

PERFORADORA HÍBRIDA APTA PARA SUELOS FREÁTICOS,
CONSOLIDADOS Y NO CONSOLIDADOS

CAMPO TÉCNICO

5

La presente invención se enmarca en el campo técnico de los equipos y maquinaria para perforación geotécnica y exploración geológica, particularmente en el campo de trabajos de exploración del subsuelo, investigaciones geotécnicas, instalación de piezómetros, toma de muestras de suelo y agua subterránea, y otros trabajos de perforación de profundidad limitada que requieren portabilidad y versatilidad operativa.

10

Así, la presente invención se relaciona con una perforadora hidráulica diseñada para la perforación de suelos consolidados y freáticos, la cual es capaz de alcanzar una profundidad máxima de hasta 20 metros, en donde la perforadora incluye un sistema de propulsión configurable con motor de combustión o eléctrico, y un sistema de mordazas hidráulicas para el acople de tubos, la cual permite una inclinación máxima de 40 grados con respecto a la vertical. Así mismo, la perforadora hidráulica de la invención es de alto rendimiento y presenta un sistema de propulsión que es configurable a motor de combustión o eléctrico, lo cual permite la operación en zonas con restricción de combustibles fósiles y sin emisiones directas. Además, gracias a su diseño compacto y su peso liviano, la perforadora es considerada completamente portátil y puede ser transportada en una camioneta tipo pick-up o con platón y se caracteriza por mejorar los tiempos de trabajo al no requerir ensamble en el sitio, con lo que ofrece una excelente facilidad de transporte y una versatilidad clave en la fuente de energía, permitiendo el uso de opciones limpias cuando sea requerido.

15

20

25

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

30

En la actualidad, las actividades de exploración geológica, investigación geotécnica y estudios hidrogeológicos requieren frecuentemente la realización

de perforaciones en el terreno para obtener muestras del subsuelo, instalar instrumentación de monitoreo, o investigar las características del terreno y los acuíferos, donde dichas actividades son fundamentales en proyectos de construcción, estudios ambientales, prospección de recursos hídricos, y evaluación de condiciones del suelo para cimentaciones, entre otros.

Tradicionalmente, los equipos de perforación utilizados para estos propósitos se han caracterizado por ser sistemas robustos de gran tamaño y peso considerable, los cuales son diseñados para alcanzar grandes profundidades.

Aunque estos equipos convencionales son efectivos para trabajos de exploración profunda, los mismos presentan una serie de limitaciones significativas cuando se trata de aplicaciones que requieren movilidad, acceso a zonas restringidas, o trabajos de profundidad limitada. De hecho, el transporte de estos equipos pesados requiere de vehículos especializados, así como grúas para su montaje y desmontaje, y los tiempos de preparación en el sitio de trabajo son prolongados, lo que incrementa los costos operativos y reduce la eficiencia en proyectos que involucran múltiples puntos de perforación distribuidos en un área amplia.

Sumado a lo anterior, en contextos urbanos, zonas ambientalmente sensibles, o áreas con regulaciones estrictas sobre emisiones atmosféricas y contaminación acústica, los equipos de perforación convencionales que funcionan exclusivamente con motores de combustión interna presentan incompatibilidades operativas. Así, la creciente preocupación por el impacto ambiental y las regulaciones cada vez más restrictivas en materia de emisiones han creado una necesidad urgente de equipos que puedan operar con fuentes de energía más limpias, tal como energía eléctrica, sin sacrificar su capacidad de trabajo en zonas remotas donde el acceso a electricidad puede ser limitado.

Por otra parte, uno de los aspectos críticos en las operaciones de perforación es el manejo de la tubería durante el proceso, donde en los sistemas convencionales, el acoplamiento y desacoplamiento de los tubos de perforación

durante el avance o retiro de la herramienta requiere de intervención manual significativa por parte del operador. Dicha manipulación manual de tubería pesada no solo consume tiempo valioso, reduciendo la productividad de las operaciones, sino que también representa un riesgo considerable para la seguridad del personal. De este modo, los operadores están expuestos a riesgos ergonómicos por manejo de cargas, así como al peligro de pérdida accidental de tubería dentro del sondeo, lo cual puede resultar en operaciones de recuperación costosas o incluso en la pérdida total del punto de perforación.

- 10 Ahora bien, los suelos freáticos se caracterizan por la presencia de agua subterránea a niveles variables, por lo que presentan desafíos adicionales durante la perforación, esto debido a la inestabilidad de las paredes del sondeo, la necesidad de mantener la tubería de revestimiento adecuadamente posicionada, y el riesgo de colapso del sondeo, razón por la cual se requieren
- 15 sistemas de sujeción confiables que puedan mantener la integridad de la perforación mientras se realizan las operaciones de adición o retiro de tubería.

- Además, muchos proyectos geotécnicos requieren la realización de perforaciones no solamente en posición vertical, sino también con cierta
- 20 inclinación para investigar condiciones específicas del subsuelo, como la estabilidad de taludes, estructuras geológicas inclinadas, o para alcanzar objetivos de muestreo ubicados lateralmente respecto al punto de acceso superficial.

- 25 De acuerdo con esto, en el estado de la técnica se conocen varios tipos de equipos o sistemas de perforación para ciertos suelos, dentro de los que se encuentran los siguientes, los cuales son incluidos en la presente divulgación a modo de referencia únicamente.

- 30 Como primera medida, se encuentra el documento US 20170044851 que se refiere a un mandril para un cabezal de perforación de una plataforma de perforación de roca rotatoria, el cual cuenta con varias mordazas distribuidas

uniformemente en ángulo alrededor de un eje de agarre, en donde dichas mordazas interactúan con un actuador para su movimiento radial. El mandril incluye un mecanismo de empuje para liberar las mordazas, dicho mecanismo consiste en un resorte de mordaza parcialmente anular que rodea dicho eje y
5 tiene dos extremos adyacentes. Las mordazas forman un asiento interior para el resorte, que se acopla firmemente con una de ellas.

Sin embargo, la invención definida en dicha anterioridad presenta el inconveniente que, aunque define un sistema de mordazas hidráulicas para
10 sujeción de tubos en perforadoras de exploración, la misma se enfoca en el mandril como componente aislado, no en una perforadora portátil completa, al tiempo que no menciona una configuración híbrida de motor, por lo que no puede ser transportada fácilmente ni permite plantear una solución a los problemas
existentes.

De otra parte, se tiene el documento US 6533045 que enseña una plataforma de perforación portátil para la perforación de pozos de agua o la instalación de
15 sistemas de tuberías geotérmicas en el suelo, en donde la plataforma de perforación portátil se monta de forma desmontable sobre la plataforma de un camión. El mástil de viga en I de la plataforma pivota a una posición horizontal
20 sobre la plataforma para su transporte y a una posición vertical para la perforación, o bien, a una posición inclinada para perforar en un ángulo en el suelo. Un pivote giratorio, normalmente paralelo al mástil, se mueve a lo largo de este. El pivote giratorio puede pivotar a su posición no paralela con respecto al
25 mástil para conectar o desconectar segmentos de tubería de un eje de transmisión provisto en el pivote giratorio.

No obstante, se resalta que esta anterioridad define una perforadora portátil para pozos de agua o instalación de sistemas geotérmicos, que es un equipo montado
30 en la bandeja de un camión, pero la cual requiere montaje en camión grande no en camioneta, al tiempo que no especifica restricción de peso y utiliza un sistema

de elevación/ponderación, sin mordazas hidráulicas especializadas para acople seguro, por lo que presenta una serie de problemas.

Así mismo, está el documento US 20110072737 que divulga una plataforma de perforación portátil que incluye un piso de perforación con un pedestal, en donde dicho pedestal comprende un punto de pivote inferior y un punto de fijación inferior, y está configurado para girar a una posición vertical alrededor del punto de pivote inferior. Así, la plataforma de perforación también incluye un mástil con un punto de pivote en su extremo inferior, el cual está configurado para anclarse a un punto de pivote superior del pedestal.

Sin embargo, la invención de esta anterioridad está enfocada en estructuras de gran tamaño, al tiempo que no contempla un sistema de propulsión híbrido configurable y está enfocada en el ensamble del mástil, sin definir mordazas hidráulicas para tubería, por lo que no plantea una clara solución al problema existente.

De otra parte, se encuentra el documento WO 2007070805 relacionado con métodos y aparatos para introducir y extraer tubulares de un pozo, en donde un aparato de agarre se activa con un actuador que incluye un actuador principal y un dispositivo de seguridad redundante. Este dispositivo de seguridad redundante puede incluir uno o más pistones redundantes operados por fluido. El aparato de agarre puede incluir un sistema de seguridad integrado para evitar daños a los tubulares durante la conexión y desconexión entre estos y la sarta de tubulares.

No obstante, aunque la anterioridad define un sistema hidráulico de mordazas para sujeción segura de tubería durante operaciones de perforación, incluyendo aspectos de seguridad operativa, la misma está orientada o enfocada en equipos de perforación de gran escala, al tiempo que no define portabilidad ni peso limitado, ni describe un sistema de propulsión configurable, además de no definir

profundidades ni ángulos de operación, por lo que se considera un sistema complejo con múltiples válvulas y controles.

- Finalmente, en el estado del arte está el documento US 6315059 que divulga una plataforma de perforación portátil con una torre de soporte, en donde un motor de perforación, montado en una cuna, y un cabrestante de elevación están fijados a la torre de soporte. Una barra estabilizadora está fijada al extremo inferior de la torre de soporte para evitar su balanceo. El motor transfiere el par a la transmisión montada debajo del motor, a la cual un pivote de acero, que aloja un eje hueco, permite el paso de aire y/o agua a una barra de perforación para proporcionar fuerza rotatoria que impulsa la broca. Un sistema de descenso, preferiblemente una barra con peso, está fijado al extremo inferior de la torre de soporte y al motor de perforación para tirar del extremo de perforación hacia abajo. El transporte manual se realiza mediante un sistema de plataforma rodante con ruedas en la base principal para facilitar la movilización por una sola persona. Un contrapeso está fijado al extremo inferior de la torre de soporte para evitar que esta se levante cuando el sistema de descenso fuerza la broca a penetrar en el suelo. Los deflectores fijados a la torre de soporte evitan que los residuos que salen del pozo salpiquen la presente invención y a los operadores. Un colector de control de gas/agua conectado al collar del motor de perforación funciona para mezclar agua y gas que se fuerza a través del centro de la varilla de perforación para enfriar la broca y eliminar los residuos de perforación del agujero.
- Sin embargo, dicha anterioridad presenta la desventaja que define en una plataforma con enfoque en portabilidad extrema para espacios confinados y con un diseño modular y desmontable, que presenta un sistema de rotación de tubería de perforación y con aplicación en exploración de agua subterránea, la cual utiliza un motor único y un sistema de elevación/descenso por malacate, sin mordazas hidráulicas especializadas para sujeción segura.

A partir de la información anterior, un experto en la materia puede determinar de forma clara que en el estado del arte existe una serie de divulgaciones relacionadas con plataformas, equipos o sistemas con sistemas de mordazas hidráulicas para sujeción de tubos en equipos de perforación, así como el uso de sistemas de propulsión híbrido en perforadoras hidráulicas. Además, se identificaron diversas perforadoras portátiles ligeras que incorporan sistemas hidráulicos de mandril para aplicaciones de exploración geológica.

Así, los equipos convencionales y que se encuentran en el estado del arte y comercialmente disponibles, frecuentemente carecen de flexibilidad para trabajar eficientemente en ángulos variables respecto a la vertical, o bien sea que requieren modificaciones y accesorios adicionales que complican su operación y aumentan sus costos.

De este modo, se evidencia que existe una necesidad en la industria por suministrar equipos de perforación que permitan combinar características de portabilidad genuina, es decir, que sean transportables en vehículos convencionales sin requerir equipos especializados, así como versatilidad energética, esto es, con capacidad de operar tanto con motor de combustión para zonas remotas como con motor eléctrico para zonas con restricciones ambientales, en donde también se hace necesario y deseable contar con sistemas automatizados o semiautomatizados para el manejo seguro de tubería que minimicen la intervención manual y los riesgos asociados, así como con capacidad para trabajar eficientemente en suelos freáticos y consolidados, y con flexibilidad para operar en ángulos variables respecto a la vertical.

Siendo así, es claro que existe una necesidad por diseñar e implementar un equipo de perforación que permita plantear una solución a las necesidades técnicas y operativas identificadas anteriormente en el campo de la perforación geotécnica de profundidad limitada, lo que permita de este modo proporcionar una solución integrada que aborda simultáneamente los desafíos de portabilidad,

versatilidad energética, seguridad operativa, y eficiencia en el manejo de tubería durante las operaciones de perforación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

5

La presente invención plantea una solución a los problemas anteriormente descritos al suministrar una perforadora hidráulica portátil especialmente diseñada para realizar trabajos de exploración geológica y estudios geotécnicos en suelos consolidados y freáticos, con capacidad para alcanzar profundidades
10 de hasta 20 metros, en donde el equipo se caracteriza por integrar en un diseño compacto y liviano un conjunto de sistemas hidráulicos, mecánicos y de propulsión que permiten realizar operaciones de perforación de manera eficiente, segura y versátil, superando las limitaciones de los equipos convencionales en términos de portabilidad, flexibilidad energética y seguridad operativa.

15

De este modo, la configuración general de la perforadora hidráulica de la presente invención permite un transporte mejorado de la misma, particularmente en vehículos utilitarios estándar tipo pick-up, eliminando así la necesidad de requerir equipos de transporte especializados y facilitando su movilización entre
20 múltiples puntos de trabajo en un mismo proyecto.

Una de las características distintivas de la presente invención es que comprende un sistema de propulsión configurable, el cual permite al equipo operar alternativamente con un motor de combustión interna o con un motor eléctrico, según las condiciones y restricciones del sitio de trabajo. Esta configuración dual proporciona flexibilidad operativa excepcional, permitiendo así el uso del motor de combustión en zonas remotas donde no existe acceso a suministro eléctrico, mientras que en entornos urbanos, zonas ambientalmente sensibles o áreas con regulaciones estrictas sobre emisiones, el equipo puede operar mediante motor
25 eléctrico sin generar emisiones directas ni niveles significativos de ruido. Así, el sistema está diseñado de manera que la transición entre ambos modos de propulsión puede realizarse sin modificaciones estructurales mayores del
30

equipo, manteniendo la compatibilidad con los demás sistemas hidráulicos y mecánicos de la perforadora.

Adicionalmente, la perforadora de la invención incorpora un sistema de mordazas hidráulicas especialmente diseñado para el acople, sujeción y liberación controlada de los tubos de perforación durante las operaciones de avance y retiro de la herramienta, donde dicho sistema de mordazas opera mediante actuadores hidráulicos que permiten sujetar firmemente la tubería durante las maniobras de conexión y desconexión de tramos adicionales, reduciendo significativamente la necesidad de manipulación manual por parte del operador y minimizando los riesgos de pérdida accidental de tubería dentro del sondeo. Así, el diseño del sistema de mordazas contempla mecanismos de seguridad que garantizan el mantenimiento de la sujeción incluso ante variaciones de presión hidráulica, proporcionando confiabilidad operativa especialmente importante en suelos freáticos donde la estabilidad del sondeo puede ser comprometida.

Finalmente, la perforadora tiene capacidad de operar en un rango de inclinaciones de hasta 40 grados respecto a la vertical, lo que amplía significativamente sus aplicaciones en comparación con equipos limitados a perforación vertical. Esta capacidad de perforación inclinada es particularmente valiosa en estudios de estabilidad de taludes, investigación de estructuras geológicas con buzamiento, instalación de instrumentación de monitoreo en orientaciones específicas, y en situaciones donde el punto de acceso superficial no coincide verticalmente con el objetivo de investigación subsuperficial. De este modo, el sistema de montaje y nivelación de la perforadora permite establecer y mantener el ángulo de perforación deseado de forma estable durante toda la operación.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

La presente invención se entiende de forma más clara a partir de las siguientes figuras donde se muestran los componentes asociados al presente aparato, dispositivo o sistema, así como los elementos novedosos con respecto al estado del arte, en donde, las figuras no pretenden limitar el alcance de la invención, el cual está únicamente definido por las reivindicaciones adjuntas, en donde:

La Figura 1 corresponde a una vista en perspectiva de la perforadora hidráulica portátil de la presente invención, donde se ilustran los componentes que forman parte de la misma, sin incluir controles de mando.

La Figura 2 corresponde a una vista lateral de la perforadora hidráulica portátil de la invención como se muestra en la Figura 1, incluyendo el sistema de controles de mando unido al cuerpo principal.

La Figura 3 corresponde a frontal de la perforadora hidráulica portátil de la invención como se muestra en la Figura 2 con los elementos ilustrados allí.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a una perforadora hidráulica portátil híbrida diseñada para perforaciones en suelos consolidados y freáticos hasta una profundidad de aproximadamente 20 metros, combinando en un solo equipo alta capacidad de perforación, portabilidad extrema y elevada seguridad operativa.

De esta forma, las Figuras 1 a 3 presentan la perforadora hidráulica portátil híbrida de la presente invención y que es objeto de protección, en donde dicha perforadora está compuesta o comprende, en general, las siguientes partes o componentes:

- Un bastidor estructural portátil (1) configurado para ser transportado sobre un vehículo automotor ligero, el cual soporta todos los componentes operativos de la perforadora hidráulica;
- 5 • Un mástil de perforación (2) montado de forma basculante sobre el bastidor estructural (1) entre una posición sustancialmente horizontal de transporte y una posición sustancialmente vertical de trabajo (como se ilustra en las Figuras 1 a 3);
- 10 • Un cabezal de perforación (3) accionado hidráulicamente y dispuesto de forma desplazable a lo largo del mástil (2) para accionar una sarta de perforación;
- Un sistema de propulsión configurable que comprende selectivamente un motor de combustión interna o un motor eléctrico como fuente de energía, permitiendo la operación selectiva de la perforadora hidráulica con cualquiera de dichas fuentes de potencia;
- 15 • Un sistema hidráulico de perforación accionado por el sistema de propulsión y configurado para transmitir potencia rotacional y avance a la perforadora, dicho sistema hidráulico incluye o comprende al menos una bomba hidráulica, unos conductos y unos actuadores hidráulicos para el accionamiento del cabezal de perforación (3) y del basculamiento del mástil (2);
- 20 • Un sistema de acople y sujeción de tubería de perforación que comprende al menos un juego de dos mordazas (4) accionadas hidráulicamente configuradas para sujetar de forma liberable y controlada una sección o tramos de la tubería de perforación durante las operaciones de acople y desacople; y
- 25 • Medios de ajuste de inclinación del mástil que permiten orientar la perforadora hidráulica en un rango de 0 a 40 grados respecto a la vertical.

Así las cosas, la perforadora hidráulica de la invención es de alto rendimiento y
 30 presenta una masa total tal que es manipulable y transportable sobre un vehículo liviano, tal como uno tipo pick-up, por un equipo reducido de operadores, y en

donde el mástil (2) es basculable dentro de un rango de inclinación predeterminado respecto a la vertical para realizar perforaciones inclinadas.

Ahora, el bastidor portátil (1) representa la estructura fundamental sobre la cual se montan el mástil de perforación (2), el sistema hidráulico, la fuente de energía y todos los demás componentes de la perforadora hidráulica, donde además, dicho bastidor estructural (1) está diseñado utilizando perfiles metálicos de alta resistencia, preferiblemente acero estructural, acero de baja aleación, o aleaciones de aluminio que proporcionan la rigidez necesaria mientras mantienen el peso total del conjunto dentro del límite establecido de 125 kilogramos. Estos perfiles metálicos son elementos estructurales que han sido optimizados para resistir los esfuerzos de perforación, es decir, rotación, presión de empuje, vibración, etc., mientras se mantiene una masa total mínima dentro de los límites preferidos.

De forma preferida, el bastidor (1) también incorpora sistemas de fijación rápida que permiten su aseguramiento sobre la plataforma de carga de un vehículo ligero, tal como un vehículo tipo pick-up, mediante unas abrazaderas de trinquete o sistemas equivalentes. Sumado a esto, la geometría del bastidor (1) está diseñada de manera que permite el transporte estable dentro de las dimensiones típicas de la plataforma de carga del vehículo, sin requerir estructuras adicionales de contención o cajas de protección que incrementen el volumen o la masa total.

En una modalidad preferida, el bastidor estructural (1) presenta una configuración sustancialmente rectangular con dimensiones optimizadas para permitir el transporte en la plataforma de carga del vehículo, donde la altura total de la perforadora hidráulica en posición vertical no excede preferiblemente 2 metros, mientras que su base de apoyo tiene dimensiones aproximadas de 0.8 a 1.2 metros de largo por 0.5 a 0.8 metros de ancho, proporcionando así estabilidad adecuada durante las operaciones de perforación.

Así mismo, en otra modalidad preferida, el bastidor estructural (1) incorpora elementos de nivelación en su base, tales como patas ajustables o sistemas de nivelación que permiten compensar irregularidades del terreno y establecer una base horizontal estable para la operación de la perforadora hidráulica, donde
5 dichos elementos de nivelación pueden comprender tornillos de ajuste, cilindros hidráulicos, o sistemas mecánicos de elevación que facilitan la nivelación rápida del equipo en campo.

Por otra parte, el mástil de perforación (2) está constituido principalmente por
10 una sección tubular de acero de sección transversal rectangular o circular, con altura suficiente para permitir la manipulación y las operaciones de acople/desacople de tramos de la tubería de perforación. Dicho mástil (2) está montado de manera basculante sobre el bastidor (1) mediante unos puntos de apoyo superior e inferior, permitiendo su rotación entre una posición horizontal
15 de transporte, donde el mástil (2) reposa sobre el bastidor y reduce la altura total del equipo para facilitar el transporte vehicular, una posición sustancialmente vertical de trabajo, donde el mástil (2) está erguido y dispuesto para iniciar operaciones de perforación, y posiciones inclinadas intermedias dentro de un rango de aproximadamente 40 grados respecto a la vertical, permitiendo la
20 ejecución de perforaciones anguladas.

Así, este basculamiento del mástil (2) puede ser realizado mediante cilindros hidráulicos de doble efecto, operados desde el sistema de control (5), o mediante mecanismos de elevación manual asistida por palancas hidráulicas, según la
25 configuración específica de la perforadora hidráulica.

De este modo, el mástil (2) a su vez comprende o está compuesto de un eje o riel guía que permite el desplazamiento vertical del cabezal de perforación (3), unos puntos de fijación para la sujeción de accesorios de nivelación y
30 estabilización, unas superficies de trabajo o andamios auxiliares para la manipulación segura de la sarta de perforación, y un sistema de guía

geométrica que asegura que el cabezal de perforación (3) descienda en alineamiento vertical respecto al eje de perforación deseado.

5 Ahora, el cabezal de perforación (3) es el subsistema responsable de la rotación y el avance axial del elemento que hace la perforación, es decir, la broca, transfiriendo así energía mecánica al sistema de corte en el fondo del pozo. Este accionamiento rotatorio se lleva a cabo por medio de un motor hidráulico de pistones de desplazamiento fijo (40-100 cc/rev) accionado directamente por el flujo de la bomba principal, un sistema de engranajes reductores que amplifica
10 el torque del motor hidráulico y reduce la velocidad de rotación a rangos óptimos para perforación somera (típicamente 50-150 rpm), y un acoplamiento de salida que transfiere el torque a la sarta de perforación. Alternativamente, dependiendo de la configuración, el motor hidráulico puede ser del tipo de pistones variables, permitiendo regulación continua de velocidad mediante
15 válvulas de control de caudal.

Así mismo, el avance axial que corresponde a la presión de empuje sobre la broca, es controlado mediante un cilindro hidráulico de doble efecto de desplazamiento largo montado verticalmente en el mástil (2), una válvula de
20 control de caudal que regula el caudal hacia el cilindro de avance, permitiendo al operador modular la velocidad de penetración, y una válvula de alivio específica que limita la presión de empuje a valores predeterminados (típicamente 150-250 bar de presión diferencial) para evitar daño a la broca.

25 Este control de avance es crítico para optimizar la tasa de penetración según el tipo de suelo, donde en suelos blandos se requiere mayor velocidad de avance y menor presión diferencial, mientras que en suelos consolidados hay velocidad moderada y presión diferencial intermedia, y en suelos muy duros se presenta menor velocidad de avance y presión diferencial elevada. Así, el operador puede
30 ajustar dinámicamente el caudal de avance mediante una válvula de cartucho de control manual, permitiendo de este modo responder en tiempo real a cambios en la resistencia del suelo.

Por otro lado, una de las características distintivas de la presente invención es la inclusión de un sistema de propulsión configurable, el cual permite la operación alternativa con dos fuentes de energía alternativas que corresponden a un motor de combustión interna o un motor eléctrico. Este sistema comprende principalmente una interfaz de acoplamiento diseñada para recibir indistintamente cualquiera de los dos tipos de motor, manteniendo la compatibilidad mecánica e hidráulica con el resto de los componentes de la perforadora hidráulica.

En una primera modalidad o configuración, la fuente de energía corresponde a un motor de combustión interna, el cual puede comprender un motor diésel o de gasolina de cuatro tiempos, con una potencia de 5 a 15 kW de potencia nominal, suficiente para accionar el sistema hidráulico de perforación bajo las condiciones operativas establecidas. Este motor de combustión interna incluye su correspondiente sistema de combustible, un sistema de arranque, y un sistema de escape con silenciador para reducir emisiones acústicas.

Así las cosas, en esta primera modalidad o configuración, la perforadora hidráulica es accionada por el motor de combustión interna de gasolina o diésel, donde dicho motor está montado sobre una base antivibrante en el bastidor y está acoplado mecánicamente a la bomba hidráulica mediante un acoplamiento flexible de elastómero que amortigua vibraciones y permite tolerancias de alineamiento.

Esta configuración permite obtener autonomía operativa completa sin dependencia de fuentes externas de electricidad, al tiempo que permite la operación en zonas remotas donde no existe suministro eléctrico, y suministra una potencia sostenida durante jornadas completas de trabajo. Sin embargo, debido a la naturaleza de la fuente de energía, se presentan ciertas limitaciones relacionadas con la generación de emisiones de gases de combustión y humos visibles, restricción de operación en zonas con normativas ambientales

progresivas, generación de ruido operativo, y consumo de combustible y costos operativos asociados.

Cuando las anteriores limitaciones son considerables o se tienen restricciones con respecto al uso de motores de combustión interna, entonces la fuente de energía se configura para llevar a cabo una operación eléctrica. Así, en una segunda modalidad o configuración la fuente de energía corresponde a un motor eléctrico trifásico o monofásico con potencia equivalente, típicamente entre 6 y 12 kW, diseñado para operar con suministro eléctrico estándar de 220V o 380V según disponibilidad local, donde dicho motor eléctrico presenta ventajas significativas en términos de ausencia de emisiones directas, menor nivel de ruido, y menores requerimientos de mantenimiento, siendo particularmente adecuado para operaciones en zonas urbanas, interiores de edificaciones, o áreas con restricciones ambientales estrictas.

En esta configuración alternativa, la perforadora hidráulica entonces es accionada por el motor eléctrico trifásico o monofásico, típicamente de tipo asincrónico de inducción, donde el motor eléctrico está acoplado a la bomba hidráulica mediante un acoplamiento flexible equivalente al descrito en la modalidad de combustión. Este motor eléctrico puede ser alimentado desde una red de distribución eléctrica externa trifásica, un generador portátil diésel o gasolina, un sistema de paneles solares fotovoltaicos con almacenamiento en baterías, una conexión a red de corriente alterna local disponible en campamentos o instalaciones en campo, o cualquier tipo de fuente de alimentación que permita la operación adecuada del motor eléctrico.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta segunda modalidad o configuración presenta una serie de ventajas operativas, dentro de las que se encuentra contar con cero emisiones directas de gases de combustión, así como una operación aceptada en zonas urbanas y de protección ambiental, con ruido de operación reducido, ausencia de consumo de combustibles fósiles directos, y permite una operación más limpia sin exposición de los operadores a humos.

Teniendo en cuenta lo anterior y las dos configuraciones, se presenta en la invención una arquitectura de intercambiabilidad, en donde el elemento técnico central es que ambos motores (combustión y eléctrico) comparten un punto de acople mecánico y de potencia común sobre la bomba hidráulica. Esto permite que un operador o una empresa pueda tener una única perforadora hidráulica con módulo de bastidor (2) y sistema hidráulico. Además, se puede seleccionar, antes de cada campaña de trabajo, qué tipo de motor instalar, permitiendo intercambiar los motores mediante un proceso mecánico simple que toma típicamente 15-30 minutos, sin requerir de herramientas especializadas.

La interfaz de acoplamiento común comprende preferiblemente un sistema de brida o placa de montaje estandarizada que permite el atornillado del motor seleccionado, junto con un acoplamiento mecánico directo o mediante transmisión por correas o cadenas, que conecta el eje del motor con la bomba hidráulica principal. En una modalidad preferida, se utiliza un acoplamiento flexible que compensa desalineaciones menores y absorbe vibraciones, prolongando así la vida útil de los componentes.

Esta configuración de intercambiabilidad es una característica técnica novedosa que no está divulgada en los sistemas convencionales de perforación existentes en el estado del arte, permitiendo que la perforadora hidráulica de la invención pueda ser instalada o utilizada tanto en zonas rurales remotas usando el motor de combustión, como en zonas urbanas o de restricción ambiental usando el motor eléctrico.

De este modo, el diseño del sistema de propulsión configurable contempla que ambos motores, es decir, de combustión y eléctrico, accionan la misma bomba hidráulica a velocidades de rotación compatibles, típicamente en el rango de 1500 a 3000 revoluciones por minuto (RPM). Esta bomba hidráulica es preferiblemente del tipo de desplazamiento positivo, tal como bombas de engranajes, pistones o paletas, con caudal ajustado a los requerimientos del

sistema hidráulico de perforación, típicamente entre 20 y 60 litros por minuto a presiones de trabajo entre 100 y 250 bar.

El cambio entre motor de combustión y motor eléctrico puede realizarse en campo mediante operaciones relativamente sencillas que comprenden primero la desconexión del motor actualmente instalado (desatornillado de fijaciones, desconexión de líneas de combustible o cables eléctricos), retiro del motor, instalación del motor alternativo, conexión de suministros correspondientes, y verificación de alineación y funcionamiento. En una modalidad preferida, este proceso de intercambio puede completarse por personal técnico capacitado en un tiempo menor a dos horas.

Ahora bien, el sistema hidráulico de perforación constituye el medio mediante el cual la energía mecánica del motor se transmite a la herramienta de perforación para realizar el trabajo de penetración en el suelo, en donde dicho sistema hidráulico comprende fundamentalmente la bomba hidráulica accionada por el motor, un reservorio de fluido hidráulico, un conjunto de válvulas de control direccional y de presión, cilindros hidráulicos para avance y retroceso, y un motor hidráulico rotativo que acciona el cabezal de perforación.

Así, en una modalidad preferida, el sistema hidráulico opera en un circuito cerrado o semicerrado que minimiza las pérdidas de fluido y mantiene la limpieza operativa, donde el fluido hidráulico utilizado es preferiblemente aceite mineral de grado hidráulico con viscosidad adecuada para las condiciones climáticas de operación. El reservorio de fluido hidráulico tiene capacidad suficiente para el sistema, típicamente entre 30 y 80 litros, e incorpora elementos filtrantes para mantener la limpieza del fluido.

Del mismo modo, el motor hidráulico rotativo que acciona el cabezal de perforación (3) es preferiblemente un motor de pistones radiales o axiales que proporciona alto torque a bajas velocidades, las cuales son características ideales para operaciones de perforación. Este motor hidráulico está

dimensionado para proporcionar torques de rotación típicamente entre 200 y 800 Nm a velocidades variables entre 50 y 300 RPM, permitiendo así ajustar la velocidad de rotación según el tipo de suelo y las condiciones de perforación.

- 5 Similarmente, el sistema de avance comprende uno o más cilindros hidráulicos de doble efecto que desplazan verticalmente el conjunto de rotación (motor hidráulico y cabezal) a lo largo de las guías o rieles montados en el bastidor estructural (1), donde la carrera de estos cilindros de avance determina la longitud máxima de penetración continua antes de requerir la adición de un
- 10 nuevo tramo de tubería, típicamente entre 1 y 2 metros. La fuerza de empuje generada por los cilindros de avance es ajustable mediante regulación de presión hidráulica, permitiendo así optimizar la penetración según la dureza del suelo, típicamente en el rango de 5 a 20 kN.
- 15 El sistema hidráulico también incluye válvulas de control direccional, preferiblemente del tipo electrohidráulicas o manuales con palancas de accionamiento, las cuales permiten al operador controlar independientemente la rotación del cabezal (3), el avance, y la operación del sistema de mordazas hidráulicas (4). Además, se presentan unas válvulas de alivio de presión que
- 20 protegen el sistema contra sobrepresiones, las cuales son configuradas típicamente para actuar entre 200 y 280 bar dependiendo de los componentes utilizados.

- En una modalidad preferida para operación en suelos freáticos, el sistema
- 25 hidráulico de perforación incorpora controles de velocidad variable que permiten reducir la velocidad de rotación y avance cuando se atraviesan zonas saturadas o poco consolidadas, minimizando así el riesgo de colapso del sondeo. Adicionalmente, el sistema puede incluir capacidad para inyección de fluido de perforación que estabiliza las paredes del sondeo y facilita la extracción de
- 30 detritos, aunque en muchas aplicaciones la perforación puede realizarse en seco o con inyección de agua únicamente.

Por otra parte, el sistema de acople y sujeción de tubería de perforación constituye una de las principales innovaciones de la presente invención, proporcionando así un medio automatizado para la sujeción segura de la tubería de perforación durante las operaciones de adición y retiro de tramos. Este sistema de acople y sujeción comprende fundamentalmente un conjunto de mordazas (4), preferiblemente dos, tres o cuatro mordazas hidráulicas (4) dispuestas radialmente alrededor del eje de perforación, unos actuadores hidráulicos que desplazan dichas mordazas, y unos elementos de seguridad que previenen liberaciones accidentales.

De forma preferida, las mordazas hidráulicas (4) están dispuestas de forma opuesta entre sí y son montadas en el cabezal de perforación (3), al tiempo que están configuradas para sujetar de manera liberable una sección de la tubería de perforación, típicamente de diámetro externo entre 25 y 100 mm, según la aplicación. Estas mordazas (4) están constituidas por dos bloques de sujeción principal de acero endurecido, dispuestos de manera opuesta de forma que definen un espacio de recepción entre ellas, unas superficies de contacto de sujeción con patrón de dientes o estrías que proporcionan agarre sin deslizamiento sobre la tubería, unos actuadores hidráulicos típicamente cilindros de doble efecto que, al energizarse, generan una fuerza de aproximación radial que comprime la tubería contra los bloques de sujeción, y unas válvulas de alivio de presión específicas que limitan la fuerza de sujeción a valores predeterminados, típicamente de 500-1000 bar de presión de contacto, para evitar deformación o aplastamiento de la tubería.

En una modalidad preferida, el sistema de acople cuenta con tres mordazas (4), donde estas se encuentran distribuidas uniformemente a 120 grados una de otra alrededor de la circunferencia de sujeción, proporcionando así agarre balanceado y centrado de la tubería. Las mordazas (3) están montadas en soportes que permiten su desplazamiento radial, guiadas por elementos tales como ranuras, rieles o brazos articulados que aseguran movimiento preciso y paralelo durante las operaciones de cierre y apertura. En una configuración

preferida, cada mordaza (4) está conectada a un actuador hidráulico independiente, típicamente un cilindro hidráulico de simple o doble efecto con carrera entre 20 y 50 mm, suficiente para acomodar diferentes diámetros de tubería comúnmente utilizados en perforación geotécnica.

5

De este modo, el accionamiento hidráulico de las mordazas (4) puede realizarse mediante un circuito derivado del sistema hidráulico principal, controlado por una válvula direccional dedicada que permite al operador comandar la apertura o cierre de las mordazas (4). En una modalidad, el cierre de las mordazas (4) en posición de sujeción se realiza mediante presurización hidráulica que empuja las mordazas (4) hacia el centro, mientras que la apertura en posición de liberación puede ser asistida por resortes de retorno o mediante presurización del lado opuesto de los cilindros en sistemas de doble efecto.

10

15 Un aspecto importante del sistema de mordazas hidráulicas (4) de la presente invención es la incorporación de medios de seguridad que previenen la liberación no controlada de la tubería. Así, en una modalidad preferida, estos medios de seguridad comprenden un mecanismo de bloqueo mecánico que se activa automáticamente cuando las mordazas alcanzan la posición de sujeción completa, donde dicho bloqueo mecánico puede consistir en pasadores, cuñas o elementos similares que se insertan en ranuras o interfaces de bloqueo, manteniendo así las mordazas (4) en posición cerrada incluso si se pierde presión hidráulica en el circuito de accionamiento.

20

25 Alternativa o complementariamente, este sistema de seguridad de las mordazas (4) puede comprender unas válvulas hidráulicas de retención que impiden el retorno del fluido hidráulico desde los cilindros actuadores, manteniendo las mordazas bajo presión continua. En una modalidad adicional, se pueden incorporar sensores de posición que verifican la correcta sujeción de las mordazas (4) antes de permitir la continuación de operaciones, con indicadores visuales o sonoros que alertan al operador sobre el estado del sistema.

30

Ahora bien, los medios de ajuste de inclinación permiten orientar la perforadora hidráulica en ángulos variables respecto a la vertical, ampliando de este modo sus capacidades operativas para aplicaciones que requieren perforación inclinada. En una modalidad preferida, estos medios de ajuste de inclinación comprenden un sistema de basculación del bastidor estructural (1) o del conjunto de perforación respecto a una base o chasis.

En una configuración, el bastidor estructural (1) principal está articulado mediante un eje o conjunto de ejes horizontales a una base o plataforma de apoyo, donde esta articulación permite la rotación controlada del bastidor (1) alrededor del eje horizontal, modificando el ángulo de inclinación. El ángulo puede ajustarse manualmente mediante soportes telescópicos, tornillos de ajuste, o puntales regulables, o mediante actuadores hidráulicos que proporcionan ajuste motorizado y mantenimiento preciso del ángulo seleccionado.

Para establecer y mantener de forma estable el ángulo de perforación durante las operaciones, el sistema incorpora elementos de fijación angular tales como pasadores de bloqueo que se insertan en orificios o ranuras dispuestas a intervalos angulares predeterminados, por ejemplo, cada 5 o 10 grados, abrazaderas de sujeción que fijan mecánicamente el ángulo ajustado, o sistemas de freno que bloquean la rotación del bastidor (1) una vez alcanzado el ángulo deseado.

En una modalidad preferida, el sistema de ajuste incluye un indicador angular, que puede ser un nivel de burbuja graduado, un inclinómetro mecánico, o un sensor electrónico digital que muestra al operador el ángulo exacto de inclinación establecido, facilitando el posicionamiento preciso según los requerimientos del trabajo. La capacidad de inclinación de hasta 40 grados respecto a la vertical permite realizar perforaciones con componentes horizontales significativas, útiles en aplicaciones de investigación de taludes, exploración lateral, o instalación de instrumentación en geometrías específicas.

- En una modalidad preferida de la invención, la perforadora hidráulica tiene un peso total no superior a 125 kilogramos y está configurada para alcanzar profundidades de perforación de hasta 20 metros, donde dichos valores son
- 5 preferidos pero no limitantes, es decir, que la presente invención también contempla valores de peso y profundidad de perforación menores o mayores, según configuración. Dicho peso incluye bastidor (1), mástil (2), sistema hidráulico, pero excluye el motor de propulsión para permitir intercambiabilidad. Esta portabilidad extrema de peso de 125 kg y la ausencia de necesidad de
- 10 ensamblaje estructural permiten que un equipo de 2 a 3 operadores pueda completar una campaña de 20 perforaciones en 5 a 7 jornadas de trabajo, comparado con 15 a 21 días si se utilizara un equipo convencional que requiere ensamblaje extenso.
- 15 Aunque la anterior descripción define las modalidades preferidas de la presente invención, también se contempla dentro del alcance del presente documento las diferentes modificaciones que puedan ser evidentes para un experto en la materia, en donde dicho alcance no se encuentra de ninguna forma limitado a las modalidades preferidas, sino que se define únicamente por las
- 20 reivindicaciones adjuntas y la materia allí incluida.

REIVINDICACIONES

1. Una perforadora hidráulica portátil híbrida para perforaciones en suelos consolidados y freáticos, caracterizada porque comprende:

- 5 • un bastidor estructural portátil (1) transportable en vehículo automotor ligero, dicho bastidor (1) soporta los componentes operativos de la perforadora hidráulica;
- 10 • un mástil de perforación (2) montado de forma basculante sobre el bastidor estructural (1) entre una posición horizontal de transporte y una posición vertical de trabajo, donde dicho montaje basculante comprende cilindros hidráulicos de doble efecto o mecanismos de elevación manual asistida por palancas hidráulicas;
- 15 • un cabezal de perforación (3) accionado hidráulicamente y dispuesto de forma desplazable a lo largo del mástil de perforación (2);
- 20 • un sistema de propulsión configurable que comprende un motor de combustión interna o un motor eléctrico como fuente de energía, donde ambos motores comparten un punto de acople mecánico y de potencia común sobre la bomba hidráulica;
- 25 • un sistema hidráulico de perforación accionado por el sistema de propulsión y comprende una bomba hidráulica accionada por el motor;
- 30 • un sistema de acople y sujeción de tubería de perforación que comprende dos o más mordazas (4) accionadas hidráulicamente, actuadores hidráulicos de desplazamiento de mordazas, y elementos de seguridad; y
- medios de ajuste de inclinación del mástil.

2. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el bastidor (1) incorpora sistemas de fijación rápida de aseguramiento sobre plataforma de carga de un vehículo ligero, y en donde la geometría del bastidor rectangular.

3. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el bastidor estructural (1) comprende elementos de nivelación en su base.
- 5 4. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el mástil (2) comprende un eje o riel guía de desplazamiento vertical del cabezal de perforación, unos puntos de fijación de sujeción de accesorios de nivelación y estabilización, unas superficies de trabajo o andamios auxiliares de manipulación de sarta de perforación, y un sistema de guía geométrica de descenso del cabezal de perforación en alineamiento vertical respecto al eje de perforación.
- 10 5. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el sistema de propulsión configurable comprende una interfaz de acoplamiento que recibe cualquiera de los dos tipos de motor.
- 15 6. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, caracterizada porque el motor de combustión interna es un motor diésel o de gasolina de cuatro tiempos, con una potencia de 5 a 15 kW nominal.
- 20 7. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada porque el motor de combustión interna está montado sobre una base antivibrante en el bastidor (1) y está acoplado mecánicamente a la bomba hidráulica mediante un acoplamiento flexible.
- 25 8. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1 o 5, caracterizada porque el motor eléctrico es trifásico o monofásico con potencia equivalente entre 6 y 12 kW y con suministro eléctrico estándar de 220V o 380V.
- 30 9. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el acoplamiento común entre los motores comprende un sistema de

brida o placa de montaje de atornillado del motor seleccionado, junto con un acoplamiento mecánico directo o mediante transmisión por correas o cadenas, que conecta el eje del motor con la bomba hidráulica principal.

- 5 10. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque el sistema hidráulico de perforación además comprende un reservorio de fluido hidráulico, un conjunto de válvulas de control direccional y de presión, cilindros hidráulicos de avance y retroceso, y un motor hidráulico rotativo de accionamiento del cabezal de perforación.
- 10 11. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1 o 10, caracterizada porque el sistema hidráulico además incluye válvulas de control direccional de tipo electrohidráulicas o manuales con palancas de accionamiento, y válvulas de alivio de presión.
- 15 12. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque las mordazas hidráulicas (4) están dispuestas de forma opuesta entre sí y son montadas en el cabezal de perforación (2), y comprenden bloques de sujeción principal, unas superficies de contacto de sujeción con patrón de
- 20 dientes o estrías, actuadores hidráulicos, y válvulas de alivio de presión.
- 25 13. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1 o 12, caracterizada porque los elementos de seguridad del sistema de acople y sujeción comprenden un mecanismo de bloqueo mecánico activado automáticamente cuando las mordazas (4) alcanzan la posición de sujeción completa, donde dicho bloqueo mecánico consiste en pasadores, cuñas o elementos de inserción en ranuras o interfaces de bloqueo.
- 30 14. La perforadora hidráulica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque los medios de ajuste de inclinación comprenden un sistema de basculación del bastidor estructural o del conjunto de perforación respecto a una base o chasis.

15. La perforadora hidráulica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizada porque la perforadora hidráulica tiene un peso total de 125 kg o menos y alcanza profundidades de perforación de hasta 20 metros.

RESUMEN

La presente invención se relaciona con una perforadora hidráulica diseñada para la perforación de suelos consolidados y freáticos, la cual es capaz de alcanzar una profundidad máxima de hasta 20 metros, en donde la perforadora incluye un sistema de propulsión configurable con motor de combustión o eléctrico, y un sistema de mordazas hidráulicas para el acople de tubos, la cual permite una inclinación máxima de 40 grados con respecto a la vertical. Así mismo, la perforadora hidráulica de la invención es de alto rendimiento y presenta un sistema de propulsión que es configurable a motor de combustión o eléctrico, lo cual permite la operación en zonas con restricción de combustibles fósiles y sin emisiones directas. Además, gracias a su diseño compacto y su peso liviano, la perforadora es considerada completamente portátil y puede ser transportada en una camioneta tipo pick-up o con platón y se caracteriza por mejorar los tiempos de trabajo al no requerir ensamble en el sitio, con lo que ofrece una excelente facilidad de transporte y una versatilidad clave en la fuente de energía, permitiendo el uso de opciones limpias cuando sea requerido.

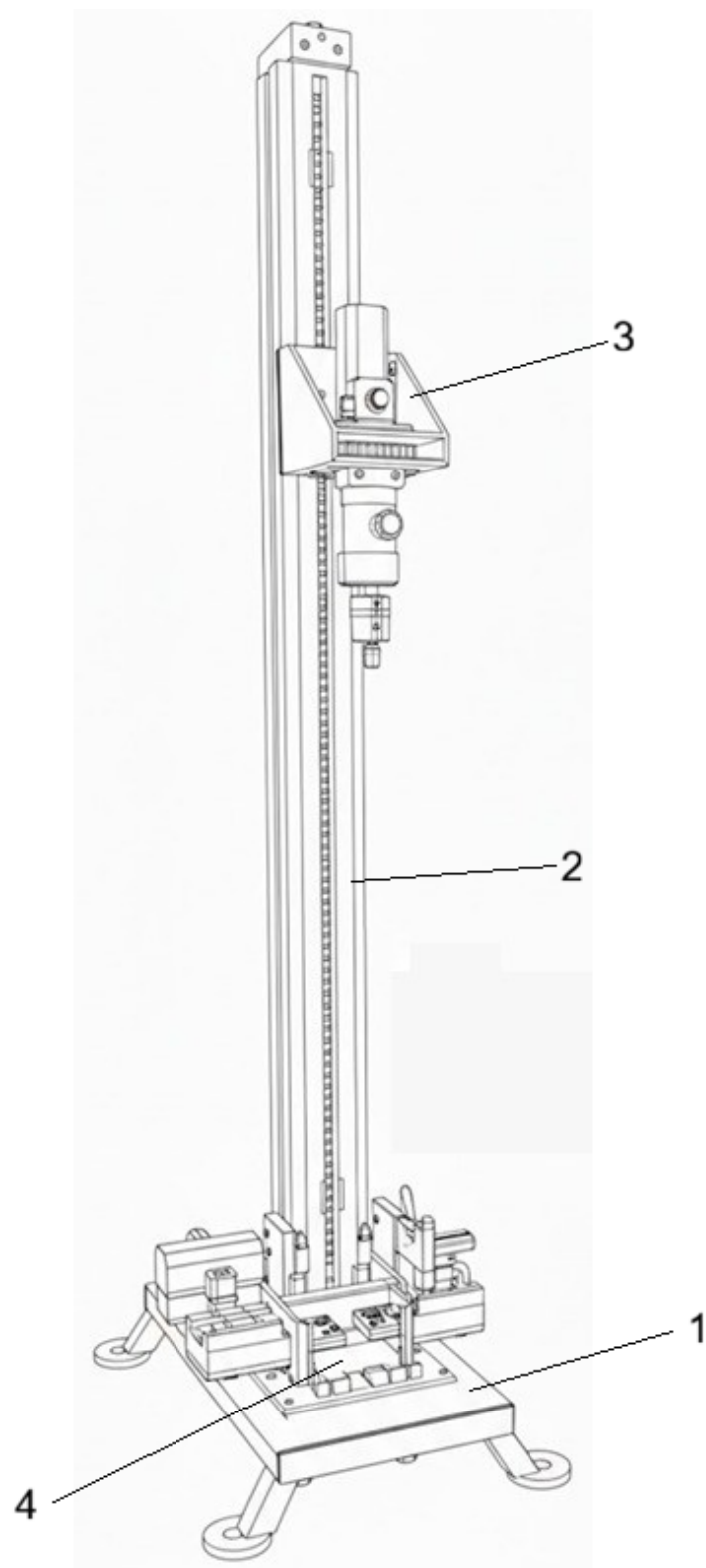


FIG. 1

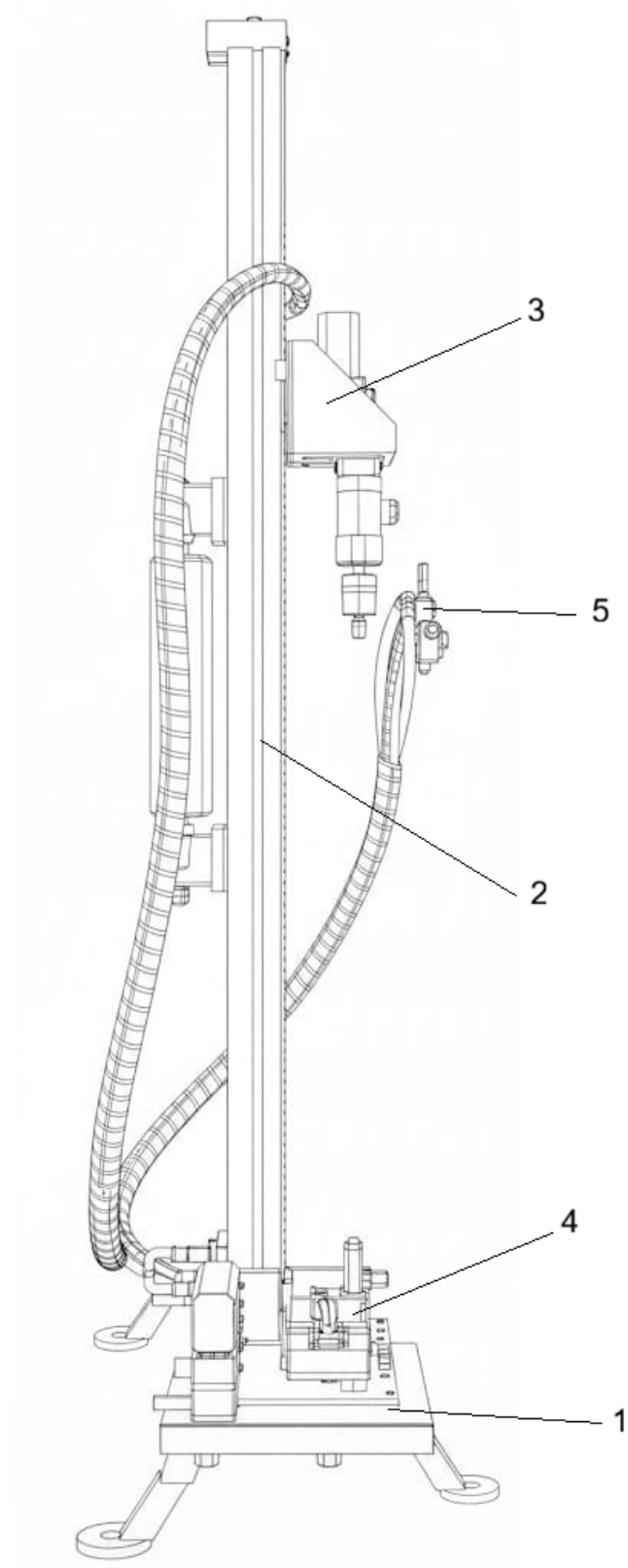


FIG. 2

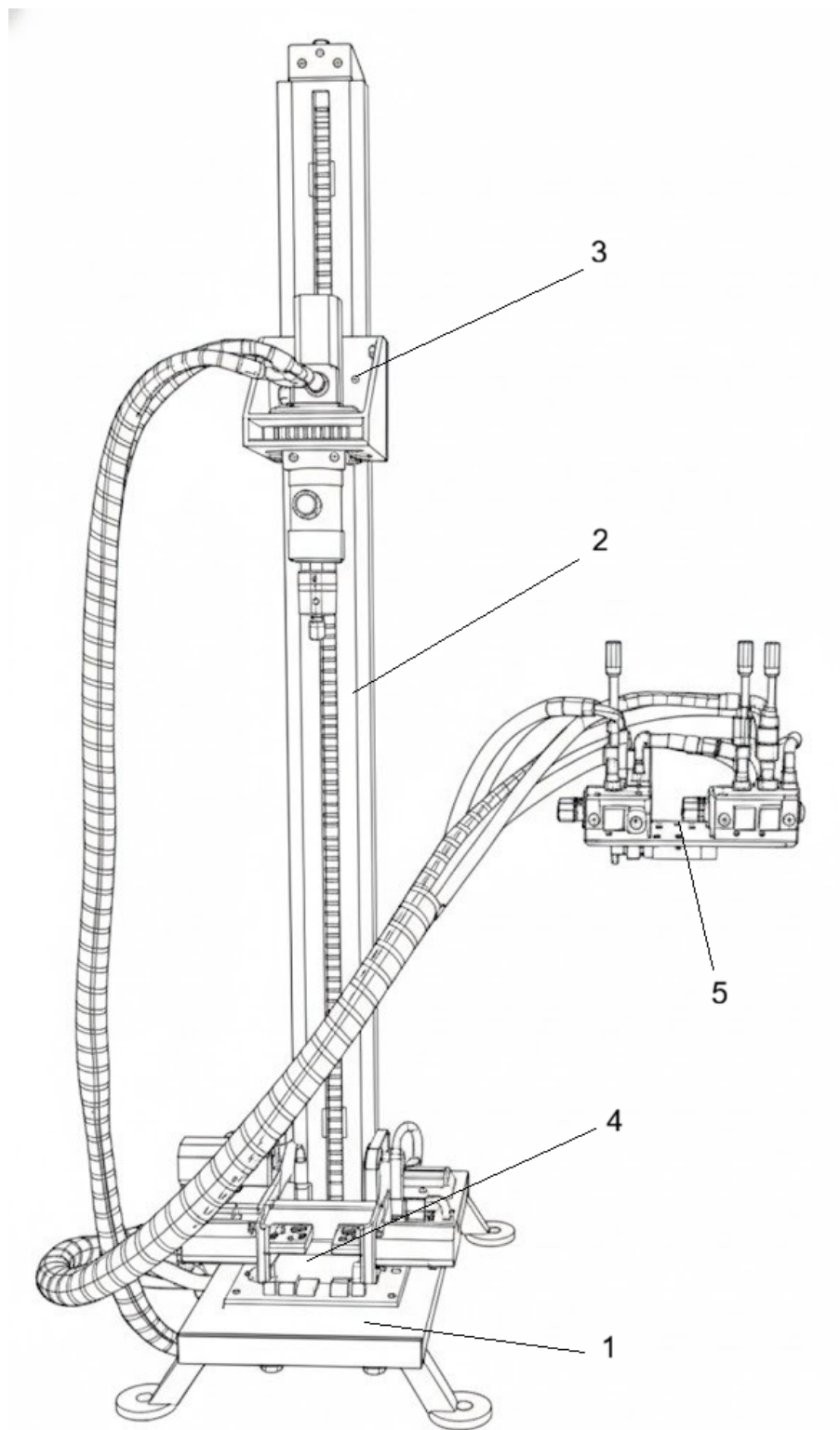


FIG. 3