

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 515**

51 Int. Cl.:

**E02D 3/115** (2006.01)

**E02D 19/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2013** **E 13177293 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017** **EP 2690222**

54 Título: **Método y sistema para congelar una porción de terreno**

30 Prioridad:

**24.07.2012 IT MI20121284**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.11.2017**

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR  
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES  
GEORGES CLAUDE (100.0%)  
75, Quai d'Orsay  
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**TAGLIABUE, VALERIO;  
SPADA, LORENZO y  
FANTONI, ROBERTO**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 643 515 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 y sistema para congelar una porción de terreno

La presente invención se refiere a un método y sistema para congelar una porción de terreno de acuerdo con las reivindicaciones que se acompañan.

5 Los sistemas convencionales para congelar una porción de terreno son conocidos, permitiendo dichos sistemas la congelación del agua presente en el terreno para compactarlo, aumentando su resistencia en general y hacerlo impermeable.

Usualmente la congelación es temporal y permite que los trabajos programados se realicen en unas condiciones seguras. Tales trabajos consisten, por ejemplo, en la construcción de pozos, túneles, estructuras subterráneas y  
10 muros diafragma impermeables.

Para este fin se han desarrollado pruebas tales para permitir, por medio de la evaporación de un gas criogénico licuado contenido dentro de él, por ejemplo nitrógeno, la congelación de la parte de terreno dentro del cual están ocultos.

15 La Patente de EEUU 3.943.722 describe un aparato y un método de congelación de un gran volumen de terrenos, consistiendo dicho aparato en una serie de tubos de congelación inmersos en el terreno, constando cada uno de estos tubos de un tubo conductor y un tubo interior de encabezado.

Las sondas (también llamadas sondas de congelación) usualmente tienen un manguito dentro del gas criogénico licuado en los que el gas criogénico licuado se introduce a través de los primeros tubos. Tal gas criogénico licuado, después de evaporar y absorber calor del terreno que rodea la sonda, es a continuación extraído del manguito por  
20 medio de unos segundos tubos.

Los primeros tubos introducen el gas criogénico licuado en una zona del fondo del manguito (y por lo tanto de la sonda).

25 De esta manera el gas criogénico licuado es propulsado desde el fondo del manguito hacia una parte superior de dicho fondo, llenándolo. Con objeto de definir el nivel de llenado máximo del manguito se dispone un segundo tubo para permitir la evacuación del gas criogénico que, después de liberar el frío, pasa del estado líquido al estado gaseoso.

Con el fin de permitir la introducción del gas criogénico dentro de la sonda los primeros tubos permiten la conexión de un tanque de almacenamiento criogénico al manguito.

30 Ventajosamente, dichos tubos tienen al menos una válvula para permitir la variación de la tasa de flujo del gas criogénico licuado que fluye a lo largo del tubo.

El gas criogénico extraído en el estado gaseoso de la sonda puede ser llevado por el segundo tubo a un aparato para la dispersión, a la atmósfera, del gas criogénico en el estado gaseoso. El segundo tubo, similar al primer tubo, tiene al menos una válvula destinada, por ejemplo, a variar la tasa de flujo del nitrógeno que fluye a lo largo del segundo tubo.

35 La solución del tipo antes mencionado tiene, no obstante, varias desventajas asociadas con una configuración ineficiente de los tubos primero y segundo y por lo tanto un ineficiente intercambio de calor entre el gas criogénico licuado y el terreno que rodea la sonda.

El objeto de la presente invención es por tanto proporcionar un sistema para congelar una porción de terreno que sea capaz de resolver dichos problemas.

40 En otras palabras, el objeto de la presente invención es proporcionar un sistema capaz de mejorar el intercambio de calor entre el gas criogénico licuado y el terreno que rodea la sonda.

Estos y otros objetos que estarán claros para una persona experta en la técnica se consiguen mediante un sistema para congelar una porción de terreno, dispuesto de acuerdo con las reivindicaciones anejas.

45 La presente invención se comprenderá más claramente con referencia a las figuras anejas proporcionadas solamente a modo de un ejemplo no limitativo. En dichas figuras:

la Figura 1 muestra una vista esquemática de un sistema para congelar un terreno de acuerdo con la presente invención;

la Figura 2 muestra una vista de la sección recta de un detalle del sistema de acuerdo con la Figura 1;

la Figura 3 muestra una vista en perspectiva de un detalle adicional del sistema de acuerdo con la Figura 1.

## ES 2 643 515 T3

Con referencia a dichas figuras, el número de referencia 1 indica un sistema para congelar una porción 15 del terreno.

5 El sistema 1 generalmente tiene al menos una sonda 3 que está oculta dentro del terreno 15 que rodea la sonda 3 antes mencionada por medio de un extremo insertable 3a de ella, estando dicha sonda 3 conectada para suministrar un medio 5 para suministrar un gas criogénico licuado a la sonda 3. En particular, dichos medios 5 de suministro son capaces de entregar dicho gas criogénico licuado dentro de la sonda 3.

De acuerdo con la realización mostrada en la Figura 1 el sistema 1 comprende dos sondas 3 y 3'. En una realización adicional el sistema 1 puede tener una pluralidad de pruebas cuyo número está definido dependiendo del fin predefinido.

10 El medio de suministro 5 antes mencionado comprende un tanque 9 de unas dimensiones apropiadas para asegurar que el sistema 1 se mantenga constantemente suministrado. Para esto, el tanque 9 puede tener unos medios para detectar y/o calcular y/o indicar a los otros dispositivos la tasa de flujo de entrega instantánea y/o media.

Alternativamente, tales medios de suministro 5 pueden comprender cualquier fuente de gas criogénico licuado apropiada para el fin.

15 El medio de suministro 5 comprende también un tubo de suministro 6 que tiene un primer extremo 6a conectado al tanque 9.

Tal tubo de suministro 6 está también conectado a la sonda 3 por medio de un segundo extremo 6b (con el fin de llenarlo con gas criogénico en forma líquida).

20 Cada sonda (Figura 2) usualmente comprende un manguito 13 dentro del cual se introduce el gas criogénico licuado, por ejemplo nitrógeno. El manguito 13 permite que el gas criogénico licuado sea mantenido separado del terreno 15 en el que está insertada la sonda 3.

25 Con el gas criogénico licuado es posible reducir la temperatura del terreno hasta, por ejemplo, una temperatura en la zona de  $-10^{\circ}\text{C}$  (temperatura detectada en el terreno 15 que rodea la sonda 3). Con esta temperatura es posible obtener sustancialmente un muro de terreno congelado que permita que los trabajos sean realizados a una profundidad sin la presencia de infiltración de agua. Dichos trabajos consisten, por ejemplo, en la construcción de pozos, túneles, estructuras subterráneas y muros de diafragma impermeables. La operación de congelación se basa en el principio de que el gas criogénico licuado introducido dentro de la sonda 3 absorbe calor del terreno 15, evaporando y al mismo tiempo reduciendo la temperatura del terreno 15.

30 El gas criogénico en el estado gaseoso presente dentro de la sonda 3 es evacuado por medio de un tubo de succión 7.

El manguito 13 tiene generalmente una forma tubular cerrada en al menos un primer extremo 13a correspondiente al extremo insertable 3a de la sonda 3 con el fin de contener el gas criogénico licuado. El manguito 13 tiene preferiblemente una sección recta de forma redondeada. La forma tubular del manguito 13 es para definir al menos una pared lateral 14 de la sonda.

35 El manguito 13 en un segundo extremo 13b, opuesto al primer extremo 13a, tiene una tapa 17 que cierra herméticamente el manguito 13 de la sonda 3. De acuerdo con lo mostrado, el segundo extremo 13b del manguito 13 no está oculto en el terreno 15, sino que está situado fuera del terreno 15 antes mencionado.

La sonda 3 se extiende a lo largo de un eje longitudinal X definido por la forma tubular de la misma sonda 3.

40 La sonda 3 puede ser insertada en el terreno 15 de tal manera que, durante el uso, el eje longitudinal X esté dispuesto verticalmente.

En la zona de la tapa 17, preferiblemente en la tapa 17 propiamente dicha, está dispuesta una primera abertura 21 para alojar y asegurar herméticamente el tubo 6 de suministro a la sonda 3.

45 De la misma manera que para la primera abertura 21, en la zona de la tapa 17, preferiblemente sobre la tapa 17 propiamente dicha, una segunda abertura 23 está dispuesta para alojar y asegurar herméticamente el tubo de succión 7.

El tubo de suministro 6 está alojado dentro de la primera abertura 21 y se extiende al menos parcialmente dentro de la sonda 3. La porción del tubo de suministro 6 situada dentro de la sonda 3 se denomina "tubo de dispensación 33". Dicho tubo de dispensación 33 se extiende al menos parcialmente paralelo al eje X.

50 El gas criogénico licuado se introduce dentro del manguito 13 por medio de la gravedad a través de un dispositivo de dispensación 31 situado en un segundo extremo 6b del tubo de suministro 6 de la sonda 3. El segundo extremo 6b del tubo de suministro 6 corresponde a un libre y frente al extremo 3a de la sonda 3.

## ES 2 643 515 T3

El dispositivo de dispensación 31 tiene una boca dispensadora 35 a través de la cual el gas criogénico licuado puede ser pulverizado sobre la pared lateral 14 de la sonda 3, encima de la cabeza de líquido generado por el gas criogénico licuado presente dentro de la sonda 3 en el primer extremo 13a. También, dicho dispositivo dispensador 31 permite la pulverización del gas criogénico licuado hacia el extremo 3a de la sonda 3.

- 5 Ventajosamente, con el fin de pulverizar el gas criogénico licuado, la boca dispensadora 35 puede estar, por ejemplo, dividida en una pluralidad de aberturas (no mostradas en las figuras) definidas por medio de una placa o lámina perforadas (no mostradas en las figuras). Alternativamente puede tener una tobera con una forma tal para permitir la pulverización del gas criogénico licuado o también otros medios apropiados para este fin.

- 10 Modificando la tasa de flujo del gas criogénico licuado suministrado a la sonda 3 es por lo tanto posible limitar el intercambio de calor en el primer extremo 13a del manguito 13, favoreciendo en cambio el intercambio de calor en una porción intermedia 18 del manguito 13 situada entre dicho primer extremo 13a y dicho segundo extremo 13b.

La sonda 3 comprende una capa de material aislante 36 situada exteriormente al manguito 13 y que se adhiere al manguito 13 propiamente dicho.

- 15 En particular, la capa de material aislante 36 reviste una parte superior de la sonda 3. En otras palabras, la capa de material aislante 36 tiene un primer extremo 36a situado entre la boca dispensadora 35 y una boca de succión 47 situadas a lo largo de una porción 7a del primer extremo del tubo de succión 7 y un segundo extremo 36b de la capa de material aislante 36 situado en el extremo 3b de la sonda 3.

- 20 Con esta solución es posible iniciar una fase de mantenimiento (cuyo significado se clarificará más adelante) en el primer extremo 13a del manguito 13 y al mismo tiempo continuar la congelación del fondo 15 que rodea una porción intermedia del manguito 13.

Dicha boca dispensadora 35 está situada a una distancia H1 del primer extremo 13a del manguito 13. Esta distancia H1 define la altura del borde frontal frío que ha de obtenerse en el terreno que rodea la sonda 3. El valor de la distancia H1 también se ha determinado para generar el borde frontal frío que ha de obtenerse en el terreno que rodea la sonda 3.

- 25 Además, la boca dispensadora 35 está situada a una distancia H2 de la boca de succión 47. Esta distancia H2 es, por ejemplo, igual a aproximadamente 1 metro y se mide en la dirección definida por el eje longitudinal X.

- 30 Encima de la cabeza de líquido, y en particular entre la boca dispensadora 35 y la boca de succión 47, se produce una fase mixta líquido/gas que consta del gas criogénico en el estado gaseoso y una suspensión de pequeñas gotas en el estado líquido. En particular, una fase sustancialmente gaseosa está presente en la proximidad de la boca de succión 47.

Esta boca de succión 47 define un límite superior de congelación del terreno 15. Dicho límite superior de congelación del terreno 15 define a su vez una altura h por encima de la cual, dentro del manguito 13, no hay gas criogénico en el estado líquido. Esta altura se determina *a priori* dependiendo de la altura a la que el terreno 15 va a ser congelado.

- 35 El tubo de entrega 6 tiene una primera válvula 37 situada en el extremo 13b de la sonda 3, en particular aguas arriba de la primera abertura 21. La primera válvula 37 permite o interrumpe el suministro del gas criogénico licuado dentro del tubo 6 de suministro antes mencionado.

Ventajosamente, un primer ramal 39 puede estar presente a lo largo de una porción 38 del tubo de suministro 6 situado entre la primera abertura 21 y la primera válvula 37.

- 40 El ramal 39 conecta la antes mencionada porción 38 al tubo de succión 7 conectado a una sonda 3' contigua a la sonda 3.

El tubo de suministro 6 tiene al menos una válvula 75 para interrumpir el flujo del gas criogénico licuado si las emisiones atmosféricas de dicho sistema 1 no cumplieran con los límites de oxigenación estipulados por las reglamentaciones de seguridad medioambiental.

- 45 Dicho tubo de suministro 6 tiene también al menos un ramal 46. Dicho segundo ramal 46 permite que todas las sondas que formen parte del sistema 1 sean suministradas simultáneamente.

El tubo de succión 7 permite que el manguito 13 sea conectado a al menos un aparato 11 para dispersión en la atmósfera del gas criogénico en forma gaseosa.

- 50 Una porción 7a del primer extremo del tubo de succión 7 está alojada y asegurada herméticamente dentro de la segunda abertura 23 presente en el segundo extremo 13b del manguito 13.

En una forma similar al tubo de dispensación 33 la porción 7a del primer extremo del tubo de succión 7 se extiende al menos parcialmente dentro del manguito 13. Esta porción 7a del primer extremo situada dentro del manguito 13

se denomina normalmente como "tubo de inmersión 45". El tubo de inmersión 45 corresponde a la porción 7a del primer extremo.

El tubo de inmersión 45 en una forma similar al tubo de dispensación 33 se extiende al menos parcialmente paralelo al eje longitudinal X.

- 5 Un extremo 45a del tubo de inmersión 45 dentro de la sonda está provisto de la boca de succión 47 por medio de la cual el gas criogénico es retirado del manguito 13. Esta boca de succión 47 está situada a una distancia h definida entre la boca de succión 47 y el extremo 3a de la sonda 3. En particular, la boca de succión 47 está situada a una altura por encima de la boca de dispensación 35 (cuando el eje X de la sonda está dispuesto verticalmente). De esta manera el gas criogénico evaporado presente dentro del manguito 13, en particular encima de la superficie libre del gas criogénico licuado, puede ser extraído del manguito 13 propiamente dicho con el fin de ser dispersado en la atmósfera.

- 15 Para esto, el tubo de succión 7 permite la transferencia del gas criogénico en el estado gaseoso desde la sonda 3 al aparato 11. La transferencia del gas criogénico en el estado gaseoso desde la sonda 3 al aparato 11 tiene lugar como resultado de la reducida presión presente entre el tanque 9 (dentro del cual el gas criogénico es usualmente mantenido a una presión de al menos 2 bares) y la presión atmosférica. Este aparato 11 tiene al menos un conducto de humos 49 de descarga conectado apropiadamente a al menos un ventilador 51. Los ventiladores 51 introducen aire en una base 53 de los conductos de humos 49 de descarga. Por lo tanto, los ventiladores 51 permiten que el gas criogénico se mezcle con el aire con el fin de reducir la concentración y aumentar su temperatura, antes de que dicho gas criogénico sea dispersado en la atmósfera. Esta operación de mezcla permite que el gas criogénico sea dispersado en la atmósfera manteniendo los parámetros previstos por las reglamentaciones de protección medioambiental.

- 20 Los conductos de humos 49, junto con una porción pasada por un flujo de aire generado por los ventiladores 51, tienen una abertura (no mostrada en las figuras) para alojar y asegurar herméticamente un segundo extremo 7b del tubo de succión 7. Por medio de dicha abertura, cuando los ventiladores 51 están activados, es posible generar dentro del tubo de succión 7 un vacío para extraer el gas criogénico presente dentro del manguito 13.

Ventajosamente, un conducto de humos 49 de descarga puede tener dos ventiladores 51 con una tasa de flujo de aire diferente. Con esta solución es posible regular la tasa de flujo del aire introducido en un único conducto de humos 49 dependiendo del valor de la tasa de flujo del gas criogénico que fluye a lo largo del segundo tubo 7.

- 30 Los conductos de humos 49 de descarga en la proximidad de su porción superior pueden tener sondas para detectar la temperatura de los vapores emitidos desde los conductos de humos 49 de descarga antes mencionados.

- 35 Ventajosamente, al menos un sensor de baja oxigenación medioambiental (no mostrado en las figuras) puede estar dispuesto en la proximidad de dicho aparato 11. En el caso en que el aire en la proximidad de los conductos de descarga 49 tenga una concentración superior a un umbral predeterminado, dicho sensor medioambiental activa una señal de alarma, por ejemplo una señal acústica y/o visual. Además, cuando dicho se exceda dicho umbral predeterminado, dicho sensor es capaz de enviar una señal para cerrar la válvula 75 que interrumpe el suministro de gas criogénico licuado a las sondas.

- 40 El tubo de succión 7 tiene una primera válvula 57 situada en el extremo 3a de la sonda 3, en particular aguas abajo de la segunda abertura 23. Dicha primera válvula 57 permite o interrumpe el flujo del gas criogénico dentro del tubo de succión 7 antes mencionado, en particular la transferencia de un gas criogénico desde el manguito 13 al aparato 11.

Un tercer ramal 61 está generalmente situado a lo largo de una primera porción 59 del tubo de succión 7 situada entre la segunda abertura 23 y la primera válvula 57. Dicho tercer ramal 61 es capaz de alojar al menos un sensor para detectar la temperatura 63 del gas criogénico presente en el manguito 13.

- 45 Un cuarto ramal 67 está presente a lo largo de una segunda porción 65 del tubo de succión 7, entre la primera válvula 57 y el sensor 63 de detección de temperatura, permitiendo dicho ramal la división de un flujo de gas criogénico dirigido desde el manguito 13 al aparato 11. La porción del gas criogénico que pasa a través del cuarto ramal 67 puede así ser transferida a una segunda sonda 3' contigua a la sonda 3, con el fin de reciclar el gas criogénico antes mencionado a dicha segunda sonda 3'. En particular, el gas es transferido a la segunda sonda 3' por medio del quinto ramal 39' a lo largo del cual hay una quinta válvula 73 para permitir o interrumpir el flujo del gas criogénico. Esta solución se usa si el gas criogénico que abandona el manguito 13 fuera capaz todavía de absorber el calor procedente del terreno 15. De esta manera es posible realizar el reciclado del gas criogénico.

Por medio del cuarto ramal 67 es por tanto posible conectar la sonda 3 a la segunda sonda 3' que sigue para definir, como se ha mencionado anteriormente, el reciclado del gas criogénico. Esta configuración permite que una pluralidad de sondas sea conectadas conjuntamente.

- 55 Ventajosamente el manguito 13 en el extremo 13b puede tener además una abertura o ramal 69. Dicha abertura o ramal 69 adicional permite, por ejemplo, la conexión de un instrumento (no mostrado en las figuras) para medir la

## ES 2 643 515 T3

presión presente dentro del manguito 13 de la sonda 3. Por medio de dicha medición es posible definir un gradiente de presión y realizar una estimación de la energía fría intercambiada entre el gas criogénico licuado y el terreno 15.

5 Además, una válvula de seguridad 71 (comúnmente llamada PSV) para proteger la integridad mecánica del manguito 13 y el tubo de succión 7 frente al riesgo de sobrepresión está presente en la zona del tubo de inmersión 45 o en el extremo 13b del manguito 13.

Unos sensores adicionales (no mostrados en las figuras) están también dispuestos para detectar la temperatura del terreno 15. Dichos sensores adicionales permiten la detección continua de la temperatura del terreno 15 y al mismo tiempo proporcionan indicaciones sobre el estado actual del terreno 15 que va a ser congelado. De esta forma es posible tener una indicación de la eficiencia de la operación del sistema 1 de congelación.

10 Ventajosamente, una pluralidad de sensores de detección de la temperatura (no mostrados en las figuras) que pueden estar insertados en el terreno 15 están dispuestos verticalmente alineados entre sí en el terreno antes mencionado 15 que rodea la sonda 3 y en contacto directo con la sonda propiamente dicha. De este modo es posible obtener una indicación del nivel del gas criogénico licuado presente dentro del manguito 13.

Un método para congelar el terreno 15 forma también parte de la presente invención.

15 Dicho método para congelar el terreno 15 consiste en proporcionar el sistema 1 de acuerdo con la disposición mostrada en la Figura 1, ocultando al menos una sonda 3 en el terreno 15 antes mencionado.

El gas criogénico, por medio de los medios de suministro 5, es introducido dentro de la sonda 3 con el fin de obtener calor del terreno 15 que rodea la sonda 3 antes mencionada, por evaporación.

20 En particular, cuando el gas criogénico licuado es emitido desde la boca de dispersión 35, dicho gas criogénico líquido es pulverizado sobre al menos una pared lateral 14 de la sonda 3 y/o hacia un extremo oculto 3a de la sonda 3.

El gas criogénico es evacuado a continuación desde la sonda 3 por medio del tubo de succión 7 que transfiere el gas criogénico antes mencionado al sistema para dispersión de los gases en la atmósfera 11.

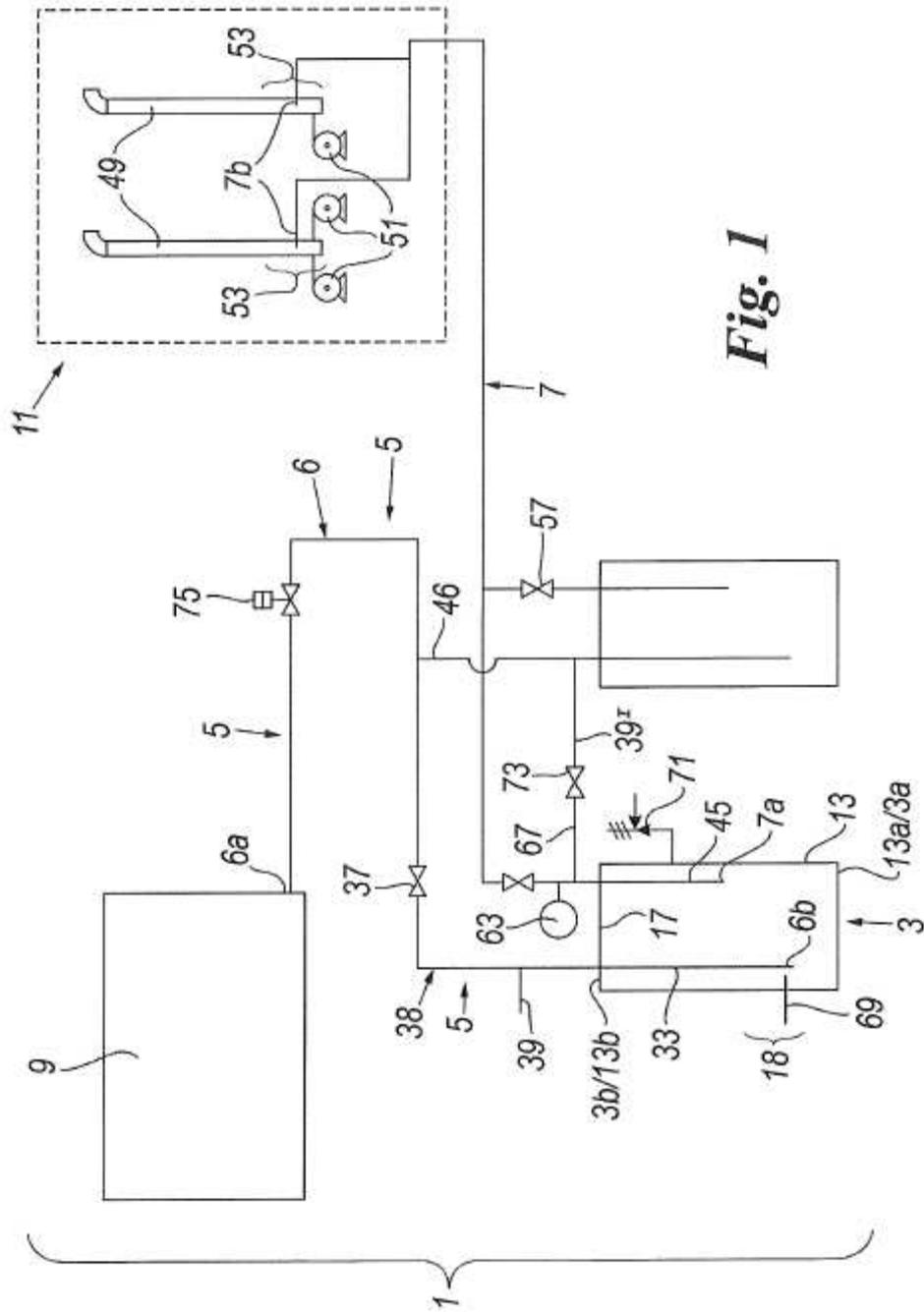
25 Esto es seguido por una fase de mantenimiento durante la cual se mantiene la temperatura alcanzada durante la congelación. La temperatura antes mencionada es mantenida por medio de unos ciclos apropiados para la inyección del gas criogénico licuado en la sonda 3. Estos ciclos de inyección se realizan usando unas tasas de flujo del gas criogénico licuado que son inferiores (que las usadas durante la congelación) o suministrando gas criogénico licuado discontinuamente.

30 Finalmente, una vez que se han completado los trabajos se realiza un paso de descongelación. Este paso tiene previsto interrumpir la inyección de gas criogénico licuado a la sonda 3. Este paso consiste en simplemente monitorizar la temperatura del terreno 15 con el fin de comprobar cuándo dichas temperaturas han vuelto a un nivel por encima de cero grados.

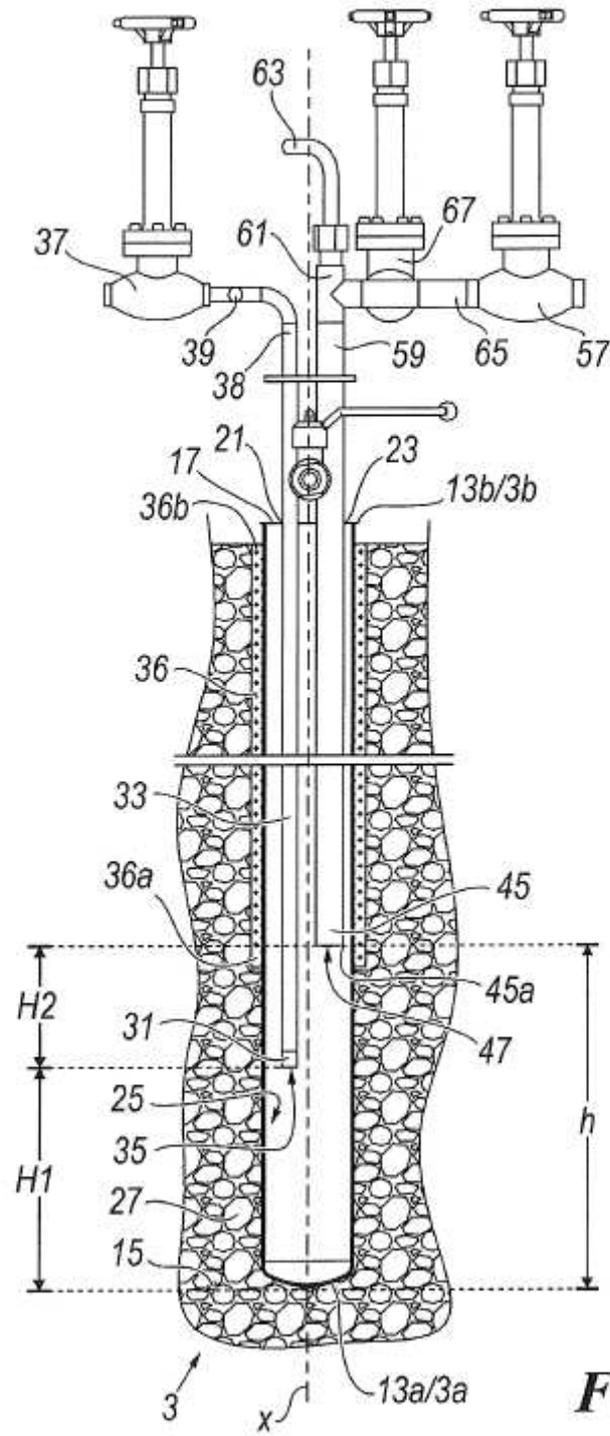
35 La presente invención consigue el objeto indicado ya que el gas criogénico licuado, el cual es pulverizado al menos sobre una pared lateral de la sonda y/o hacia el extremo insertable de la sonda propiamente dicha, permite obtener un mejor intercambio de calor con el terreno que rodea la sonda en comparación con la técnica anterior.

**REIVINDICACIONES**

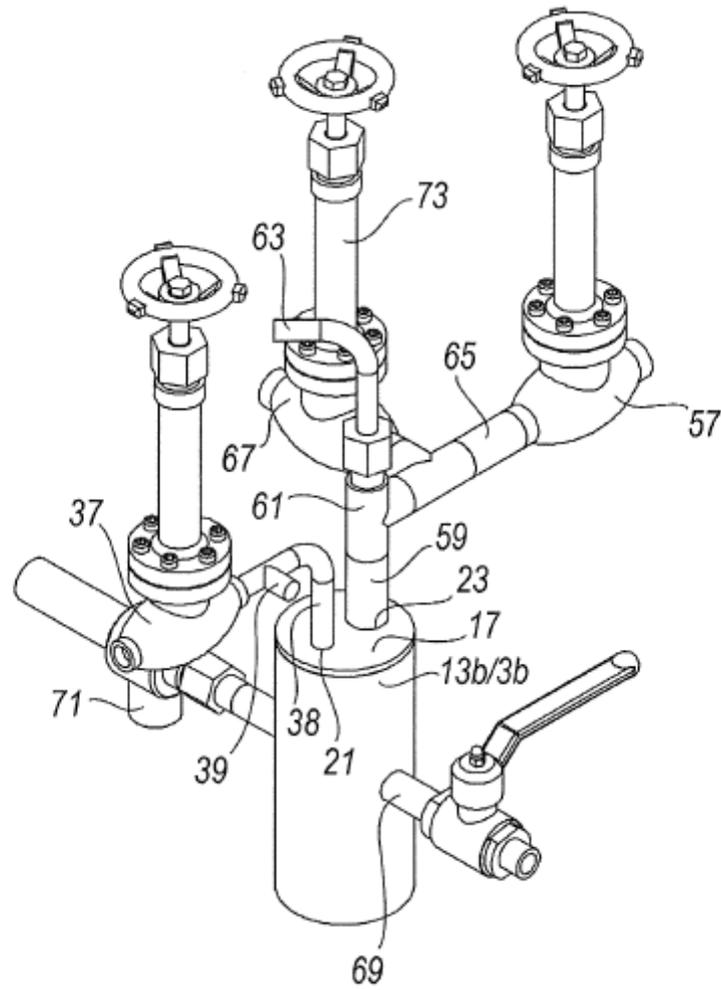
1. Un sistema (1) para congelar una porción de terreno (15) que comprende al menos una sonda (3) que tiene al menos un extremo (3a) insertable en el terreno (15) para ser congelado y que tiene al menos una pared lateral (14), un medio de suministro (5) de un gas criogénico licuado conectado a la sonda (3) para suministrar el gas criogénico licuado a la misma sonda (3), comprendiendo dichos medios de suministro (5) un dispositivo de dispensación (31) de dicho gas criogénico licuado situado en el interior de la sonda (3),
- 5 en donde dicho dispositivo de dispensación (31) está separado de dicho extremo (3a) insertable en el terreno (15) de tal manera para pulverizar dicho gas directamente sobre dicha pared lateral (14) de dicha sonda (3),
- caracterizado por que
- 10 dicho dispositivo de dispensación (31) tiene una boca dispensadora (35) por medio de la cual el gas criogénico licuado puede ser pulverizado sobre la pared lateral (14) de la sonda (3), por encima de una cabeza líquida generada por el gas criogénico licuado presente dentro de la sonda (3) en el primer extremo (13a),
- por que dicha sonda (3) tiene una conformación tubular cerrada en dicho extremo insertable (3a) para contener el gas criogénico licuado, extendiéndose dicha sonda (3) a lo largo de un eje longitudinal X, siendo dicha sonda (3) insertable en el terreno (15) de tal manera que el eje longitudinal X esté dispuesto verticalmente,
- 15 por que dicha sonda (3) está provista de un tubo de succión (7), estando dicho tubo de succión (7) al menos parcialmente situado en el interior de la sonda (3), que se extiende al menos parcialmente paralela al eje longitudinal X y teniendo en un primer extremo (7a) de dicho tubo de succión (7) en el interior de la sonda (3) una boca de succión (47),
- 20 por que dicha sonda (3) tiene una distancia (h) definida entre la boca de succión (47) de dicho tubo de succión (45) y dicho extremo insertable (3a) de la sonda (3) que es mayor con respecto a una distancia (H1) definida entre dicho dispositivo dispensador (31) y dicho extremo insertable (3a) de la sonda (3),
- y por que dicha sonda (3) comprende un manguito (13) que tiene una capa de material aislante (36) situada externamente al manguito (13) y que se adhiere al mismo manguito (13), dentro del cual es introducido el gas criogénico licuado.
- 25 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que comprende una pluralidad de sensores de detección de temperatura insertables en el terreno (15) en proximidad de la sonda (3) y en contacto directo con la misma sonda, estando dichos sensores dispuestos alineados paralelos entre sí con respecto al eje longitudinal X.
3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dichos medios de suministro (5) comprenden al menos un tubo de suministro (6), estando dicho tubo de suministro (6) al menos parcialmente en el interior de la sonda (3), extendiéndose al menos parcialmente paralelo al eje longitudinal X, estando el dispositivo de salida (31) situado en un segundo extremo (6b) del tubo de suministro (6).
- 30 4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dicho material aislante (36) de dicho manguito (13) tiene un primer extremo (36a) comprendido entre el dispositivo de dispensación (31) y la boca de succión (47).
- 35 5. Un método para congelar una pieza de terreno (15) que comprende los pasos de:
- determinar *a priori* dicha altura h por encima de la cual dentro del manguito (13) de la sonda (3) del sistema definido en cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, no hay gas criogénico en el estado líquido, dependiendo de la altura a la que el terreno (15) va a ser congelado;
  - 40 - insertar al menos una de dicha sonda (3) en el terreno (15) para ser congelado de tal manera que, durante el uso el eje longitudinal X a lo largo del cual se extiende dicha sonda, está dispuesto verticalmente;
  - introducir un gas criogénico licuado en dicha sonda (3); para proporcionar que dentro de dicha sonda (3) tenga una fase líquido/gas de dicho gas criogénico, estando dicha fase líquido/gas mezclada situada al menos entre la boca dispensadora (35) y la boca de succión (47); y
  - 45 - evacuar dicho gas criogénico que se está evaporando de dicha sonda (3) por medio del tubo de succión (7).
6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que el paso de introducir el gas criogénico licuado en la sonda (3) comprende el paso de pulverizar dicho gas criogénico licuado hacia un extremo insertable oculto (3a) de la sonda (3).



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**