cable trenzado 56 a sistemas de puesta a tierra 12, 14 puede comprender extensiones de cable trenzado 60, 61, que pueden estar sujetas en uno de sus extremos respectivos al cable trenzado 56 con terminales de fijación 62, 63, respectivamente. Sin embargo, como se discutirá en la presente descripción, dichas conexiones eléctricas a sistemas de puesta a tierra se pueden realizar con diferentes configuraciones en diferentes implementaciones de un sistema de puesta a tierra de acuerdo con varios otros aspectos de la presente descripción. En el ejemplo de la Figura 1, los terminales de fijación 62, 63 se pueden asegurar en su lugar con compresión y soldadura de plata. La flecha 64 indica que el cable trenzado 56 puede conectarse a sistemas adicionales de puesta a tierra eléctrica según sea necesario o deseado para lograr una reducción adicional en la resistencia eléctrica del suelo del sitio. Próximos a sus respectivos extremos libres opuestos a los terminales de fijación 62, 63, las extensiones de cable trenzado 60, 61 pueden ser sujetadas a los enganches de conexión de los sistemas de puesta a tierra eléctrica 12, 14, respectivamente. (Se discute un ejemplo de un terminal de unión con respecto a la Figura 16 en 1646.) Los sistemas 12, 14 pueden estar así conectados eléctricamente no solo a la fuente de corriente de falla 11, sino también entre sí. En la disposición mostrada en la Figura 1, la corriente eléctrica a ser puesta a tierra puede ser transmitida desde la fuente de corriente de falla 11 a cada sistema de puesta a tierra 12, 14 mediante el cable trenzado 56. Parte de la corriente de falla proveniente del cable trenzado 56 puede ser desviada hacia el sistema de puesta a tierra eléctrico 12, por ejemplo, a través de la extensión del cable trenzado 60, y la corriente de falla no desviada que permanece en la extensión del cable trenzado 56a puede ser sometida a una mayor desviación hacia el sistema de puesta a tierra eléctrico 14 a través de la extensión del cable trenzado 61.

La Figura 2 ilustra que la red de puesta a tierra eléctrica 10 puede comprender no solo un primer y segundo sistema eléctrico de puesta a tierra 12, 14, respectivamente, sino también un tercer sistema eléctrico de puesta a tierra 16 que puede construirse de manera idéntica a los sistemas 12, 14. Cada uno de los sistemas de puesta a tierra 12, 14, 16 puede estar separado entre sí por la distancia "d" en una configuración delta, o triángulo. Cuando se instalan más de un sistema, el orificio excavado en el suelo natural para acomodar un primer sistema puede extenderse en una zanja (por la distancia "d", por ejemplo) para acomodar otro sistema similar. Cada uno de los sistemas de puesta a tierra 12, 14, 16 se muestra interconectado eléctricamente entre sí mediante extensiones 56a, 56b y 56c de cable trenzado 56. La Figura 2 de ejemplo es meramente ilustrativa, y una red de puesta a tierra eléctrica con sistemas de puesta a tierra eléctrica del tipo construido de acuerdo con aspectos de la presente descripción puede utilizar cualquier número adecuado de dichos sistemas en cualquier configuración adecuada para las características particulares del sitio a ser puesto a tierra.

La Figura 3 muestra un subconjunto parcialmente completado 70 de un aspecto de un electrodo del sistema de puesta a tierra 65 que se muestra en la Figura 4. La Figura 4 muestra dos componentes principales del sistema de puesta a tierra del electrodo 65 en relación entre sí y en relación a un rollo de tela de fibra de carbono 72 del sistema de puesta a tierra del electrodo 65. Haciendo referencia a la Figura 3, el subconjunto 70 incluye una columna eléctricamente conductora 74 configurada para comunicarse con la fuente de corriente de falla 11 (Figura 1). La columna 74 puede comprender una sección de tubo superior 76 que define una superficie exterior 76a, una sección de tubo inferior 78 que define una superficie exterior 78a, y al menos una espina 80 con extremos opuestos 80a, 80b, donde el extremo 80a de la espina 80 está conectado a la sección de tubo superior 76, y el extremo 80b de la espina 80 está conectado a la sección de tubo inferior 78. Las secciones de tubo 76, 78 y la columna vertebral 80 pueden estar construidas de cualquier material eléctricamente conductor adecuado, como cobre, y la columna vertebral 80 puede estar unida a las secciones de tubo 76, 78 de cualquier manera adecuada, como soldadura por puntos, que permita la comunicación eléctrica entre la columna vertebral 80 y las secciones de tubo 76, 78. La sección superior del tubo 76 tiene un extremo 82 y terminales de columna 84, 86, 88 unidas a la sección superior del tubo 76 cerca del extremo 82 mediante cualquier mecanismo adecuado, como remachado, que permite la comunicación eléctrica entre la sección superior del tubo 76 y cada una de los terminales de columna 84, 86, 88. Los terminales de columna 84, 86, 88 pueden separarse entre sí por 120° de circunferencia. Los terminales de columna 84, 86, 88 son piezas de hardware disponibles comercialmente hechas de material eléctricamente conductor, con extremos abiertos opuestos a sus puntos de fijación fijos, los extremos están diseñados para recibir un respectivo cable o alambre, y al recibirlo, se deben engarzar alrededor del extremo del cable/alambre para proporcionar una conexión mecánica y eléctrica segura al cable/alambre. Los terminales de columna 84, 86, 88 se pueden utilizar para la fijación de cables de acuerdo a lo que se describirá en la presente descripción con respecto a las Figuras 9 y 10.

Como se muestra en las Figuras 3 y 4, el subconjunto 70, y por lo tanto el electrodo del sistema de puesta a tierra 65, puede comprender una rejilla de soporte de tela 90 posicionada de forma circunferencial alrededor de la sección de tubo superior 76 y la sección de tubo inferior 78. En particular, la estructura de soporte de tela 90 comprende un anillo superior 92 posicionado circunferencialmente alrededor de la sección de tubo superior 76, un anillo inferior 94 posicionado circunferencialmente alrededor de la sección de tubo inferior 78, y al menos un miembro alargado 96 con extremos 96a y 96b, definiendo una superficie interna 96c (mostrada en la Figura 4) y una superficie externa 96d, la superficie interna 96c del miembro alargado 96 conectada al anillo superior 92 cerca del extremo 96a del miembro alargado 96, y la superficie interna 96c del miembro alargado 96 conectada al anillo inferior 94 cerca del extremo 96b del miembro alargado 96. Las Figuras 3 y 4 muestran la rejilla de soporte de tela 90 con cuatro miembros alargados 96, aunque se puede utilizar un número mayor o menor de dichos miembros. La estructura de soporte de tejido 90 puede además comprender anillos intermedios 98 unidos o en contacto con porciones de la superficie interna 96c del miembro alargado 96 axialmente entre el anillo superior 92 y el anillo inferior 94. La estructura de soporte de tela 90 puede estar construida de cualquier material adecuado, que no necesariamente debe ser conductor eléctrico, como cartón.

Haciendo referencia a la Figura 4, el electrodo 65 además comprende una capa de fibra de carbono en forma de un rollo de tela de fibra de carbono 72 con bordes 72a, 72b, una cara interna 73 y una cara externa 75. La cara interna 73 del tejido de fibra de carbono 72 puede entrar en contacto con al menos una parte de la superficie externa 96b del miembro alargado 96 de manera que la estructura de soporte de tejido 90 ayuda a impartir una forma cilíndrica al rollo de tejido de fibra de carbono 72 cuando el tejido de fibra de carbono 72 se ensambla sobre la estructura de soporte de tejido 90. En algunas implementaciones, el tejido de fibra de carbono 72 puede ser asegurado en su lugar alrededor de la estructura de soporte de tela 90 mediante cinta adhesiva de lámina de cobre conductora (lámina de cobre con respaldo adhesivo, no mostrada) que une una costura formada por los bordes del tejido de fibra de carbono 72 que se encuentran cuando el tejido de fibra de carbono 72 se forma en un rollo (forma cilíndrica), y mediante un adhesivo aplicado en puntos apropiados entre el tejido de fibra de carbono 72 y la estructura de soporte de tela 90. La cinta de lámina de cobre proporciona un contacto eléctrico adicional entre la columna eléctricamente conductora 74 y el tejido de fibra de carbono 72 una vez que la unidad formada por la combinación del tejido de fibra de carbono 72 y la rejilla de soporte de tela 90 se ensambla sobre la columna eléctricamente conductora 74. Aunque todas las figuras de la presente descripción representan electrodos y algunos de sus componentes asociados con forma cilíndrica (secciones transversales circulares), en otras implementaciones los electrodos y componentes asociados pueden adoptar diferentes formas de sección transversal. A continuación, la unidad formada por la combinación del tejido de fibra de carbono 72 y la rejilla de soporte de tela 90 se puede posicionar de forma circunferencial alrededor de la columna eléctricamente conductora 74, de modo que la cara interna 73 del rollo de tela de fibra de carbono 72 pueda entrar en contacto, o de otra manera comunicarse eléctricamente con, al menos una porción de la superficie exterior 76a de la sección de tubo superior 76, y al menos una porción de la superficie exterior 78a de la sección de tubo inferior 78. Tanto el contacto directo del tejido de fibra de carbono 72 con la columna eléctricamente conductora 74 en las secciones 76, 78, como la interconexión eléctrica entre el tejido de fibra de carbono 72 y esas secciones proporcionada por un material conductor como la cinta de lámina de cobre descrita anteriormente, constituyen diferentes ejemplos de una relación conductora entre el tejido de fibra de carbono 72 y la columna 74. Así, una relación conductora puede comprender, pero no requiere, un contacto directo, siempre y cuando el tejido de fibra de carbono 72 y la columna 74 completen un circuito eléctrico. En otras palabras, la columna 74 y el tejido de fibra de carbono 72 están en una relación conductora entre sí, a pesar de la ausencia de contacto directo entre ellas, si la columna 74 es capaz de transmitir corriente eléctrica, especialmente corriente de falla, lejos de su superficie exterior (como las superficies 76a, 78a), a través de un medio o material conductor, y hacia el tejido de fibra de carbono 72. El tejido de fibra de carbono 72 se adhiere a continuación a las superficies exteriores 76a, 78a mediante métodos de fijación adecuados, como tiras de cinta de cobre que unen respectivamente los bordes 72a, 72b del tejido de fibra de carbono 72 a las superficies exteriores 76a, 78a. El tejido de fibra de carbono 72 puede rodear así el perímetro de las superficies exteriores 76a, 76b, con la estructura de soporte de tejido 90 intercalada entre, o circunferencialmente intermedia, la columna eléctricamente conductora 74 y el tejido de fibra de carbono 72. En la implementación de la Figura 4, así como en todos los demás aspectos de la presente descripción que utilizan un tejido de fibra de carbono 72, la continuidad eléctrica de una columna eléctricamente conductora (como en 74 en la Figura 4) con el tejido de fibra de carbono 72 se puede lograr mediante: (1) contacto físico del tejido de fibra de carbono 72 sobre la columna 74 bajo presión subterránea (ayudado por las características electrolíticas del relleno electrolítico, descritas en la presente descripción con respecto a la Figura 10 en 1004); (2) cinta adhesiva conductora de cobre que une la columna 74 con el tejido de fibra de carbono 72 en varios puntos a lo largo de la columna 74 (la ubicación de dichos puntos depende de la configuración de la columna); y (3) remachado (por ejemplo, con remaches de cobre y latón), por ejemplo, una pieza de lámina de cobre de 18-24 calibres de 4 centímetros cuadrados a la columna 74, sujetando el tejido de fibra de carbono 72 entre la pequeña pieza de cobre y la columna 74, proporcionando así una unión duradera entre la columna 74 y el tejido de fibra de carbono 72. Se sujeta una "pestaña" de cobre a la columna 74 por sección de tela de fibra de carbono 72.

Haciendo referencia a las Figuras 7A y 7B, el tejido de fibra de carbono 72 puede ser un tejido de sarga de fibra de carbono de 250 g (8,85 onzas) (la naturaleza de esa sarga se ve más claramente en la Figura 7A) disponible comercialmente, por ejemplo, en Fiberglass Supply (Seattle, WA) bajo el SKU #C53-6370. El tejido de fibra de carbono 72 es altamente conductor y, como se aprecia más detalladamente con referencia a la ampliación mayor

representada en la Figura 7B (que muestra algunas hebras de fibra de carbono rotas para facilitar la ilustración), está compuesto por miles de extremos de fibra (o hilo) 77 en una pequeña área del tejido. Cada uno de estos extremos 77 es un punto emisor de electrones una vez que la columna eléctricamente conductora 74 transmite corriente de falla al tejido de fibra de carbono 72 de una manera que se discutirá en la presente descripción. En general, en suelos menos ideales, la corriente de falla recibida de una fuente de corriente de falla por un cable o una varilla de tierra convencional permanecerá en ese cable o varilla de tierra hasta que la corriente de falla alcance el extremo del electrodo. Por el contrario, en lugar de tener solo un punto final (para una varilla de tierra o un cable) o una serie de puntos finales en un conjunto de varillas de tierra, el tejido de fibra de carbono 72 tiene muchos miles de puntos finales (extremos 77) en un área extremadamente pequeña, esos puntos finales 77 surgen con cada rotura de cada fibra. La fibra de carbono tiene una relación extraordinariamente alta de superficie a volumen, y se sabe que las corrientes de falla a menudo se propagan a lo largo de una superficie de un material conductor. Cuando la cara exterior 75 (Figura 4) del tejido de fibra de carbono 72 está expuesta tanto al suelo natural como a un medio electrolítico dentro de un orificio de una instalación (que se discutirá en la presente descripción), los miles de puntos finales proporcionan miles de vías hacia ese suelo o medio, y la resistencia a tierra se reduce drásticamente en comparación con otros sistemas de puesta a tierra a una profundidad o área superficial de suelo comparable.

Aunque las realizaciones de la presente descripción ilustran el uso del tejido de fibra de carbono de tejido liso 72 de la Figura 7A como capa de fibra de carbono, se entiende que otras realizaciones de la presente descripción pueden utilizar otros tipos de capas de fibra de carbono que se posicionan en una relación conductora con una columna eléctricamente conductora. Por ejemplo, la capa de fibra de carbono puede tener la forma de un tejido de fibra de carbono tejido de manera diferente al tejido liso de la Figura 7A. La capa de fibra de carbono incluso puede tomar la forma de fibras de carbono sueltas picadas o hilos (también disponibles en el suministro de fibra de vidrio mencionado anteriormente), que podrían depositarse cerca de una columna eléctricamente conductora (como, por ejemplo, la columna 512 descrita en la Figura 5C a continuación) posicionada en un orificio formado en el suelo natural. Las fibras de carbono picadas o hilos pueden ser opcionalmente suspendidos en una matriz adecuadamente conductora. En otras implementaciones, la capa de fibra de carbono puede ser aplicada a una superficie externa de la columna eléctricamente conductora de cualquier manera adecuada, como ser rociada sobre dicha superficie externa.

Las Figuras 5A y 5B representan un electrodo de sistema de puesta a tierra 500 de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción. El electrodo del sistema de puesta a tierra 500 comprende dos columnas eléctricamente conductoras separadas 502, 504, unidas extremo a extremo, cada columna 502, 504 construida de un material conductor como el cobre. A diferencia de la columna 74 de las Figuras 3 y 4, que está caracterizada porque está compuesta por secciones tubulares espaciadas unidas por una columna vertebral, cada columna 502, 504 puede ser formada como un tubo continuo único. Cada columna 502, 504 puede formar su propio electrodo separado en áreas que permiten solo una profundidad de perforación limitada, como sitios con suelos poco profundos. Así, cada columna 502, 504 puede tener solo 0,6 m (dos pies) de longitud, por ejemplo, para permitir su enterramiento en suelos tan poco profundos. Cuando se unen como se muestra, pueden formar un electrodo único de 500 con una longitud de aproximadamente 1,2 m (cuatro pies), adecuado para la mayoría de los suelos naturales. La columna superior 502 tiene un extremo superior 506, y los terminales de columna 84, 86, 88 están unidas a la columna superior 502 cerca del extremo 506 de la misma manera y con el mismo propósito que se discutió anteriormente con respecto a la Figura 3. Cada columna 502, 504 puede envolverse en un rollo respectivo de tela de fibra de carbono 72, unido a las columnas 502, 504 de la misma manera discutida anteriormente con respecto a la Figura 4. Aunque no se muestra en la Figura 5A, cada columna 502, 504 también puede estar provista de una rejilla de soporte de tela construida y posicionada como se muestra en las Figuras 3 y 4 a 90 grados. Como se muestra en la Figura 5B, la columna superior 502 tiene un extremo 502a que se estrecha hacia fuera, mientras que la columna inferior 504 tiene un extremo 504a que se estrecha hacia adentro. Esto permite que el extremo 502a se ajuste a presión sobre el extremo 504a, proporcionando una conexión mecánica y eléctrica segura entre las columnas 502 y 504.

La Figura 5C es una vista en perspectiva de un electrodo de sistema de puesta a tierra 510 de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, que ilustra una única columna continua eléctricamente conductora 512, la cual puede ser construida, por ejemplo, como un tubo de cobre de 1,22 m (4 pies) de longitud. Dos secciones de tela de fibra de carbono 72 pueden envolverse alrededor de diferentes partes de la columna 512, sujetadas de la misma manera discutida anteriormente con respecto a la Figura 4. En otras implementaciones, solo se puede utilizar una única sección más larga de tela de fibra de carbono 72 en lugar de las dos secciones 72 mostradas en la Figura 5C, de modo que la porción central de la columna 512 no quedaría expuesta como se muestra. La columna 512 tiene un extremo superior 516, y los terminales de columna 84, 86, 88 están unidas a la columna 512 cerca del extremo superior 516 de la misma manera y con el mismo propósito que se discutió anteriormente con respecto a la Figura 3. Además, una rejilla de soporte de tela 90 puede colocarse de manera circunferencial entre la columna 512 y cada pieza de tela de fibra de carbono 72, de la misma manera discutida anteriormente con respecto a las Figuras 3 y 4.

La Figura 5D es una vista en perspectiva de un electrodo de sistema de puesta a tierra 520 de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, construido de manera idéntica al electrodo 510 de la Figura 5C, excepto que se agrega la característica de un orificio 522 definido en una pared 524 de la columna 512. La pared 524 define una cámara de columna dentro del espacio interior de la columna 512. El orificio 522 está configurado para admitir el

relleno electrolítico en la cámara de columna (dicho relleno electrolítico se discutirá en la presente descripción con respecto a la Figura 10) cuando el electrodo 520 se instala en un sitio en una orientación horizontal. Una orientación horizontal puede ser deseada para los sitios de puesta a tierra que solo tienen suelo natural rocoso, lo que hace que perforar orificios a profundidades típicas sea prohibitivamente lento y costoso. Si se desea, una vez que el electrodo 520 esté instalado en una orientación horizontal y se haya añadido el relleno electrolítico a través del orificio 522, el instalador puede optar por tapar el orificio 522 de cualquier manera adecuada.

La Figura 6 es una vista en perspectiva de un electrodo de sistema de puesta a tierra 600 de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, con dos subelectrodos 602, 604 mostrados interconectados por terminales de cable y miembros de cable. Cada subelectrodo 602, 604 se muestra construido de manera idéntica al electrodo 65 (Figuras 3 y 4) y, por lo tanto, de manera idéntica entre sí (con partes idénticas entre los dos subelectrodos 602, 604 identificadas por números primados correspondientes para el subelectrodo 604), con la excepción de los terminal de conexión 606, 608 (el tercer terminal de conexión no se muestra) unidas a la sección de tubo inferior 78' del subelectrodo 604 cerca del extremo inferior 609' de la sección de tubo inferior 78'. Alternativamente, la columna eléctricamente conductora de cada subelectrodo 602, 604 puede estar construida de un tubo continuo, también formado de material conductor como el cobre. Un primer miembro de cable 610 interconecta eléctricamente el terminal de columna 84 y el terminal de conexión 606, y un segundo miembro de cable 612 interconecta eléctricamente el terminal de columna 86 y el terminal de conexión 608. (Se proporciona una interconexión similar, no mostrada, con respecto al terminal de columna 88 de la columna 602.) Cada terminal se engarza alrededor de un respectivo extremo de un miembro de cable recibido en él para proporcionar una conexión mecánica y eléctrica segura entre los subelectrodos 602, 604. Opcionalmente, el subelectrodo 602 también puede estar provisto de patillas de conexión 614, 616 unidas a la sección de tubo inferior 78 cerca del extremo inferior 609, en caso de que se incluya otro subelectrodo en el electrodo 600. Sin embargo, en la mayoría de los casos no se espera que sea necesario incluir una tercera subelectrodo de este tipo.

La Figura 8 es una vista en perspectiva de un tubo de reposición de sal 800 y una porción superior de un miembro de tierra (que puede ser una varilla de tierra como se muestra) 802 que tiene una superficie exterior 802a, tanto el tubo de reposición de sal 800 como la varilla de tierra 802 se utilizan en un sistema eléctrico de puesta a tierra de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción, y se sujetan entre sí con sujetadores como bridas de plástico 804. En una implementación, el tubo de reposición de sal 800 puede estar construido de cloruro de polivinilo (PVC), pero se puede utilizar cualquier otro material adecuado. La varilla de tierra 802 es un miembro de puesta a tierra convencional que puede estar construido de cualquier material conductor adecuado para transmitir la corriente de falla recibida de una fuente de corriente de falla 11 (Figura 1) hacia el suelo natural que recibe la varilla de tierra 802, un ejemplo de dicho material es un metal revestido de cobre. La Figura 8 muestra solo una porción superior (una porción no impulsada en una instalación) de la varilla de tierra 802 que en algunas implementaciones puede tener una longitud total de, por ejemplo y sin limitación, 2,44 metros (96 pulgadas). El tubo de reposición de sal 800 puede comprender una pared de tubo que define una superficie interior y una superficie exterior 800a, la superficie interior de la pared del tubo define una cámara de tubo 806, en donde la pared del tubo define al menos un orificio de drenaje 808 que se extiende desde la superficie exterior de la pared del tubo, a través de la pared del tubo y hacia la cámara de tubo 806. La Figura 8 representa cinco de estos orificios de drenaje 808, pero se pueden formar cualquier cantidad adecuada de estos orificios. Además, los orificios de drenaje 808 no necesitan estar distribuidos de manera uniforme a lo largo de la longitud del tubo de reposición de sal 800 como se muestra; se puede utilizar cualquier otra distribución adecuada. El tubo de reposición de sal 800 está provisto de una tapa superior desmontable 810 en su extremo superior y una tapa inferior permanente 812 cerca de su extremo inferior. La sal electrolítica 814 se encuentra dispuesta dentro de la cámara del tubo 806, en donde los orificios de drenaje 808 están configurados para proporcionar pasajes para la sal electrolítica 810, durante el uso del sistema de puesta a tierra de acuerdo con los aspectos de la presente descripción, para filtrarse desde la cámara del tubo 806 y hacia una cámara de columna definida al menos parcialmente por una columna eléctricamente conductora, como cualquiera de las columnas eléctricamente conductoras mencionadas anteriormente en las Figuras 3-6. Se pueden imprimir indicios adecuadamente coloreados, como una línea vertical 816, en la superficie exterior 800a del tubo de reposición de sal 800 para que un instalador pueda asegurarse fácilmente de que, al conectar el tubo de reposición de sal a la varilla de tierra 802, los orificios de drenaje 808 apunten lejos de la varilla de tierra 802, y así la varilla de tierra 802 no obstruirá los orificios de drenaje 808. La sal electrolítica 814 puede ser un producto que está disponible comercialmente en Electronics Research, Inc., con sede en Chandler, Indiana, Estados Unidos. La sal electrolítica 814 que se lixivia en una cámara de columna durante el uso mejora y ayuda a mantener las propiedades electrolíticas del relleno electrolítico añadido a una cámara de columna de la manera que se describe en la presente descripción. Para contener completamente la sal electrolítica 814 dentro del tubo de reposición de sal 800 antes de su instalación en un sitio de puesta a tierra, se pueden colocar trozos de cinta soluble en agua 818 sobre cada orificio de drenaje 808 y fijarlos en su lugar al tubo de reposición de sal 800. La cinta soluble en agua puede ser un producto disponible comercialmente vendido por, por ejemplo, SmartSolve como Núm. IT112021S Cinta Disolvente. Las piezas de cinta 818 mostradas en la Figura 8 se muestran únicamente como tamaños representativos, y se pueden utilizar cualquier tamaño adecuado de dichas piezas. Finalmente se muestra en la Figura 8 una abrazadera de varilla de tierra 820, que puede tener la forma de la abrazadera tipo bellota ilustrada. Se muestra la abrazadera tipo bellota (abrazadera de miembro de tierra) 820 conectada a la varilla de tierra 802 cerca de un extremo superior 822 de la varilla de tierra 802. La función de la abrazadera tipo bellota 820 se explica más fácilmente haciendo referencia a la Figura 9, a continuación.

La Figura 9 es un detalle de las conexiones de plomo en un extremo superior de un electrodo del sistema de puesta a tierra de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción. Como ejemplo, la Figura 9 representa una porción superior de la columna eléctricamente conductora continua 512 del electrodo 510 (Figura 5C), próxima a su extremo superior 516. La columna 512 se muestra rodeando el tubo de sal electrolítica 800 y la varilla de tierra 802 unida, una posición que se toma cuando el electrodo 510 se instala en un orificio formado en el suelo natural en un sitio de puesta a tierra, después de haber conducido la varilla de tierra 802 en el suelo natural en el fondo del orificio y la posterior unión de una porción superior de la varilla de tierra 802 y el tubo de reposición de sal junto con los sujetadores 804, los pasos de instalación se discuten en detalle con respecto a las Figuras 14A-14C. La Figura 9 muestra una barra colectora 900 construida de material eléctricamente conductor, como cobre, que comprende un primer conector de barra colectora (terminal de inserción) 902, un segundo conector de barra colectora (terminal de inserción) 904 y un tercer conector de barra colectora (terminal de inserción) 906, y una base 908 que interconecta eléctricamente cada uno de los conectores de barra colectora 902, 904, 906 entre sí. Un primer conductor 910 (que puede tener, por ejemplo, una longitud de 30 cm (un pie)) establece una comunicación eléctrica entre el primer conector de barra colectora 902 y la columna conductora eléctrica 512 mediante la inserción de un extremo del primer conductor 910 en el terminal de columna 84, y la conexión de su extremo opuesto al primer conector de barra colectora 902. Un segundo conductor 912 (que puede tener, por ejemplo, una longitud de 61 cm (dos pies)) establece una comunicación eléctrica entre el conector de barra colectora 904 y la columna conductora 512 al enroscarse a través del conector de barra colectora 904, con un extremo del segundo conductor 912 insertado en el terminal de columna 86, y el extremo opuesto del segundo conductor 912 insertado en el terminal de columna 88. El tercer conector de barra colectora 906 y la abrazadera tipo bellota 820 están configurados para establecer comunicación eléctrica con la fuente de corriente de falla 11 (Figura 1). Un cable de suministro de corriente de falla 914 puede ser suministrado por un instalador y puede ser cortado a medida de un suministro de stock de dicho cable propiedad del instalador, la longitud suficiente para conectar en un extremo al bloque de terminación de enlace intersistema (IBTB) 55 (Figura 1), para que su extremo opuesto sea enroscado a través de la abrazadera tipo bellota 820 y el conector de la tercera barra colectora 906 como se muestra en la Figura 9, y luego salir del sistema eléctrico de puesta a tierra para una posible conexión a otro sistema eléctrico de puesta a tierra instalado en una red de puesta a tierra de acuerdo con un aspecto de la presente descripción. Así, se muestra que el cable de suministro de corriente de falla 914 que proviene de IBTB 55 está enroscado en un lado de la abrazadera tipo bellota 820, forma un bucle en 916 antes de enroscarse en el otro lado de la abrazadera tipo bellota 820, y luego se enrosca a través del tercer conector de barra colectora 906 antes de continuar hacia otro sistema de puesta a tierra eléctrico. En otras implementaciones, donde solo se necesita un único sistema eléctrico de puesta a tierra, como en muchas estructuras residenciales, el extremo opuesto del cable de suministro de corriente de falla 914 no se enrosca a través del conector de la tercera barra colectora 906 para conectarse a otro elemento; en cambio, para tales implementaciones, ese extremo opuesto simplemente puede terminar en el conector de la tercera barra colectora 906.

La Figura 10 es una vista superior de un sistema eléctrico de puesta a tierra instalado, antes de colocar un recinto encima del sistema, con la barra colectora 900 y las conexiones de cableado asociadas de la Figura 9 mostradas en perspectiva. La instalación mostrada en la Figura 10, que utiliza una manga de instalación 1000 con una superficie interna 1000a, se discute en detalle con referencia a las Figuras 14A y 14B, y la construcción de la manga de instalación 1000 se discute en detalle con referencia a la Figura 13A. Se define una cámara de columna 1002 entre una superficie interior 512a de la columna eléctricamente conductora 512, la superficie exterior 800a del tubo de reposición de sal 800 y una superficie exterior 802a (Figura 9) de la varilla de tierra 802. El relleno electrolítico 1004 se encuentra dispuesto dentro de la cámara de columna 1002. El relleno electrolítico 1004 puede estar compuesto por una mezcla configurada para conducir, en una dirección radial hacia fuera ejemplificada por las flechas direccionales 1005, al menos una parte de cualquier corriente de falla recibida por la varilla de tierra 802 en un sistema eléctrico de puesta a tierra construido e instalado de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción. La dirección radial hacia fuera ejemplificada por las flechas de dirección 1005 se extiende desde la varilla de tierra 802, a través de la cámara de columna 1002, y hasta el tejido de fibra de carbono 72. El relleno electrolítico 1004 puede comprender arcilla hidrófila y sales electrolíticas. En el aspecto actual de la presente descripción, el relleno electrolítico 1004 comprende una composición de arcilla de bentonita, sulfato de cobre, yeso y sulfato de magnesio, con la arcilla de bentonita que comprende al menos el 50 % de la composición. Tal composición está disponible comercialmente en forma seca a través de Electronics Research, Inc., con sede en Chandler, Indiana, Estados Unidos, y se espera que se venda bajo la marca registrada ELF™. Cuando se añade una cantidad suficiente de agua, el relleno electrolítico 1004 puede ser una mezcla coloidal y aplicarse a diversas implementaciones del sistema de puesta a tierra de la presente descripción como una pasta. La Figura 10 muestra una superficie superior 1004a del relleno electrolítico 1004 expuesta dentro de la cámara de columna 1002, antes de la aplicación de arcilla de bentonita sobre la superficie superior 1004a, como se describirá con referencia a las Figuras 14A y 14B. La cara exterior 75 del tejido de fibra de carbono 72 y la superficie interior 1000a de la manga de instalación 1000 definen un espacio anular exterior 1006. Se puede agregar material de relleno electrolítico a este espacio anular externo 1006, de una manera que se describirá con respecto a la Figura 14B.

La Figura 11 es una vista en perspectiva de un recinto 1100 para un sistema eléctrico de puesta a tierra de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción, también mostrando la barra colectora 900 unida a una superficie interna del recinto 1100. El recinto 1100 se posiciona sobre una columna eléctricamente conductora (como la columna 512 en la Figura 10) como último paso de instalación para proteger la columna 512 y su contenido. El

recinto 1100 tiene un borde inferior 1102 que define una abertura 1104 que se extiende axialmente hacia arriba, la abertura 1104 proporciona un paso a través del cual el cable de suministro de corriente de falla 914 puede ser enrutado hacia la abrazadera tipo bellota 820 (Figura 10), a través del tercer conector de barra colectora 906 de la barra colectora 900, y de regreso fuera del recinto 1100 hacia otro sistema de puesta a tierra eléctrico. La caja de válvulas 1100 puede tener la forma de una caja de válvulas construida de plástico, comúnmente utilizada para sistemas de riego, y en otras implementaciones puede asumir cualquier otra forma adecuada para los propósitos a ser cumplidos por un sistema de puesta a tierra instalado de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción. Además, la parte superior del recinto (no mostrada) puede formar una cubierta que se adjunta de forma removible al resto del recinto 1100 para permitir un acceso conveniente posterior a la instalación a los componentes de un sistema eléctrico de puesta a tierra enterrada construido de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción. La barra colectora 900 puede ser fijada a una superficie interna 1100a del recinto 1100 mediante cualquier medio adecuado, como un adhesivo que puede ser aplicado a una superficie inferior 908a (Figura 12B) de la base de la barra colectora 908. El adhesivo puede tener una composición que permita que el respaldo de papel se aplique de forma removible a una capa adhesiva en la superficie inferior 908a, de modo que el respaldo de papel proteja la capa adhesiva durante el envío del kit discutido en relación con la Figura 15, pero pueda ser removido cuando un instalador esté listo para fijar la barra colectora 900 a la superficie interna 1100a del recinto 1100.

Las Figuras 12A y 12B proporcionan vistas más detalladas de los conectores de barra colectora 902, 904, 906 de la barra colectora 900, todos los cuales pueden ser montados en una superficie superior 908b de la base de la barra colectora 908 con los respectivos pernos 918, 920, 922. Como se mencionó anteriormente, cada uno de los conectores de barra colectora 902, 904, 906 puede ser construido como un terminal de inserción de cobre disponible comercialmente en proveedores como elecDirect.com, SKU #CL50DB. Haciendo referencia al tercer conector de barra colectora 906 en la Figura 12B como ejemplo representativo, cada uno de estos terminales de inserción incluye un cojinete en forma de C, de una sola pieza, 924 que tiene una abertura roscada interna (no mostrada) que recibe un tornillo roscado externamente 926 que se extiende sustancialmente verticalmente a través de una rama superior del cojinete 924. Un (alambre/cable) de plomo puede pasar por debajo de un extremo inferior del tornillo 926 y una vez que el cable está en la posición deseada, el tornillo 926 puede apretarse de manera que el cable quede asegurado entre el extremo inferior del tornillo 926 y una rama inferior del cojinete 924.

La Figura 13A proporciona una vista en perspectiva de la manga de instalación 1000 discutida con respecto a la Figura 10. La manga de instalación 1000 se utiliza para facilitar la instalación de un sistema de puesta a tierra de acuerdo con los aspectos de la presente descripción, y se retira una vez finalizada la instalación, como se discutirá en detalle con respecto a las Figuras 14A y 14B. En una implementación de la presente descripción, la manga de instalación 1000 puede ser suministrada por un instalador del sistema, en lugar de estar incluida en un kit como se discutió con respecto a la Figura 15. La manga de instalación 1000 puede estar construido de cualquier material lo suficientemente resistente como para soportar fuerzas de tracción sin romperse, como PVC de un grosor adecuado, y puede tener una longitud de al menos 180 cm (72 pulgadas). Como se muestra en la Figura 13A, la manga de instalación 1000 puede estar formada como un tubo que tiene una pared de manga 1300 que se extiende entre un extremo superior 1302 y un extremo inferior 1304, la pared de manga 1300 define aperturas diametralmente opuestas 1306, 1308. Una varilla de elevación 1310 puede extenderse a través de las aberturas 1306, 1308 de manera que pueda ser agarrada por un instalador en las partes 1310a,b para facilitar la aplicación de una fuerza de tracción hacia arriba en la manga de instalación 1000 cuando se desee retirar la manga de instalación 1000 de la manera que se discutirá con respecto a las Figuras 14A y 14B.

La Figura 13B ilustra un tipo diferente de manga de instalación 1312 que, a diferencia de la manga de instalación 1000 de la Figura 13A, está hecha de material conductor y está destinada a permanecer en un sitio de instalación durante la vida útil de un sistema eléctrico de puesta a tierra construido de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción, como se discutirá con respecto a la Figura 16, en donde la manga de instalación 1312 podría sustituir a la columna eléctricamente conductora 1630 descrita en ella. La manga de instalación 1312 se puede dividir en dos mitades de manga 1312a, 1312b a lo largo de toda la longitud de la manga de instalación 1312 para facilitar la extracción de la manga 1312 de un orificio de instalación. Tal eliminación se facilita aún más por un soporte 1314, que puede ser un miembro en forma de U con patas unidas a las mitades de la manga 1312a,b en las aberturas 1316. Los sujetadores 1318 pueden extenderse desde una pata del asa 1314, a través de las aberturas 1316 en la manga de instalación 1312, hasta la otra pata del asa 1314. De esta manera, los sujetadores 1318 mantienen unidas las mitades de la manga 1312a,b cerca de un extremo superior 1320 de la manga de instalación 1312. La manga de instalación 1312 puede definir al menos una ranura longitudinal 1322 que se extiende hacia abajo desde el extremo superior 1320 de la manga de instalación 1312. La ranura longitudinal 1322 puede admitir una extensión de cable trenzado (como las extensiones de cable trenzado 60, 61 en la Figura 1) a través de la manga de instalación 1312 antes de ser anclada a un terminal de unión de un electrodo hueco (como el terminal de unión 1646 del electrodo hueco 1612 en la Figura 16).

Las Figuras 14A y 14B ilustran las etapas de instalación de un sistema eléctrico de puesta a tierra 1400 de acuerdo con varios aspectos de la presente descripción, donde ciertos tipos particulares de suelos naturales requieren el uso de una manga de instalación como se discutió anteriormente con respecto a la Figura 13A, es decir, suelos naturales como arena seca que no permiten que la pared del orificio permanezca completamente estable. En otras palabras, dicho suelo tiene tendencia a deslizarse de nuevo hacia un orificio formado originalmente. La Figura 14A muestra un

sistema eléctrico de puesta a tierra 1400 parcialmente instalado en un orificio 1402 formado en el suelo natural 1403. En el primer paso de instalación, parte del suelo natural 1403 puede ser excavado, como con una barrena manual o automatizada y equipo de excavación hidráulico, para intentar formar el orificio 1402. Para varias implementaciones, el tamaño mínimo del orificio puede ser de 140 cm (54 pulgadas) de profundidad y 20 cm (8 pulgadas) de diámetro. Un miembro de tierra (como una varilla de tierra 802) puede ser introducido en el suelo natural 1403, sustancialmente centrado en la parte inferior 1402a del orificio 1402 y, en diversas implementaciones, a una profundidad de al menos 1,25 metros (~48 pulgadas) en ese suelo natural 1403, de manera que la parte superior de la varilla de tierra 802 quedaría aproximadamente a 10-15 cm (4-6 pulgadas) por debajo del nivel del suelo circundante. A continuación, un tubo de reposición de sal (SRT) 800, construido como se describe con respecto a la Figura 8, puede sujetarse a la parte no accionada de la varilla de tierra 802 de la misma manera también descrita con respecto a la Figura 8. En varias implementaciones, la parte superior del SRT 800 puede estar aproximadamente a 5 cm (2 pulgadas) por debajo de la parte superior de la varilla de tierra 802. Una manga de instalación 1000, construida como se describe en la Figura 13A, puede colocarse en el orificio 1402 de forma circunferencial alrededor de la combinación fijada de la varilla de tierra 802 y el SRT 800. Un electrodo hueco (como el electrodo 510 en la Figura 5C), puede ser insertado en el orificio 1402 y posicionado de forma circunferencial alrededor de la misma combinación fijada, de manera que el electrodo 510 pueda ser posicionado y temporalmente contenido dentro de la manga de instalación 1000, como se ve en la Figura 14A. En algunas implementaciones, la parte superior del electrodo 510 puede estar posicionada aproximadamente a 15 cm (seis pulgadas) por debajo del nivel de acabado.

A continuación, y aun refiriéndonos a la Figura 14A, se puede agregar material de relleno electrolítico 1404 al espacio anular externo (identificado como 1006 en la Figura 10) definido entre la cara externa 75 del tejido de fibra de carbono 72 y la superficie interna 1000a de la manga de instalación 1000. En varias implementaciones, el material de relleno electrolítico 1404 se puede aplicar al espacio anular externo 1006 en forma semilíquida. El material de relleno electrolítico 1404 puede ser un material compuesto por ingredientes que promueven la migración de electrones hacia el suelo natural 1403 y que crean una columna hidrófila alrededor del electrodo 510. El material de relleno electrolítico 1404 también se puede vender como parte de un kit, como se discute con más detalle en relación a la Figura 15. Para facilitar la aplicación de este material, un instalador puede optar por colocar una cubierta temporal sobre todo el electrodo 510, evitando así que el material de relleno electrolítico 1404 se derrame en el electrodo 510. A modo de ilustración, un orificio de perforación de 20,3 cm (8 pulgadas) puede requerir aproximadamente 0,034 metros cúbicos (1,2 pies cúbicos) de material de relleno electrolítico 1404. El instalador puede llenar el espacio anular externo 1006 con el material de relleno electrolítico 1404 hasta la parte superior del electrodo 510. Una vez que se completa el llenado, se retira cualquier cubierta temporal colocada sobre el electrodo 510, y se agrega el relleno electrolítico 1004 a la cámara de columna 1002 (Figura 10), de modo que la superficie superior del relleno electrolítico 1004a (Figura 10) se encuentre a una elevación inferior al extremo superior 516 de la columna conductora de electricidad 512 del electrodo 510. Se puede agregar una capa de arcilla de bentonita 1406 dentro de la cámara de columna 1002 sobre la superficie superior de relleno electrolítico 1004a. La capa de arcilla bentonita 1406 forma una capa hidrófila cerca del extremo superior 516 para ayudar a preservar el contenido de humedad del relleno electrolítico 1004 dentro de la cámara de columna 1002, lo cual es especialmente beneficioso en entornos áridos. La arcilla de bentonita 1406 se puede agregar en forma de gránulos en algunas implementaciones, pero puede tomar otras formas adecuadas. Además, la arcilla de bentonita 1406 no necesita aplicarse inmediatamente después de la adición del relleno electrolítico 1004, sino que puede agregarse como un paso penúltimo, precediendo al paso final de agregar el recinto 1100 mostrado en la Figura 14B.

Después de agregar el relleno electrolítico 1004 o, en otras implementaciones, agregar la arcilla de bentonita, la manga de instalación 1000 se retira gradualmente en conjunto con pasos de relleno incremental. Más particularmente, la manga de instalación se mueve hacia arriba, en un incremento menor que la longitud de la manga de instalación 1000, para exponer una porción del material de relleno electrolítico 1404 al suelo natural circundante 1403. Siguiendo dicho movimiento incremental, una porción del suelo natural 1403 previamente excavado del orificio 1402 se devuelve al orificio 1402 como relleno externo, de manera que el suelo devuelto se coloca en un espacio vacío definido entre la manga de instalación 1000 y el suelo natural no perturbado 1403 que define el orificio 1402 (es decir, entre la pared de la manga 1300 y la pared del orificio 1405). Opcionalmente, el suelo devuelto puede mezclarse con material adicional de relleno electrolítico 1404. Los pasos de mover la manga de instalación 1000 hacia arriba en un incremento, y devolver al orificio 1402 una porción de suelo excavado del orificio 1402, se repiten secuencialmente hasta que la manga de instalación 1000 se haya retirado por completo del orificio 1402.

La Figura 14B ilustra el sistema eléctrico de puesta a tierra 1400 en su estado completamente instalado. Con la manga de instalación 1000 (Figura 14A) completamente removida, el material de relleno electrolítico 1404 queda expuesto directamente al relleno circundante que comprende el suelo natural 1403 devuelto al orificio 1402. Se muestra una brecha 1001 en la Figura 14B únicamente con fines ilustrativos para mostrar el espacio que había sido ocupado por la manga de instalación 1000 en la Figura 14A, pero se entenderá que, en el estado completamente instalado mostrado, el material de relleno electrolítico 1404 y el relleno que comprende el suelo natural 1403 entran en contacto entre sí. Ya sea después de la remoción descrita anteriormente de la manga de instalación 1000 del orificio 1402, o después del paso anterior de posicionar el electrodo 510 dentro de la manga de instalación 1000, la varilla de tierra 802 y el electrodo 510 se interconectan eléctricamente, y el sistema eléctrico de puesta a tierra 1400

se conecta a una fuente de corriente de falla 11 (Figura 1), de la manera descrita anteriormente con respecto a la Figura 9. La Figura 14B también ilustra la colocación del recinto 1100 encima del electrodo 510.

La Figura 14C es una vista en sección de un sistema eléctrico de puesta a tierra completamente instalado 1400, de acuerdo con un aspecto de la presente descripción, donde los números primados en la Figura 14C indican elementos correspondientes, pero no idénticos, a aquellos previamente identificados por números de referencia sin primar. La Figura 14C muestra un tipo diferente de suelo natural 1403' para el cual no se utilizó una manga de instalación, debido a la estabilidad de la pared del orificio 1405' proporcionada por este tipo diferente de suelo natural 1403'. Los pasos que resultan en la instalación del sistema eléctrico de puesta a tierra 1400' son los mismos que los descritos anteriormente con respecto a las Figuras 14A y 14B, con tres excepciones en el aspecto actual. Primero, como se indica anteriormente, la instalación de la Figura 14C no implica la colocación de una manga de instalación en el orificio 1402'. Segundo, después de colocar el electrodo 510 dentro del orificio 1402' (pero no necesariamente inmediatamente después de esa colocación), se agrega el material de relleno electrolítico 1404 al espacio anular, no entre la pared del orificio 1405' y ninguna manga de instalación, sino entre la pared del orificio 1405' y la cara externa 75 del tejido de fibra de carbono 72 del electrodo 510. Finalmente, dado que la Figura 14C muestra el material de relleno electrolítico 1404 sirviendo como el único material de relleno externo al electrodo 510, la instalación de la Figura 14C omite los pasos de volver a colocar el suelo natural en el orificio para servir como dicho relleno externo.

La Figura 15 ilustra un kit 1500 que comprende elementos de un sistema eléctrico de puesta a tierra de acuerdo con un aspecto de la presente descripción. El Kit 1500 incluye un electrodo hueco, como el electrodo 510 (Figuras 5C y 14A-14C), y una barra colectora 900, construida como se describe anteriormente en las Figuras 9, 12A y 12B. Como ya se describe con respecto a la Figura 3, el electrodo 510 puede comprender un primer terminal de columna 84, un segundo terminal de columna 86 y un tercer terminal de columna 88 unidos y en comunicación eléctrica con el tubo (columna) 512 conductor de electricidad del electrodo 510, cerca del extremo superior 516 de la columna conductora de electricidad 512. El electrodo 510 y la barra colectora 900 pueden conectarse entre sí de tal manera que se evite un movimiento excesivo de la barra colectora 900 durante el envío del kit 1500. En una implementación de la presente descripción, un primer conductor 910 puede estar conectado en un extremo al primer terminal de columna 84, y un segundo conductor 912 puede ser enroscado a través de uno de los conectores de barra colectora, como el conector 904, un extremo del segundo conductor 912 conectado al segundo terminal de columna 86, y otro extremo del segundo conductor 912 conectado al tercer terminal de columna 88. El Kit 1500 puede incluir adicionalmente un conjunto de tubo de reposición de sal (SRT) 1502 posicionado dentro del electrodo 510 durante el envío del kit 1500, el conjunto de tubo de reposición de sal 1502 comprende un SRT 800 que contiene sal electrolítica 814 (Figura 8), tapones 810, 812 recibidos en los extremos del SRT 800 para retener la sal electrolítica 814 dentro del SRT 800, y cinta soluble en agua 816 colocada sobre cada orificio de drenaje 808 (Figura 8) en el SRT 800, la cinta soluble en agua 816 configurada para evitar la salida de la sal electrolítica 814 del SRT 800 a través de los orificios de drenaje 808 durante el envío, todos los aspectos anteriores del conjunto de tubo de reposición de sal 1502 descritos anteriormente con respecto a la Figura 8. El conjunto de SRT 1502 está configurada de tal manera que, durante el uso del sistema eléctrico de puesta a tierra, la cinta soluble en agua 816 se disuelve con el tiempo para permitir que la sal electrolítica 814 se filtre desde la cámara interna del SRT 800, a través de los orificios de drenaje 808, hacia el espacio externo al SRT 800. Como se muestra en la Figura 15, la combinación del electrodo 510, la barra colectora 900 y el cableado asociado, y el conjunto SRT 1502 se pueden recibir todos en un contenedor de envío 1504. Opcionalmente, el SRT 800 también puede ser embalado adicionalmente en una bolsa de plástico para prevenir aún más la filtración de la sal electrolítica 814 hacia otros componentes durante el envío. Además, el kit 1500 puede incluir adicionalmente un cubo 1505 que contiene una cantidad predeterminada (como cinco galones) de relleno electrolítico 1004 (Figura 10); un contenedor 1506 que contiene una cantidad predeterminada (como 0,057 metros cúbicos (dos pies cúbicos)) de material de relleno electrolítico 1404; un contenedor 1508 que contiene una cantidad predeterminada (como 0,9 kg (dos libras)) de gránulos de arcilla de bentonita; una abrazadera de miembro de tierra (abrazadera tipo bellota 820, Figura 8); y un IBTB 55 (Figura 1). El cubo 1505 puede contener un relleno electrolítico en forma de pasta, en la cual el material de relleno electrolítico seco disponible del proveedor se diluye con agua a menos del 100 % (como, por ejemplo, 80 %) de su dilución instalada. Un instalador puede luego mezclar más agua con la pasta en el lugar de instalación para lograr una dilución adecuada para agregar a un electrodo del sistema de puesta a tierra de la manera descrita anteriormente con respecto a la Figura 10.

La Figura 16 ilustra un sistema eléctrico de puesta a tierra 1600 que no forma parte de la presente invención. El sistema eléctrico de puesta a tierra 1600 incluye un electrodo hueco 1610, que puede estar construido de un material conductor como un tubo de cobre de 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro, aunque se pueden utilizar otros tipos de materiales conductores. El electrodo hueco 1610 puede definir un extremo superior 1612, un extremo inferior 1614 y una pared de electrodo 1616 que se extiende entre el extremo superior 1612 y el extremo inferior 1614. Un casquillo 1618 puede ser recibido en el extremo superior 1612. La pared del electrodo 1616 puede definir una cámara interna (no mostrada) dentro del electrodo hueco 1610 y puede definir una superficie exterior 1620. La pared del electrodo 1616 también puede definir una pluralidad de orificios de drenaje 1622 que pueden extenderse desde la superficie exterior 1620 a través de la pared del electrodo 1616 hasta la cámara interna. Un miembro de tierra 1624 puede estar conectado operativamente al extremo inferior 1614 del electrodo hueco 1610 en una unión 1626 y puede extenderse hacia abajo desde la unión 1626 hacia el suelo natural 1627. La Figura 16 no necesariamente está dibujada a escala, y el miembro de tierra 1624 puede extenderse en el suelo natural 1627 a una profundidad

relativa mayor que la mostrada. El miembro de tierra 1624 puede estar construido de un material conductor, como una varilla de diámetro de 1,9 cm ($\frac{3}{4}$ de pulgada) revestida de cobre, aunque se pueden utilizar otros tipos de materiales conductores con diferentes o el mismo diámetro. Una base 1628, que también puede estar construida de un material conductor, puede rodear la superficie exterior 1620 de la pared del electrodo 1616 cerca de la unión 1626. La base 1628 puede tener forma de disco con una abertura central o puede estar provista de un par de casquillos de base (como los que se describirán en la presente descripción con referencia a las Figuras 17 y 18), uno de los cuales puede permitir que el miembro de tierra 1624 se fije de forma removible a la base 1628 (como se describirá con referencia a las Figuras 17 y 18). Así, en varios aspectos, el electrodo hueco 1610 puede estar directamente conectado al miembro de tierra 1624, o el electrodo hueco 1610 puede estar interconectado al miembro de tierra 1624 a través de la base 1628; los términos "conectado operativamente" y "unión" pueden abarcar ambas formas posibles de conexión, así como otros mecanismos de conexión conocidos en la técnica, como soldadura, adhesivos, ajustes a presión, sujetadores o ser formados como una construcción monolítica.

Aun refiriéndose a la Figura 16, una columna eléctricamente conductora 1630 puede rodear al electrodo hueco 1610. La columna eléctricamente conductora 1630 puede estar construida de un material conductor, como cobre, y puede tener una sección transversal anular o en forma de tubo, aunque se contempla que otras formas de sección transversal están dentro del alcance de la presente descripción. La columna eléctricamente conductora 1630 puede definir un extremo inferior 1632, un extremo superior 1634 y una pared de columna 1636 que se extiende entre el extremo inferior 1632 y el extremo superior 1634. El extremo inferior 1632 puede entrar en contacto con la base 1628, o simplemente rodear la base 1628 de forma anular cuando se posiciona alrededor del electrodo hueco 1610. La columna eléctricamente conductora 1630 puede definir una cámara externa 1638 entre la superficie exterior 1620 de la pared del electrodo 1616 y la pared de la columna 1636. El relleno electrolítico 1004 puede ser depositado dentro de la cámara exterior 1638. Las propiedades electrolíticas del relleno electrolítico 1004 pueden mejorarse al remover la tapa 1618, añadir sal electrolítica en la cámara interna del electrodo hueco 1610 y reemplazar la tapa 1618. La sal electrolítica puede pasar desde la cámara interna, a través de los orificios de drenaje 1622, y hacia el relleno electrolítico 1004 presente en la cámara externa 1638. Dado que el relleno electrolítico 1004 es un coloide, las moléculas de agua permanecen disponibles para interactuar con la sal electrolítica, pero las moléculas de agua no son tan susceptibles a congelarse en entornos fríos.

Nuevamente haciendo referencia a la Figura 16, se puede adjuntar un terminal de unión 1646 a la superficie exterior 1620 de la pared del electrodo 1616, como por soldadura. Adjuntar un cable de tierra, o una extensión del mismo como la extensión 60 en la Figura 1, al terminal de conexión a tierra 1646, proporciona una comunicación eléctrica entre la fuente de corriente de falla 11 (Figura 1) y el sistema de puesta a tierra eléctrico 1600. Una porción de esta corriente eléctrica puede ser dirigida axialmente a través del electrodo hueco 1610 y axialmente a través del miembro de tierra 1624. Otra porción de la corriente transmitida por el terminal de unión 1646 puede ser dirigida radialmente a través del relleno electrolítico 1004 y a través de la pared de la columna 1636. Una vez que el sistema eléctrico de puesta a tierra 1600 se entierra en un orificio formado en el suelo, y el orificio se rellena con material de relleno (de la manera discutida a continuación con respecto a la Figura 20), la corriente dirigida radialmente desde la pared de la columna 1636 puede ingresar al material de relleno y fluir hacia las partes del suelo que están en contacto con el material de relleno. Además, una vez que el sistema de puesta a tierra 1600 se instala de la manera descrita, el miembro de tierra 1624 puede dispersar la porción axial de la corriente hacia el suelo debajo de la base 1628. Además, la base 1628 en sí misma es capaz de enrutamiento de la corriente que recibe tanto axialmente (hacia abajo) hacia el suelo debajo de la base, como radialmente a través de la pared de la columna 1636 y hacia el material de relleno.

La Figura 17 es una vista en perspectiva de un conjunto de electrodos que no forma parte de la presente invención. El conjunto de electrodos 1700 puede comprender un electrodo hueco 1710, que puede estar construido de un material conductor como un tubo de cobre de 2,5 cm (1 pulgada) de diámetro, aunque se pueden utilizar otros tipos de materiales conductores con diferentes diámetros. El electrodo hueco 1710 define un extremo superior (no mostrado) en el que se coloca una tapa 1712, un extremo inferior 1714 y una pared de electrodo 1716 que se extiende entre el extremo superior y el extremo inferior 1714. La pared del electrodo 1716 puede definir una cámara interna (no mostrada) dentro del electrodo hueco 1710 y puede definir una superficie exterior 1718 y una pluralidad de orificios de drenaje 1720 que se extienden desde la superficie exterior 1718 a través de la pared del electrodo 1716 hasta la cámara interna. Una base 1722, que también puede estar construida de material conductor, incluye una sección de placa 1724 que define una pluralidad de aperturas 1726 en su interior, el propósito de las aperturas 1726 se discutirá en relación a la Figura 20. Un casquillo de base superior 1728 puede extenderse hacia arriba desde la sección de placa 1724 y puede estar fijado permanentemente a la sección de placa 1724, aunque se pueden utilizar otros tipos de conexiones adecuadas. El casquillo de base superior 1728 puede estar construido de un material conductor y puede recibir el extremo inferior 1714 del electrodo hueco 1710, el cual puede estar unido permanentemente al casquillo de base superior 1728, aunque se pueden utilizar otros tipos de conexiones adecuadas. El casquillo de base superior 1728 puede funcionar como una tapa inferior para contener sales electrolíticas que pueden ser colocadas dentro de la cámara interna del electrodo hueco 1710. Un casquillo de base inferior 1730 puede extender hacia abajo desde la sección de placa 1724 opuesto al casquillo de base superior 1728. El casquillo de base inferior 1730 puede estar formado como un casquillo de cobre roscado internamente, fijado permanentemente ya sea a la sección de placa 1724 o al casquillo de base superior 1728, aunque se pueden utilizar otros tipos de materiales conductores y conexiones adecuadas. Un miembro de tierra 1732 puede

comprender un extremo superior roscado externamente 1734 (Figura 18) que puede ser recibido dentro del casquillo de base inferior roscado internamente 1730. Se entenderá que el término "conjunto de electrodos", tal como se utiliza con respecto a la Figura 17, se refiere a todos los componentes ilustrados en la Figura 17, excepto el miembro de tierra 1732. Por lo tanto, el miembro de tierra 1732 no forma parte del conjunto de electrodos 1700. El miembro de tierra 1732 puede ser adjuntado de forma removible al casquillo de base inferior 1730 y, por lo tanto, a la base 1722, sin embargo, la conexión proporcionada aún puede cumplir con los requisitos de un "enlace" según el NEC. El miembro de tierra 1732 también puede estar construido de un material conductor, como una varilla de diámetro de 1,9 cm (3/4 de pulgada) revestida de cobre, aunque se pueden utilizar otros tipos de materiales conductores con diferentes diámetros. Las líneas de ruptura 1734 se utilizan en la Figura 17 para indicar que el miembro de tierra 1732 puede estar disponible para un usuario en diferentes longitudes, dependiendo de varios factores relacionados con el sitio de puesta a tierra, incluyendo, pero no limitado a la profundidad del suelo.

Aun refiriéndonos a la Figura 17, el conjunto de electrodos 1700 puede incluir un marco de electrodo 1736 conectado a la superficie exterior 1718 de la pared del electrodo 1716. El marco del electrodo 1736 puede comprender una pluralidad de miembros de marco sustancialmente en forma de U 1738 que definen una sección axial 1738a sustancialmente paralela al eje A-A del electrodo hueco 1710 y dos secciones radiales espaciadas, a saber, la sección radial superior 1738b y la sección radial inferior 1738c. Cada sección radial 1738b,c puede extenderse desde la sección axial 1738a en un ángulo (mostrado en la Figura 17 como 90°, aunque se pueden utilizar otros ángulos adecuados) hacia la sección axial 1738a y puede terminar en los extremos respectivos 1738d, 1738e en contacto y unidos a la superficie exterior 1718 de la pared del electrodo 1716. Los miembros del marco 1738 pueden estar construidos de material conductor, como varillas de cobre de 0,48 cm (3/16 de pulgada) de diámetro. Como se construye, el marco del electrodo 1736 puede aumentar el área superficial conductora del conjunto de electrodos 1700, proporcionando así características de disipación mejoradas, y puede brindar soporte estructural para una manga de instalación en un estado instalado, como se discutirá en detalle con respecto a la Figura 20.

La Figura 18 es una vista en perspectiva de un conjunto de electrodos 1800 que no forma parte de la presente invención, con ciertos números de referencia en la Figura 18 identificando los mismos componentes correspondientes a los mismos números utilizados en la Figura 17. Sin embargo, a diferencia de la descripción de la Figura 17, la sección radial inferior 1738c del conjunto de electrodos 1800 puede tener un perfil curvado que se extiende desde la sección axial 1738a opuesta a la sección radial superior 1738b y puede terminar en un segundo extremo 1738e' que contacta la superficie exterior 1718 de la pared del electrodo 1716. También se muestra en la Figura 18 un casquillo de electrodo 1740, que puede sustituir a la tapa 1712'. La bujía del electrodo 1740 puede comprender una primera sección 1740a y una segunda sección 1740b axialmente opuesta, la primera sección 1740a conectada operativamente al extremo superior del electrodo hueco 1710, como por medio de una fijación permanente, aunque se pueden utilizar otros tipos de fijación adecuados. La segunda sección 1740b puede estar provista de roscado macho NPT (National Pipe Taper), lo cual puede facilitar una conexión desmontable a un segundo conjunto de electrodos ("conjunto de electrodos" definido como todos los componentes de un conjunto de electrodos excepto el miembro de tierra) construido de manera idéntica a cualquiera de los conjuntos de electrodos 1700 o 1800. Específicamente, la segunda sección 1740b puede acoplarse con las roscas internas de un casquillo de base inferior (como el 1730 en la Figura 17), de modo que dos conjuntos completos de electrodos pueden unirse extremo a extremo. Se pueden unir conjuntos de electrodos adicionales al conjunto resultante de doble longitud de manera similar, si es necesario. Esto proporciona un enfoque modular que permite utilizar los mismos tipos de componentes para adaptarse fácilmente a las características variables de diferentes sitios de puesta a tierra. Alternativamente, el electrodo hueco 1710 de la Figura 18 puede unirse directamente a la base 1722 sin utilizar un casquillo.

Las Figuras 19A y 19B ilustran secciones de manga de instalación que no forman parte de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 19A, se puede construir una sección de manga de instalación 1900 con un compuesto que posee propiedades electrolíticas y que es biodegradable. Se puede agregar una malla 1902 a este compuesto para mejorar la resistencia estructural de la sección de manga de instalación 1900 y mejorar la disipación de corriente de falla en la sección de manga de instalación 1900 y, una vez instalada, en el material de relleno y los suelos circundantes. La malla 1902 puede estar construida de cobre de 1,3 cm (1/2 pulgada), aunque se pueden utilizar otros materiales conductores con diferentes diámetros. La sección de la manga de instalación resultante 1900 es un tubo rígido lo suficientemente resistente para soportar las presiones del relleno de suelo. Una vez que ocurre la degradación del compuesto biodegradable que comprende la sección de manga de instalación 1900 en el suelo de un sitio de instalación, la malla 1902 permanece para continuar ayudando a mejorar la conductividad del suelo, lo cual puede ser aún más mejorado por la liberación de cualquier relleno electrolítico 1004 (Figura 10) que estuviera presente en la cámara exterior definida por la sección de manga de instalación 1900 (similar a la cámara exterior 1638 de la Figura 16). La sección de manga de instalación 1900, mostrada con forma cilíndrica similar a un tubo, define un extremo inferior 1904, un extremo superior 1906 y una pared de manga 1908 que se extiende entre el extremo inferior 1904 y el extremo superior 1906, siendo que la pared de manga 1908 define una superficie exterior 1910, una superficie interior 1912 y una abertura central 1914, aunque se consideran otras formas con una abertura central como parte del alcance de la presente descripción. Aproximadamente en el extremo inferior 1904, la pared de la manga 1908 puede ensancharse radialmente hacia fuera para formar un reborde 1916, lo cual puede promover

un enfoque modular en la construcción de una manga para completar un conjunto de electrodos. La brida 1916 puede formarse durante la fabricación de la sección de manga de instalación 1900 de manera que la sección de manga de instalación 1900, incluyendo la brida 1916, sea un componente de una sola pieza. Otros métodos adecuados para fijar o incorporar la brida 1916 pueden ser utilizados en otros aspectos.

La sección de la manga de instalación 1900 puede proporcionarse en longitudes de 0,6 metros (dos pies), u otras longitudes adecuadas, incluyendo longitudes más cortas que la longitud de una manga de instalación de una sola pieza en la mayoría de los sistemas de puesta a tierra eléctrica completados. En el sitio de instalación, estas secciones de manga se pueden apilar una encima de la otra cuando se requieren o son posibles sistemas de puesta a tierra eléctrica más profundos que, por ejemplo, 0,6 metros (dos pies). En tal disposición, un extremo sin ensanchar de una sección de manga de instalación 1900 se ajusta dentro del reborde de otra sección de manga de instalación para proporcionar un ajuste ajustado entre las secciones. Cada sección de la manga de instalación 1900 puede tener una pluralidad de orificios de drenaje 1918 que se extienden desde la superficie exterior 1910 a través de la pared de la manga 1908 hasta la superficie interior 1912. Una vez que se ha añadido el relleno electrolítico a la cámara exterior definida por una o más secciones de manga de instalación ensambladas 1900 (ver, por ejemplo, la cámara exterior 1638 de la Figura 16), el relleno electrolítico 1004 (Figura 10) se filtra desde la cámara exterior, a través de los orificios de drenaje 1918, y hacia el material de relleno que rodea la sección de manga 1900 en su estado instalado. La Figura 19A ilustra los orificios de drenaje 1918 dispuestos en filas circunferenciales espaciadas axialmente, aunque se pueden utilizar otros patrones, como se muestra en la descripción de la Figura 19B, que se discute a continuación.

La Figura 19B representa otra sección de manga de instalación 1905, con números en negrita en la Figura 19B identificando los mismos componentes correspondientes a los mismos números en forma no negrita en la Figura 19A. Se pueden formar una pluralidad de orificios de drenaje 1918' en la pared de la manga 1908' de la misma manera que se discutió con respecto a la pared de la manga 1908 de la Figura 19A, excepto que la Figura 19B muestra que la pluralidad de orificios de drenaje 1918' puede formar un patrón diferente al representado en la Figura 19A. Como se muestra en la Figura 19B, la pluralidad de orificios de drenaje 1918' puede formar una progresión diagonal o en espiral a lo largo de la pared de la manga 1908'. La Figura 19B también muestra un miembro de disco 1920, que puede estar compuesto del mismo material compuesto electrolítico que comprende la sección de manga de instalación 1905. El miembro de disco 1920 se puede utilizar en lugar de la sección de placa 1724 del miembro de base 1722, mostrado en la Figura 17, para formar una retención inferior del relleno electrolítico dentro de la cámara exterior de un sistema de puesta a tierra eléctrico completo. Finalmente, la Figura 19B muestra que se puede formar un reborde 1916' cerca del extremo superior 1906' de la sección de la manga de instalación 1900', en lugar de cerca del extremo inferior, como en la Figura 19A.

La composición de cualquier manga de instalación construida de acuerdo con las Figuras 19A o 19B puede, en diversas implementaciones, ser una mezcla de agua, turba, arcilla de Attapulgita, relleno electrolítico como se describe anteriormente y fibras de carbono. El musgo de turba, disponible comercialmente en proveedores como Home Depot, puede ser utilizado porque se ha encontrado que es un conductor eléctrico efectivo y posee propiedades hidrófilas. Las propiedades hidrófilas pueden ser convenientes para promover la adhesión del musgo de turba al añadir agua. La arcilla de attapulgita recibe su nombre de Attapulgis, Georgia, de donde se extrae la arcilla. Una célula de arcilla de Attapulgita es alargada, con una pluralidad de hendiduras formadas a lo largo de su longitud. Tras la introducción de agua, las moléculas de agua pueden quedar atrapadas en las hendiduras, lo que convierte a la arcilla de Attapulgita en una excelente sustancia para mejorar las propiedades hidrófilas del material de la manga resultante de los pasos a continuación. Esas propiedades permiten que la arcilla de Attapulgita funcione como un emulsionante, de modo que la arcilla de Attapulgita promueve la adhesión de varios componentes del material de la manga juntos. Sin embargo, la descripción de la arcilla de Attapulgita no debe considerarse limitante en la descripción, ya que en otros aspectos se pueden utilizar otras arcillas u otros materiales con propiedades hidrófilas convenientes. La fibra de carbono puede mejorar la resistencia de las mangas formadas a partir del material de la manga.

En varios aspectos, la fabricación del material de la manga de instalación puede proceder de acuerdo a los pasos numerados a continuación. En otros aspectos, las medidas precisas y las duraciones de tiempo proporcionadas a continuación no deben considerarse limitantes y en otros aspectos se pueden utilizar otras medidas o duraciones para fabricar las mangas de instalación descritas en este documento.

Paso 1: Tamizar el musgo de turba a través de una malla de ventana estándar para eliminar ramitas y obtener un material "en polvo" uniforme.

Paso 2: Moler el relleno electrolítico en un molinillo comercial, de manera que tenga una consistencia similar a la del café expreso, por ejemplo.

Paso 3: Mezclar el relleno electrolítico molido y la arcilla de Attapulgita juntos, luego agregue el musgo de turba y mezcle, luego agregue la fibra de carbono y mezcle aún más. Continúa mezclando hasta que la mezcla esté completamente uniforme.

Paso 4: Añadir agua gradualmente hasta obtener la consistencia y uniformidad deseada. En varios aspectos, el peso del agua puede ser aproximadamente el doble del peso de los ingredientes secos después de lograr la consistencia y uniformidad deseada. Mezclar completamente.

5 Paso 5: Enrollar o extrudir el material mezclado en láminas de 20 cm de ancho, 46 cm de largo y 0,3 cm de grosor.

Paso 6: Perforar una línea de orificios de 3 cm de diámetro en cada hoja a lo largo del eje longitudinal, espaciados cada 10 cm.

10 Paso 7: Colocar dos tiras de malla de cobre de 3 cm por 45 cm encima y debajo de los orificios perforados.

15 Paso 8: Aplicar una capa de "deslizante" con un pincel, que puede ser una versión diluida del material de la manga. También conocido como una suspensión, el deslizante se hace al suspender sólidos en agua. Normalmente, estos son sólidos cerámicos o minerales con partículas muy finas, y pueden mantenerse en suspensión utilizando pequeñas cantidades de compuestos químicos.

20 Paso 9: Presionar otra lámina extruida (sin cobre) sobre la lámina recubierta con deslizante y asegure una unión completa.

Paso 10: Envolver el material alrededor de un mandril inflado, utilizando deslizamiento y presión para unir las costuras.

25 Paso 11: Ensamblar dos hojas adicionales sobre el mandril inflado y una las costuras con las hojas adyacentes mediante deslizamiento.

30 Paso 12: Moldear un reborde (de la forma discutida anteriormente con respecto a las Figuras 19A y 19B) en la parte superior de la tercera lámina de material envuelta alrededor del mandril. La brida puede ser formada con un molde presionado sobre el mandril.

Paso 13: Secar las láminas montadas en el mandril (ahora incluyendo la brida) en una cámara o sala calentada, generalmente durante 2-3 horas.

35 Paso 14: Desinflar y retirar el mandril, colocando las mangas formadas de 60 cm de longitud, con el extremo del reborde hacia arriba, verticalmente en estantes de secado con anillos de soporte para evitar que se caigan durante el secado.

40 Paso 15: Secar las mangas con aire forzado durante 24 horas, utilizando más o menos tiempo dependiendo de las condiciones atmosféricas.

45 La Figura 20 es una vista en perspectiva de un sistema eléctrico de puesta a tierra 2000 instalado, que no forma parte de la presente invención, insertado dentro de un orificio 2002 formado en el suelo natural 2003, mostrado en una vista en sección. El sistema eléctrico de puesta a tierra 2000 comprende el conjunto de electrodos 1700 ilustrado en la Figura 17 y un arreglo de secciones de manga de instalación 1950a, 1950b construidas como se muestra en la Figura 19B, con parte de la sección de manga 1950b rota para exponer el marco del electrodo 1736. Las secciones de manga de instalación 1950a, 1950b se pueden apilar una al lado de la otra de la manera descrita con respecto a la Figura 19A. Para facilitar la ilustración, no se muestran orificios de drenaje en las secciones de la manga de instalación 1950a, 1950b, ni en el electrodo hueco 1710, pero se entenderá que hay orificios de drenaje, ejemplificados en la Figura 17 en 1720, y en las Figuras 19A y 19B en 1918 y 1918', respectivamente, presentes en el electrodo hueco 1710 y en las secciones de la manga de instalación 1950a, 1950b.

50 Para instalar completamente el sistema eléctrico de puesta a tierra 2000 en un sitio de puesta a tierra, se puede excavar o formar el orificio 2002 en el suelo 2003 con una herramienta, como una biela motriz, que permita determinar la profundidad del orificio y, por lo tanto, la profundidad del suelo disponible para la puesta a tierra eléctrica. Si se necesitará más de un sistema eléctrico de puesta a tierra 2000, el orificio 2002 puede ser formado o extendido en una zanja de longitud predeterminada, como 1,2 m (cuatro pies), para dos sistemas de puesta a tierra eléctrica 2000. A continuación, basado en esa determinación, se puede seleccionar el miembro de tierra 1732 de una pluralidad de miembros de tierra disponibles que tienen diferentes longitudes. El miembro de tierra seleccionado 1732 puede ser luego introducido en el suelo 2003 debajo del orificio 2002. A continuación, el miembro de tierra 1732 se une de forma removible al conjunto de electrodos 1700 mediante el enganche del extremo superior roscado externamente 1734 (mostrado en la Figura 18) con el casquillo de base inferior roscado internamente 1730, de la manera discutida con respecto a la Figura 17. Una o más secciones de manga de instalación, como 1950a, 1950b, pueden ser posicionadas en el orificio 2002 para rodear el conjunto de electrodos 1700, con la sección inferior de la manga de instalación 1950a en contacto con la base 1722 del conjunto de electrodos 1700 o en contacto con el fondo del orificio 2002. Se puede formar así una cámara exterior en forma de anillo 2004 entre la superficie exterior de la pared del electrodo 1718 y la superficie interna de cada pared de manga de cada sección de manga de

instalación 1900', como la superficie interna 1912a' de la pared de manga 1950a. Cada superficie interna de dicha sección de manga puede luego entrar en contacto con al menos una parte del marco del electrodo 1736 del conjunto de electrodos 1700. Con las secciones de manga de instalación 1950a,b instaladas como se muestra en la Figura 20, cada superficie interna de la sección de manga puede entrar en contacto al menos con la sección axial de cada miembro del marco del electrodo 1738. La cámara exterior 2004 puede entonces ser llenada con el relleno electrolítico 1004 (Figura 10). El conjunto de electrodos 1700 puede entonces estar conectada eléctricamente a la fuente de corriente de falla 11 (Figura 1) y, si es necesario, a una o más disposiciones adicionales de puesta a tierra eléctrica, de la manera discutida con respecto a la Figura 1, con el terminal de unión 1646, unida a la superficie exterior 1718, sirviendo como la conexión de cable para el conjunto de electrodos 1700. El orificio 2002 (o zanja, si se utilizan más de un sistema eléctrico de puesta a tierra) puede ser rellenado posteriormente con material de relleno 1404. Se muestra solo un relleno parcial para facilitar la ilustración, pero se entenderá que el material de relleno 1404 se llenará en el orificio 2002 hasta un nivel justo por debajo de la elevación de las patillas de unión 1646. Una caja protectora con etiquetado (que menciona las palabras "Sistema de Puesta a Tierra", por ejemplo), como la caja de válvulas 2008, puede colocarse sobre la tapa 1712 del conjunto de electrodos 1700.

Con el sistema eléctrico de puesta a tierra 2000 instalado como se muestra en la Figura 20, la corriente de falla se dirige y dispersa no solo de la manera discutida con respecto a la Figura 1, sino también a través del marco del electrodo 1736. Cuando la corriente de falla atraviesa la pared del electrodo 1716, una parte de esa corriente puede ser transmitida a través de cada miembro del marco del electrodo 1738. Dado que la sección axial de cada miembro de marco de electrodo 1738 entra en contacto al menos parcialmente con la superficie interna de una pared de manga de cada sección de manga de instalación (como la superficie interna 1912a'), cada miembro de marco 1738 transmite corriente de falla a través de cada pared de manga (como la pared 1908' en la Figura 19B), y hacia el material de relleno circundante 1404 que, a su vez, dispersa la corriente de falla transmitida al suelo natural circundante 2003.

Aun refiriéndonos a la Figura 20, las propiedades electrolíticas de los medios conductores asociados con el sistema eléctrico de puesta a tierra 2000 pueden ser mejoradas o reabastecidas. Si se inserta sal electrolítica en la cámara interna del electrodo hueco 1710, la sal electrolítica puede pasar desde la cámara interna, a través de los orificios de drenaje 1720 (Figura 17), y hacia el relleno electrolítico 1004 (Figura 10) presente en la cámara externa 2004. Las propiedades electrolíticas del material de relleno 1404 también pueden ser mejoradas. Debido a la presencia de los orificios de drenaje en cada sección de la manga de instalación (como el 1918' en la Figura 19B), el relleno electrolítico 1004 puede filtrarse desde la cámara exterior 2004, a través de esos orificios de drenaje 1918', y hacia el material de relleno posterior 1404. Las propiedades electrolíticas del suelo natural 2003 debajo de la base 1722 también pueden mejorarse. Debido a la presencia de las aberturas 1726 en la sección de placa 1724 (Figura 17) de la base 1722, el relleno electrolítico 1004 puede filtrarse desde la cámara externa 2004, a través de cada una de esas aberturas 1726, y hacia el suelo natural 2003.

La Figura 21 ilustra un sistema eléctrico de puesta a tierra 2100 que refleja una implementación más rudimentaria que las discutidas anteriormente. Los números de referencia utilizados en esta descripción de la Figura 21, que fueron mencionados previamente en descripciones de varias figuras anteriores, identifican componentes idénticos a los descritos con respecto a dichas figuras anteriores. El sistema 2100 comprende una caja de contención 2102 construida de cualquier material no conductor adecuado, como madera contrachapada, que se encuentra sobre el nivel del suelo de un suelo natural. Los lados 2102a,b,c,d de la caja de contención 2102 definen un espacio interior, con una columna eléctricamente conductora 2104 posicionada centralmente en él. La columna eléctricamente conductora 2104 puede construirse sustancialmente de manera idéntica a cualquiera de las secciones de tubo 76, 78 de la Figura 4, pero con una longitud axial coincidente con la altura de la caja de contención 2102. La columna eléctricamente conductora 2104 también puede ser construida como un tubo de cobre de 12,7 cm (5 pulgadas) de diámetro, aunque se pueden utilizar otros materiales conductores adecuados. Tejido de fibra de carbono 72, mostrado en contacto y envuelto alrededor de la columna eléctricamente conductora 2104, puede tener una longitud idéntica a la longitud axial de la columna eléctricamente conductora 2104. Una varilla de tierra 802, dispuesta de forma central dentro del espacio interno definido por la columna eléctricamente conductora 2104, se extiende hacia el suelo natural a una profundidad como, por ejemplo, 0,6 m (dos pies). El relleno electrolítico 1004, que puede estar en forma de pasta, ocupa el espacio anular entre una superficie exterior de la varilla de tierra 802 y la superficie interna de la columna eléctricamente conductora 2104. Una abrazadera tipo bellota 820 se puede sujetar a una porción superior de la varilla de tierra 802, de la manera descrita con respecto a la Figura 8, anteriormente. El musgo de turba húmedo 2106 puede ocupar el espacio definido entre los lados de la caja 2102a,b,c,d de la caja de contención 2102 y la cara exterior 75 del tejido de fibra de carbono 72. El musgo de turba húmeda 2106, como se menciona anteriormente en las Figuras 19A y 19B, es un conductor eléctrico efectivo y posee propiedades hidrófilas.

En cuanto a las conexiones eléctricas al sistema eléctrico de puesta a tierra 2100, un terminal de columna 84 puede ser adjuntado a la columna eléctricamente conductora 2104 mediante cualquier medio adecuado, como remachado, que permita la comunicación eléctrica entre la columna eléctricamente conductora 2104 y el terminal de columna 84. Un cable de suministro de corriente de falla 914 se conecta a una fuente de corriente de falla (no mostrada) en un extremo, con su extremo opuesto en contacto con la varilla de tierra 802 y sujeto en su lugar por la abrazadera tipo bellota 820. Un cable de empalme 2108 puede ser recibido en el terminal de columna 84 en un extremo, con su otro extremo también en contacto con la varilla de tierra 802 y mantenido en su lugar por la abrazadera tipo bellota 820.

En otras implementaciones, el cable de suministro de corriente de falla 914 y el cable de empalme 2108 pueden comprender una sola línea. La corriente de falla recibida por la varilla de tierra 802 desde el cable de suministro de corriente de falla 914 se dispersa tanto axialmente hacia abajo como radialmente hacia fuera desde la varilla de tierra 802. La porción de la corriente de falla recibida que se dispersa axialmente hacia abajo viaja a través de la varilla de tierra 802 y hacia el suelo natural ubicado debajo del extremo inferior incrustado de la varilla de tierra 802. La porción de la corriente de falla recibida que se dispersa radialmente hacia fuera desde la varilla de tierra 802 viaja radialmente a través del relleno electrolítico 1004, después de lo cual se dispersa aún más por la cara exterior 75 del tejido de fibra de carbono 72 en el musgo de turba húmedo 2106, que conduce la corriente radialmente lejos de la cara exterior 75. Así, incluso una implementación rudimentaria de un sistema de puesta a tierra de acuerdo con un aspecto de la presente descripción puede dispersar la corriente de falla tanto en direcciones axiales como radiales, siendo la dispersión radial significativamente aumentada por la acción del tejido de fibra de carbono 72 en conjunto con el relleno electrolítico 1004 y el musgo de turba húmedo 2106.

En un aspecto ilustrativo, un sistema eléctrico de puesta a tierra puede comprender una columna eléctricamente conductora configurada para comunicarse con una fuente de corriente de falla y una capa de fibra de carbono en relación conductora con al menos una porción de la columna eléctricamente conductora. En otro aspecto ilustrativo adicional, la capa de fibra de carbono puede comprender un tejido de fibra de carbono ensamblado sobre al menos una parte de la columna eléctricamente conductora. En otro aspecto ilustrativo adicional, la columna eléctricamente conductora puede tener una superficie exterior, una sección transversal de la columna eléctricamente conductora que define un perímetro de la superficie exterior, y la capa de fibra de carbono puede rodear el perímetro. En otro aspecto ilustrativo adicional, la columna eléctricamente conductora puede definir una pared de columna y un orificio de llenado formado en la pared de la columna, y la columna eléctricamente conductora puede configurarse para ser colocada en el suelo natural en una posición horizontal.

En otro aspecto ilustrativo adicional, un sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un tubo de reposición de sal configurado para su conexión a un miembro de tierra. El tubo de reposición de sal puede tener una pared de tubo que define una superficie interior y una superficie exterior, la superficie interior de la pared del tubo define una cámara de tubo, en donde la pared del tubo define un orificio de drenaje que se extiende desde la superficie exterior de la pared del tubo, a través de la pared del tubo y hacia la cámara del tubo. En otro aspecto ilustrativo adicional, el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender sal electrolítica dispuesta dentro de la cámara del tubo, en donde el orificio de drenaje está configurado para proporcionar un pasaje para que la sal electrolítica, durante el uso del sistema, se filtre desde la cámara del tubo y hacia una cámara de columna al menos parcialmente definida por la columna eléctricamente conductora. En otro aspecto ilustrativo adicional, el miembro de tierra define una superficie exterior, donde al instalar la columna eléctricamente conductora en un orificio en el cual se ha introducido el miembro de tierra, se puede definir una cámara de columna entre una superficie interior de la columna eléctricamente conductora, la superficie exterior del tubo de reposición de sal y una superficie exterior del miembro de tierra, y el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un relleno electrolítico dispuesto dentro de la cámara de columna, el relleno electrolítico comprende un material configurado para conducir al menos una parte de cualquier corriente de falla recibida por el miembro de tierra radialmente hacia fuera desde el miembro de tierra, a través de la cámara de columna, y hacia la capa de fibra de carbono. En otro aspecto ilustrativo adicional, el relleno electrolítico puede comprender una composición de arcilla de bentonita, sulfato de cobre, yeso y sulfato de magnesio, con la arcilla de bentonita que comprende al menos el 50 % de la composición.

En otro aspecto ilustrativo adicional, la columna eléctricamente conductora tiene un extremo, y el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender una barra colectora que incluye un primer conector de barra colectora, un segundo conector de barra colectora y un tercer conector de barra colectora, la barra colectora interconecta eléctricamente cada uno de los conectores de barra colectora entre sí, donde la barra colectora puede comunicarse eléctricamente con la columna eléctricamente conductora y con la fuente de corriente de falla. En otro aspecto ilustrativo adicional, el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un primer terminal de columna, un segundo terminal de columna y un tercer terminal de columna, cada uno de los terminales de columna está unido al conductor de columna eléctricamente conductor y en comunicación eléctrica con él, próximo al extremo; un primer conductor, un extremo del primer conductor se comunica con el primer terminal de columna y otro extremo del primer conductor se comunica con el conector de barra colectora de primer bus; un segundo conductor, el segundo conductor se enrosca a través del conector de barra colectora de segundo bus, un extremo del segundo conductor se comunica con el segundo terminal de columna y otro extremo del segundo conductor se comunica con el tercer terminal de columna; y una abrazadera de miembro de tierra que se puede enganchar con una porción superior de un miembro de tierra; en donde el tercer conector de barra colectora y la abrazadera de miembro de tierra se pueden configurar para permitir que un cable de suministro de corriente de falla entre en contacto con la abrazadera de miembro de tierra, se enrutado a través del tercer conector de barra colectora y luego salga del sistema eléctrico de puesta a tierra. En otro aspecto ilustrativo adicional, el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un recinto posicionado sobre la columna eléctricamente conductora, el recinto tiene un borde inferior que define una abertura que se extiende axialmente hacia arriba, la abertura proporciona un paso configurado para permitir que el cable de suministro de corriente de falla sea enrutado hacia la abrazadera del miembro de tierra, a través del conector de la tercera barra colectora, y salga del recinto hacia otro sistema eléctrico de puesta a tierra, donde la barra colectora puede ser fijada a una superficie interna del recinto.

En otro aspecto ilustrativo adicional, el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender una rejilla de soporte posicionada circunferencialmente entre la columna eléctricamente conductora y al menos una porción de la capa de fibra de carbono, y la rejilla de soporte puede comprender un anillo superior posicionado circunferencialmente alrededor de una porción de la columna eléctricamente conductora, un anillo inferior espaciado axialmente del anillo superior, el anillo inferior posicionado circunferencialmente alrededor de otra porción de la columna eléctricamente conductora, y un miembro alargado que define una superficie interna y una superficie externa, la superficie interna del miembro alargado conectada al anillo superior cerca de un extremo del miembro alargado, y la superficie interna del miembro alargado conectada al anillo inferior cerca de otro extremo del miembro alargado.

En otro aspecto ilustrativo adicional, la columna eléctricamente conductora puede comprender una sección de tubo superior, una sección de tubo inferior y una columna vertebral con extremos opuestos, un extremo de la columna vertebral conectado a la sección de tubo superior y otro extremo de la columna vertebral conectado a la sección de tubo inferior, en donde la columna vertebral interconecta eléctricamente la sección de tubo superior con la sección de tubo inferior. En otro aspecto ilustrativo adicional, el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender una rejilla de soporte posicionada circunferencialmente alrededor de la sección de tubo superior y la sección de tubo inferior internamente de la capa de fibra de carbono, y la rejilla de soporte puede comprender un anillo superior posicionado circunferencialmente alrededor de la sección de tubo superior, un anillo inferior posicionado circunferencialmente alrededor de la sección de tubo inferior, y un miembro alargado que define una superficie interna y una superficie externa, la superficie interna del miembro alargado conectada al anillo superior cerca de un extremo del miembro alargado, y la superficie interna del miembro alargado conectada al anillo inferior cerca de otro extremo del miembro alargado, de modo que la capa de fibra de carbono puede entrar en contacto con al menos una porción de la superficie externa del miembro alargado, al menos una porción de la sección de tubo superior y al menos una porción de la sección de tubo inferior.

En otro aspecto ilustrativo adicional, la columna eléctricamente conductora puede ser una primera columna eléctricamente conductora que tiene un primer extremo, y el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender una segunda columna eléctricamente conductora, la cual tiene un segundo extremo en comunicación eléctrica con el primer extremo. En otro aspecto ilustrativo adicional, el primer extremo puede estar cónico hacia adentro, el segundo extremo puede estar cónico hacia fuera y el segundo extremo puede ajustarse a presión sobre el primer extremo. En otro aspecto ilustrativo adicional, el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un terminal de conexión superior conectada a la primera columna conductora de electricidad cerca del primer extremo, un terminal de conexión inferior conectada a la segunda columna conductora de electricidad cerca del segundo extremo, y un cable que interconecta eléctricamente el terminal de conexión superior y el terminal de conexión inferior.

En otro aspecto ilustrativo, un método de instalar un sistema eléctrico de puesta a tierra en un sitio puede comprender los pasos de insertar un electrodo hueco en un orificio formado en el suelo natural en el sitio, el electrodo hueco comprendiendo un tubo eléctricamente conductor configurado para comunicarse con una fuente de corriente de falla, y una capa de fibra de carbono en relación conductora con al menos una porción del tubo eléctricamente conductor; posicionar el electrodo hueco en el orificio circunferencialmente alrededor de un miembro de tierra introducido en el suelo natural en el fondo del orificio; e interconectar eléctricamente el miembro de tierra y el electrodo hueco. En otro aspecto ilustrativo adicional, la capa de fibra de carbono puede comprender un tejido de fibra de carbono ensamblado sobre al menos una parte del tubo eléctricamente conductor.

En otro aspecto ilustrativo adicional, el método de instalar un sistema eléctrico de puesta a tierra en un sitio puede además comprender el paso de, antes del paso de insertar el electrodo hueco en el orificio, fijar un tubo de reposición de sal a una porción no conducida del miembro de tierra, el tubo de reposición de sal configurado para contener sal electrolítica y teniendo una pared de tubo que define una superficie interior y una superficie exterior, la superficie interior de la pared del tubo define una cámara de sal, donde la pared del tubo puede definir un orificio de drenaje que se extiende desde la superficie exterior de la pared del tubo, a través de la pared del tubo, y hacia la cámara de sal. En otro aspecto ilustrativo adicional, el método puede además comprender el paso de, antes del paso de insertar el electrodo hueco en el orificio, posicionar una manga de instalación de forma circunferencial alrededor del miembro de tierra, en donde el paso de posicionar el electrodo hueco de forma circunferencial alrededor del miembro de tierra comprende posicionar el electrodo hueco dentro de la manga de instalación. En otro aspecto ilustrativo adicional, el método puede además comprender mover la manga de instalación hacia arriba, en un incremento menor que la longitud de la manga de instalación, devolviendo al orificio una porción de suelo excavado del mismo, de manera que el suelo devuelto se coloque en un espacio vacío definido entre la manga de instalación y el suelo natural no perturbado que define el orificio, y repetir secuencialmente los pasos de mover la manga de instalación hacia arriba en un incremento y devolver al orificio una porción de suelo excavado del mismo, hasta que la manga de instalación sea completamente retirada del orificio.

En otro aspecto ilustrativo, un kit de sistema eléctrico de puesta a tierra puede comprender un electrodo hueco que comprende un tubo eléctricamente conductor configurado para la comunicación con una fuente de corriente de falla, y una capa de fibra de carbono ensamblada sobre al menos una porción del tubo eléctricamente conductor; y una barra colectora que comprende al menos dos conectores de barra colectora interconectados eléctricamente entre sí.

5 En otro aspecto ilustrativo adicional, el sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un primer terminal, un segundo terminal y un tercer terminal unidos y en comunicación eléctrica con el tubo conductor eléctrico cerca de un extremo del tubo conductor eléctrico, un primer cable unido en un extremo al primer terminal, y un segundo cable, el segundo cable enroscado a través de uno de los conectores de barra colectora, un extremo del segundo cable conectado al segundo terminal, y otro extremo del segundo cable conectado al tercer terminal. En otro aspecto ilustrativo adicional, se puede posicionar un conjunto de tubo de reposición de sal dentro del electrodo hueco durante el envío del kit del sistema eléctrico de puesta a tierra, y el conjunto de tubo de reposición de sal puede comprender un tubo de reposición de sal que tiene extremos opuestos y una pared de tubo que define una superficie interior y una superficie exterior, la superficie interior define una cámara de tubo, donde la pared del tubo define un orificio de drenaje que se extiende desde la superficie exterior de la pared del tubo, a través de la pared del tubo y hacia la cámara del tubo; sal electrolítica dispuesta dentro de la cámara del tubo; una tapa recibida en cada extremo del tubo de reposición de sal para retener la sal electrolítica dentro de la cámara del tubo; y cinta soluble en agua colocada sobre el orificio de drenaje, la cinta soluble en agua configurada para evitar la salida de la sal electrolítica fuera de la cámara del tubo a través del orificio de drenaje durante el envío; por lo tanto, el conjunto de tubo de reposición de sal puede configurarse de tal manera que, durante el uso del sistema eléctrico de puesta a tierra, la cinta soluble en agua se disuelve con el tiempo para permitir que la sal electrolítica se filtre desde la cámara del tubo, a través del orificio de drenaje y hacia el espacio externo al tubo de reposición de sal. En otro aspecto ilustrativo adicional, el kit del sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un contenedor que contiene una cantidad predeterminada de gránulos de arcilla de bentonita. En otro aspecto ilustrativo adicional, el kit del sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender una abrazadera de miembro de tierra. En otro aspecto ilustrativo adicional, el kit del sistema eléctrico de puesta a tierra puede además comprender un bloque de terminación de interconexión de sistemas.

25 En otro aspecto ilustrativo, un sistema eléctrico de puesta a tierra puede comprender una columna eléctricamente conductora y una capa conductora en relación conductora con al menos una porción de la columna eléctricamente conductora.

30 En otro aspecto ilustrativo, un método de instalar un sistema eléctrico de puesta a tierra en un sitio puede comprender los pasos de insertar un electrodo hueco en un orificio formado en el suelo natural en el sitio, y posicionar el electrodo hueco en el orificio circunferencialmente alrededor de un miembro de tierra introducido en el suelo natural en la parte inferior del orificio.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema eléctrico de puesta a tierra, que comprende:
 - 5 una columna eléctricamente conductora (74, 512) configurada para comunicarse con una fuente de corriente de falla (11);
una capa eléctricamente conductora en relación conductora con al menos una porción de la columna eléctricamente conductora, en donde la capa eléctricamente conductora comprende una capa de fibra de carbono que incluye un tejido de fibra de carbono (72) ensamblado sobre al menos una porción de la columna eléctricamente conductora,
10 caracterizado por
un miembro de tierra (802) en donde el miembro de tierra define una superficie exterior, en donde al instalar la columna eléctricamente conductora en un orificio en el cual se ha introducido el miembro de tierra, se define una cámara de columna (1002) entre una superficie interior de la columna eléctricamente conductora y una superficie exterior del miembro de tierra; y
15 un relleno electrolítico (1004) dispuesto dentro de la cámara de columna, el relleno electrolítico comprende un material configurado para conducir al menos una parte de cualquier corriente de falla recibida por el miembro de tierra radialmente hacia fuera desde el miembro de tierra, hacia la columna eléctricamente conductora y la capa eléctricamente conductora.
 - 20 2. El sistema eléctrico de puesta a tierra de la reivindicación 1, en donde la columna eléctricamente conductora tiene una superficie exterior (76a, 78a), una sección transversal de la columna eléctricamente conductora que define un perímetro de la superficie exterior; y la capa eléctricamente conductora rodea el perímetro.
 - 25 3. El sistema eléctrico de puesta a tierra de la reivindicación 1, en donde la columna eléctricamente conductora define una pared de columna, y en donde la columna eléctricamente conductora está configurada para ser colocada en un orificio en el suelo natural, preferiblemente en una posición horizontal.
 - 30 4. El sistema eléctrico de puesta a tierra de la reivindicación 1, en donde el relleno electrolítico (1004) comprende una composición de arcilla de bentonita, sulfato de cobre, yeso y sulfato de magnesio, con la arcilla de bentonita que comprende al menos el 50 % de la composición.
 - 35 5. El sistema eléctrico de puesta a tierra de la reivindicación 1, en donde la columna eléctricamente conductora tiene un extremo, el sistema eléctrico de puesta a tierra además comprende:
 - 40 una barra colectora (900) que comprende un primer conector de barra colectora (902), un segundo conector de barra colectora (904) y un tercer conector de barra colectora (906), la barra colectora interconecta eléctricamente cada uno de los conectores de barra colectora entre sí;
en donde la barra colectora se comunica eléctricamente con la columna conductora eléctricamente y con la fuente de corriente de falla.
 - 45 6. El sistema eléctrico de puesta a tierra de la reivindicación 1, en donde la columna eléctricamente conductora es una primera columna eléctricamente conductora (502) que tiene un primer extremo, y además comprende una segunda columna eléctricamente conductora (504), la segunda columna eléctricamente conductora que tiene un segundo extremo en comunicación eléctrica con el primer extremo.
 - 50 7. El sistema eléctrico de puesta a tierra de la reivindicación 1, en donde la columna eléctricamente conductora comprende cobre.
 - 55 8. Un método para instalar un sistema eléctrico de puesta a tierra en un sitio, que comprende los siguientes pasos:
 - insertar un electrodo hueco en un orificio (1402) formado en el suelo natural (1403) en el sitio, el electrodo hueco (510) que comprende una columna eléctricamente conductora (74, 512) configurada para comunicarse con
una fuente de corriente de falla (11), y una capa eléctricamente conductora en relación conductora con al menos una porción de la columna eléctricamente conductora, en donde la capa eléctricamente conductora comprende una capa de fibra de carbono que incluye un tejido de fibra de carbono (72) ensamblado sobre al menos una porción de la columna eléctricamente conductora;
60 caracterizado por
posicionar el electrodo hueco en el orificio de forma circunferencial alrededor de un miembro de tierra (802) introducido en el suelo natural en la parte inferior del orificio; y
añadir un relleno electrolítico (1004) entre el miembro de tierra y el electrodo hueco, el relleno electrolítico comprende un material configurado para conducir al menos una parte de cualquier corriente de falla recibida por el miembro de tierra radialmente hacia fuera desde el miembro de tierra, hacia la columna eléctricamente conductora y la capa eléctricamente conductora e interconectar eléctricamente el miembro de tierra y el
65

electrodo hueco.

9. El método de la reivindicación 8, que comprende, además:

5 antes de insertar el electrodo hueco en el orificio, posicionar una manga de instalación (1000, 1312) alrededor del miembro de tierra, en donde el paso de posicionar el electrodo hueco alrededor del miembro de tierra comprende posicionar el electrodo hueco dentro de la manga de instalación.

10. Un kit de sistema eléctrico de puesta a tierra, que comprende:

10 un electrodo hueco (502) que comprende:
una columna eléctricamente conductora (74, 512) configurada para comunicarse con una fuente de corriente de falla (11);
una capa eléctricamente conductora ensamblada sobre al menos una parte de la columna eléctricamente conductora, en donde la capa eléctricamente conductora comprende una capa de fibra de carbono que
15 incluye un tejido de fibra de carbono (72),
caracterizado por
un relleno electrolítico (1004);
un miembro de tierra (802), en donde el miembro de tierra define una superficie exterior, y al instalar la columna eléctricamente conductora en un orificio en el cual el miembro de tierra ha sido introducido, se puede
20 definir una cámara de columna (1002) entre una superficie interior de la columna eléctricamente conductora y una superficie exterior del miembro de tierra; y
una barra colectora (900) que comprende al menos dos conectores de barra colectora interconectados eléctricamente entre sí.

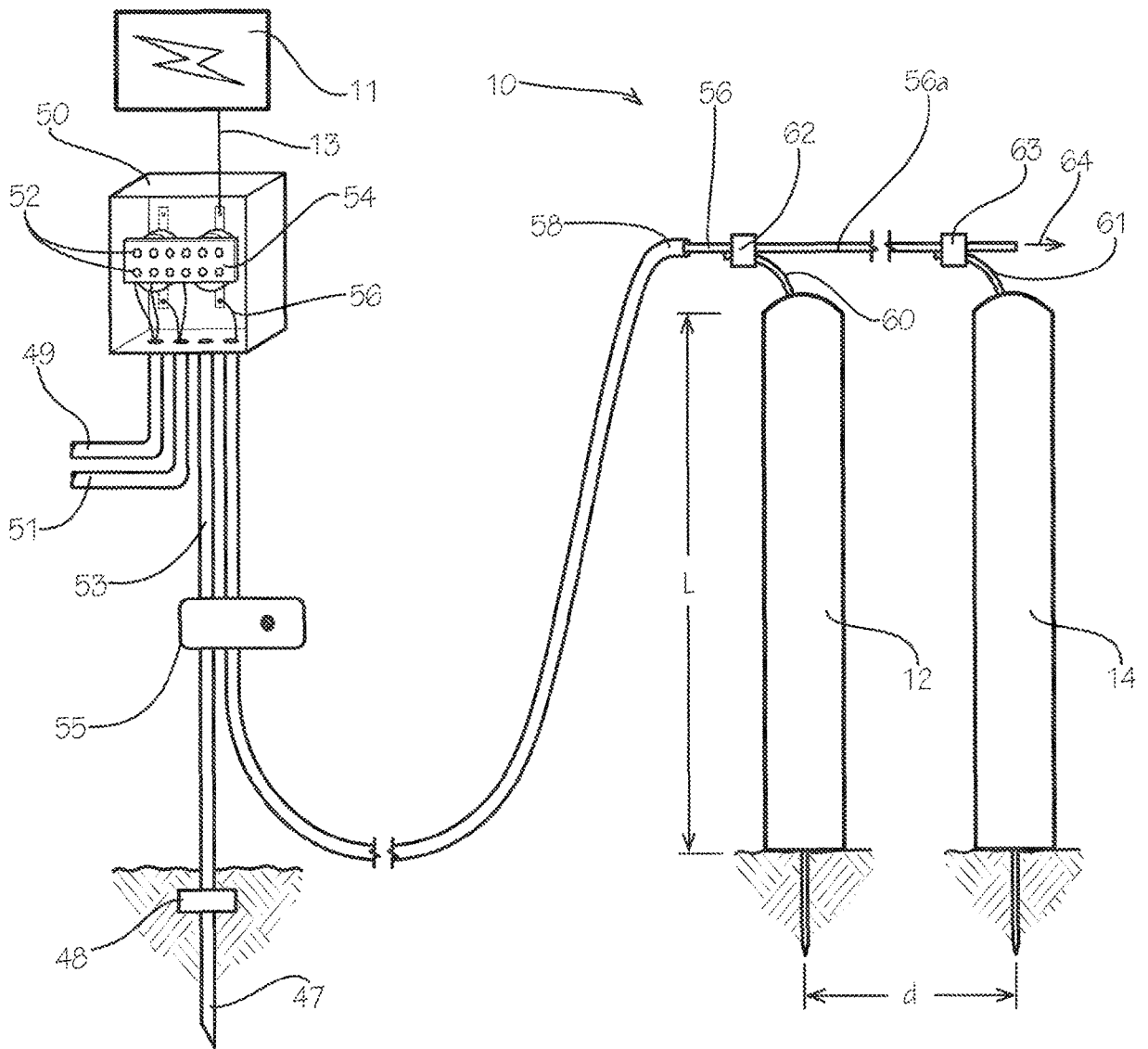


FIGURA 1

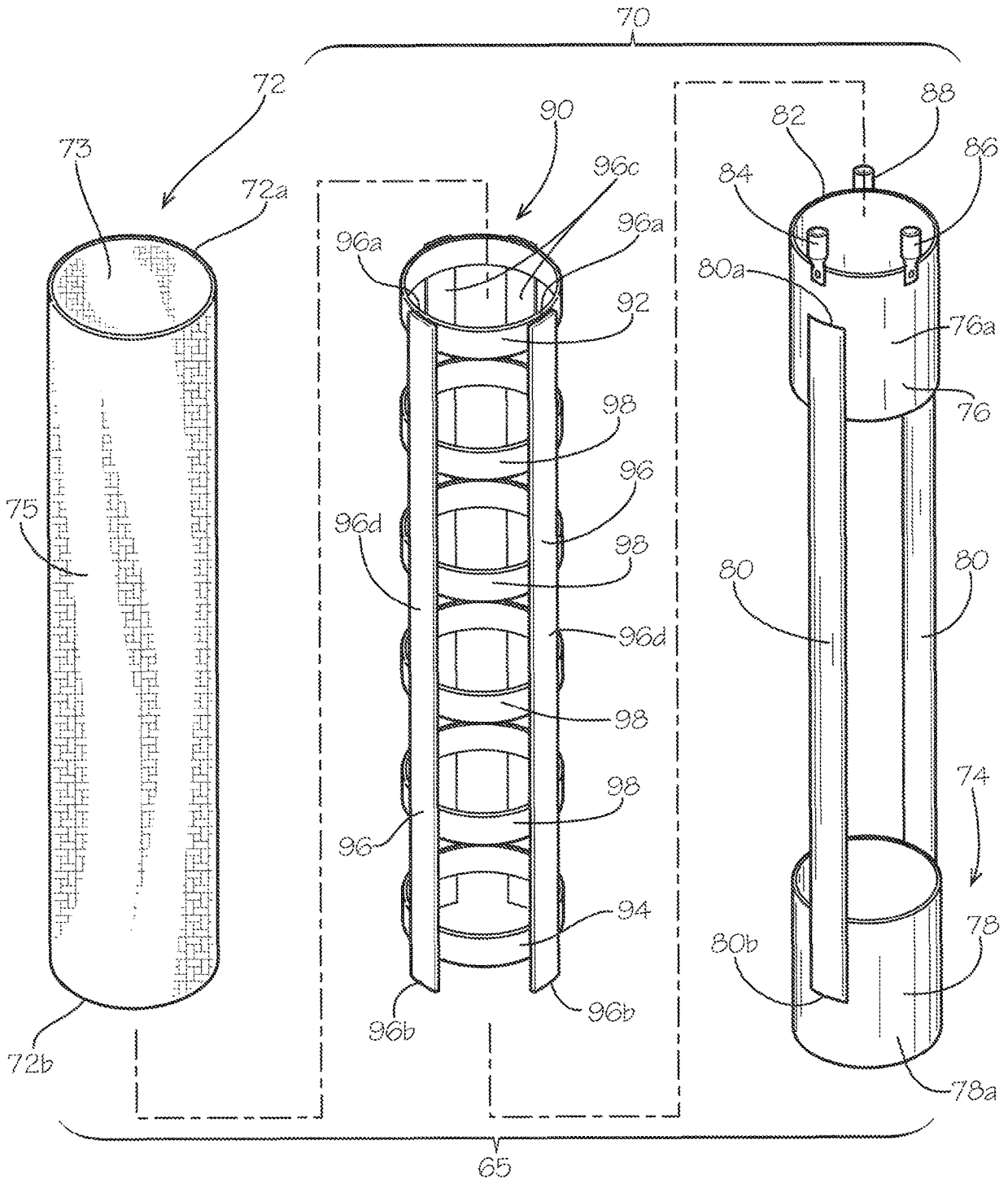


FIGURA 4

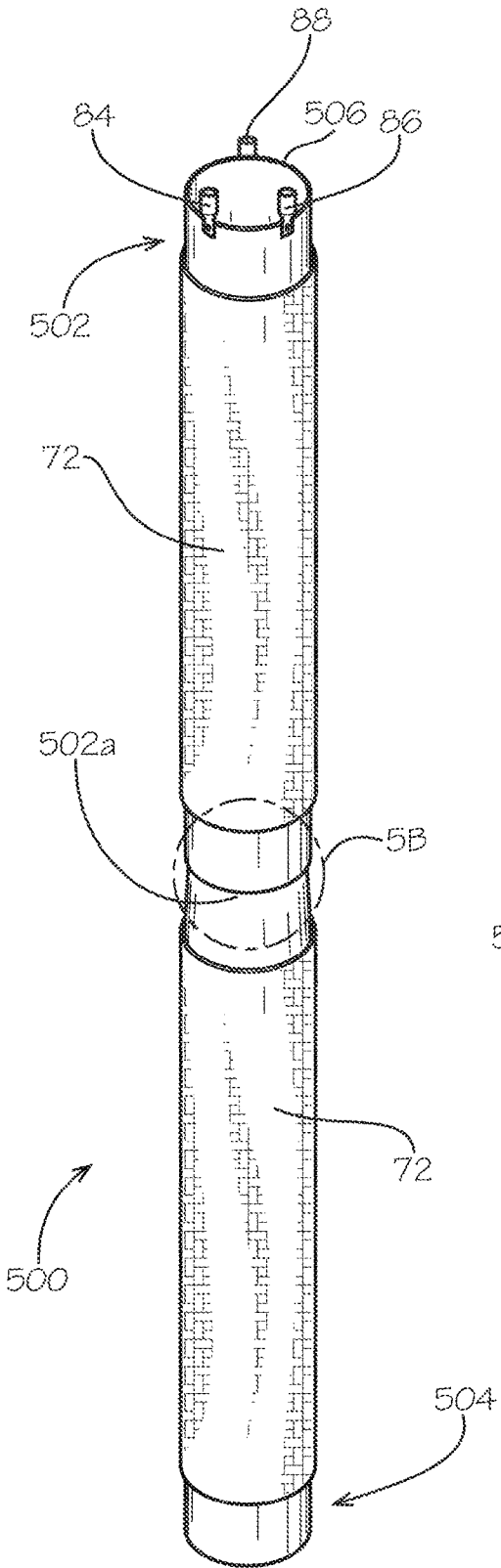


FIGURE 5A

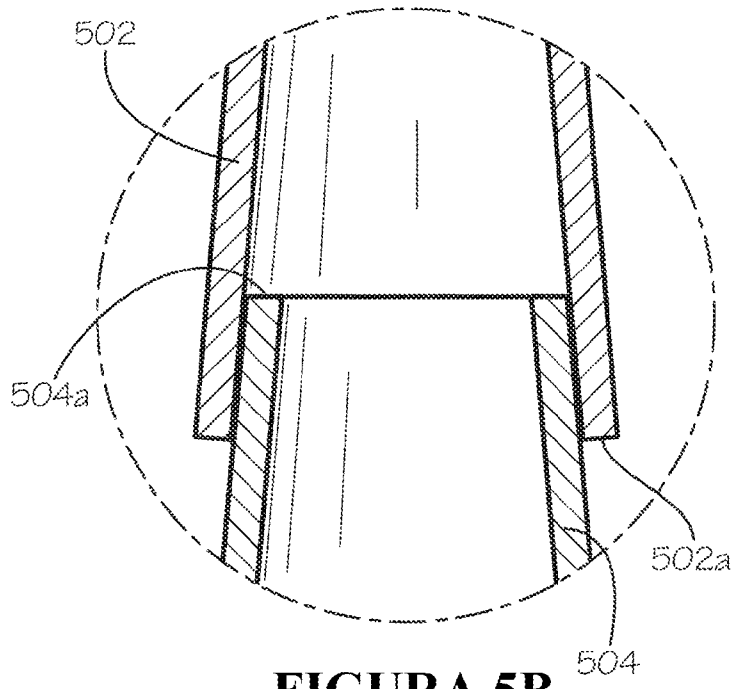


FIGURE 5B

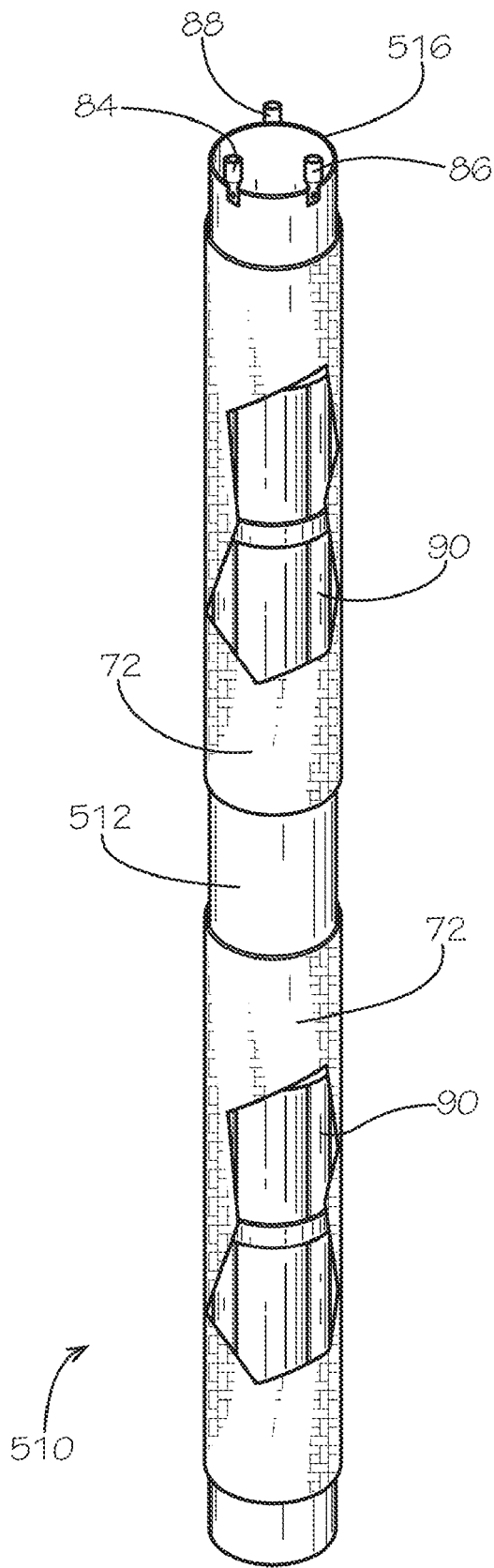


FIGURA 5C

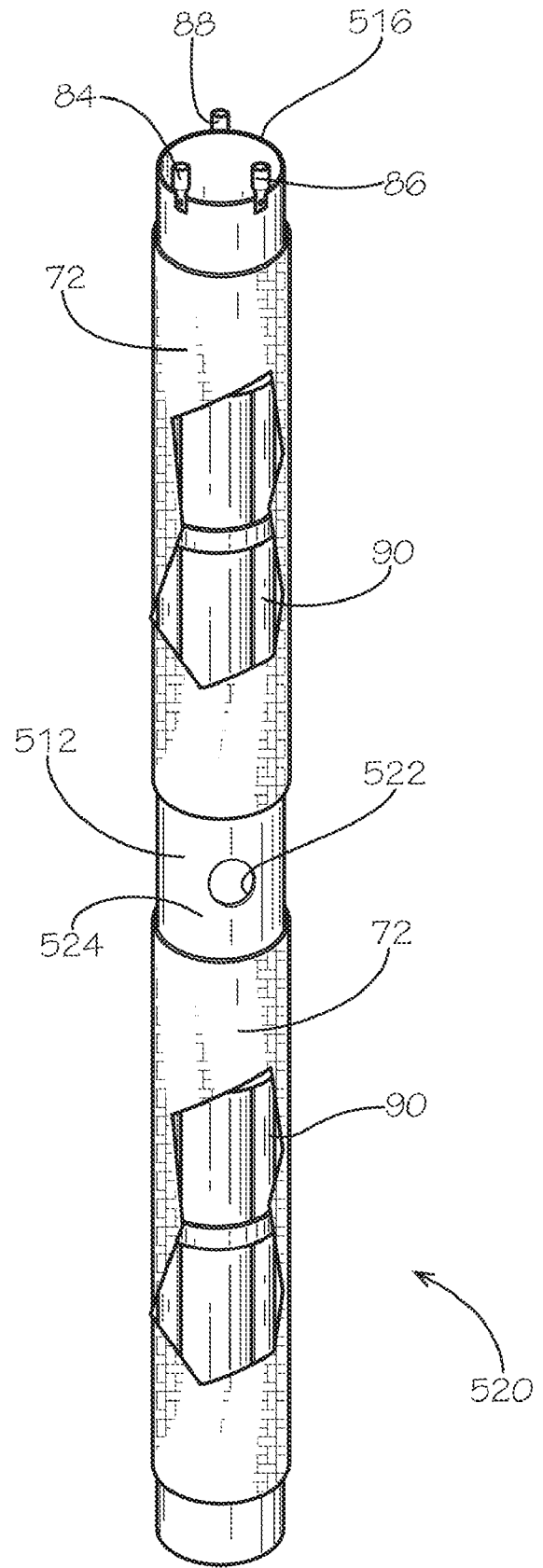


FIGURA 5D

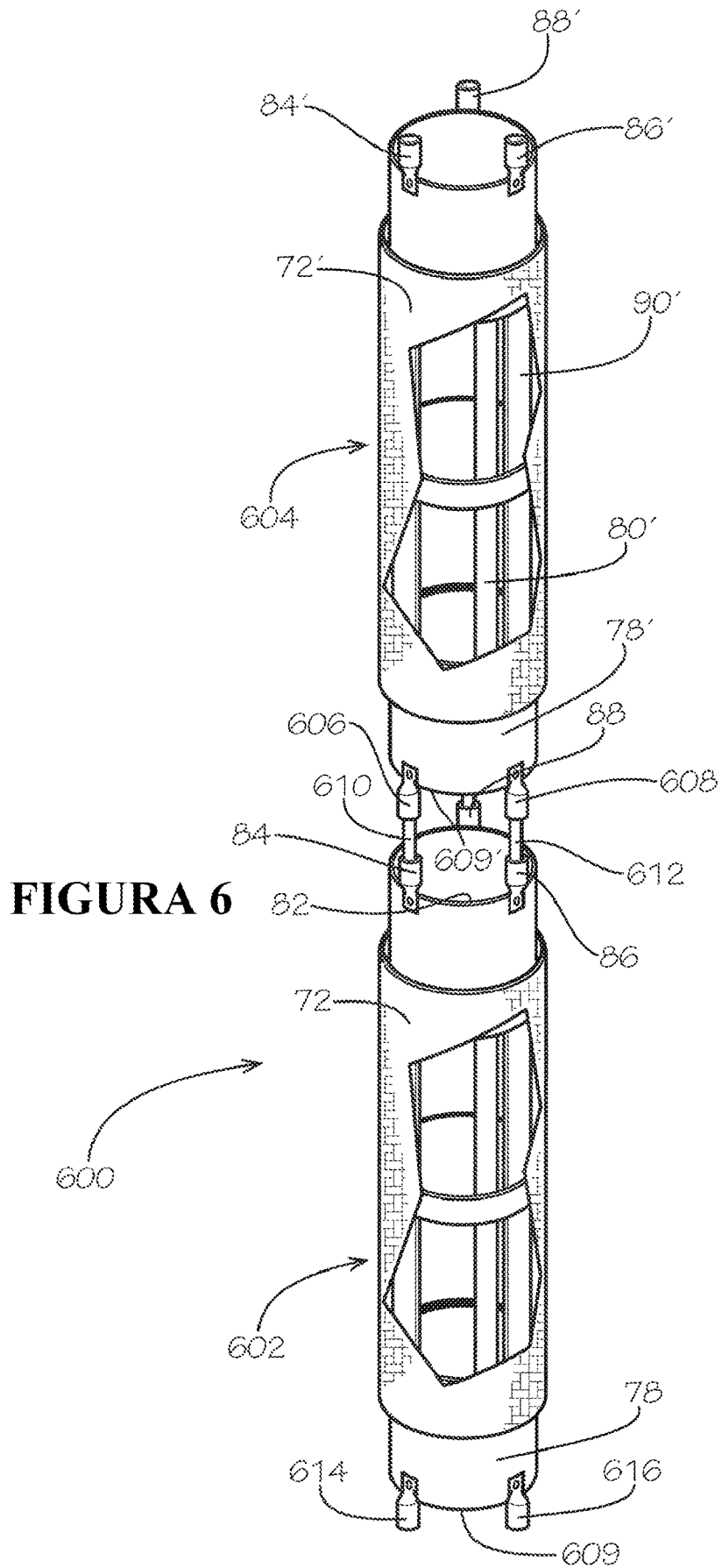


FIGURA 6

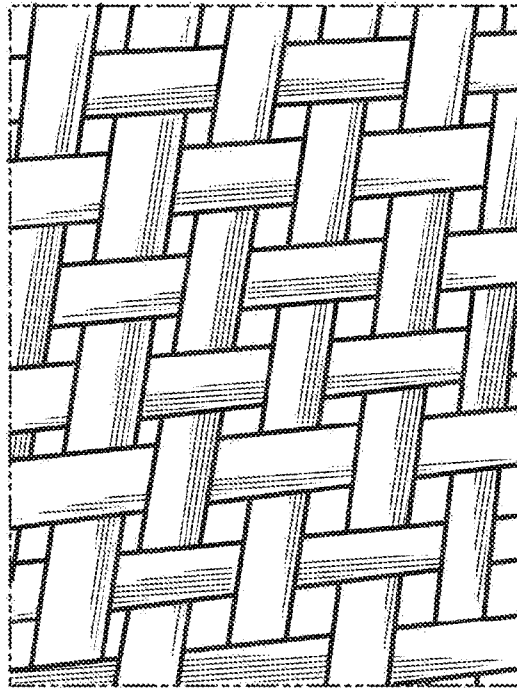


FIGURA 7A

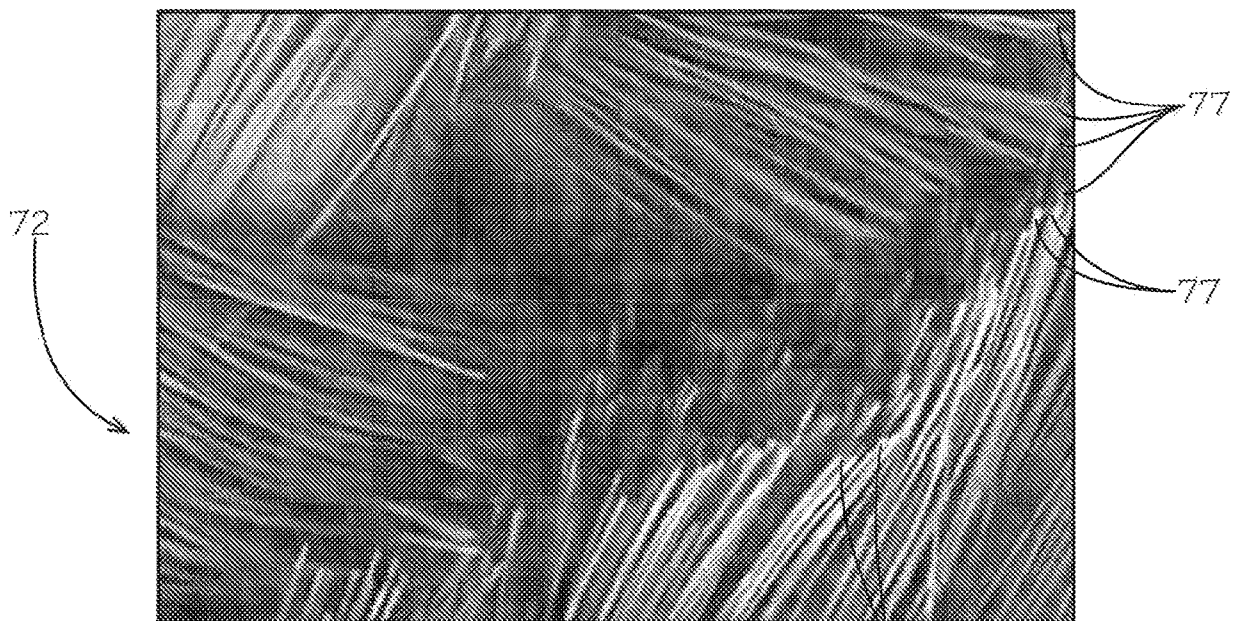


FIGURA 7B

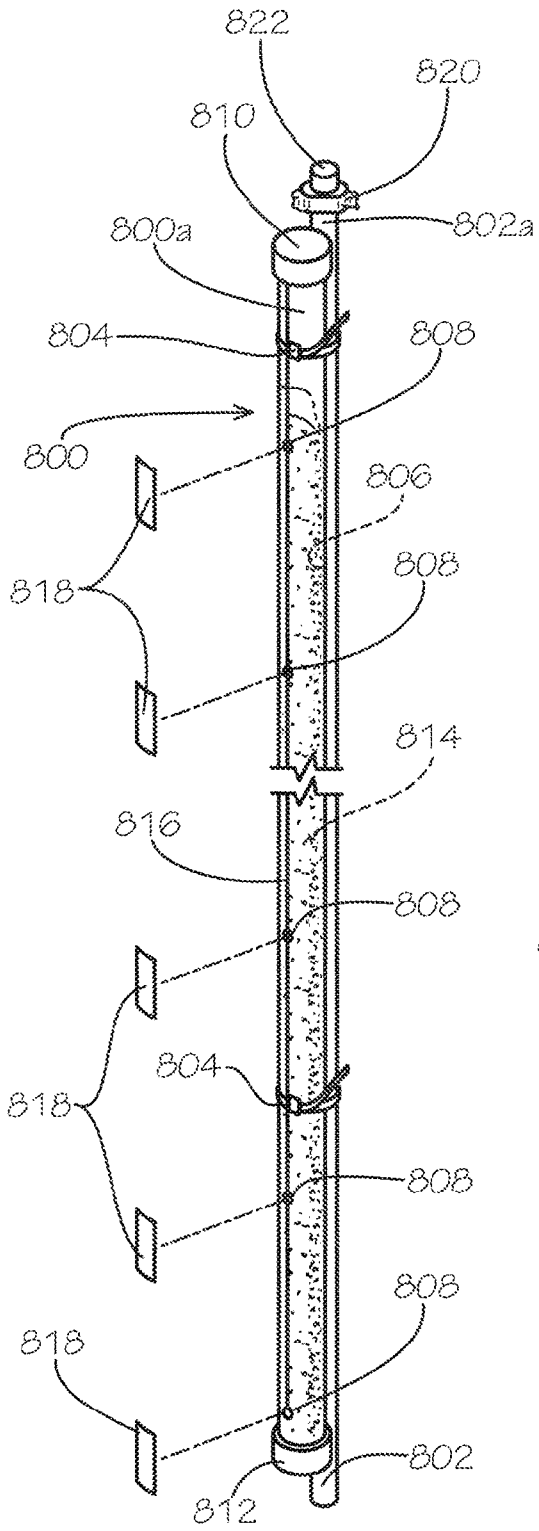


FIGURE 8

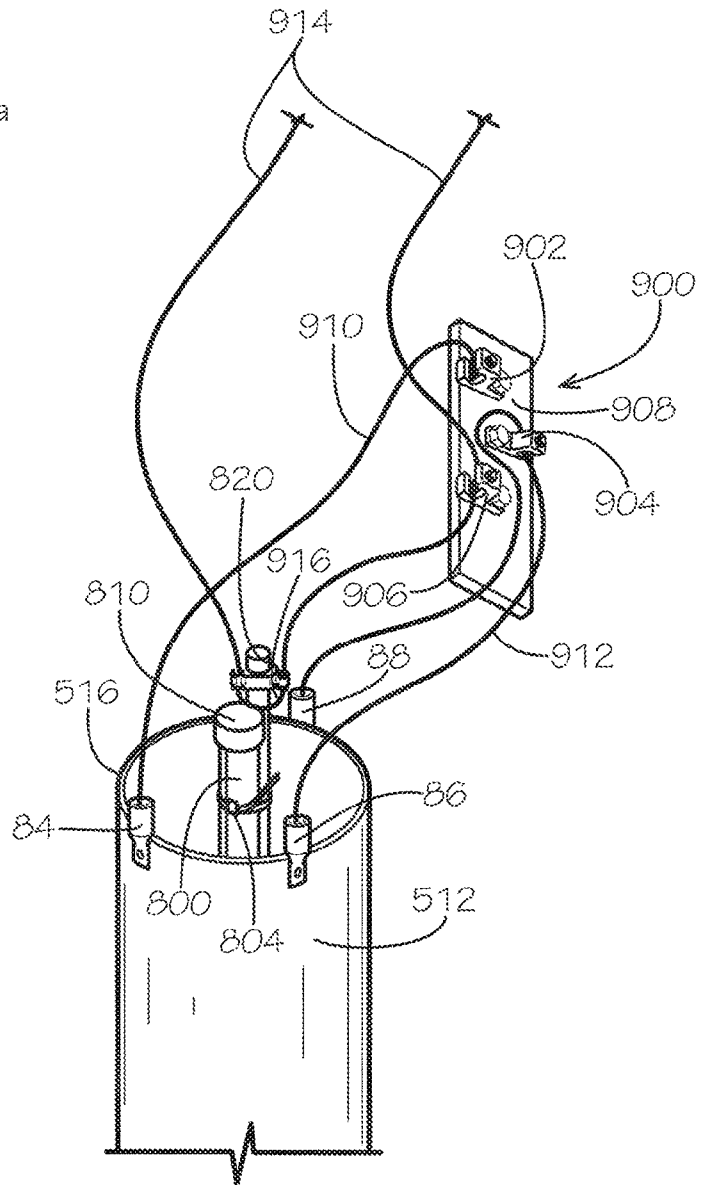


FIGURE 9

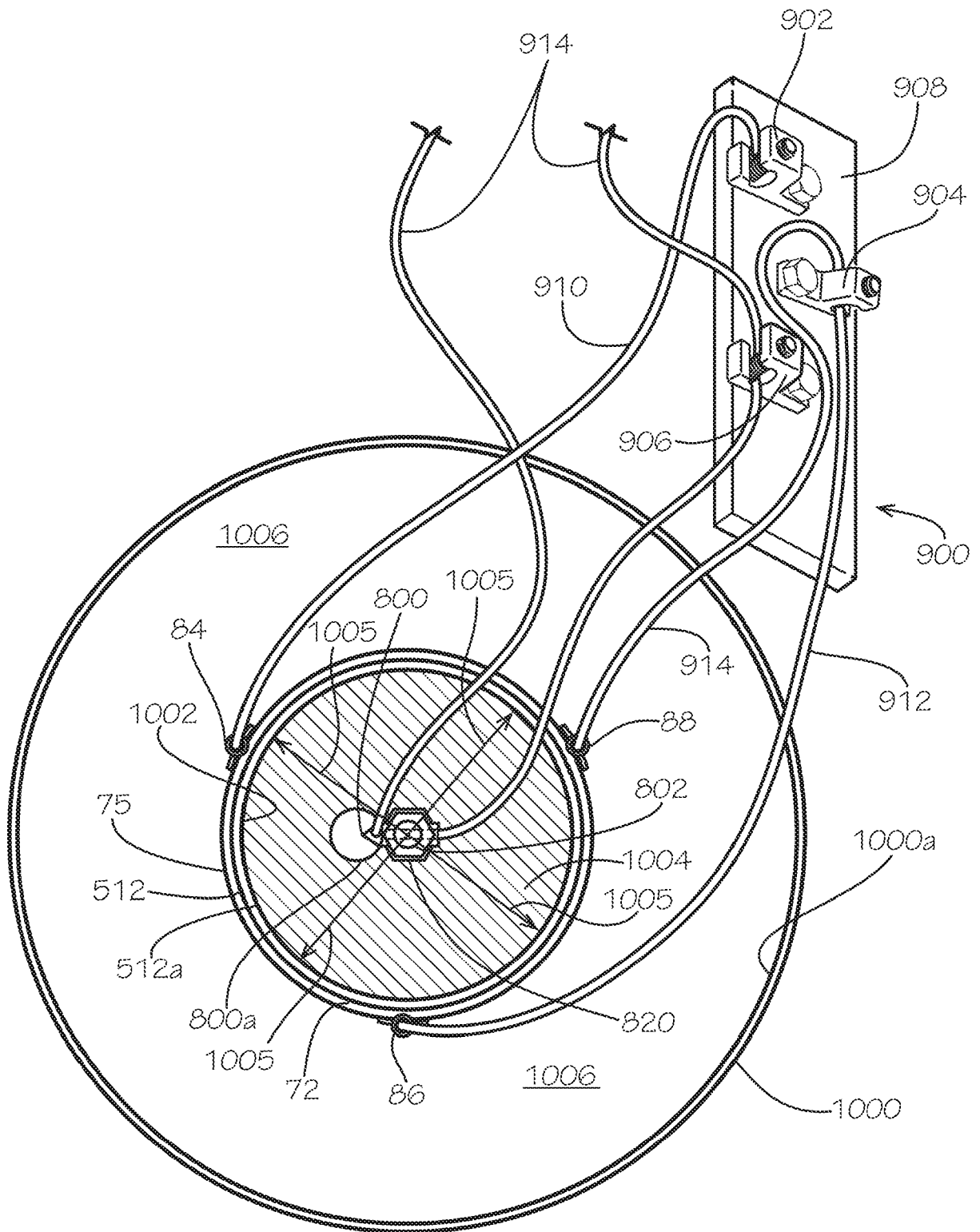


FIGURA 10

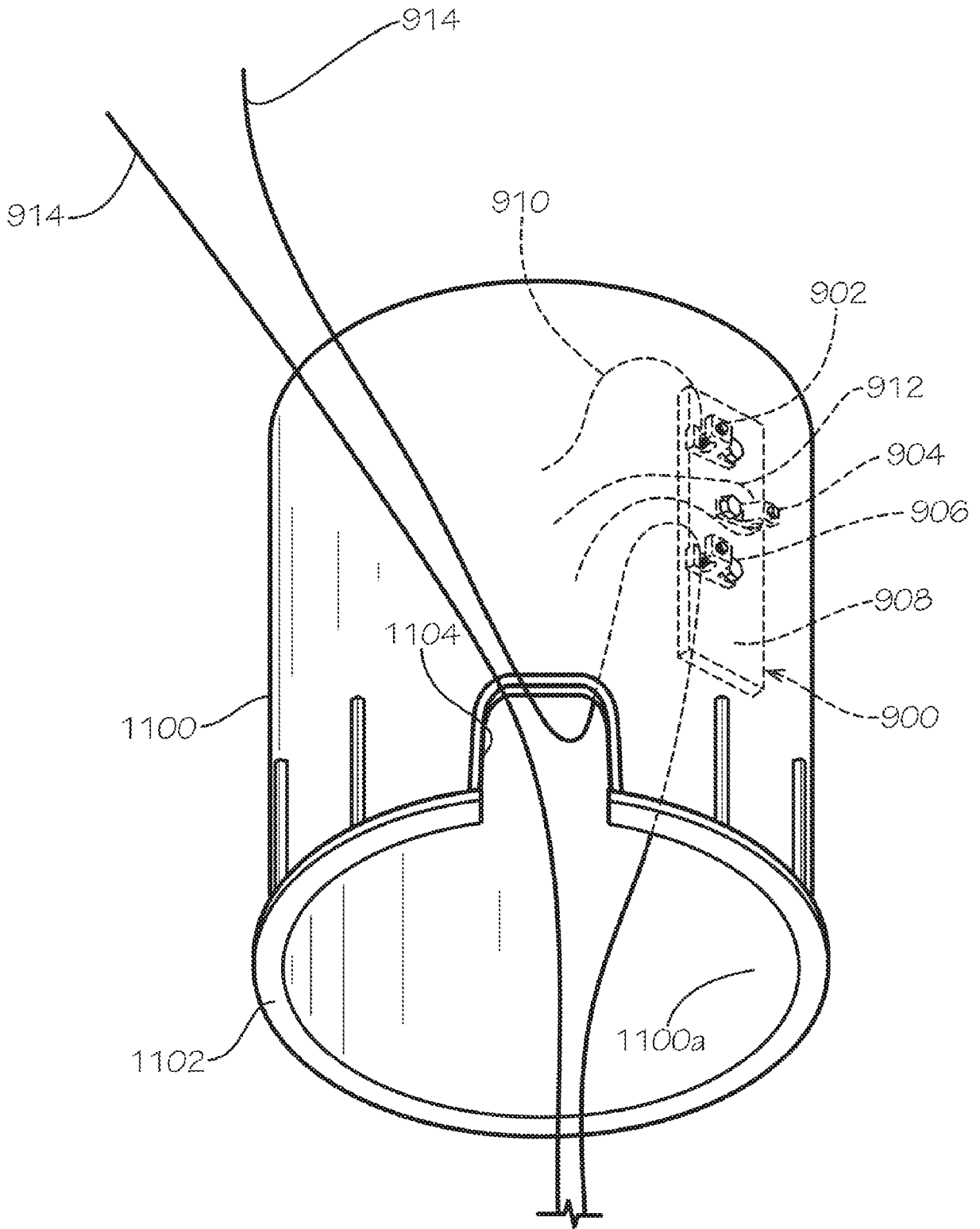


FIGURA 11

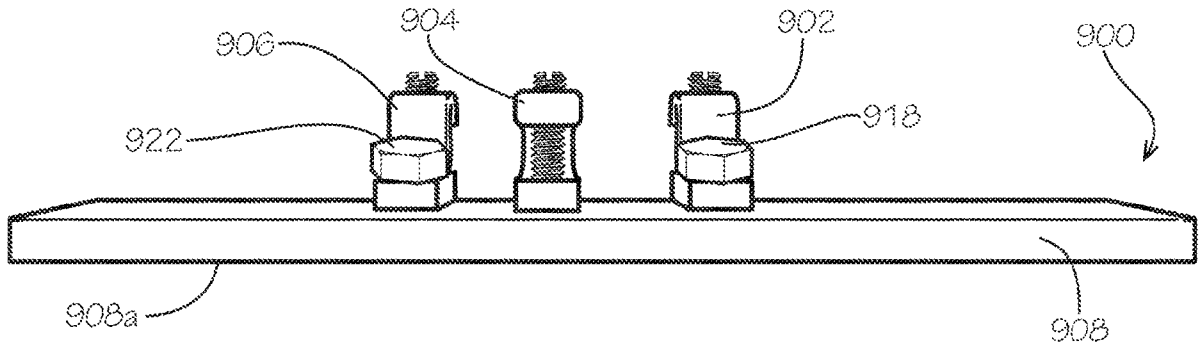


FIGURE 12A

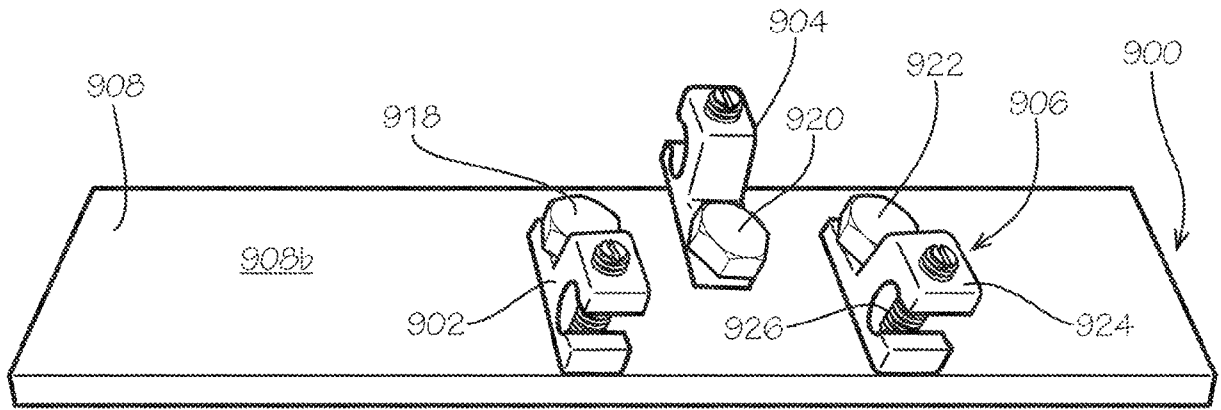


FIGURE 12B

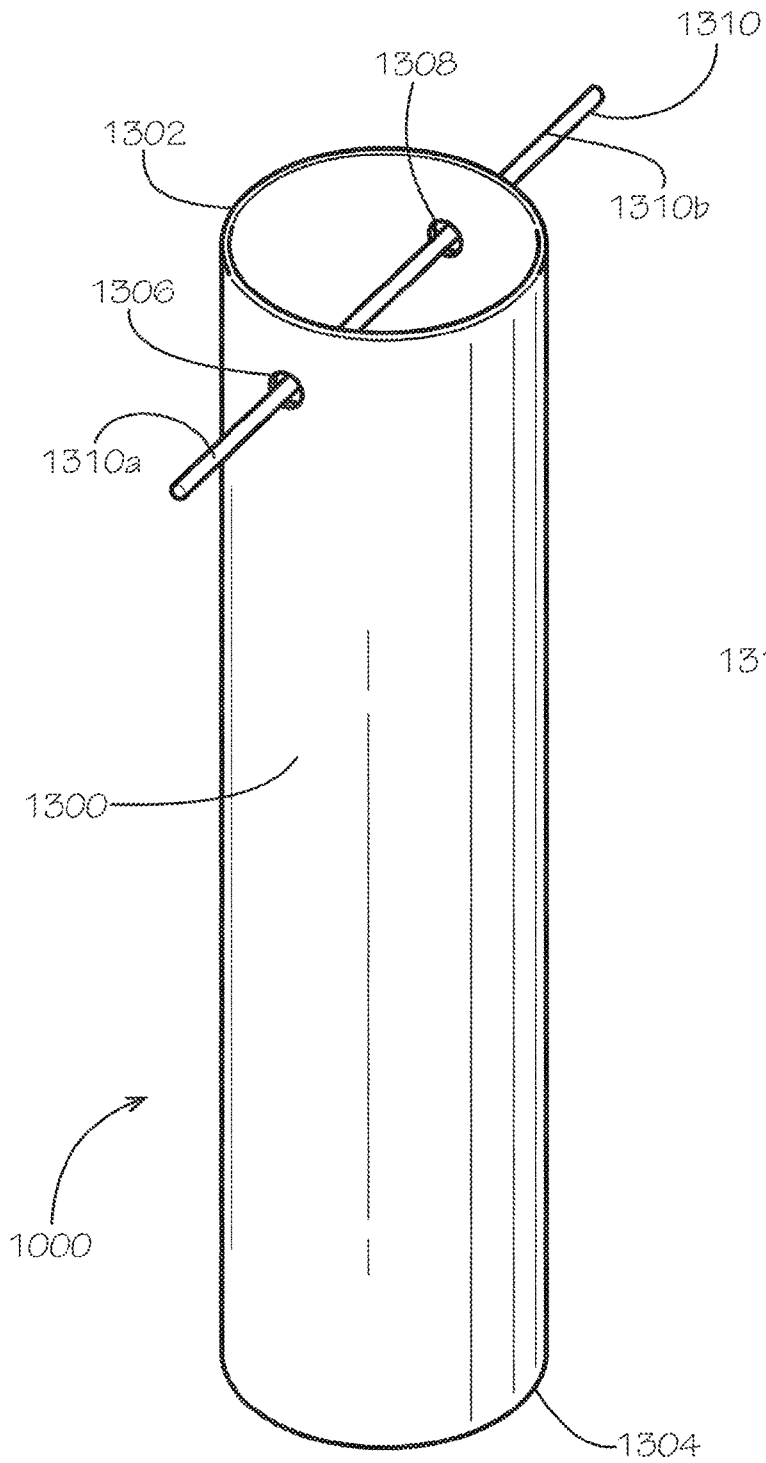


FIGURE 13A

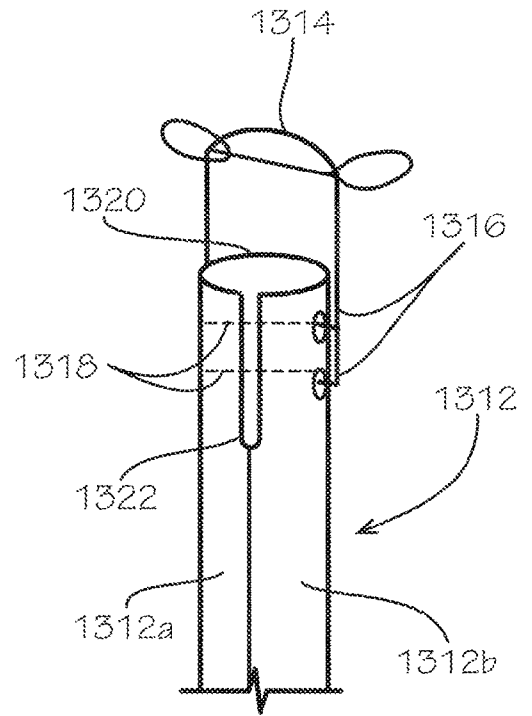


FIGURE 13B

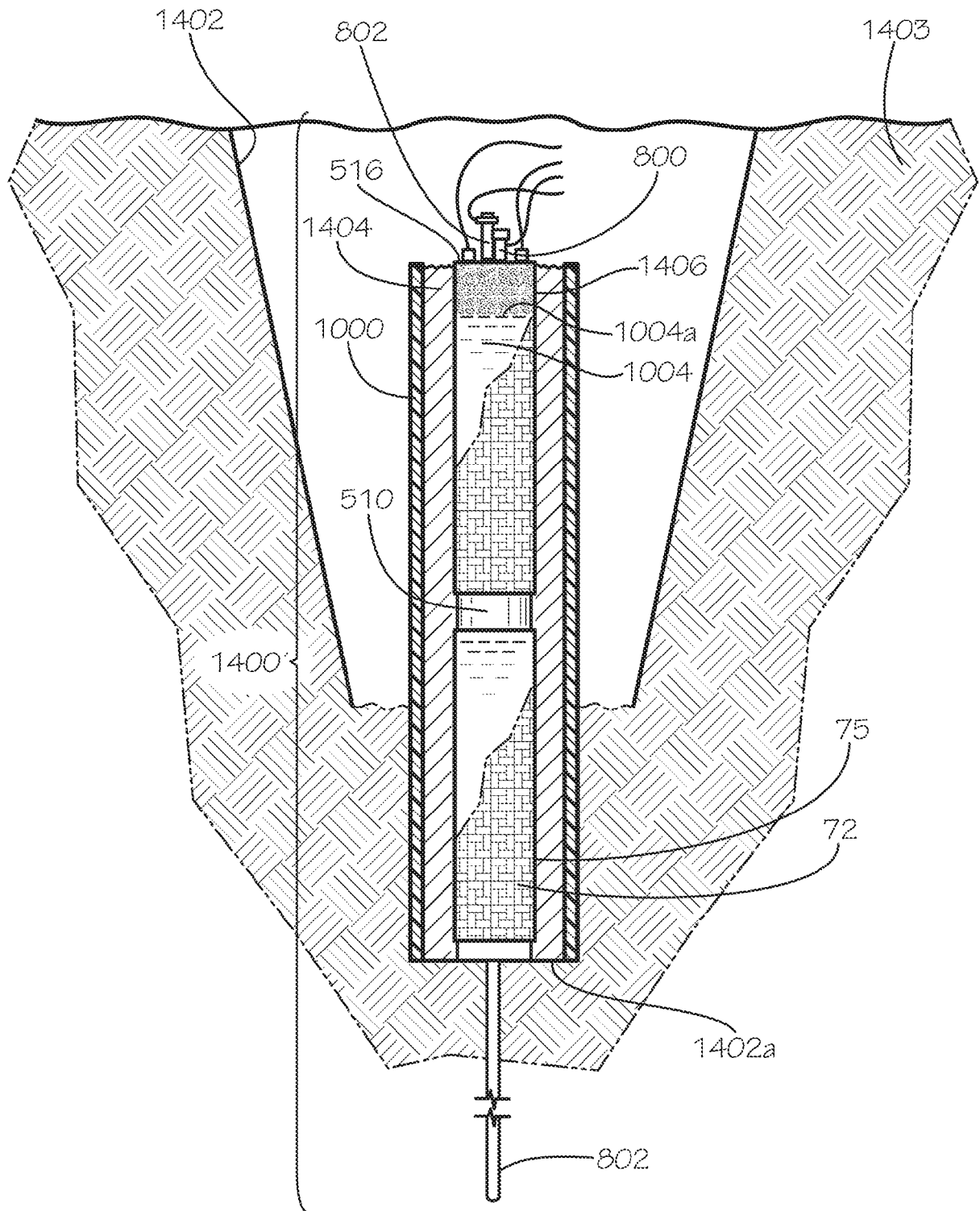


FIGURA 14A

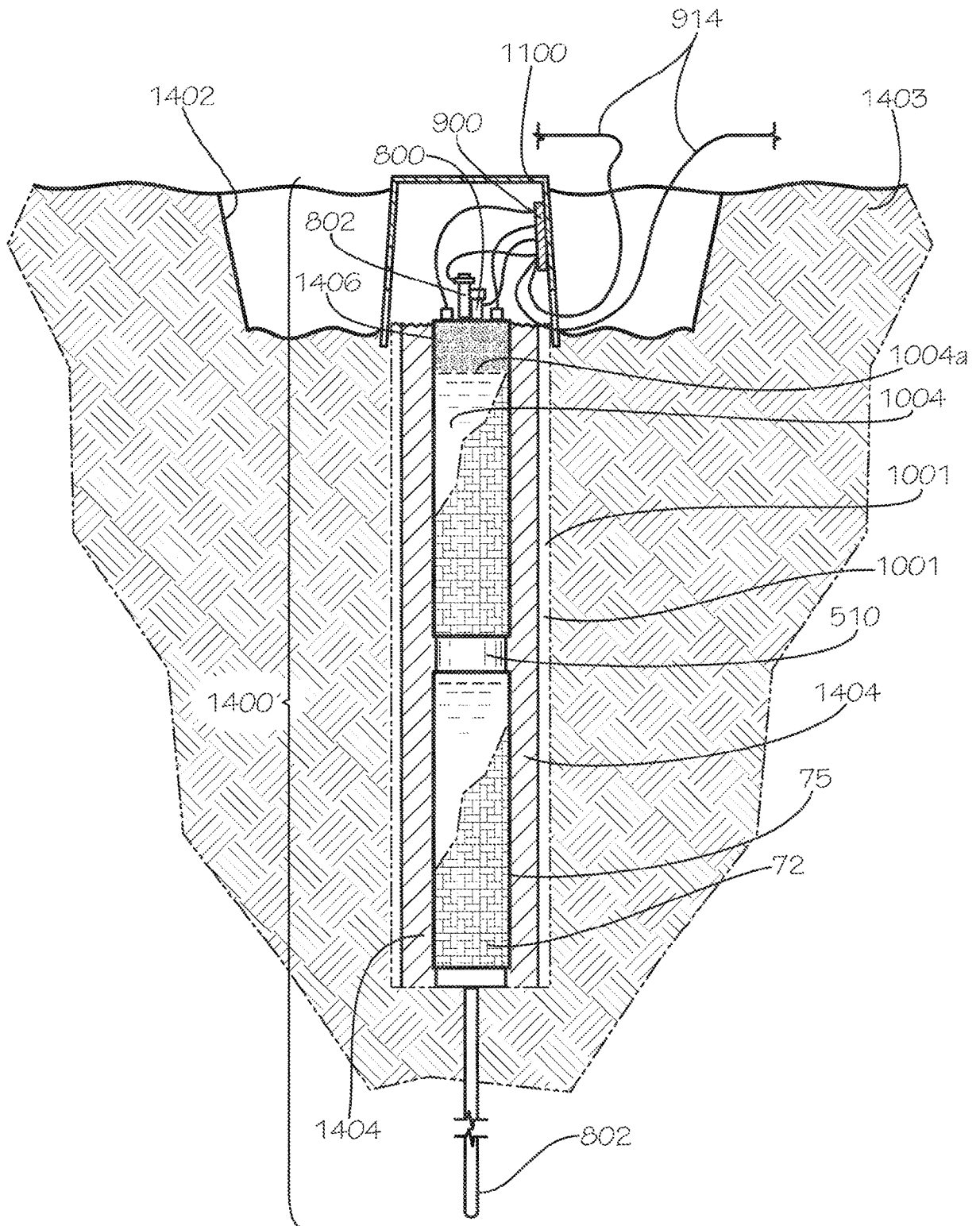


FIGURA 14B

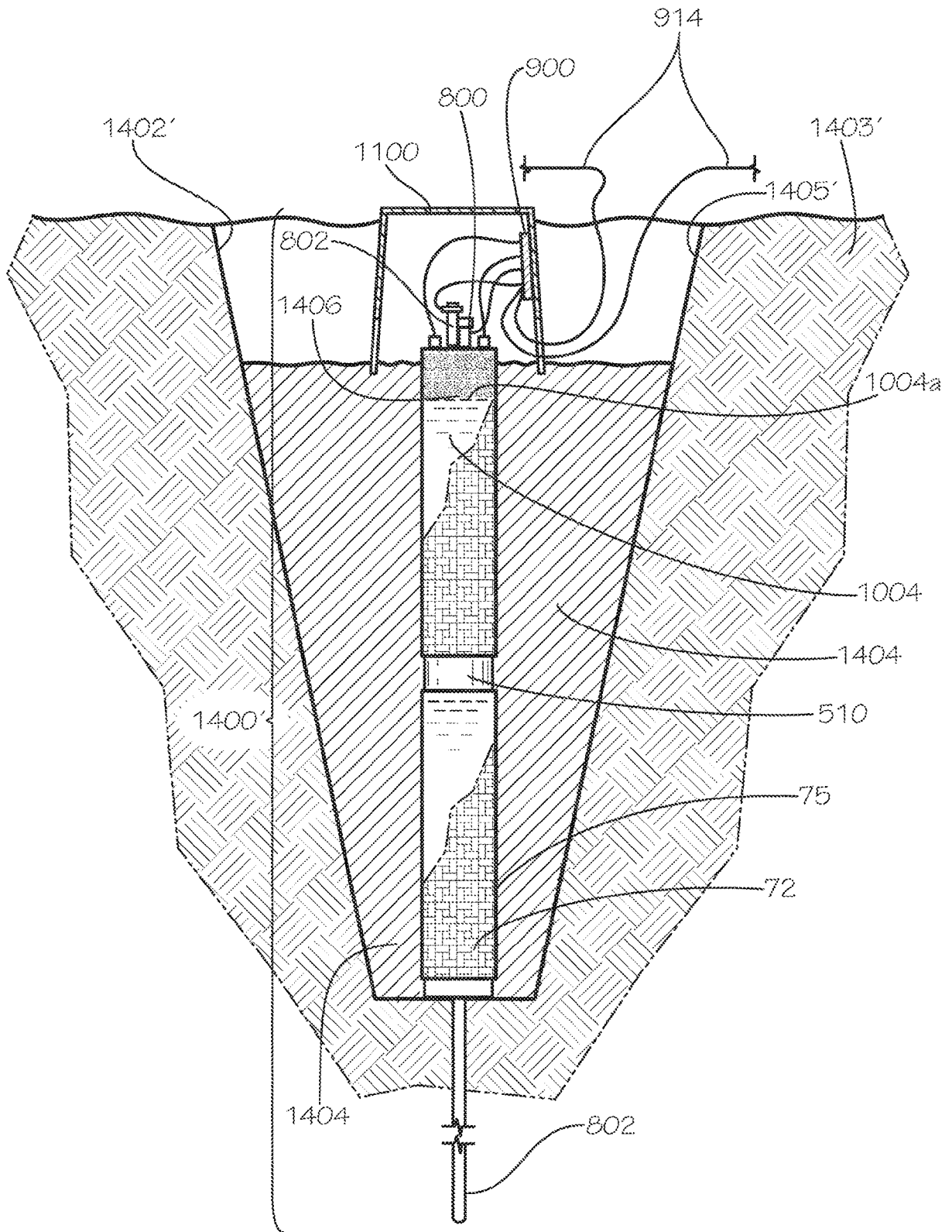


FIGURA 14C

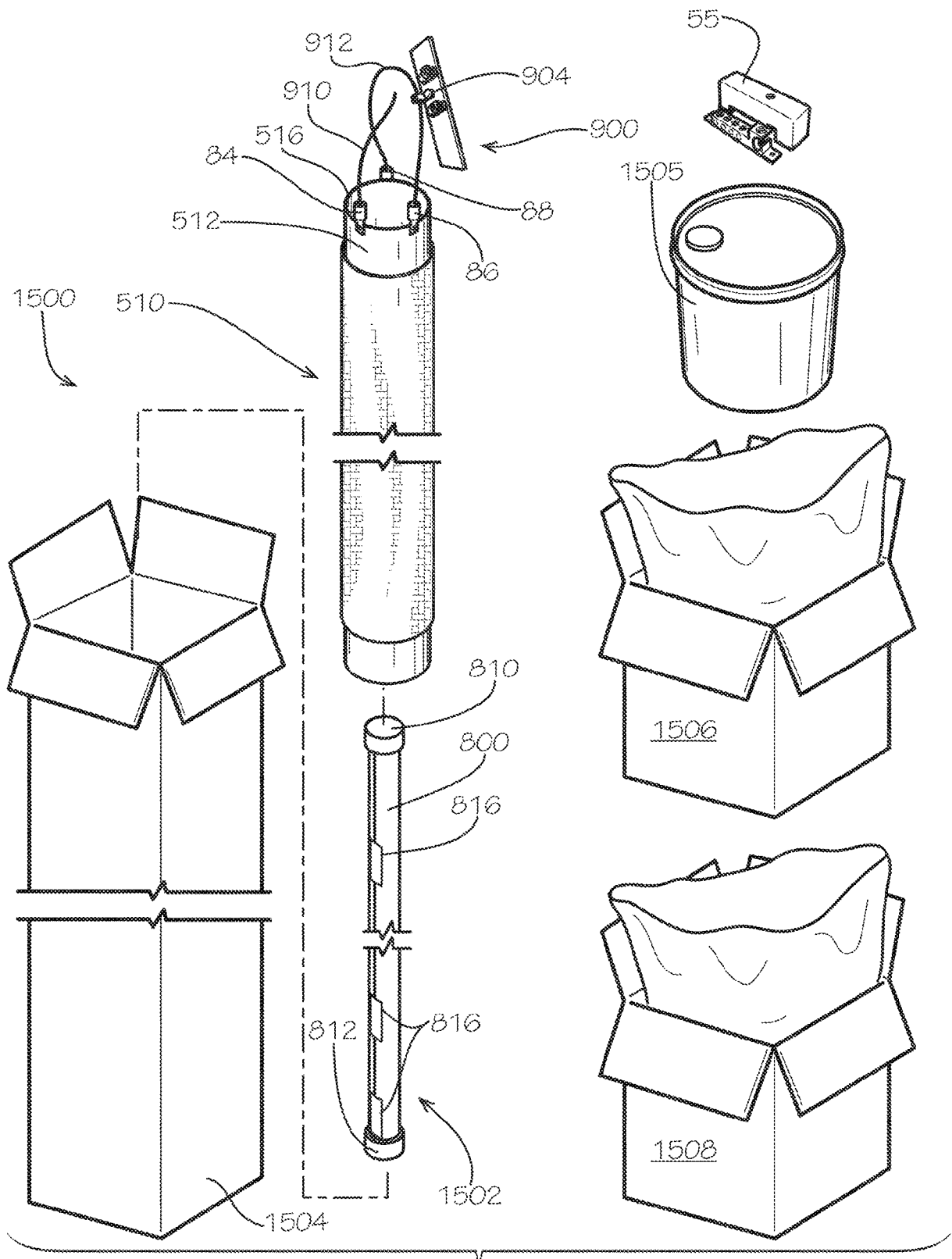


FIGURA 15

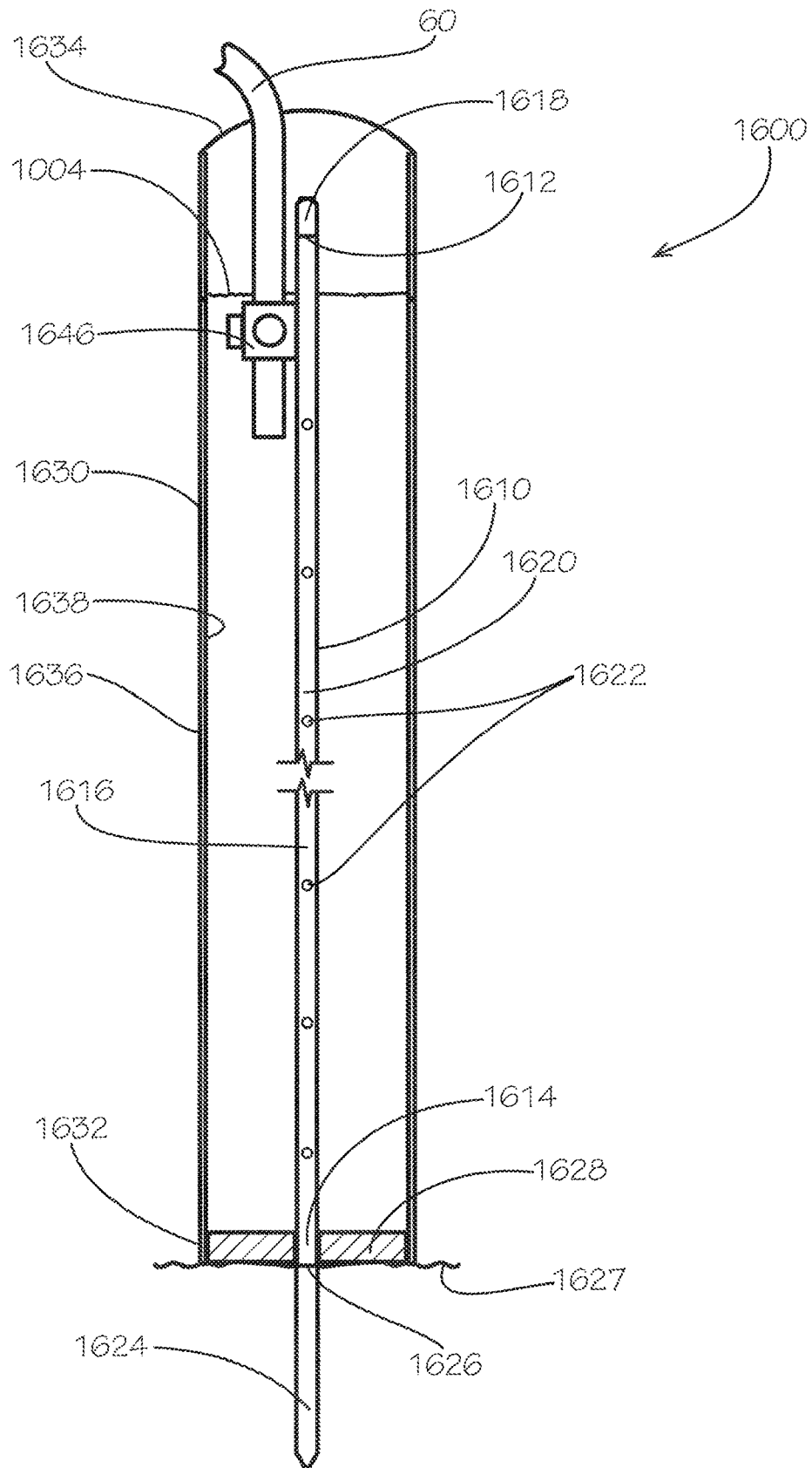


FIGURA 16

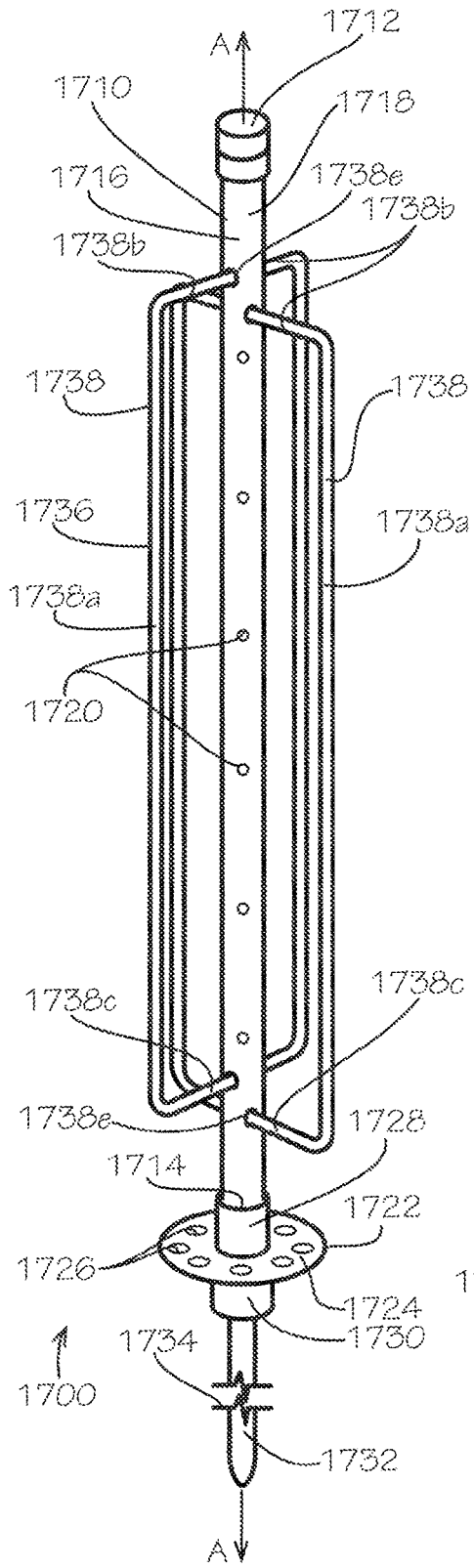


FIGURE 17

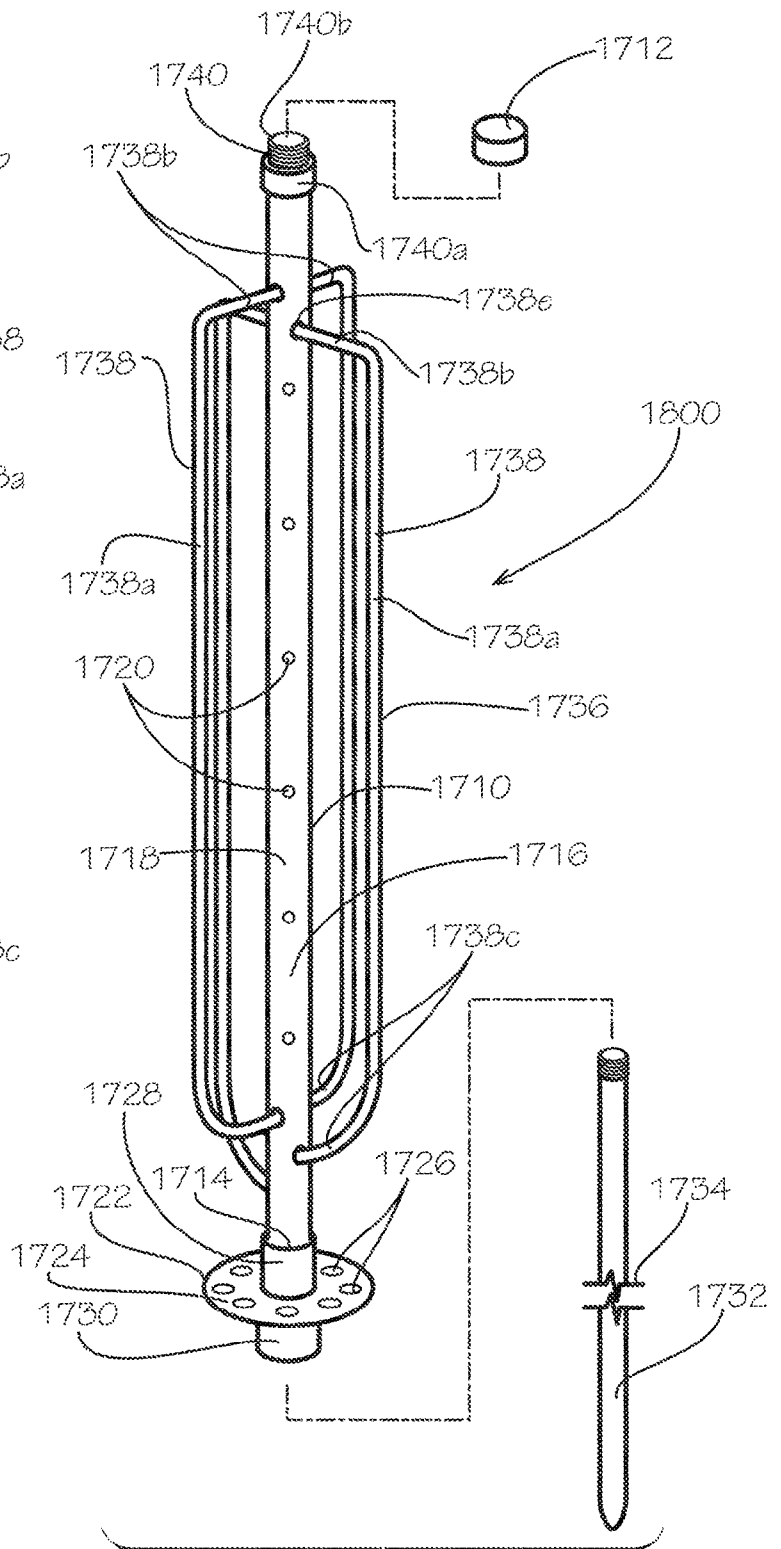


FIGURE 18

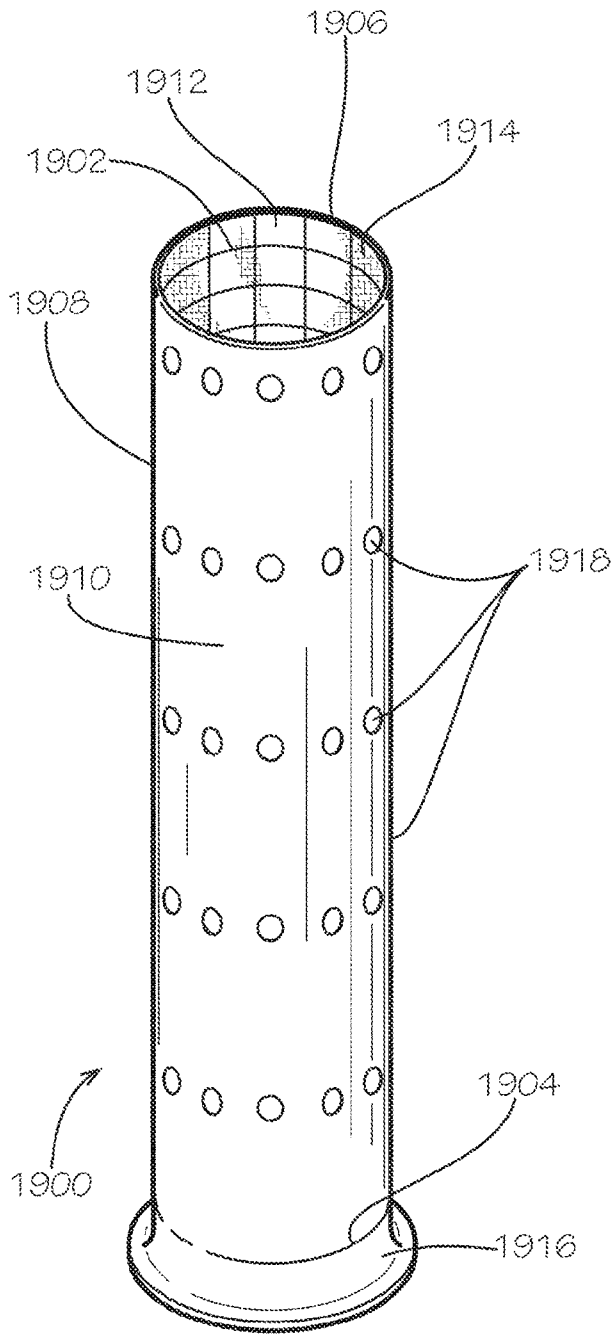


FIGURA 19A



FIGURA 19B

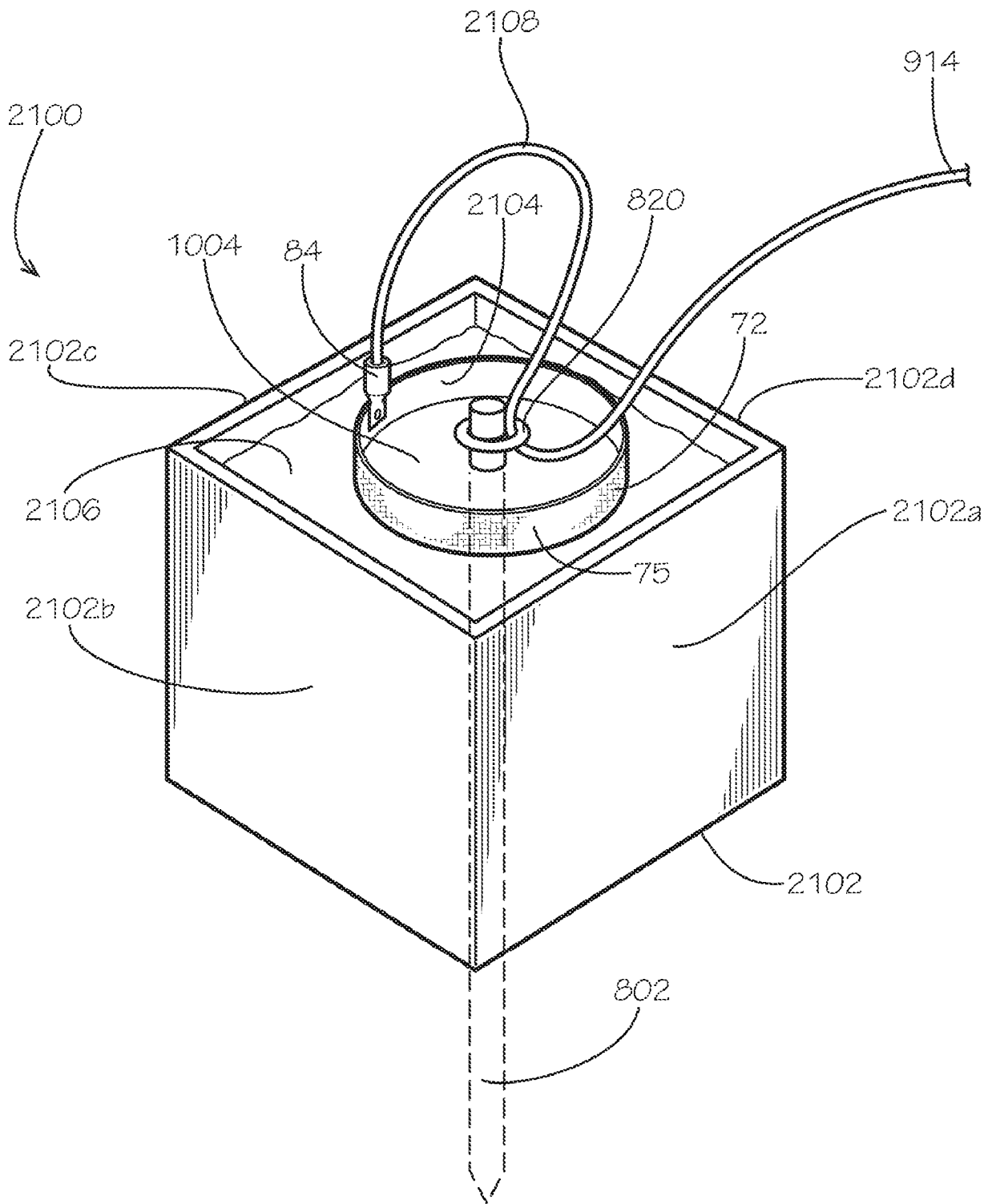


FIGURA 21