

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 955 315**

(51) Int. Cl.:

F24T 10/15 (2008.01)
F24T 10/00 (2008.01)
B26D 3/16 (2006.01)
E21B 29/00 (2006.01)
B23D 21/14 (2006.01)
B26D 1/30 (2006.01)
B26D 5/02 (2006.01)
F24T 10/40 (2008.01)
F03G 7/04 (2006.01)
F03G 7/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2019 E 19196678 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3623723**

(54) Título: **Método para instalar un intercambiador de calor geotérmico**

(30) Prioridad:

14.09.2018 US 201816131156

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.11.2023

(73) Titular/es:

GEO SOURCE ENERGY INC. (100.0%)
1508 Hwy 54
Calendonia N3W 2G9, CA

(72) Inventor/es:

REITSMA, STANLEY

(74) Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 955 315 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para instalar un intercambiador de calor geotérmico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a intercambiadores de calor geotérmicos y, más particularmente, a la instalación de intercambiadores de calor geotérmicos.

10 Antecedentes

Los intercambiadores de calor geotérmicos son tubos (a veces denominados "bucles") que se instalan bajo tierra y se acoplan al sistema de calefacción y/o enfriamiento de un edificio (por ejemplo, sistema HVAC). El fluido del sistema de calefacción/enfriamiento del edificio circula por los tubos para intercambiar calor con el sustrato subterráneo circundante. Normalmente, existe un gradiente de temperatura entre el aire ambiente y el sustrato subterráneo; el sustrato suele ser más frío que el aire en verano y más cálido que el aire en invierno. En este sentido, el intercambio de calor puede reducir el consumo de energía necesario para lograr el control climático dentro del edificio.

20 Se requiere un pozo geotérmico antes de la instalación de un intercambiador de calor geotérmico. Para un intercambiador de calor geotérmico instalado debajo de un edificio aún por construir, el intercambiador de calor geotérmico se instala normalmente después de completar la excavación en el sitio de construcción. Esto evita el problema de que el bucle interfiera con la excavación y evita también el riesgo de que los desechos de la excavación entren en el tubo y obstruyan el flujo de fluido a través del mismo. Sin embargo, este enfoque requiere que las operaciones de construcción, al menos alrededor del área del pozo(s), se retrasen durante la instalación y prueba del intercambiador de calor geotérmico.

25 El documento KR 101 658 572 B1 enseña una disposición en la que una tubería de intercambio de calor geotérmica y un miembro de extensión del suelo están conectados entre sí usando un dispositivo de conexión para formar un conjunto de tubería geotérmica que se inserta en el pozo, y después la tubería de intercambio de calor geotérmica se asegura en el pozo. Después, el miembro de extensión del suelo se separa de la tubería de intercambio de calor geotérmica y el miembro de extensión del suelo se retira del pozo. El dispositivo de conexión cierra el extremo de la tubería de intercambio de calor geotérmica y continúa después la excavación hasta que el dispositivo de conexión queda expuesto. Después se retira el dispositivo de conexión y se conecta un conducto al extremo superior de la tubería de intercambio de calor geotérmica.

30 35 El documento KR 101 525 431 B1 describe una disposición en la que se inserta un intercambiador de calor en un pozo y se mide su profundidad. Después se retira el intercambiador de calor del pozo, después se corta, y después una porción inferior del intercambiador de calor (la porción que regresará y permanecerá en el pozo) se sella después de cortarse y después se vuelve a conectar con la porción superior para su reinserción en el pozo. El documento US 1 801 424 A se refiere a una herramienta de corte de tuberías. La herramienta se puede insertar en una tubería y luego, se puede girar la herramienta o la tubería, cortando así la tubería.

40 Sumario

45 En un aspecto, la presente divulgación describe un método de instalar un intercambiador de calor geotérmico. Se perfora un pozo hasta una profundidad objetivo del pozo en el sitio y, después de perforar el pozo, se inserta un intercambiador de calor geotérmico en el pozo hasta la profundidad deseada del intercambiador de calor y después se fija en el pozo a la profundidad deseada del intercambiador de calor. El intercambiador de calor puede ser, por ejemplo, un bucle en U, tal como un bucle en U individual o un bucle en U múltiple, o puede comprender al menos un tubo exterior de un intercambiador de calor concéntrico.

50 Una vez asegurado el intercambiador de calor en el pozo, el intercambiador de calor tiene un extremo distal cerrado y un extremo proximal abierto y tiene al menos una trayectoria de fluido entre el extremo distal cerrado y el extremo proximal abierto, con fluido de instalación dispuesto en la(s) trayectoria(s) de fluido del intercambiador de calor. Después de asegurar el intercambiador de calor en el pozo y antes de excavar una porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo, el intercambiador de calor se sella temporalmente entre el extremo distal cerrado y el extremo proximal abierto instalando, a través del extremo proximal abierto, al menos un sello interno respectivo en cada trayectoria de fluido. Para cada trayectoria de fluido, el(los) sello(s) interno(s) se colocará(n) por debajo de una profundidad de subrasante hipotética respectiva.

60 65 Después de sellar el intercambiador de calor, el intercambiador de calor se corta por encima del(los) sello(s) más superior(es) para producir al menos una porción cortada por encima del sello del intercambiador de calor por encima del(los) sello(s) más superior(es), y cada porción cortada por encima del sello del intercambiador de calor se retira y la porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo se excava por encima de una profundidad de subrasante hipotética más baja. Opcionalmente, después de asegurar el intercambiador de calor en el pozo y antes de la excavación del sitio, se puede probar el intercambiador de calor. Después de excavar la parte del sitio que rodea inmediatamente el pozo, los sellos se retiran para conectar el intercambiador de calor a los conductos de suministro/retorno. En algunas realizaciones preferidas, el fluido de instalación permanece en el intercambiador de

calor durante la fijación del intercambiador de calor en el pozo y durante el sellado temporal del intercambiador de calor.

- 5 El corte del intercambiador de calor y la retirada de cada porción cortada por encima del sello del intercambiador de calor se pueden realizar antes de la excavación del sitio o durante la excavación del sitio. En algunas realizaciones, el corte se realiza incidentalmente mediante maquinaria de excavación durante la excavación de la porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo.
- 10 El corte del intercambiador de calor se puede realizar insertando una herramienta de corte de tuberías en el extremo proximal abierto y cortando después el intercambiador de calor desde el interior, por ejemplo, usando una herramienta especializada de corte de tuberías.

15 También se describe una herramienta de corte de tuberías no cubierta por la presente invención. La herramienta de corte de tuberías comprende un cuerpo principal que tiene una superficie de guía exterior que se extiende axialmente adaptada para guiar el cuerpo principal axialmente a lo largo del interior de una tubería a lo largo de un eje de tubería, con un rebaje para el brazo en la superficie de guía del cuerpo principal y un brazo de corte. El brazo de corte tiene un extremo de pivote que tiene una superficie de leva, un borde posterior, un borde de corte y un extremo de corte opuesto al extremo de pivote, teniendo el extremo de corte un cabezal de corte dispuesto a lo largo del borde de corte. El rebaje del brazo tiene una superficie de tope dispuesta en su interior, y el brazo de corte está acoplado de forma pivotante en su extremo de pivote al cuerpo principal dentro del rebaje del brazo de forma que pueda pivotar, en relación con el cuerpo principal, alrededor de un eje de pivote que es sustancialmente paralelo al eje de la tubería. El brazo de corte puede pivotar entre una posición retraída en la que el brazo de corte se retrae dentro del rebaje del brazo de forma que el borde de corte se orienta hacia la superficie de tope, y una posición extendida en la que el extremo de corte del brazo de corte se extiende más allá de la superficie de guía para exponer el cabezal de corte y la superficie de leva se acopla con la superficie de tope para sujetar el brazo de corte contra la fuerza aplicada al cabezal de corte. Un miembro de desviación actúa entre el cuerpo principal y el brazo de corte para impulsar el brazo de corte hacia la posición extendida.

- 30 En algunos ejemplos, un primer extremo axial del cuerpo principal tiene un rebaje de la varilla de accionamiento alineado axialmente que está roscado para recibir de forma roscada una varilla de accionamiento. En algunos ejemplos particulares, el brazo de corte está acoplado de forma pivotante al cuerpo principal mediante un pasador de pivote que pasa a través de una abertura de pivote en el extremo de pivote del brazo de corte. Un primer extremo del pasador de pivote se recibe en un rebaje del pasador de pivote en el mismo lado axial del rebaje del brazo que el rebaje de la varilla de accionamiento. Un segundo extremo del pasador de pivote se recibe en un receptáculo de casquillo en donde se dispone un casquillo en el receptáculo de casquillo en un lado axial opuesto del rebaje del brazo desde el rebaje de la varilla de accionamiento. El casquillo queda atrapado en el receptáculo de casquillo mediante un tornillo de fijación que se recibe de forma roscada en un rebaje para tornillo de fijación en el lado axial opuesto del rebaje del brazo desde el rebaje de la varilla de accionamiento.
- 35 40 El cabezal de corte puede estar adaptado para recibir una cuchilla orientada hacia el borde de corte, o puede tener una cuchilla integral orientada hacia el borde de corte.

Breve descripción de los dibujos

- 45 Estas y otras características resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción en la que se hace referencia a los dibujos adjuntos en donde:
- 50 la Figura 1A muestra la perforación de un pozo, de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación; las Figuras 1B y 1Ba muestran la inserción de un intercambiador de calor geotérmico en el pozo de la Figura 1A; las Figuras 1C a 1E muestran la fijación del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba en el pozo de la Figura 1A;
- 55 la Figura 1F muestra el sellado temporal del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba; la Figura 1G muestra el corte del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba por encima del(s) sello(s) más superior(es) de la Figura 1F;
- 60 la Figura 1H muestra la eliminación de las porciones cortadas por encima del sello del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba;
- 65 las Figuras 1I y 1Ia muestran la excavación de la porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo de la Figura 1;
- las Figuras 1J y 1K muestran la retirada del(s) sello(s) de la Figura 1F del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba;
- las Figuras 1L y 1M muestran la conexión del intercambiador de calor de las Figuras 1B y 1Ba a un sistema HVAC; la Figura 2A es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor geotérmico de bucle cerrado ilustrativo que tiene una configuración de bucle en U individual;
- la Figura 2B es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor geotérmico de bucle cerrado ilustrativo que tiene una configuración de bucle en U doble;
- la Figura 2C es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor geotérmico de bucle cerrado

- ilustrativo que tiene una configuración concéntrica;
 la Figura 3A es una vista en perspectiva de una herramienta de corte de tuberías no cubierta por la presente invención, mostrando un brazo de corte de la misma en una posición retraída;
 5 la Figura 3B es una vista en perspectiva de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el brazo de corte de la misma en una posición extendida;
 la Figura 3C es una vista en sección transversal de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, tomada a
 lo largo de la línea 3C-3C en la Figura 3B y mostrada dentro de una tubería;
 10 la Figura 3D es una vista en sección transversal de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, tomada a lo largo de la línea 3D-3D en la Figura 3B y mostrando el brazo de corte en una posición retraída;
 la Figura 3E es una vista en sección transversal de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, tomada a
 15 lo largo de la línea 3E-3E en la Figura 3B y mostrando el brazo de corte en una posición extendida;
 la Figura 3F es una vista en sección superior de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el
 brazo de corte en una posición retraída;
 la Figura 3G es una vista en sección superior de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A, mostrando el
 20 brazo de corte en una posición extendida;
 la Figura 3H es una primera vista en alzado lateral de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A,
 mostrando el brazo de corte en una posición retraída;
 la Figura 3I es la misma vista en alzado lateral que en la Figura 3H, mostrando el brazo de corte en una posición
 25 extendida;
 la Figura 3J es una segunda vista en alzado lateral de la herramienta de corte de tuberías de la Figura 3A,
 mostrando el brazo de corte en una posición retraída; y
 la Figura 3K es la misma vista en alzado lateral que en la Figura 3J, mostrando el brazo de corte en una posición
 extendida.

25 **Descripción detallada**

- A continuación, se hace referencia a las Figuras 1A a 1M, que muestran un método ilustrativo de instalar un intercambiador de calor geotérmico de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.
- 30 Comenzando con la Figura 1A, en un sitio 102, tal como el sustrato 104 sobre el que se planea la construcción de un nuevo edificio, se perfora un pozo 106 hasta una profundidad objetivo D del pozo en el sitio 102. En la realización ilustrada, se utiliza un equipo de perforación hidráulica 110 para formar el pozo 106. Un equipo de perforación hidráulica puede estar equipado, por ejemplo, con una unidad superior individual, dual o sónica.
- 35 Opcionalmente, se puede usar un revestimiento (no mostrado) para estabilizar la sobrecarga (normalmente compuesta de arcillas, arenas y gravas en su mayor parte) y, si se encuentra, se perfora un orificio abierto (es decir, sin revestimiento) en el lecho de roca. Se puede instalar un revestimiento después de la perforación de la sobrecarga 40 cuando se usa perforación giratoria con aire o lodo, o se puede instalar un revestimiento simultáneamente con la perforación de la sobrecarga usando un equipo equipado con la unidad superior giratoria o sónica doble, o con un sistema de perforación de sobrecarga. El revestimiento usado en la construcción de un pozo geotérmico es normalmente un revestimiento temporal, lo que significa que se elimina después de la instalación del intercambiador 45 de calor geotérmico en el pozo. El tamaño del revestimiento debe ser lo suficientemente grande para acomodar el tamaño de la broca utilizada para perforar el lecho de roca debajo; los tamaños comunes incluyen 133 mm de diámetro exterior (DE) (5,5") y 165 mm DE (6,5"). El lecho de roca se perfora normalmente con un martillo de fondo (para rocas duras como el granito) o con brocas PDC (para rocas sedimentarias más blandas). El fluido usado para perforar la roca suele ser aire comprimido, pero también se puede usar perforación giratoria con agua o lodo. La perforación giratoria con lodo se puede usar también para perforar un pozo abierto en sobrecarga, generalmente a una profundidad 50 máxima de 150 metros y más frecuentemente a profundidades de menos de 100 metros. La perforación giratoria con lodo de un pozo abierto no se usa comúnmente a mayores profundidades porque resulta muy difícil mantener la estabilidad del pozo y llevar el intercambiador de calor geotérmico a la profundidad objetivo. El tamaño del pozo está dictado por la geometría del intercambiador de calor y los requisitos de inyección. El tamaño mínimo convencional del pozo para un intercambiador de calor de bucle en U individual de 32 mm (1,25") es de 98 mm y para un intercambiador 55 de calor de bucle en U individual de 38 mm (1,5") es de 108 mm. A menudo se utilizan tamaños de orificios más grandes debido a las herramientas convencionales de los equipos de perforación y 152 mm (6") es muy común entre los equipos de perforación de pozos de agua. Los pozos suelen ser verticales, pero pueden perforarse en ángulo o direccionalmente usando tecnología de perforación orientable.
- 60 La selección del método de perforación depende de la geología, disponibilidad de equipos, profundidad objetivo del intercambiador de calor geotérmico y requisitos reglamentarios, y está dentro de la capacidad de un experto en la materia.
- 65 Con referencia ahora a la Figura 1B y la Figura 1Ba, después de perforar el pozo 106, se inserta un intercambiador de calor geotérmico 112 en el pozo 106 hasta una profundidad deseada del intercambiador de calor, que puede ser igual o ligeramente superior a la profundidad del pozo D.

- El intercambiador de calor geotérmico 112 tiene normalmente la forma de una o más tuberías tubulares en una configuración en forma de U (denominada "bucle en U"). La configuración de intercambiador de calor geotérmico de circuito cerrado más común es un bucle en U individual, como se muestra en la Figura 2A, que consiste en dos tuberías 114 unidas por un accesorio de codo de 180 grados 118 en el extremo distal del intercambiador de calor 112 para formar dos brazos paralelos continuos 116 que se extienden a lo largo del intercambiador de calor 112. Las configuraciones de bucle en U doble, como se muestra en la Figura 2B, son comunes en Europa, con dos pares de tuberías 114A, 114B cada una unida por un respectivo accesorio de codo de 180 grados 118 para formar dos pares respectivos de brazos paralelos 116A, 116B. Por tanto, en una configuración de bucle en U doble, hay cuatro brazos paralelos continuos 116A, 116B que discurren a lo largo del intercambiador de calor 112 con un codo doble de 180 grados 118 en el extremo distal del intercambiador de calor 112. En otra realización, como se muestra en la Figura 2C, una forma alternativa de intercambiador de calor geotérmico 212 puede ser un intercambiador de calor concéntrico o coaxial que comprende un tubo exterior 214 y un tubo interior 216 en comunicación fluida entre sí, teniendo el tubo exterior 214 un extremo distal cerrado 218 y teniendo el tubo interior 216 un extremo distal abierto que termina cerca del extremo distal cerrado 218 del tubo exterior 214. Cuando se usa un intercambiador de calor concéntrico 212, opcionalmente, solo es necesario insertar el tubo exterior 214 en el paso mostrado en las Figuras 1B y 1Ba. Hay otras configuraciones disponibles, pero menos comunes, como varias secciones transversales de tubería que no son necesariamente redondas (por ejemplo, GI4™), y varios bucles en U pueden tener más de dos tuberías (por ejemplo, Twister™).
- Los tamaños comunes de tuberías con bucle en U varían de 1,91 cm/s (¾" IPS) a 3,81 cm/s (1,5" IPS) con espesores de pared de SDR9 a SDR13,5 (SDR es la relación entre el diámetro de la tubería y el espesor de la pared). El material de tubería más común es el polietileno de alta densidad, tal como HDPE 3608 o HDPE 4710, aunque ocasionalmente se utilizan algunos otros materiales o HDPE térmicamente mejorado.
- En cada caso, es decir, si es un intercambiador de calor de bucle en U 112, un intercambiador de calor concéntrico 212 u otra configuración, el intercambiador de calor tiene un extremo distal cerrado (por ejemplo, el(los) codo(s) 118 o el extremo cerrado 218 del tubo exterior 214).
- Volviendo a la Figura 1B y a la Figura 1Ba, se verá que el intercambiador de calor geotérmico 112 ilustrativo es un intercambiador de calor de bucle en U individual 112 que comprende una tubería flexible 114 cuyo codo 118 forma el extremo distal cerrado.
- La inserción del intercambiador de calor geotérmico 112 en el pozo 106 se puede realizar manualmente, como se muestra en la Figura 1B, o con un sistema mecánico 120, como se muestra en la Figura 1Ba. Los diámetros de tubería más grandes (por ejemplo, 3,18 cm (1,25") y 3,81 cm (1,5")) y los orificios profundos suelen hacer necesaria la inserción mecánica. Tanto la inserción manual como mecánica están dentro de la capacidad de un experto en la técnica.
- Después de insertar el intercambiador de calor 112 en el pozo 106, el intercambiador de calor 112 está asegurado en el pozo 106 a la profundidad deseada del intercambiador de calor. El espacio anular 128 (véase Figuras 1C a 1E) entre el intercambiador de calor 112 y la pared del pozo 106, así como cualquier espacio 130 entre los brazos 116 del intercambiador de calor 112, normalmente se rejunta con lechadas a base de bentonita o cemento, siendo las lechadas a base de bentonita las más comunes debido a su facilidad de uso y mejor rendimiento. El material de mejora térmica se usa comúnmente con lechada a base de bentonita para mejorar el rendimiento del intercambiador de calor. Estos materiales suelen ser arena de sílice y, más recientemente, material grafítico. Antes de la introducción de la lechada, el intercambiador de calor 112 se llena con un fluido de instalación 115 (tal como agua) mantenido a una presión adecuada para mantener la integridad estructural de la tubería 114 (es decir, evitar el colapso hacia dentro).
- Para aplicar la lechada, se inserta una línea tremie 122 en el pozo 106. Normalmente, la tubería 114 y la línea tremie 122 se alimentarán desde las respectivas bobinas 124, 126 y se insertarán al mismo tiempo (véase Figuras 1B y 1Ba). La línea tremie 122 puede colocarse también en el pozo después de la inserción del intercambiador de calor 112 en el pozo 106. Como puede verse en las Figuras 1C a 1E, con una configuración de bucle en U, la línea tremie 122 normalmente se coloca entre los brazos 116 del intercambiador de calor 112.
- Al comienzo de la lechada, el extremo de salida 132 de la línea tremie 122 está colocado inicialmente cerca del extremo distal del intercambiador de calor, como se muestra en la Figura 1C. El codo 118 del intercambiador de calor 112 puede descansar sobre un soporte 134 como se muestra, cuyo soporte puede doblarse como un peso de plomada, o el codo 118 del intercambiador de calor 112 puede descansar directamente sobre el fondo del pozo 106, o el intercambiador de calor 112 puede simplemente suspenderse en el pozo 106 mientras se aplica la lechada.
- Se inyecta lechada 136 en el pozo 106, como se muestra en la Figura 1D, hasta que el extremo de salida 132 de la línea tremie 122 quede sumergido en la lechada 136 varios metros por debajo de la superficie o menisco de la lechada 136. De esta forma, la lechada 136 empujará cualquier agua u otro material fuera del pozo 106, dando como resultado una columna continua de lechada en el pozo 106. A medida que se inyecta la lechada en el pozo 106, la línea tremie 122 se retira del pozo mientras se mantiene el extremo de salida de la línea tremie 122 sumergido en la lechada 136 hasta que el pozo 106 esté sustancialmente lleno, como se muestra en la Figura 1E. Después de que la lechada 136

5 haya fraguado, el exceso de longitud de los brazos 116 de la tubería 114 que sobresalen más allá de la boca del pozo 106 se puede cortar de forma que queden aproximadamente al ras con la superficie del sustrato 104 en el que se forma el pozo 106, para proporcionar al intercambiador de calor 112 un extremo proximal abierto 138, como se muestra en (por ejemplo) la Figura 1F. En un ejemplo no cubierto por la presente invención, la tubería 114 se puede precortar de forma que tenga una longitud correspondiente a la profundidad del pozo 106, o se puede cortar antes de la inyección.

10 Cuando se utiliza revestimiento, la lechada se coloca en el revestimiento inmediatamente antes de tirar del revestimiento de tal forma que la lechada aún no se haya 'asentado' o endurecido de forma que la lechada se desploma fuera de la revestimiento a medida que se extrae del pozo. A medida que se retira el revestimiento, entonces se utiliza lechada para llenar el pozo de forma que éste quede completamente lleno con lechada una vez que se haya extraído todo el revestimiento del suelo.

15 Una vez que se ha insertado el intercambiador de calor 112 y se ha inyectado el pozo 106 (o el intercambiador de calor 112 está asegurado de otro modo en el pozo 106), la integridad del intercambiador de calor 112, la profundidad del intercambiador de calor 112 y potencialmente la calidad de la lechada 106 alrededor del intercambiador de calor 112 se pueden probar conjuntamente. Probar la profundidad y la calidad de la lechada requiere acceso al intercambiador de calor 112 desde la superficie 104 del sitio 102 hasta la profundidad completa. Las pruebas de presión requieren también acceso a la superficie y continuidad hidráulica, pero no necesariamente requieren acceso 20 al fondo del bucle, permitiendo así colocar sellos o tapones internos a cierta profundidad dentro del intercambiador de calor. Las pruebas anteriores están dentro de la capacidad de un experto en la materia, ahora informado por la presente divulgación. Por tanto, después de asegurar el intercambiador de calor 112 en el pozo 106, la prueba normal del intercambiador de calor 112 se puede llevar a cabo antes de la excavación de la porción 140 (Figura 1I) del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106.

25 Como se ha indicado anteriormente, el intercambiador de calor tiene un extremo distal cerrado (por ejemplo, el(os) codo(s) 118 o el extremo cerrado 218 del tubo exterior 214) y, al menos después de asegurarse en el pozo 106 después de la instalación, tiene un extremo proximal abierto 138 (por ejemplo, los extremos de los tubos 114, 114A, 114B distal del(os) codo(s) 118 o el extremo de (al menos) el tubo exterior 214 alejado del extremo distal cerrado 218). 30 El extremo proximal abierto 138 es proximal a la superficie del sustrato 104 del sitio 102. El intercambiador de calor 112 tiene también al menos una trayectoria de fluido entre el extremo distal cerrado 118 y el extremo proximal abierto 138 (por ejemplo, proporcionado por la(s) tubería(s) 114, 114A, 114B, 214, 216).

35 Después de la inserción (Figuras 1B/1Ba), la lechada (Figuras 1C a 1E) y, opcionalmente, las pruebas, se colocan sellos internos (por ejemplo, tapones) en el intercambiador de calor 112 desde el extremo proximal abierto 138 en una o más profundidades de subrasante hipotéticas para impedir que los desechos entren en el intercambiador de calor 112. La expresión "profundidad de subrasante hipotética", como se usa en el presente documento, se refiere a una profundidad por debajo de la que no se prevé ninguna excavación de construcción, al menos dentro de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Como precaución, puede haber múltiples profundidades de 40 subrasante hipotéticas, con sellos colocados debajo de cada una, como se describe más adelante. La provisión opcional de profundidad(es) de subrasante hipotética(s) adicional(es) podría explicar la necesidad de excavar más profundamente de lo esperado debido a las exigencias de la construcción, errores por operación del equipo de construcción, etc. Si bien, opcionalmente, los sellos podrían colocarse solo debajo de la profundidad de subrasante hipotética más baja, esto aumenta el riesgo de que entren residuos en el intercambiador de calor por encima de los sellos.

45 Haciendo referencia ahora a la Figura 1F, después de asegurar el intercambiador de calor 112 en el pozo 106 y antes de la excavación de una porción 140 (véase Figura 1I) del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106, el intercambiador de calor 112 se sella temporalmente. La expresión "porción del sitio que rodea inmediatamente el pozo", como se usa en el presente documento, se refiere a la región (porción del sitio) que se encuentra dentro de un radio de cinco metros, preferiblemente dentro de tres metros y más preferiblemente dentro de un metro del pozo 106, medido radialmente desde la circunferencia exterior del pozo 106. La excavación de otras porciones del sitio 102, es decir, aquellas distintas de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106, puede llevarse a cabo antes de sellar temporalmente el intercambiador de calor 112. Por tanto, otras actividades de construcción pueden 50 continuar en otras porciones del sitio 102 durante, por ejemplo, la formación del pozo 106, la instalación del intercambiador de calor 112 y la lechada del intercambiador de calor 112, antes de sellar temporalmente el intercambiador de calor 112.

55 Con referencia continuada a la Figura 1F, el intercambiador de calor 112 se sella temporalmente entre el extremo distal cerrado 118 (o 218) y el extremo proximal abierto 138 instalando, a través del extremo proximal abierto 138, al menos un sello interno respectivo en cada trayectoria de fluido, por ejemplo la(s) tubería(s) 114 (o 114A, 114B, 214, 216). Los sellos internos pueden adoptar una amplia variedad de formas y pueden tener una forma adaptada al tipo particular de intercambiador de calor. Por ejemplo, y sin limitación, un sello interno puede comprender uno o más de un tapón esférico de espuma compresible 142 como se muestra en la parte principal de la Figura 1F, un tapón de cilindro de espuma compresible 142A como se muestra en la ampliación del lado inferior derecho en la Figura 1F, o un tapón de gel 142B como se muestra en la ampliación del lado superior derecho en la Figura 1F, cada uno de los

que se describe más adelante. Cada uno de los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) está dispuesto debajo de una profundidad de subrasante hipotética respectiva 144A, 144B, 144C.

Como se ha indicado anteriormente, en algunas realizaciones, puede haber múltiples profundidades de subrasante hipotéticas, con sellos colocados en cada una. Por ejemplo, se puede esperar que la excavación no continúe por debajo de (por ejemplo) 10 metros desde la superficie 104, que sería una primera profundidad de subrasante hipotética 144A, pero también se puede proporcionar una segunda profundidad de subrasante hipotética 144B de (por ejemplo) 10,5 metros y una tercera profundidad de subrasante hipotética 144C de (por ejemplo) 11 metros. Estos son simplemente ejemplos de profundidades de subrasante y no pretenden ser limitantes. Los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) están dispuestos entre la primera profundidad de subrasante hipotética 144A y la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B, entre la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B y la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C, y por debajo de la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C. Por ende, hay sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) dispuestos debajo de cada una de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A, la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B y la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C. Se puede proporcionar cualquier número deseado de profundidades de subrasante hipotéticas y sellos asociados.

Haciendo aún referencia a la Figura 1F, los tapones esféricos de espuma compresible 142 pueden colocarse debajo de la profundidad de subsuelo deseada 144A, 144B, 144C forzándolos a lo largo del interior de las tuberías 114 usando una varilla 146 que tiene marcas de profundidad 148.

Como se ha descrito anteriormente, en algunas realizaciones, uno o más sellos pueden comprender un cilindro de espuma compresible 142A. El tapón de cilindro de espuma compresible 142A puede simplemente forzarse a su posición usando la varilla 146 de forma similar a los sellos de bola (por ejemplo, tapones esféricos 142), o comprimirse y sellarse al vacío dentro de una membrana de barrera impermeable al aire para formar una "empacadura" comprimida que puede caber fácilmente dentro del interior de la tubería 114. Después, esta empacadura se puede bajar a la profundidad deseada y se puede romper después la membrana de barrera para permitir que el tapón de cilindro 142A se expanda contra la pared interior de la tubería 114.

Como también se ha mencionado anteriormente, en algunas realizaciones, uno o más sellos pueden comprender un tapón de gel 142B. Un tapón de gel 142B puede comprender un tubo soluble en agua sellado lleno de hilo absorbente de agua. El tubo soluble en agua se puede bajar a la profundidad deseada y suspender en su lugar usando una cuerda. El tubo soluble en agua permanece en su lugar hasta que se disuelva, lo que permite después que el agua llegue al hilo absorbente de agua. El hilo se expande para llenar el interior de la tubería 114 y proporcionar un tapón de gel durante un intervalo deseado.

A continuación, se hace referencia a la Figura 1G. Después de sellar el intercambiador de calor 112, el intercambiador de calor 112 se corta por encima del(s) sello(s) más superior(es) 142. Se apreciará que cortar el intercambiador de calor 112 por encima del(s) sello(s) más superior(es) 142 significa que el intercambiador de calor 112 se corta también por encima del(s) sello(s) más inferior(es), ya que el(s) sello(s) más superior(es) 142 estarán necesariamente por encima del(s) sello(s) más inferior(es) 142. En la realización ilustrada, cada uno de los brazos 116 de la tubería 114 se corta por encima de los sellos de bola (por ejemplo, tapones esféricos 142) colocados inmediatamente debajo de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A. El corte del intercambiador de calor 112 se puede realizar usando cualquier técnica adecuada; preferentemente, como se muestra en la Figura 1G, el corte se lleva a cabo insertando una herramienta especializada de corte de tuberías 300 en el extremo proximal abierto 138 y cortando el intercambiador de calor 112 (por ejemplo, cortando los brazos 116 de la tubería 114) desde el interior. Como se muestra en la parte ampliada de la Figura 1G, la herramienta de corte de tuberías 300 ilustrativa comprende un cuerpo principal 302 y un brazo de corte retráctil 304 y puede montarse en el extremo de la varilla 146 con marcas de profundidad para que pueda avanzar hasta la profundidad deseada. La herramienta de corte de tuberías 300 ilustrativa, que no está cubierta por la presente invención, se describirá con más detalle más adelante.

Haciendo referencia ahora a la Figura 1H, el corte del intercambiador de calor 112 produce dos porciones cortadas por encima del sello 150 (una para cada brazo 116 de la tubería 114) del intercambiador de calor 112. (En el caso de un intercambiador de calor coaxial, puede haber solo una porción cortada y, en el caso de un intercambiador de calor de bucle en U múltiple, habrán más de dos porciones cortadas). Las porciones cortadas 150 están ubicadas por encima de los sellos más superiores, de ahí la expresión "sobre el sello"; en la realización ilustrada, esto está por encima de los sellos de bola (por ejemplo, tapones esféricos 142) colocados inmediatamente debajo de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A. Las porciones cortadas 150 del intercambiador de calor 112 se retiran después del pozo 106, por ejemplo, mediante tracción mecánica o manual, dejando solo la lechada 136 por encima de la posición donde se ha cortado el intercambiador de calor 112. Por tanto, en la realización mostrada en las Figuras 1H y 1I, cortar el intercambiador de calor 112 y retirar cada porción cortada por encima del sello 150 del intercambiador de calor 112 se lleva a cabo antes de la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106.

Volviendo a la Figura 1I, después de cortar el intercambiador de calor 112 por encima del(s) sello(s) más superior(es) y retirar las porciones cortadas por encima del sello 150 del intercambiador de calor 112, se puede continuar la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Al cortar el intercambiador de calor

112 y retirar las porciones cortadas por encima del sello 150 antes de la excavación, el trabajo de construcción puede realizarse sin interferencias desde las tuberías del intercambiador de calor. Si fuera necesario excavar hasta (por ejemplo) la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B o la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C, el procedimiento de corte se puede repetir por encima de los tapones esféricos 142 (u otros sellos) por encima de la profundidad de subrasante hipotética respectiva.

Como alternativa, en algunas realizaciones, cortar el intercambiador de calor 112 y retirar cada porción cortada por encima del sello 150 del intercambiador de calor 112 se puede llevar a cabo durante la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Más particularmente, dependiendo del material del que está construido el intercambiador de calor 112, puede ser más eficiente y rentable permitir que las porciones por encima de los sellos (es decir, por encima de las porciones cortadas 150 de los sellos) sean cortadas y retiradas mediante el propio proceso de excavación (por ejemplo, mediante equipo de construcción tal como una excavadora, buldócer, retroexcavadora, etc.). Por tanto, el corte puede realizarse incidentalmente mediante la maquinaria de excavación 152 durante la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. Este proceso se muestra en la Figura 1la. Si es necesario excavar por debajo de la primera profundidad de subrasante hipotética 144A hasta (por ejemplo) la segunda profundidad de subrasante hipotética 144B o la tercera profundidad de subrasante hipotética 144C, la excavación puede continuar siempre y cuando el intercambiador de calor no se corte por debajo de la profundidad hipotética más baja de la base (es decir, la excavación permanece por encima del(os) sello(s) 142 más inferior(es) en el intercambiador de calor 112).

En cualquier caso (la retirada de la porción cortada por encima del sello 150 antes de la excavación o durante la excavación), después de completar la excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106, se pueden retirar después los sellos (por ejemplo, los tapones esféricos 142), como se muestra en las Figuras 1J y 1K. Como se puede observar en las Figuras, en realizaciones preferidas, el fluido de instalación 115 permanece en el intercambiador de calor 112 durante la fijación del intercambiador de calor 112 en el pozo 106, y mediante el sellado temporal del intercambiador de calor 112, corte del intercambiador de calor 112 y excavación de la porción 140 del sitio 102 que rodea inmediatamente el pozo 106. En este sentido, la retirada de los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) se puede lograr suministrando fluido a presión, denotado por la flecha 154 en la Figura 1K, en el extremo abierto 138 de un brazo 116 del intercambiador de calor 112 lo que empujará después los tapones esféricos 142 (u otros sellos) fuera del extremo abierto 138 del otro brazo 116 del intercambiador de calor 112. Por tanto, los sellos (por ejemplo, tapones esféricos 142) se pueden retirar para conectar el intercambiador de calor 112 a los conductos de suministro/retorno 156, por ejemplo, de un sistema HVAC 158 en una sala mecánica 160 de un estacionamiento de varios niveles 162, como se muestra en las Figuras 1L y 1M. Esto permite que un fluido intercambiador de calor (por ejemplo, agua con inhibidor de corrosión y anticongelante como etanol o propilenglicol), mostrado por las flechas 166, pase del sistema HVAC a través del intercambiador de calor 112.

Ahora se hace referencia a las Figuras 3A a 3K, que muestran la herramienta de corte de tuberías 300, que no está cubierta por la presente invención, con más detalle. Como se ha indicado anteriormente, la herramienta de corte de tuberías 300 ilustrativa comprende un cuerpo principal 302 y un brazo de corte 304. El cuerpo principal 302 tiene una superficie de guía exterior 306 que se extiende axialmente adaptada para guiar el cuerpo principal 302 axialmente a lo largo del interior de una tubería 308 (Figuras 3C a 3E) a lo largo de un eje de tubería PA (Figuras 3A a 3B). El eje de tubería PA corresponde a la extensión longitudinal de la tubería 308. En la realización ilustrada, el cuerpo principal 302 es sustancialmente cilíndrico con extremos cónicos aunque se contemplan otras formas; en otros ejemplos, la superficie de guía puede incluir cojinetes adaptados para acoplarse con el interior de la tubería.

Un extremo axial del cuerpo principal 302 tiene un rebaje 310 de la varilla de accionamiento alineado axialmente (véanse Figuras 3D y 3E) que está roscado para recibir de forma roscada una varilla de accionamiento, como por ejemplo la varilla 146 con marcas de profundidad, para accionar la herramienta de corte de tuberías 300 a lo largo del interior de la tubería 308.

Se forma un rebaje 312 del brazo en la superficie de guía 306 del cuerpo principal 302 para recibir el brazo de corte 304, y una superficie de tope 314 está dispuesta en el rebaje 312 del brazo. El brazo de corte 304 tiene un extremo de pivote 316 y un extremo de corte 318 opuesto al extremo de pivote 316, con un borde posterior 320 y un borde de corte 322 que se extiende entre el extremo de pivote 316 y el extremo de corte 318. El borde posterior 320 y un borde de corte 322 están generalmente opuestos entre sí. El extremo de pivote 316 tiene una superficie de leva 324 y el extremo de corte 318 tiene un cabezal de corte 326 dispuesto a lo largo del borde de corte 322. El cabezal de corte 326 lleva una cuchilla 328 orientada hacia el borde de corte 322. El cabezal de corte 326 puede estar adaptado para recibir una cuchilla reemplazable, o puede tener una cuchilla integral, en cuyo caso el propio cabezal de corte puede ser reemplazable. Como alternativa, todo el brazo de corte 304 puede reemplazarse si la cuchilla 328 se desafila.

El brazo de corte 304 está acoplado de forma pivotante en su extremo de pivote 316 al cuerpo principal 302 dentro del rebaje 312 del brazo para que pueda pivotar, con respecto al cuerpo principal 302, alrededor de un eje de pivote P que es sustancialmente paralelo al eje de tubería PA. El eje de pivote P del brazo de corte 304 está desplazado lateralmente de un eje de giro central R del cuerpo principal 302, es decir, cuando la herramienta de corte 300 está dentro de la tubería 308, paralela y coincidiendo normalmente coincidente con, el eje de tubería PA. Por tanto, el eje de pivote P del brazo de corte 304 estará desplazado lateralmente del eje de tubería PA. El brazo de corte 304 puede

pivatar entre una posición retraída, como se muestra en las Figuras 3A, 3D, 3F, 3H y 3J, y una posición extendida, como se muestra en las Figuras 3B, 3C, 3E, 3G, 3I y 3K. En la posición retraída, el brazo de corte 304 se retrae dentro del rebaje 312 del brazo de forma que el borde de corte 322 se orienta hacia y pueda acoplarse a la superficie de tope 314. En la posición extendida, el extremo de corte 318 del brazo de corte 304 se extiende más allá de la superficie de guía 306 para exponer el cabezal de corte 326 y la cuchilla 328 y la superficie de leva 324 en el extremo de pivote 316 se acopla con la superficie de tope 314 para sujetar el brazo de corte 304 contra la fuerza aplicada al cabezal de corte 326 en el lado del borde de corte del mismo (es decir, contra la presión aplicada a la cuchilla de corte 328).

5 Como se observa mejor en las Figuras 3D y 3E, en el ejemplo ilustrado, el brazo de corte 304 está acoplado de forma pivotante al cuerpo principal 302 mediante un pasador de pivote 330 que pasa a través de una abertura de pivote 332 en el extremo de pivote 316 del brazo de corte 304. Un extremo 334 del pasador de pivote 330 se recibe en un rebaje 336 del pasador de pivote en el mismo lado axial del rebaje 312 del brazo que el rebaje 310 de la varilla de accionamiento y el otro extremo del pasador de pivote 330 se recibe en un receptáculo de casquillo 340. Un casquillo 342 (o, como alternativa, un cojinete tal como un cojinete de aguja) está dispuesto en el receptáculo de casquillo 340

10 en el lado axial opuesto del rebaje 312 del brazo desde el rebaje 310 de la varilla de accionamiento, y el otro extremo del pasador de pivote 330 está articulado en el casquillo 342. El casquillo 342 se mantiene en el receptáculo de casquillo 340 mediante un tornillo de fijación 344 que se recibe de forma roscada en un rebaje 346 para tornillo de fijación en el lado axial opuesto del rebaje 312 del brazo desde el rebaje 310 de la varilla de accionamiento. Más particularmente, el tornillo de fijación 344 atrapa el casquillo 342 contra un resalte 348 del casquillo.

15 20 Un miembro de desviación actúa entre el cuerpo principal 302 y el brazo de corte 304 para impulsar el brazo de corte 304 hacia la posición extendida. En el ejemplo ilustrado, el miembro de desviación toma la forma de un resorte helicoidal 350. El resorte helicoidal 350 rodea el pasador de pivote 330; con un brazo terminal del resorte helicoidal 350 engranándose con el cuerpo principal 302 y el otro brazo terminal del resorte helicoidal 350 engranándose con el

25 brazo de corte 304.

20 En funcionamiento, el brazo de corte 304 se coloca en la posición retraída y la herramienta de corte 300 se inserta en el interior de la tubería 308. A pesar de la fuerza ejercida por el resorte helicoidal 348, siempre que la herramienta de corte 300 avance axialmente a lo largo del tubería 308 sin giro, la pared de la tubería 308 mantendrá el brazo de corte

30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 9999 10000 10005 10010 10015 10020 10025 10030 10035 10040 10045 10050 10055 10060 10065 10070 10075 10080 10085 10090 10095 1

REIVINDICACIONES

1. Un método para instalar un intercambiador de calor geotérmico (112, 212), comprendiendo el método:
 - 5 en un sitio (102), perforar un pozo (106) hasta una profundidad objetivo (D) del pozo en el sitio (102); después de perforar el pozo (106), insertar un intercambiador de calor geotérmico (112, 212) en el pozo (106) hasta una profundidad deseada de intercambiador de calor, después de insertar el intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106), asegurar el intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106) a la profundidad deseada del intercambiador de calor; 10 en donde, cuando el intercambiador de calor (112, 212) ha sido asegurado en el pozo (106):
 - 15 el intercambiador de calor (112, 212) tiene un extremo distal cerrado (118, 118A, 118B, 218) y un extremo proximal abierto (138); y el intercambiador de calor (112, 212) tiene al menos una trayectoria de fluido entre el extremo distal cerrado (118, 118A, 118B, 218) y el extremo proximal abierto (138);
 - 20 y el fluido de instalación (115) se dispone en cada trayectoria de fluido del intercambiador de calor (112, 212); y después de asegurar el intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106) y antes de la excavación de una porción (140) del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106), sellar temporalmente el intercambiador de calor (112, 212) entre el extremo distal cerrado (118, 118A, 118B, 218) y el extremo proximal abierto (138) instalando, a través del extremo proximal abierto (138), al menos un sello interno respectivo (142, 142A, 142B) en cada trayectoria de fluido, en donde para cada trayectoria de fluido, el al menos un sello interno (142, 142A, 142B) se dispone debajo de una profundidad de subrasante hipotética respectiva (144A, 144B, 144C);
 - 25 después de sellar el intercambiador de calor (112, 212), cortar el intercambiador de calor (112, 212) por encima del más superior del al menos un sello (142, 142A, 142B) para producir al menos una porción cortada por encima del sello (150) del intercambiador de calor (112, 212);
 - 30 después de cortar el intercambiador de calor (112, 212), retirar cada porción cortada por encima del sello (150) del intercambiador de calor (112, 212) y excavar una porción del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106); en donde la excavación de la porción del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106) está por encima de la profundidad de subrasante hipotética más baja (144A, 144B, 144C); y
 - 35 después de excavar la porción del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106), retirar los sellos (142, 142A, 142B) para la conexión del intercambiador de calor (112, 212) a los conductos de suministro/retorno (156).
2. El método de la reivindicación 1, en donde el corte del intercambiador de calor (112, 212) y la retirada de cada porción cortada por encima del sello (150) del intercambiador de calor (112, 212) se llevan a cabo antes de la excavación del sitio (102).
3. El método de la reivindicación 1, en donde el corte del intercambiador de calor (112, 212) se lleva a cabo insertando una herramienta de corte de tuberías (300) en el extremo proximal abierto (138) y cortando el intercambiador de calor (112, 212) desde el interior.
4. El método de la reivindicación 1, en donde el corte del intercambiador de calor (112, 212) y la retirada de cada porción cortada por encima del sello (150) del intercambiador de calor (112, 212) se llevan a cabo durante la excavación del sitio (102), y preferiblemente mediante uno de:
 - 45 corte realizado mediante el uso de una herramienta especializada de corte de tuberías (300); y corte realizado incidentalmente mediante la maquinaria de excavación (152) durante la excavación de la porción (140) del sitio (102) que rodea inmediatamente el pozo (106).
5. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:
 - 50 después de asegurar el intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106) y antes de la excavación del sitio (102), probar el intercambiador de calor (112, 212).
6. El método de la reivindicación 1, en donde el fluido de instalación (115) permanece en el intercambiador de calor (112, 212) durante la fijación del intercambiador de calor (112, 212) en el pozo (106) y el sellado temporal del intercambiador de calor (112, 212).
7. El método de la reivindicación 1, en donde el intercambiador de calor (112) es un bucle en U.
8. El método de la reivindicación 7, en donde el intercambiador de calor (112) es uno de entre un bucle en U individual y un bucle en U múltiple.
9. El método de la reivindicación 1, en donde el intercambiador de calor (212) es al menos un tubo exterior (214) de un intercambiador de calor concéntrico (212).

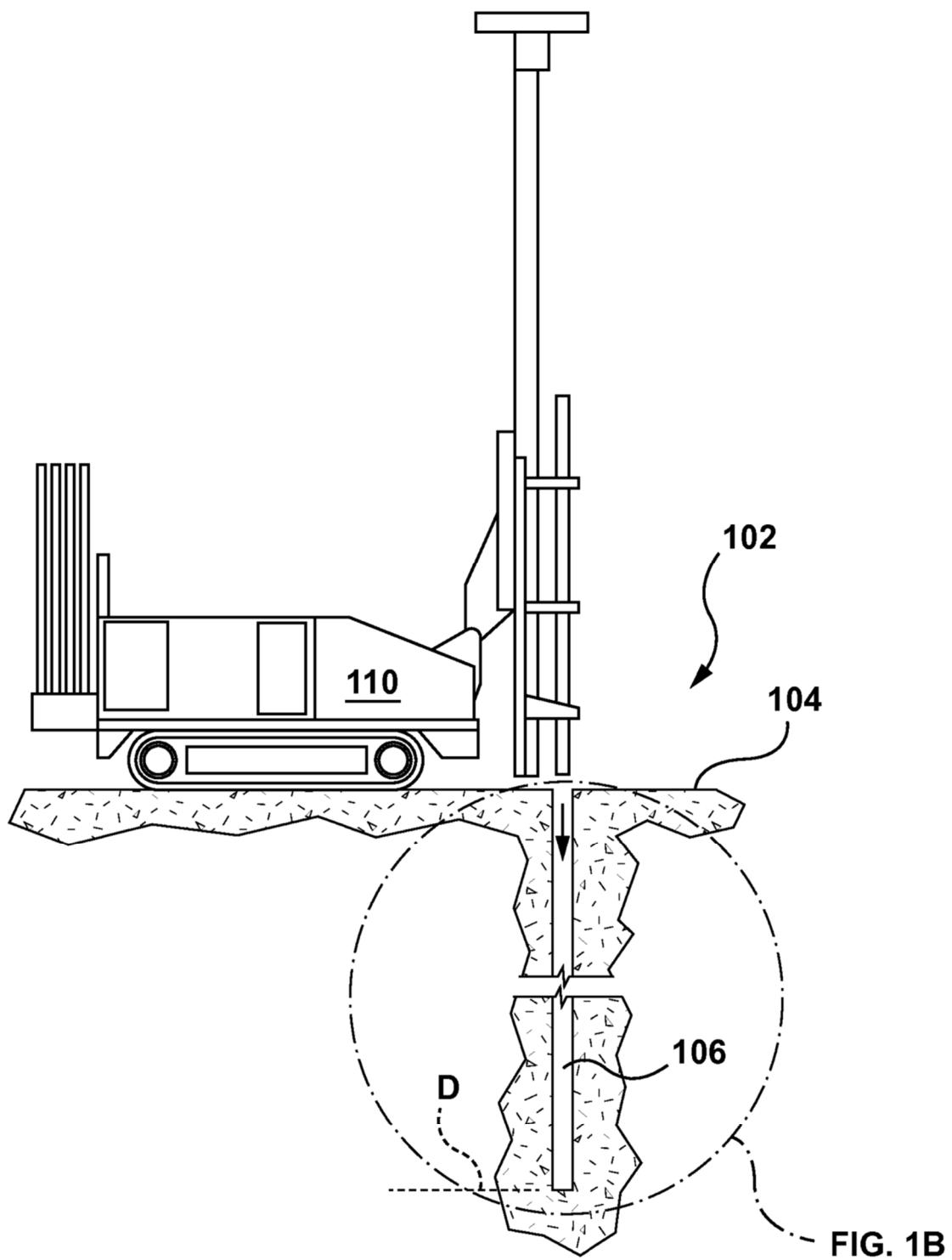


FIG. 1A

FIG. 1B

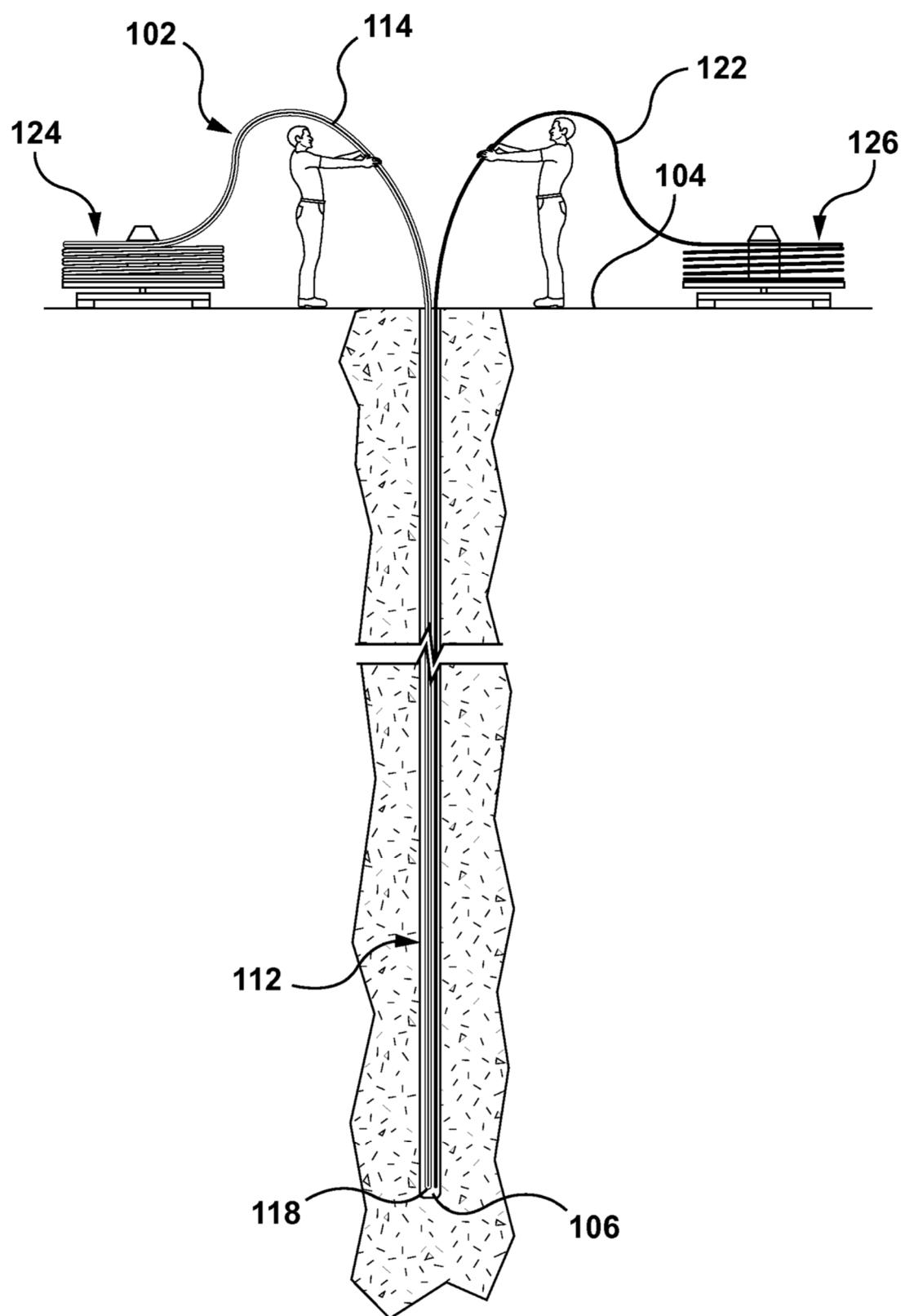


FIG. 1B

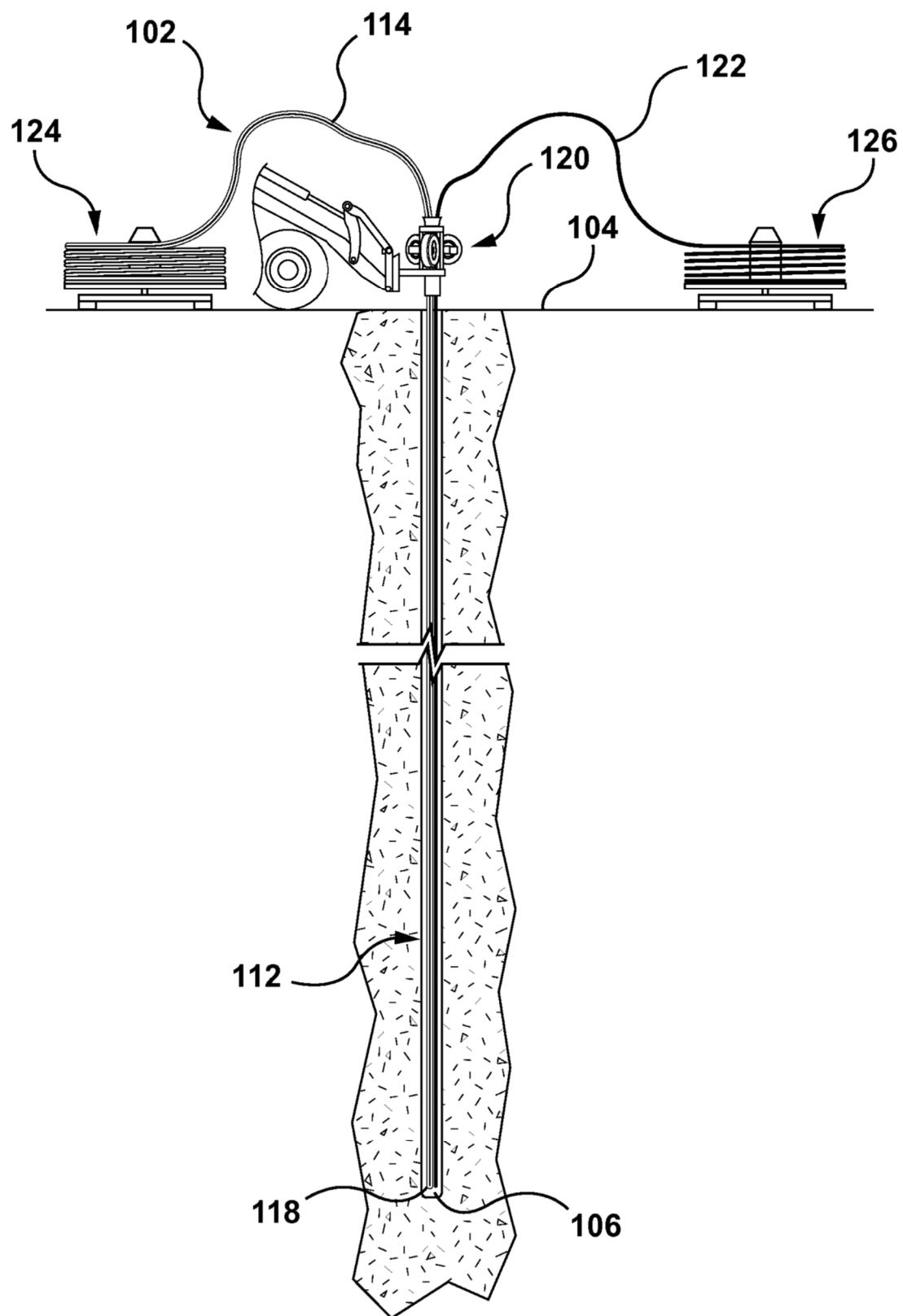


FIG. 1Ba

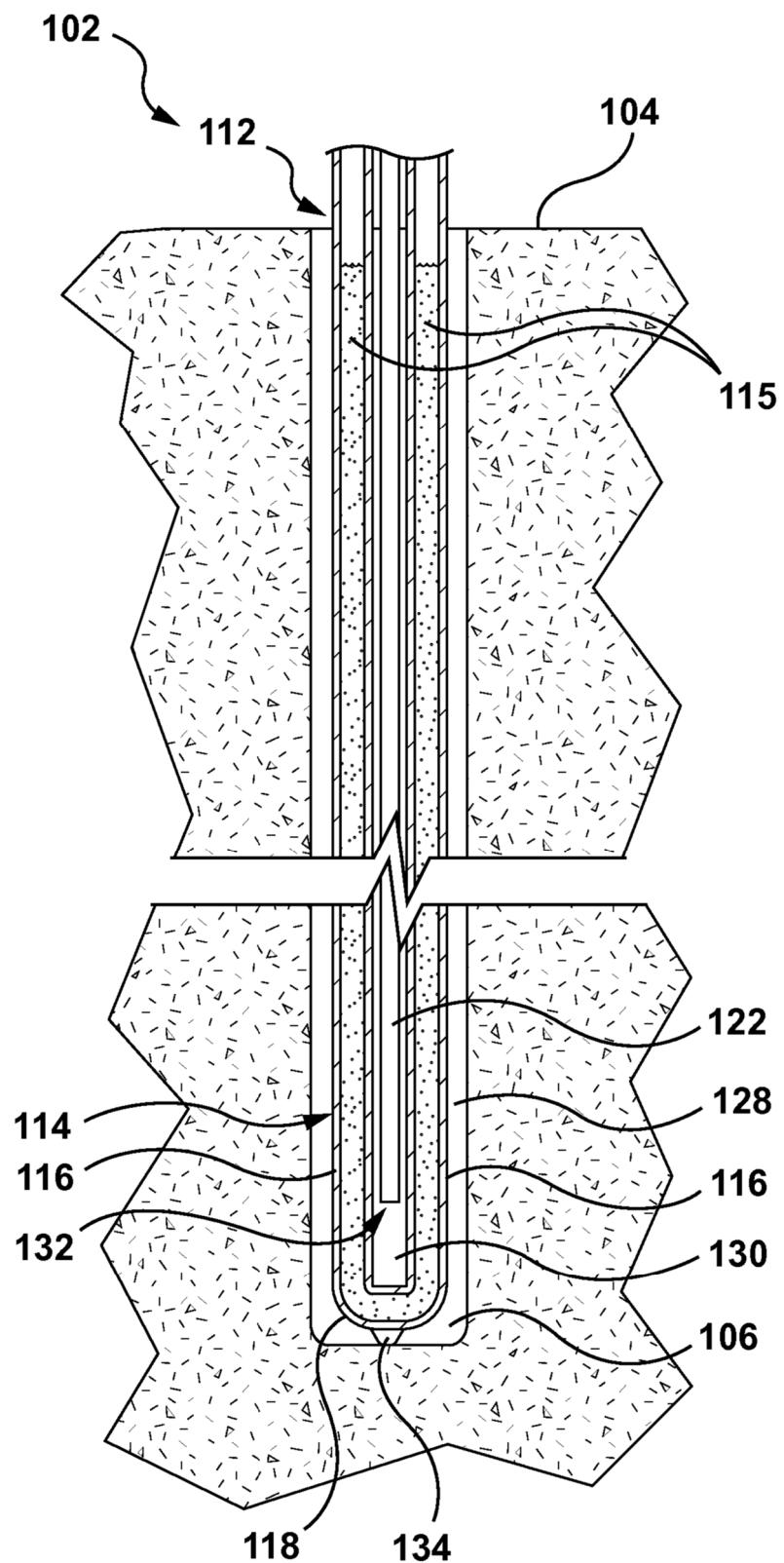


FIG. 1C

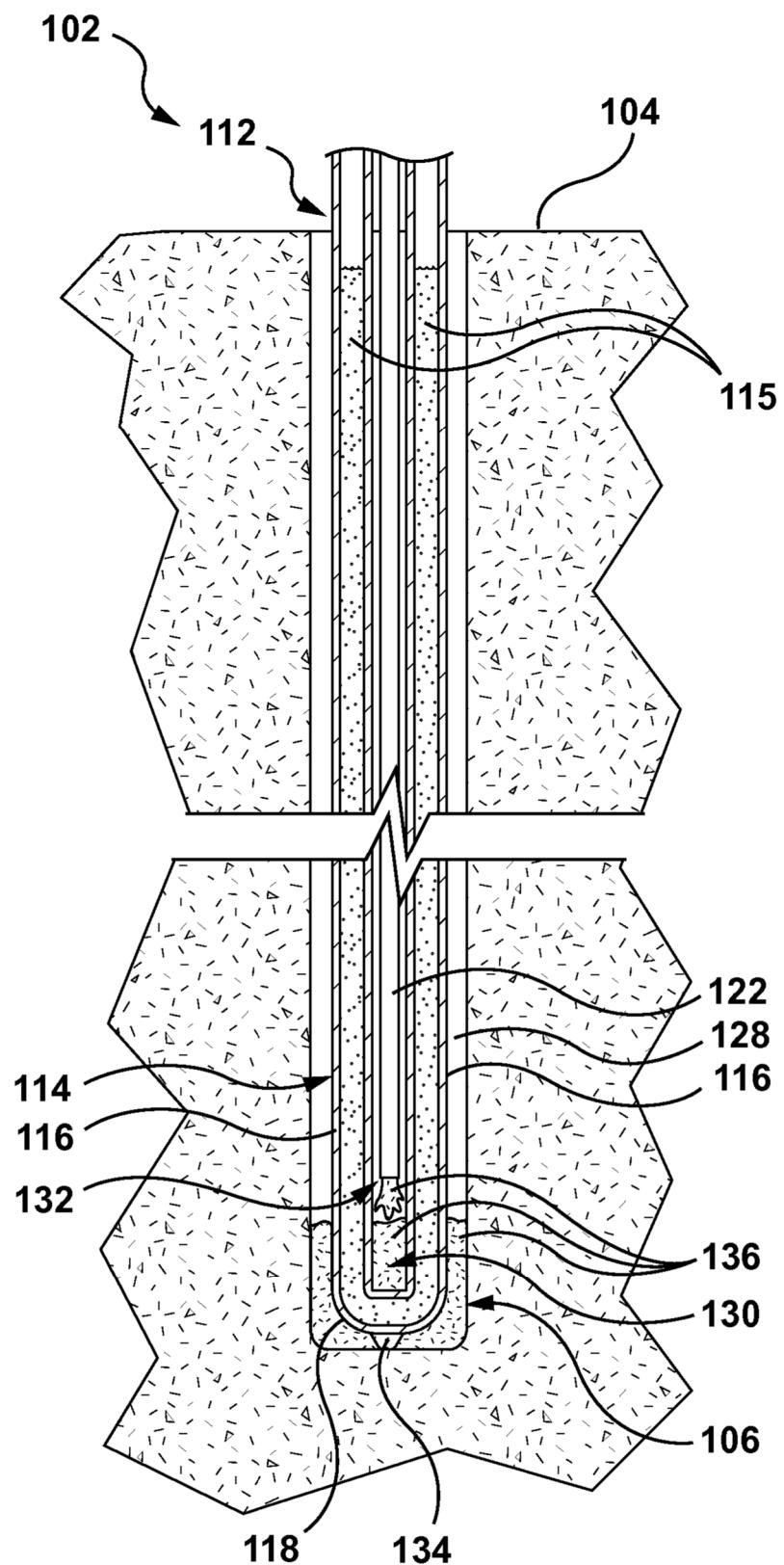


FIG. 1D

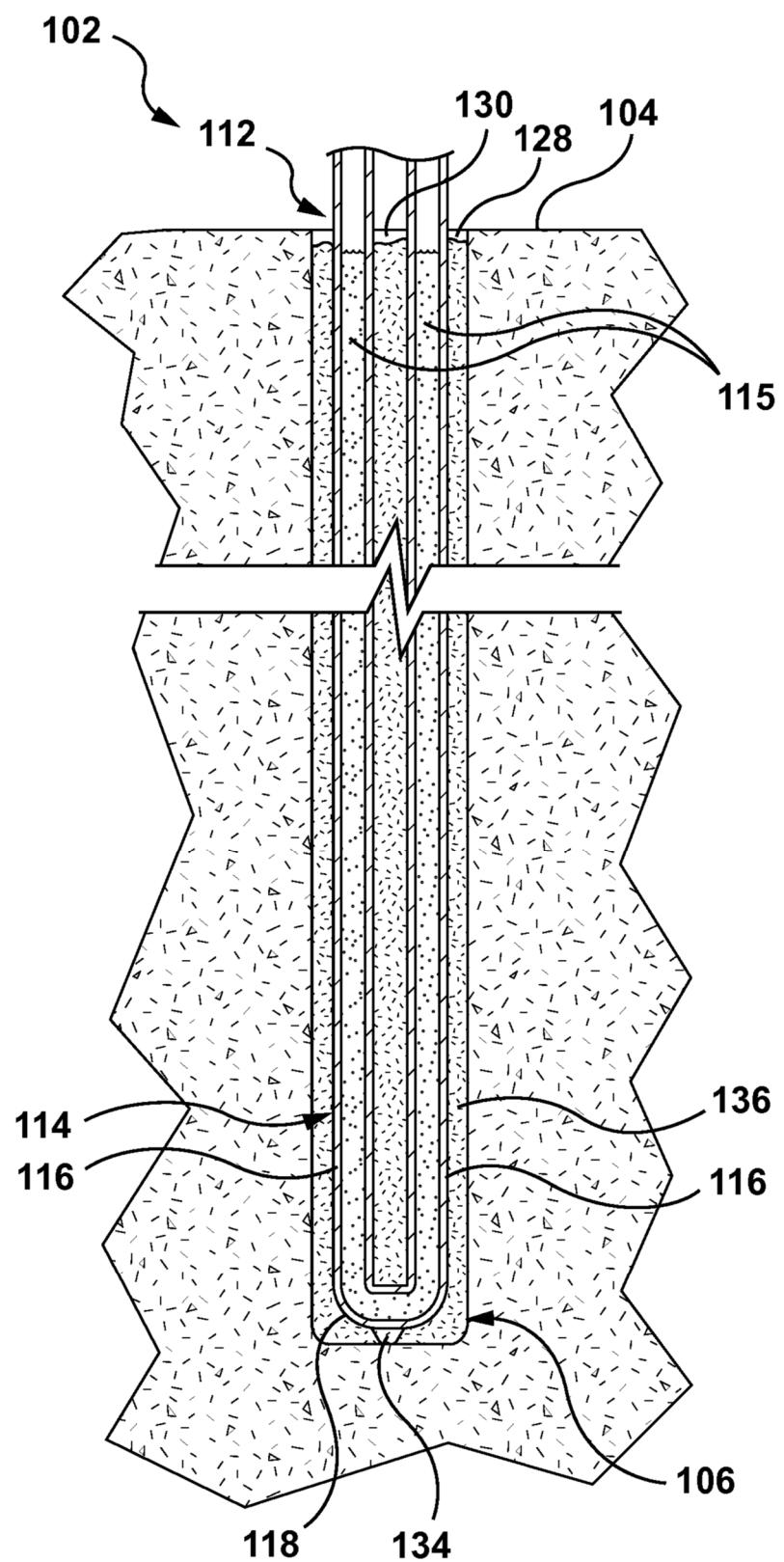
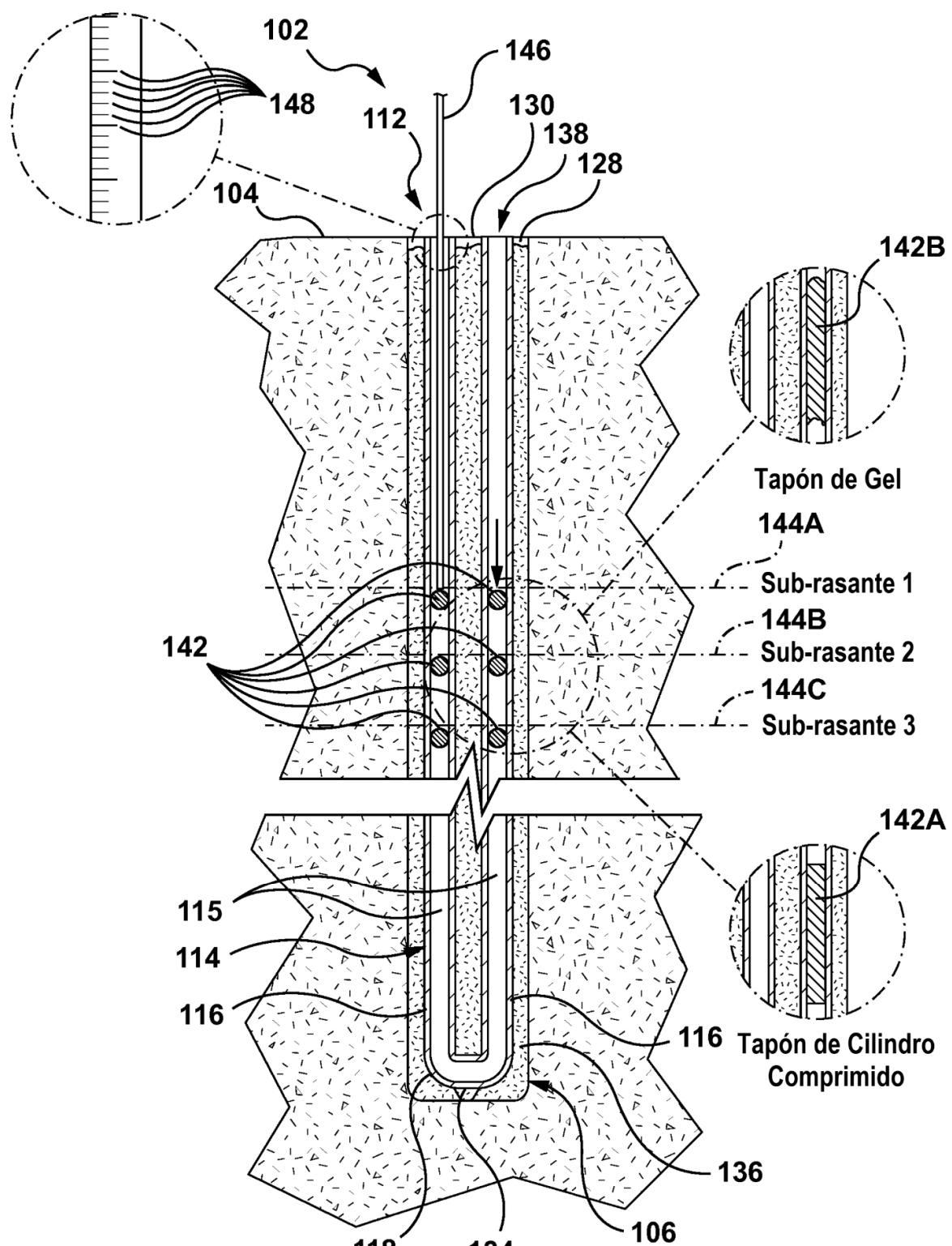
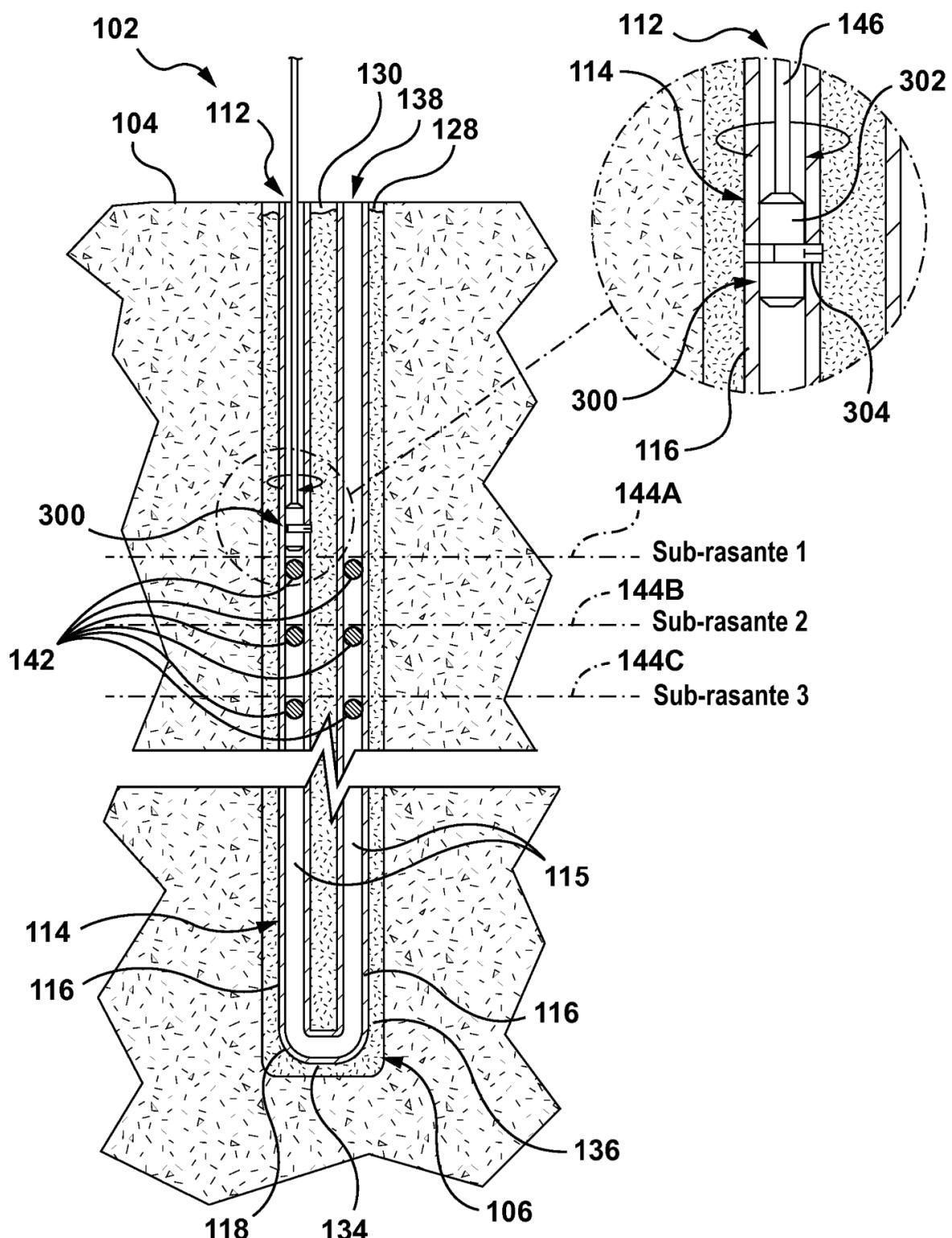


FIG. 1E



**FIG. 1G**

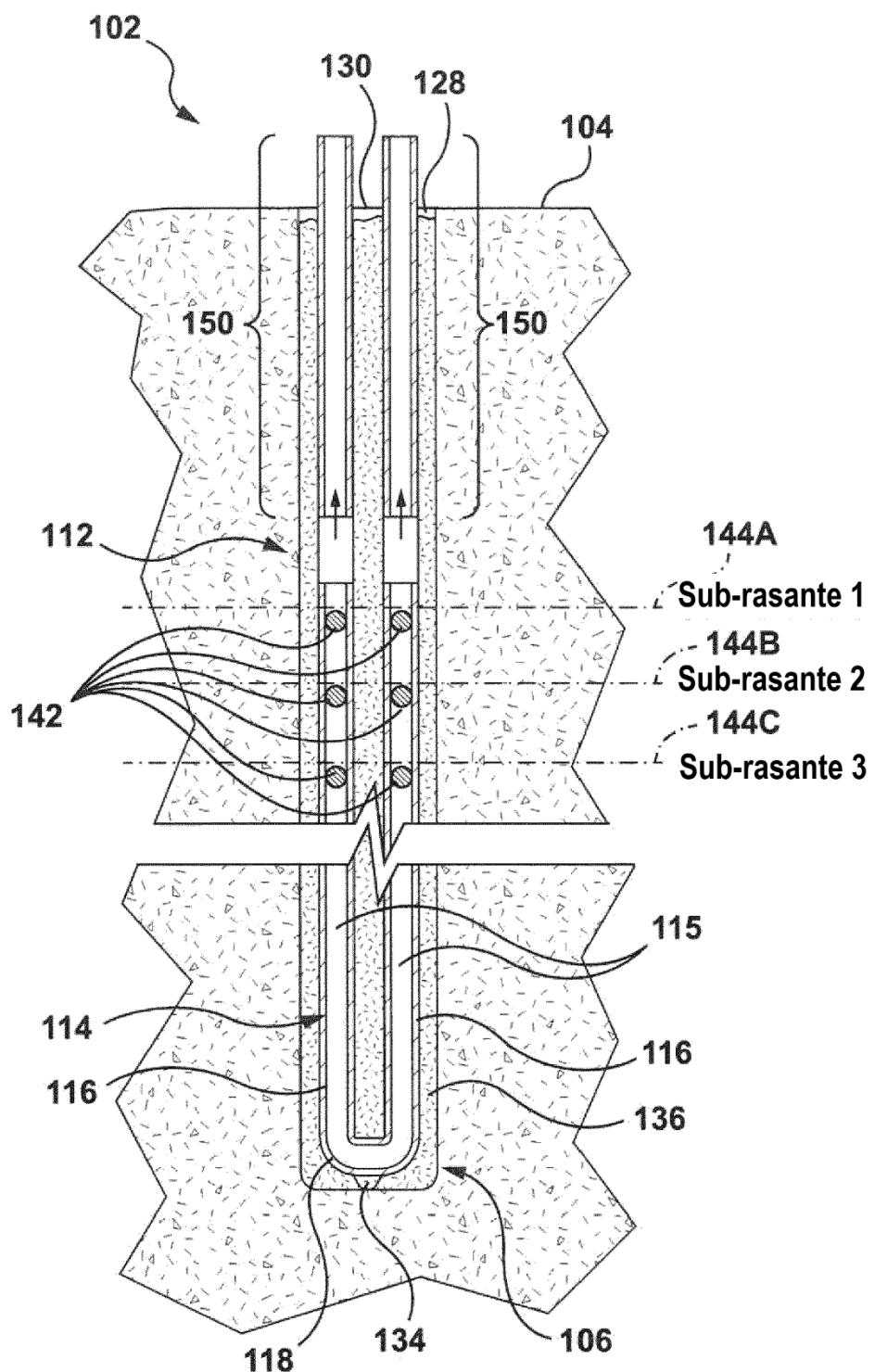


FIG. 1H

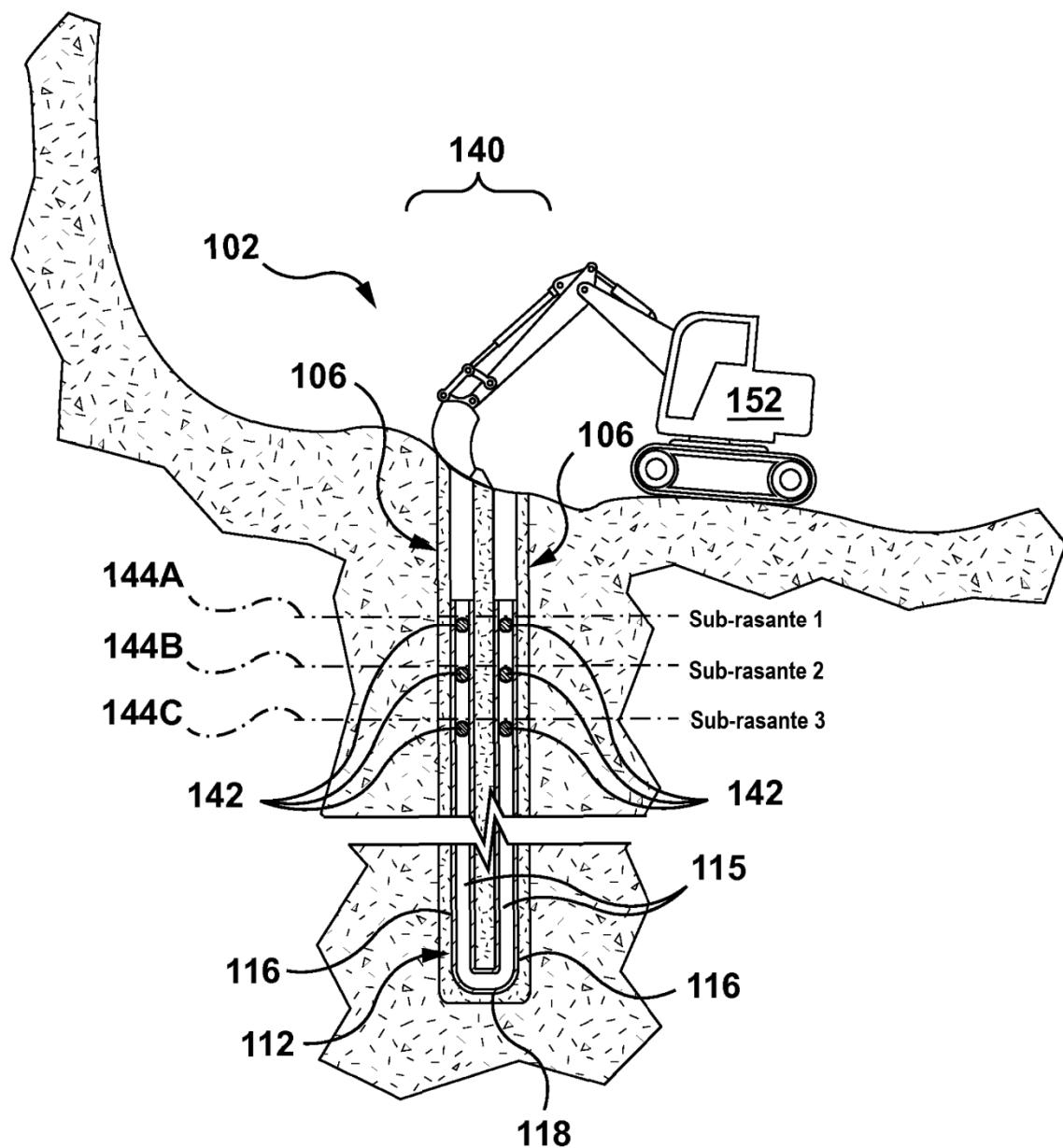


FIG. 1I

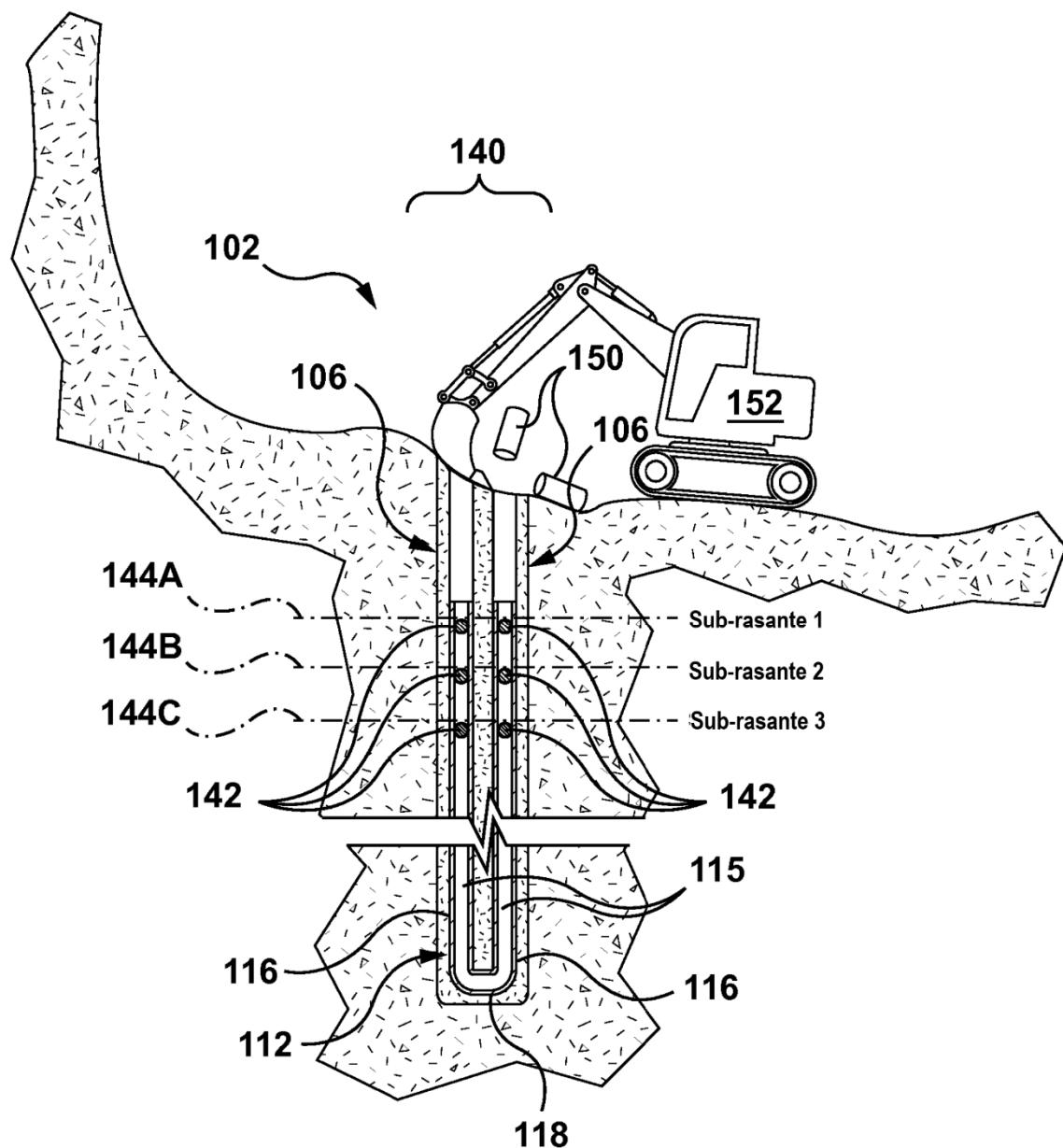


FIG. 1la

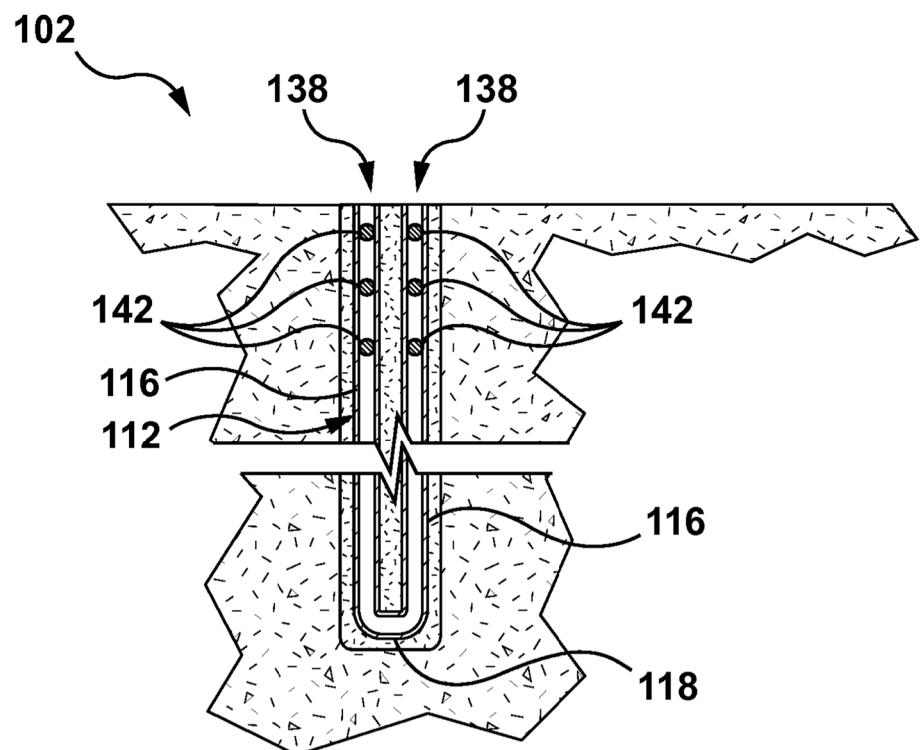


FIG. 1J

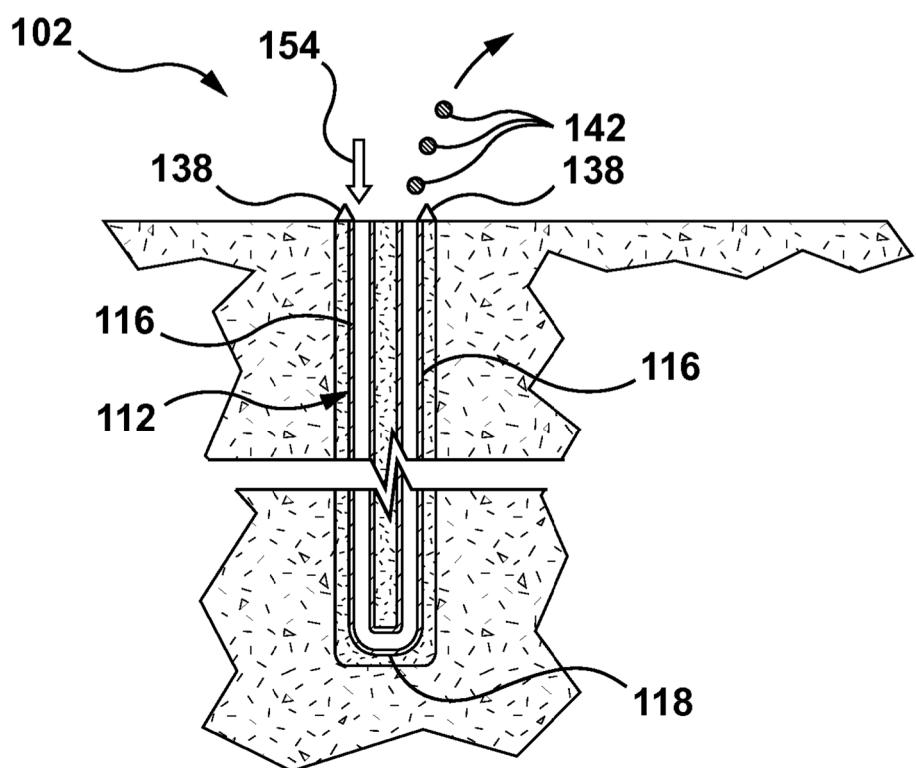
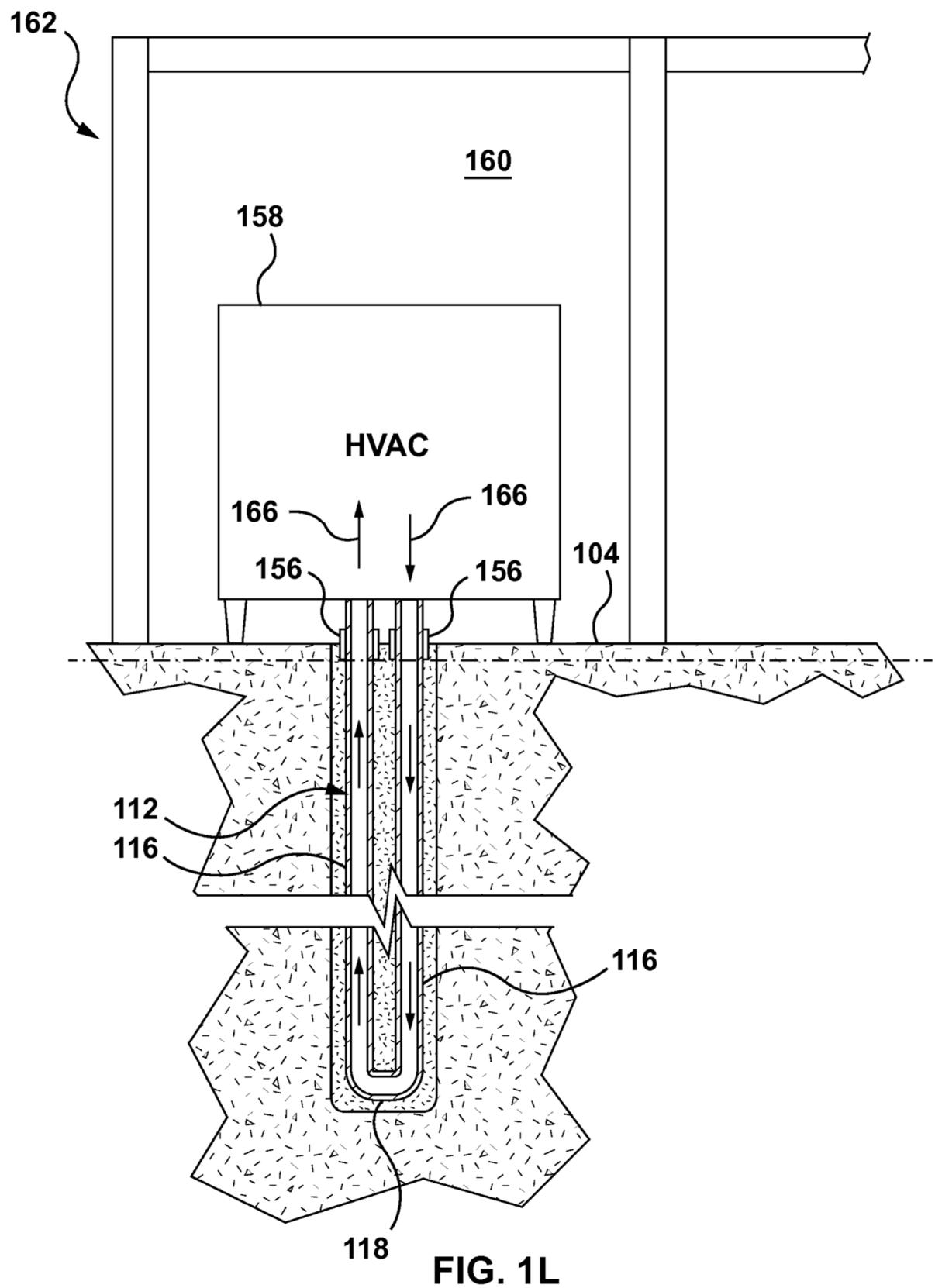


FIG. 1K



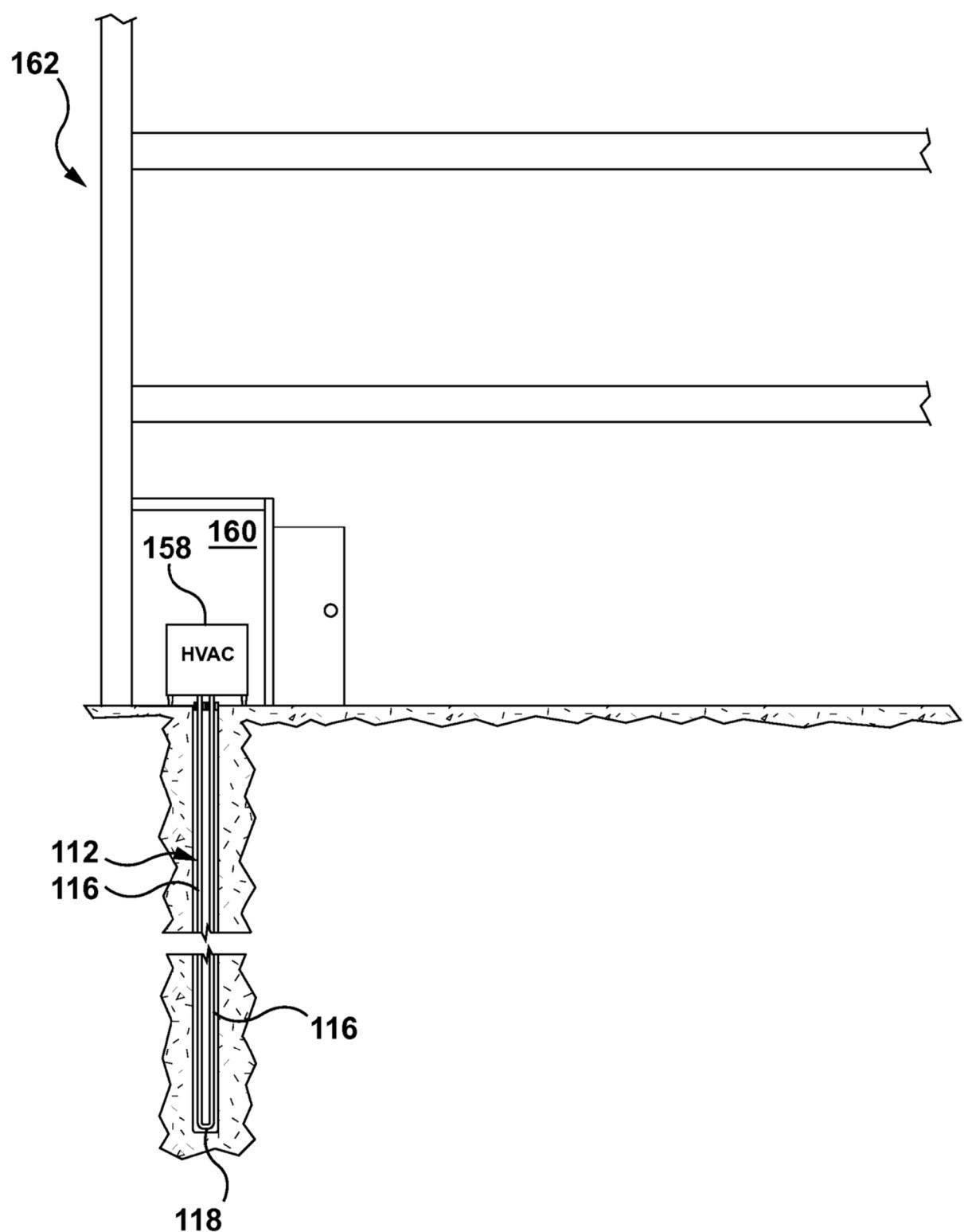


FIG. 1M

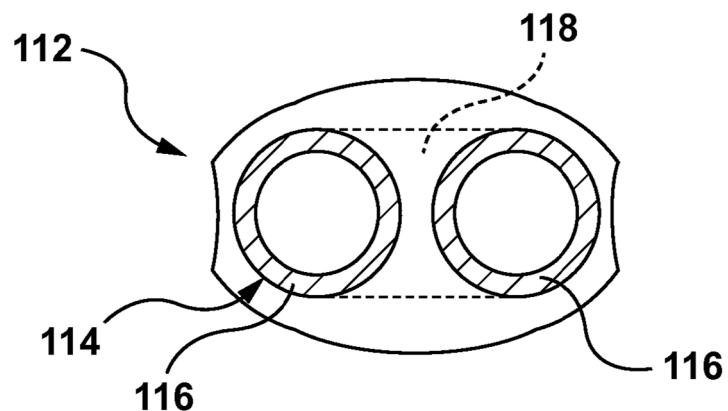


FIG. 2A

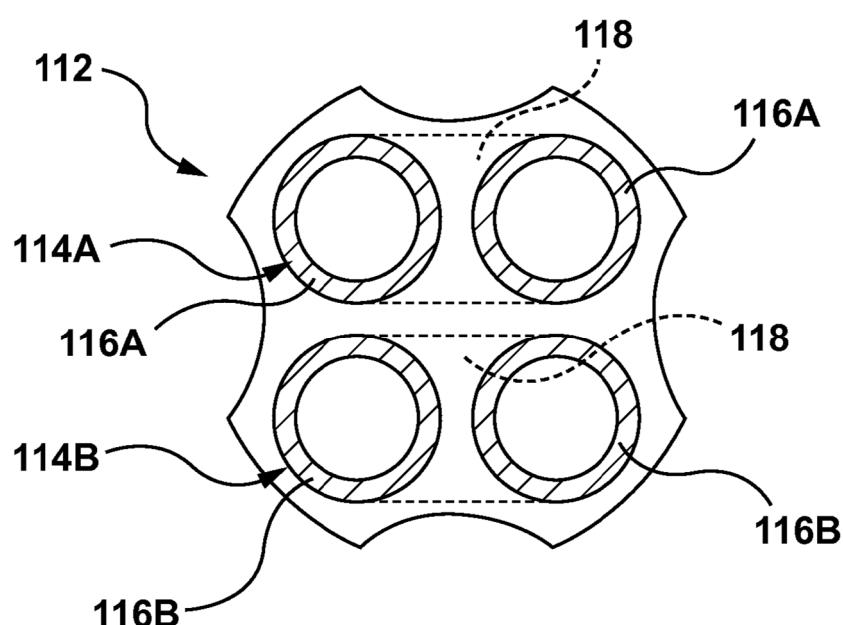


FIG. 2B

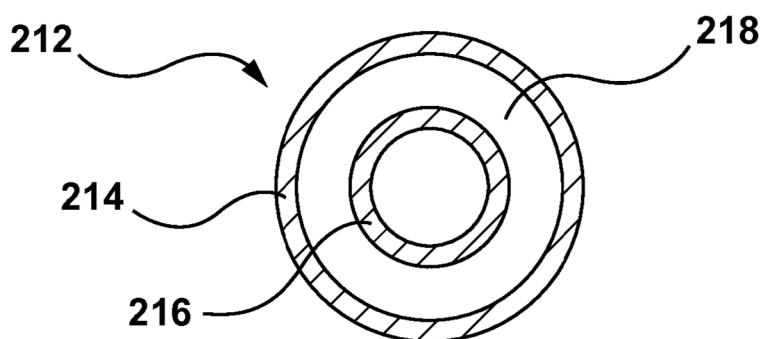


FIG. 2C

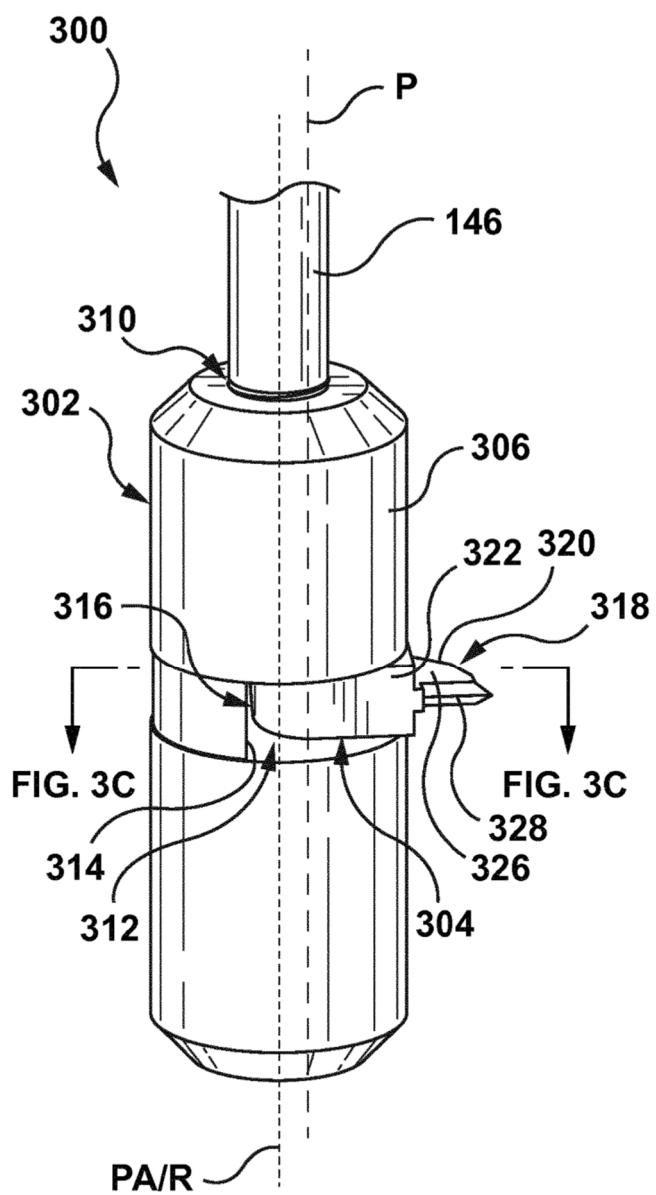
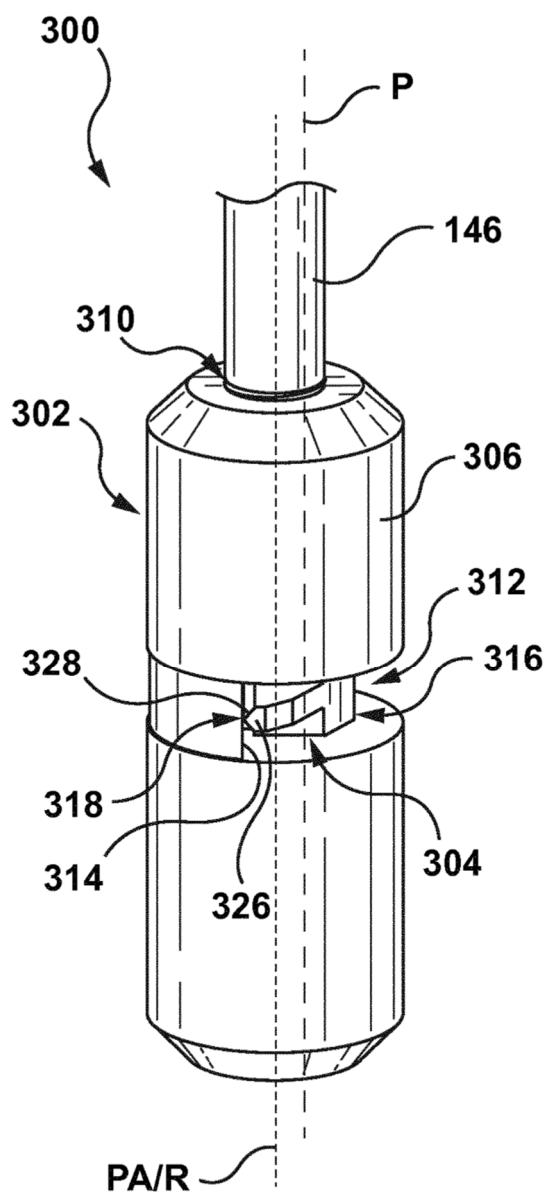


FIG. 3A

FIG. 3B

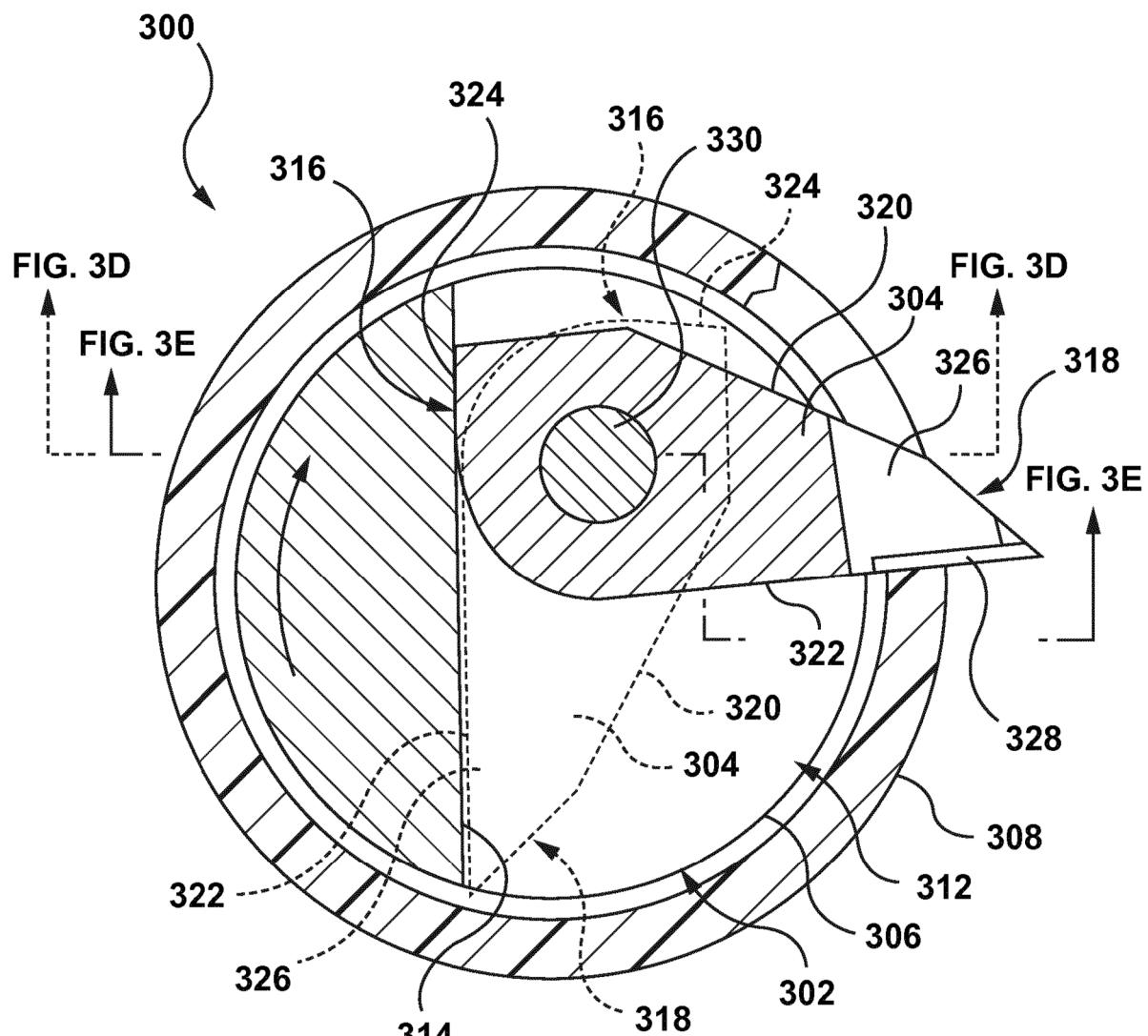


FIG. 3C

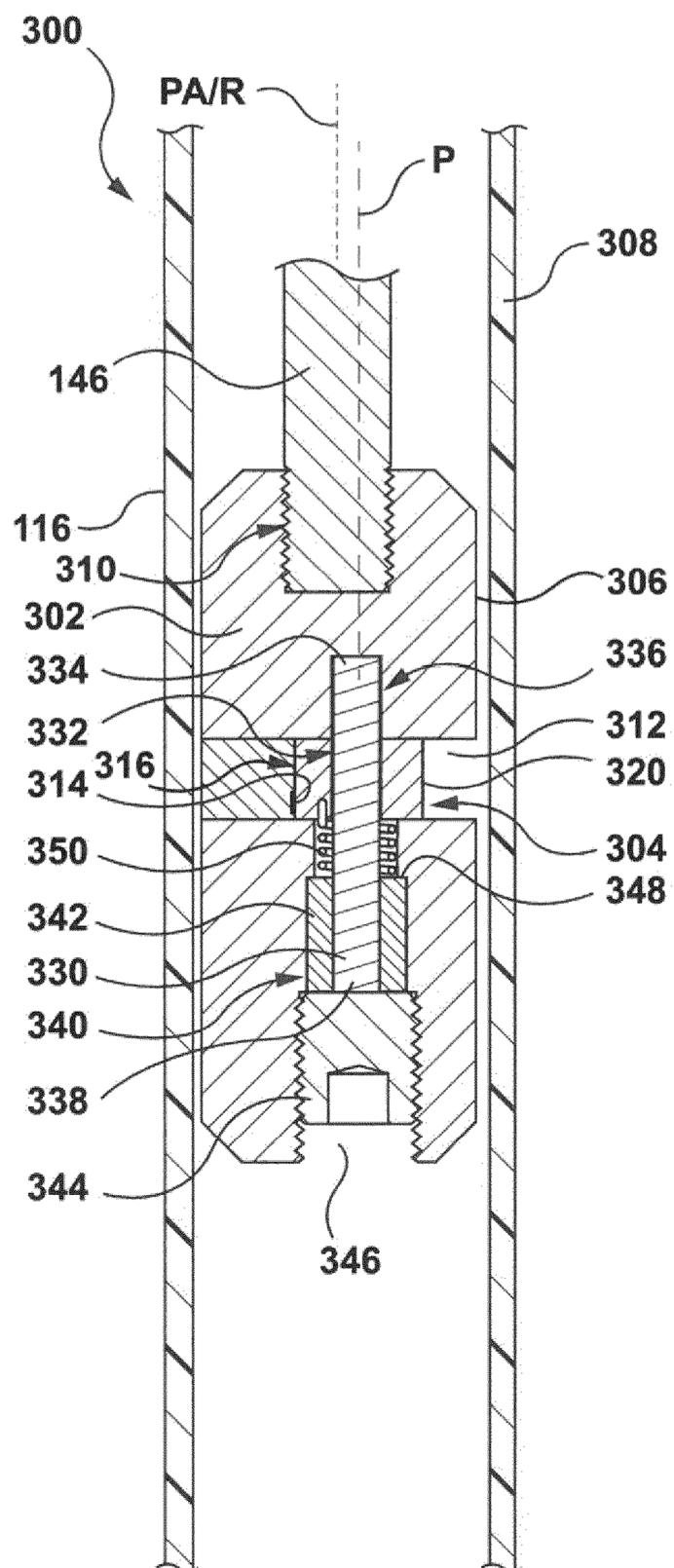


FIG. 3D

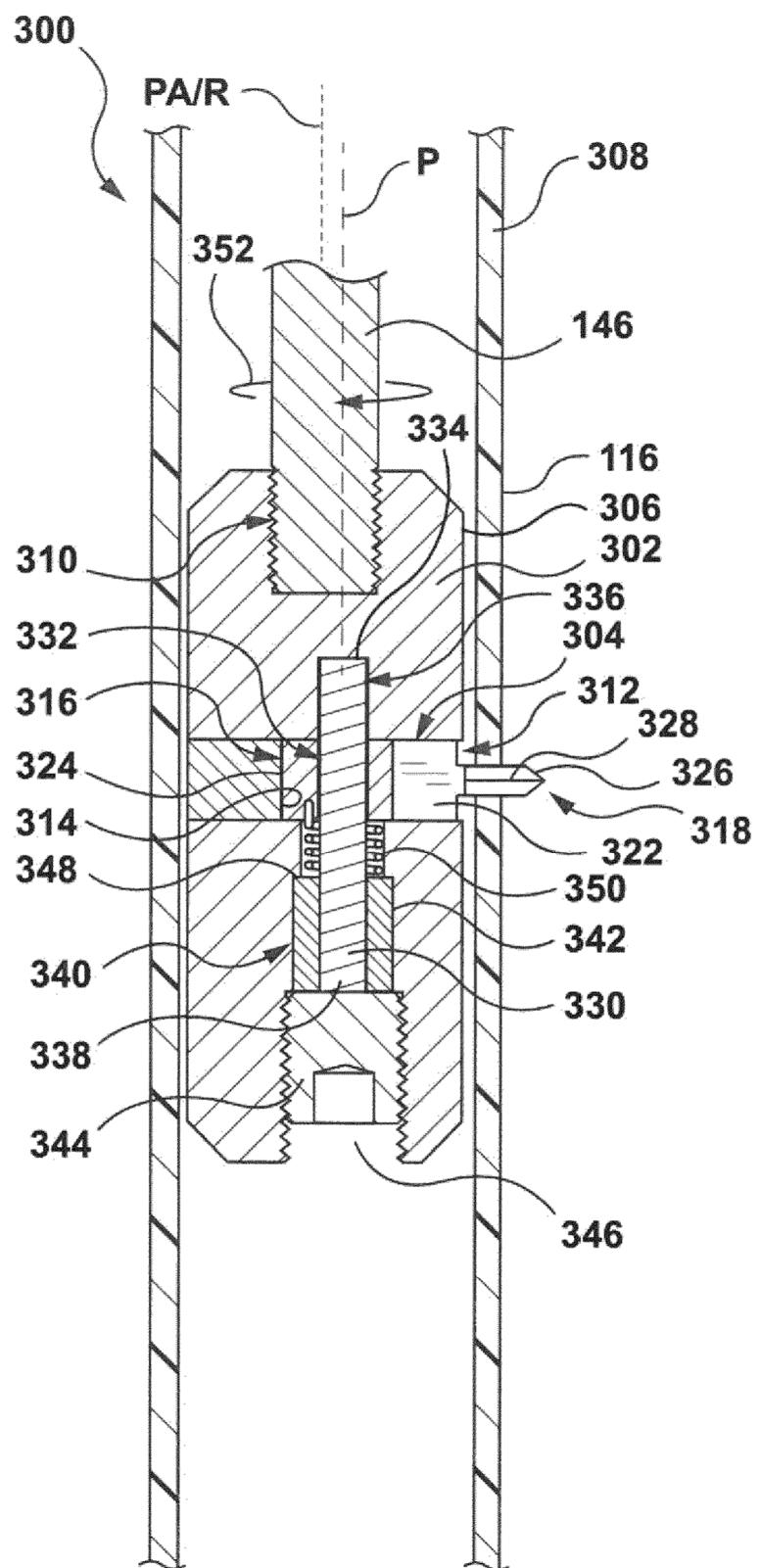
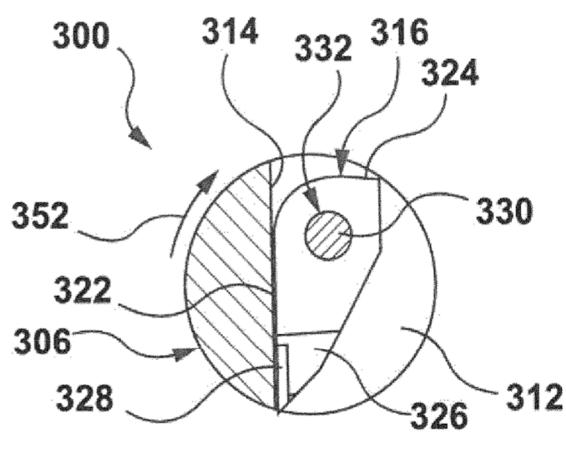
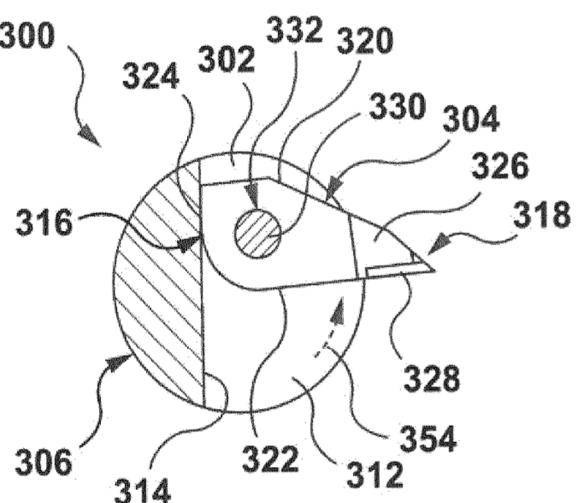
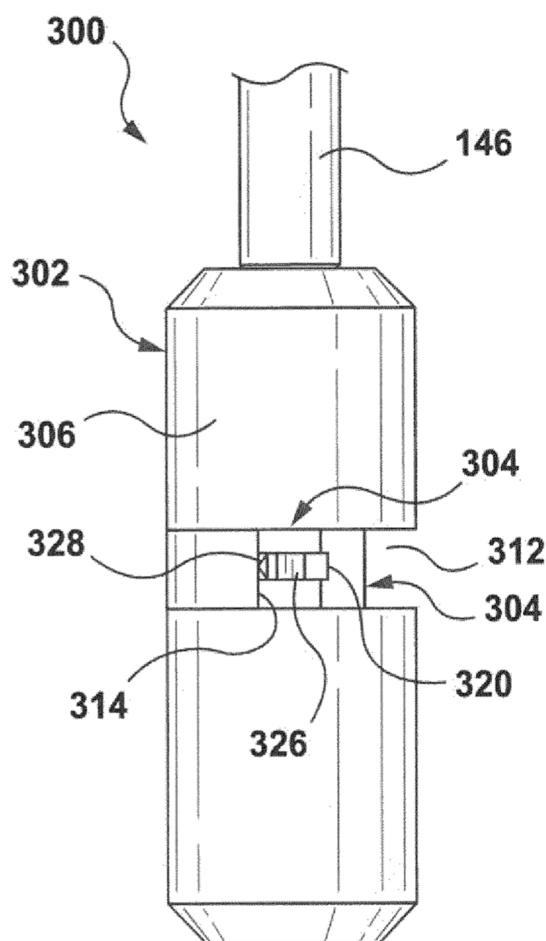
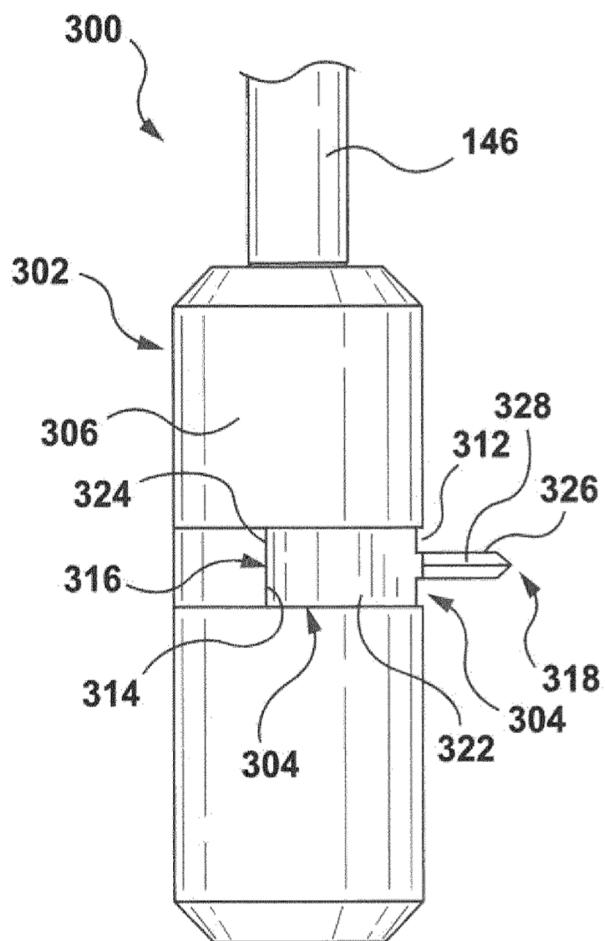


FIG. 3E

**FIG. 3F****FIG. 3G****FIG. 3H****FIG. 3I**

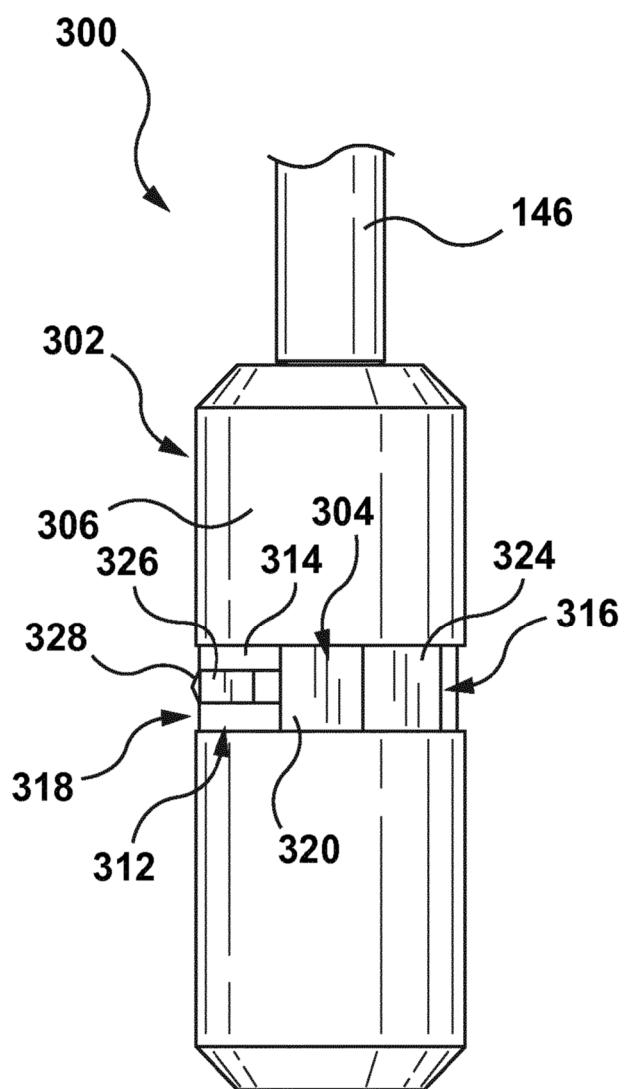


FIG. 3J

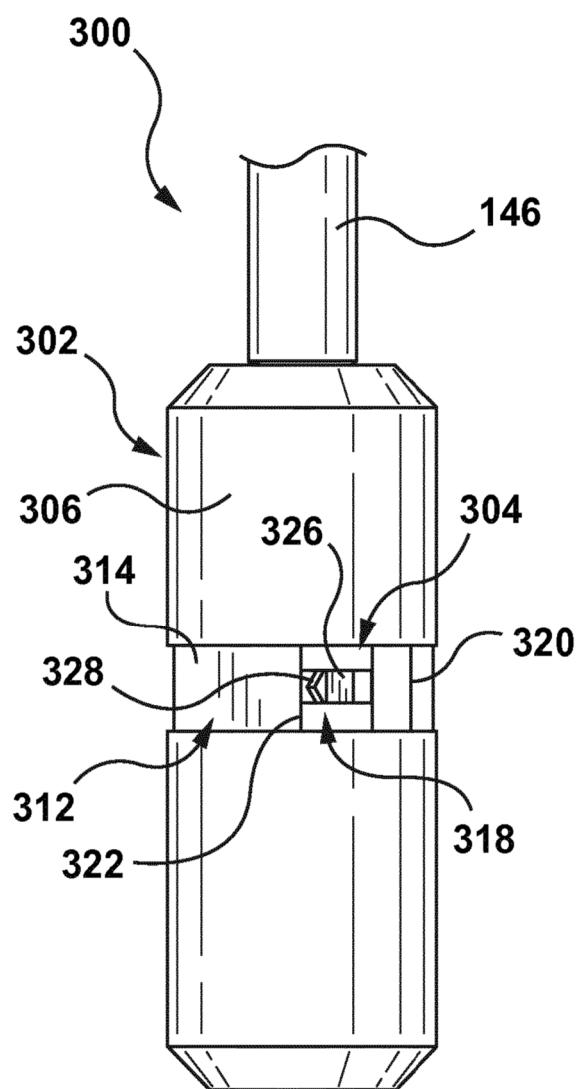


FIG. 3K