



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 348 910**

51 Int. Cl.:
E21B 17/01 (2006.01)
E21B 41/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06790028 .2**
96 Fecha de presentación : **28.08.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1987223**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.11.2008**

54 Título: **Sistema de procedimiento de contención de un sistema de producción de explotación sumergido.**

30 Prioridad: **10.02.2006 US 772078 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.12.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.12.2010

73 Titular/es:
ANADARKO PETROLEUM CORPORATION
1201 Lake Robbins Drive
The Woodlands, Texas 77380, US

72 Inventor/es: **Millheim, Keith, K.;**
King, Charles, H. y
Maidla, Eric, E.

74 Agente: **Fàbrega Sabaté, Xavier**

ES 2 348 910 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).

DescripciónCAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se refiere generalmente a procedimientos y medios para mejorar la estabilidad y la seguridad de sistemas de producción y exploración en alta mar, y en un particular, a un procedimiento y a un sistema para contener la liberación de un sistema elevador autoportante sumergido desplegado conjuntamente con una cámara de flotación ajustable.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Se han utilizado innumerables sistemas y procedimientos en un esfuerzo por encontrar y recuperar reservas de hidrocarburos por todo el mundo. Al principio, tales esfuerzos se limitaban a operaciones en tierra que implicaban procedimientos de perforación simples pero efectivos que recuperaban satisfactoriamente reservas de campos grandes y productivos. Sin embargo, conforme el número de campos productivos conocidos menguaba, se volvió necesario buscar en lugares cada vez más remotos, y adentrarse en alta mar en busca de nuevos recursos. Al final, sistemas de perforación sofisticados y técnicas de procesamiento de señales avanzadas permitieron a las compañías petrolíferas y de gas buscar virtualmente hidrocarburos recuperables en cualquier lugar del mundo.

25 Inicialmente, los esfuerzos de producción y exploración en aguas profundas consistían en caras operaciones de perforación a gran escala soportadas mediante sistemas de transporte y almacenamiento en petroleros, debido principalmente al hecho de que la mayoría de los sitios de perforación en alta mar están asociados a condiciones marítimas difíciles y arriesgadas, y por tanto las operaciones a gran escala proporcionaban la manera más estable y rentable de buscar y recuperar reservas de hidrocarburos. Sin embargo, una desventaja primordial del paradigma de gran escala es que los exploradores y productores tienen poco incentivo financiero para explotar reservas más pequeñas, puesto que la potencial recuperación financiera se ve generalmente desviada por el enorme retraso entre exploración y producción (de 3 a 7 años

30

aproximadamente)

y la gran inversión de capital requerida para las plataformas convencionales y las perforaciones relacionadas y los equipos de producción. Además, controles reguladores complejos y la aversión al riesgo que hay en toda la industria han resultado en estandarización, dejando a los operadores pocas oportunidades de modificar significativamente el paradigma predominante. Como resultado, las operaciones de perforación en alta mar se han visto tradicionalmente dificultadas por grandes demoras entre la inversión y los beneficios, por gastos adicionales excesivos, y por estrategias de recuperación lentas e inflexibles impuestas por el entorno operativo.

Más recientemente, se han encontrado emplazamientos de aguas profundas en los que se evita gran parte del peligro y de la inestabilidad presentes en tales operaciones. Por ejemplo, fuera de la costa de Brasil, África Occidental e Indonesia se han identificado emplazamientos de perforación potenciales donde los mares circundantes y las condiciones meteorológicas son relativamente suaves y tranquilos en comparación con otros emplazamientos más imprevisibles como el Golfo de México y el Mar del Norte. Estos emplazamientos recientemente descubiertos tienden a tener características de producción favorables, a producir índices de éxito de exploración positivos y a ser admitidos para la producción utilizando técnicas de perforación simples similares a las que se emplean en operaciones en tierra firme o cercanas a la costa.

Sin embargo, puesto que las distribuciones logarítmicas de reservas recuperables tienden a extenderse a un gran número de campos pequeños, cada uno de los cuales rinde menos de lo que se requeriría normalmente para justificar los gastos de una operación convencional a gran escala, estas regiones están hasta la fecha poco exploradas y poco producidas con respecto a su potencial. Por consiguiente, ya se han descubierto muchos campos más pequeños potencialmente productivos que permanecen sin embargo poco desarrollados debido a consideraciones económicas. En respuesta, exploradores y productores han adaptado sus tecnologías en un intento de obtener mayor rentabilidad reduciendo la escala de las operaciones y reduciendo de otra manera el gasto, de manera que la recuperación de los campos más pequeños tenga más sentido financiero, y el retraso entre

inversión y rentabilidad se reduzca.

Por ejemplo, en la Solicitud de Patente publicada nº US 2001/0047869 A1 y en una serie de solicitudes en trámite y patentes concedidas de Hopper *et al.* relacionadas, se proporcionan diversos procedimientos de perforación de pozos en aguas profundas en los que se pueden realizar ajustes al sistema de perforación para asegurar una mejor tasa de recuperación de lo que de otra manera sería posible con tecnologías de pozo fijo tradicionales. Sin embargo, el sistema Hopper no puede ajustarse durante la realización, el testeo y la producción del pozo, y es especialmente ineficaz cuando el agujero del pozo comienza en una línea de lodo en una posición vertical. El sistema Hopper también falla a la hora de soportar una variedad de cargas de superficie diferentes, y es por tanto autolimitante con respecto al deseo de flexibilidad de las perforadoras durante las operaciones reales. El sistema Hopper también falla a la hora de contemplar cualquier medida de seguridad significativa para proteger la salud del personal de operación o el desembolso de capital de los inversores.

En la Patente U.S. nº 4.223.737 de O'Reilly, se divulga un procedimiento en el que se estudian los problemas asociados con las operaciones de orientación vertical tradicionales. El procedimiento de O'Reilly implica disponer una serie de tuberías dispuestas en horizontal interconectadas en una sarta justo por encima del fondo marino (junto con un dispositivo antierupción y otro equipamiento necesario), y utilizar a continuación un accionamiento o vehículo operado por control remoto para forzar la sarta horizontalmente en el medio de perforación. El sistema de O'Reilly, sin embargo, es inflexible en que no admite su funcionamiento mientras se está realizando y testeando el pozo. Además, el procedimiento no contempla la funcionalidad durante la producción y operaciones de reparación. Por tanto, tal y como se esperaría, O'Reilly falla en mostrar cualquier sistema o procedimiento para mejorar la seguridad del personal o proteger la inversión del operador durante la exploración y la producción. En resumen, la referencia de O'Reilly ayuda únicamente en las etapas iniciales de perforación de un pozo, y por tanto no se vería como una solución sistémica para establecer y mantener de forma segura una operación de producción y exploración en aguas profundas.

Otros operadores de alta mar han intentado resolver los problemas

asociados con la perforación en aguas profundas “elevando el suelo” de un pozo submarino de forma efectiva disponiendo una boca de pozo sumergida encima de una estructura rígida de entubado independiente que está tensada por medio de una cámara flotante llena de gas. Por lo general, este tipo de solución cabe dentro de la clase de sistemas elevadores autoportantes, puesto que incluyen típicamente una serie de segmentos elevadores fijados en una estructura rígida tipo jaula con probabilidades de mantenerse fija o si no fallar en su conjunto como un sistema integrado. Por ejemplo, como puede verse en la Patente U.S. nº 6.196.322 B1 de Magnussen, Atlantis Deepwater Technology Holding Group ha desarrollado un sistema de lecho marino flotante artificial (ABS), que básicamente se trata de una cámara de flotación llena de gas desplegada conjuntamente con uno o más segmentos de entubado dispuestos a una profundidad de entre 183 y 274 metros (600 y 900 pies) debajo de la superficie de un cuerpo de agua. Una vez que se ha instalado la boca del pozo del ABS con un dispositivo antierupción durante la perforación, o con una tubería de producción durante la producción, el ABS imparte flotabilidad y tensión a un elemento de conexión inferior y a todos los entubados internos. El BOP y el elevador (durante la perforación) y la tubería de producción (durante la producción) se soportan por la fuerza de elevación de la cámara de flotación. La desviación de la boca del pozo se controla de manera razonable por medio de una tensión vertical que resulta de la flotación del ABS.

Sin embargo, el sistema ABS de Atlantis es relativamente ineficaz en lo que respecta a varios aspectos prácticos. Por ejemplo, la patente '322 de Magnussen limita de manera específica el despliegue de la cámara de flotación a entornos en los que la influencia de las olas de superficie es prácticamente despreciable, es decir, a una profundidad superior a aproximadamente 152 metros (500 pies) por debajo de la superficie. Los de conocimiento común en la técnica comprenderán que el despliegue a tales profundidades puede ser una solución cara y relativamente arriesgada, puesto que la instalación y el mantenimiento sólo pueden llevarse a cabo mediante buceadores de aguas profundas o vehículos operados por control remoto, y debido al hecho de que aún deba instalarse un sistema de transporte relativamente extenso entre la parte superior de la cámara de flotación y la parte inferior de una embarcación de recuperación asociada con el fin de iniciar la producción desde el pozo.

El sistema Magnussen tampoco contempla múltiples sistemas de anclaje, incluso en casos en los que es probable encontrar entornos de perforación problemáticos. Además, el sistema carece de control alguno, de medios para controlar el ajuste de la tensión vertical o de la profundidad de la boca del pozo durante la producción y de operaciones de reparación, y evita expresamente usar estabilizadores laterales que podrían permitir desplegar la boca del pozo en aguas menos profundas sometidas a fuerzas de mareas y olas más fuertes. La divulgación de Magnussen tampoco contempla ninguna característica de seguridad que proteger al personal y al equipamiento asociados a una operación en caso de soltarse repentinamente, de manera no intencionada la jaula de transporte del fluido.

Sin embargo, en la Solicitud de Patente publicada US 2006/0042800 A1 de Millheim *et al.*, se divulga un sistema y un procedimiento para establecer un sistema de exploración y producción en alta mar en el que se dispone un entubado de pozo en comunicación con una cámara de flotación ajustable y un agujero de pozo realizado en el suelo de un cuerpo de agua. Un elemento de conexión inferior une el entubado del pozo y la cámara, y un elemento de conexión superior une la cámara de flotación ajustable y un elemento terminal del pozo. La flotabilidad ajustable de las cámaras permite a un operador variar la altura o la profundidad del elemento terminal del pozo, y variar la tensión vertical impartida a la perforación y a las sartas de producción durante las operaciones de exploración y de producción. También se divulga un sistema y un procedimiento para ajustar la altura o la profundidad de una boca de pozo mientras que las fuerzas verticales y laterales asociadas permanecen aproximadamente constantes. También se describen una diversidad de elementos aislantes de pozo, estabilizadores laterales y medios de anclaje, así como varios procedimientos de realización de la invención. Sin embargo, hay muy poco análisis detallado de características de seguridad útiles en el caso de que se suelten de forma no intencionada los componentes del sistema.

Por tanto, los sistemas de exploración y producción en alta mar actualmente conocidos, especialmente los que cuentan con la configuración denominada de tipo elevador autoportante, pueden ser susceptibles a una diversidad de fallos de sistema potencialmente catastróficos que podrían llevar a daños o a la destrucción de las plataformas de perforación y de las

embarcaciones de superficie arriba dispuestas (por ej., un equipo de perforación de tipo pontón que flota en la superficie del océano y dispuesto en comunicación con el sistema elevador).

5 Por ejemplo las conexiones del entubado, las conexiones de la boca del pozo, las cámaras de flotación conectadas al conducto elevador, etc. pueden todas ellas fallar, creando de esa manera una condición insegura en la que las fuerzas de flotación y de tensión se liberan repentinamente de un sistema capturado sumergido hacia la superficie del agua. Cuando se produce una liberación de fuerzas de este tipo, los componentes del sistema - por ejemplo
10 una cámara de flotación dispuesta en comunicación con varios miles de pies de tubo elevador - se sueltan hacia la superficie y pueden impactar contra la perforadora y/o contra las embarcaciones de superficie asociadas que dan servicio a un pozo de alta mar. Para los fines de esta divulgación, hay que notar que mientras que muchas de las formas de realización que se describen
15 a continuación se refieren de forma específica a un solo sistema elevador y a sus equivalentes funcionales, los de conocimiento común en la técnica comprenderán que los aspectos de la presente invención son aplicables a virtualmente cualquier tipo de sistema de exploración y producción sumergido en la medida en que se refieran a características destinadas a limitar y
20 controlar los efectos perjudiciales de los componentes del sistema que se sueltan repentina e inesperadamente. La US 2001-0041098 A1 se considera la técnica anterior registrada más cercana. Los números de referencia 114 y 214 de este documento no describen elementos de anclaje en el sentido de la invención. En particular, la referencia 214 indica un anillo actuador, al que se
25 conecta un cable de amarre 116, dicho cable de amarre 116 hace que se rompan las uniones soldadas frangibles y se suelte el anillo actuador, exponiendo un canal con forma circunferencial, lo que produce una purga inmediata y completa de los alojamientos de flotación, haciendo que se vuelvan negativamente flotantes. La US 4.065.822 se refiere a un amarre de un único
30 punto para un cuerpo de agua de alta mar que es capaz de sostener un petrolero durante un periodo de carga o descarga. La GB 2.091.317 se refiere a un sistema elevador flotante para perforaciones de alta mar que se ancla mediante un sistema de cuerdas elásticas.

RESUMEN DE LA INVENCION

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para contener la liberación de un sistema elevador autoportante sumergido según la reivindicación 1.

También se proporciona un sistema para contener la liberación de un sistema elevador sumergido según la reivindicación 7. un tubo elevador autoportante. En un ejemplo adicional de la presente invención, uno o más dispositivos de contención y control se conectan entre la unidad flotante y el elevador superior.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Como se ve en las Figuras 1-4 adjuntas algunos sistemas de exploración y producción de alta mar, especialmente los que cuentan con configuraciones de tipo tubo elevador autoportante, son potencialmente susceptibles a una diversidad de fallos de sistema que podrían llevar a daños o a la destrucción de las plataformas de perforación asociadas y de las embarcaciones de superficie dispuestas arriba (por ej., un equipo de perforación de tipo pontón que flota en la superficie del océano y está dispuesto en comunicación con el sistema elevador).

Por ejemplo, las conexiones del entubado, las conexiones de la boca del pozo, las cámaras de flotación conectadas a un conducto elevador, etc. pueden todas ellas fallar, creando de esa manera una condición insegura en la que las fuerzas de flotación y de tensión se liberan repentinamente de un sistema de exploración o producción sumergido de vuelta hacia la superficie del agua. Cuando se produce una liberación de este tipo, los componentes del sistema - por ejemplo una cámara de flotación dispuesta en comunicación con varios miles de pies de tubo elevador - se sueltan hacia la superficie y pueden impactar contra una perforadora y/o una embarcación de superficie asociadas que dan servicio al pozo.

La FIG. 1, por ejemplo, es una vista lateral de un sistema de exploración y producción de alta mar en el que una unidad de perforación móvil flotante de alta mar 1 está conectada a un elevador superior 2 y a un dispositivo

antierupción 3, que a su vez está conectado a un sistema de tubo elevador autoportante 4. El sistema elevador 4 emplea un dispositivo de flotación 5 para soportar el conducto de tubo elevador 6 desde un elemento de boca de pozo de fondo marino 7. El elemento de boca de pozo 7 está conectado a la parte superior de un elemento de entubado de pozo 8. El elemento de entubado de pozo 8 entra en la línea de lodo o fondo marino 9.

En la práctica, la unidad flotante 1 puede comprender cualquier número de embarcaciones o estructuras utilizadas como estaciones de superficie para recibir los hidrocarburos producidos desde los pozos de alta mar. Además de una unidad de perforación de alta mar móvil (o "MODU"), algunos otros ejemplos de elementos de estaciones receptoras incluyen: buques u otras embarcaciones; estructuras de exploración y producción temporales o permanentes como perforadoras y similares; perforadoras de tipo pontón; petroleros; una embarcación flotante de producción, almacenamiento y descarga ("FPSO"); una unidad de producción flotante ("FPU"); y otras unidades receptoras representativas que resultarían conocidas para alguien de conocimiento común en la técnica.

Habría que comprender que el elevador superior 2 puede comprender cualquier número de equivalentes estructurales o funcionales que tengan el propósito de facilitar la transferencia de hidrocarburos desde un conducto de tubo elevador 6 hasta la estación receptora. Por ejemplo, el elevador 2 puede comprender un tubo de perforación flexible, un entubado, una sarta de tuberías rígidas, etc., o contenidas en el interior de una tubería o vaina exterior, o en vez de ello funcionar como un medio directo de transferencia de hidrocarburos. Para los fines de esta solicitud, todos los medios de comunicación de fluidos de este tipo se denominarán por lo general "elevadores".

Al igual que el elevador superior 2, el sistema elevador autoportante 4 también facilita la conexión de una o más bocas de pozo a uno o más pozos sumergidos, y/o a un conducto elevador, un elemento de flotación, etc., según dicten los requerimientos operacionales. El sistema elevador 4 puede comprender cualquiera de un número de equivalentes estructurales o funcionales que tengan un propósito de facilitar la transferencia de fluidos desde un pozo hasta una superficie o estación receptora cercana a la superficie que, en algunas formas de realización, es autoportante y se dispone

esencialmente bajo una tensión flotante continua. El conducto elevador está típicamente hecho de uno o más dispositivos de comunicación de fluidos conocidos, por ejemplo, un tubo elevador u otro tipo de elemento de conexión adecuado, como una tubería de longitud enrollada tubular, o un conjunto de tubo elevador convencional. El elemento de flotación está típicamente sumergido en el mar, y puede comprender una cámara de flotación situada en una parte superior del conducto elevador. La flotabilidad relativa del elemento de flotación aplica tensión al conducto elevador, estableciendo de esa manera una plataforma sumergida de conjuntos desde los que puedan ensamblarse o fijarse una boca de pozo, un dispositivo antierupción, un conducto elevador, etc., conectados al elemento de estación receptora.

La FIG. 2 es una vista lateral de un sistema elevador autoportante 4 dispuesto en comunicación con un dispositivo de flotación 5, que carece de un elevador convencional o dispositivo antierupción y que en vez de ello está tapado por un elemento aislante de pozo como una válvula de bola, o un ariete de corte, etc. El dispositivo de flotación 5 se utilizará para conectar el conducto elevador 6 desde un elemento de boca de pozo de fondo marino 7 hasta una unidad perforadora móvil de alta mar 1 u otra unidad de exploración o producción representativa que flota arriba. Como se ha visto, las fuerzas de tensión asociadas al conducto elevador 6 como resultado de su comunicación con el dispositivo de flotación 5 están contenidas solamente por el elemento de boca de pozo 7, que está anclado por el elemento de entubado de pozo 8 al fondo marino.

La FIG. 3 es una vista lateral de un sistema de producción y exploración de alta mar que tiene un elevador superior 2 y un dispositivo antierupción 3, ilustrados durante la iniciación de una liberación sumergida no intencionada a lo largo de una longitud del conducto elevador 6, ilustrándose la dirección de las fuerzas liberadas asociadas mediante líneas que apuntan hacia arriba 10. Como se aprecia claramente en la ilustración, este fallo particular en un único punto hará que el dispositivo de flotación 5 se lance repentinamente y enérgicamente hacia la superficie. De hecho, una liberación o un fallo de este tipo del sistema elevador 4 que se produzca entre el dispositivo de flotación 5 y el entubado de pozo 8 provocará una liberación flotante de tipo proyectil de los componentes del sistema desconectados directamente hacia la unidad de

perforación móvil de alta mar 1. Por ejemplo, un fallo o una liberación de la conexión de la boca del pozo de entubado desde el fondo marino, o elemento de boca de pozo 7 desde el elemento de entubado de pozo 8, dejará libre alguna parte del conducto elevador 6 y todo el dispositivo de flotación 5, transfiriendo así las fuerzas de flotación asociadas al dispositivo antierupción 3 y elevador superior 2. El daño principal obviamente puede producirse cuando el elevador superior 2 se acelera y choca contra la unidad de perforación móvil de alta mar 1, creando así un punto de impacto de daño fuertemente concentrado 11 que está pobremente equipado para manejar la aplicación repentina e inesperada de tal enorme fuerza. Otros puntos de ejemplo de eventos de liberación o fallo podrían incluir un punto de fallo 12 que se produzca cerca de la base del conducto elevador 6, un punto de fallo 12' en cualquier punto a lo largo de la longitud del conducto elevador 6, y un punto de fallo 12'' que se produzca cerca de la parte superior del conducto elevador 6, que también está cerca del dispositivo de flotación 5. En resumen, la liberación repentina del conducto elevador también liberará todas las fuerzas de tensión y flotantes previamente contenidas presentes en el sistema, haciendo por tanto que el elevador superior 2 suba rápidamente y causando posiblemente daños importantes a la unidad de perforación móvil de alta mar 1.

La FIG. 4 es una vista lateral de una unidad de estación receptora 1', ilustrada antes de la instalación de un conjunto elevador superior y dispositivo antierupción y mientras se somete a un fallo catastrófico u otra liberación no intencionada a lo largo de la longitud del sistema elevador 4, y que ilustra adicionalmente puntos de impacto potenciales 13, 13' del dispositivo de flotación 5 en el cuerpo o elementos de soporte de la estación receptora 1'. Como se ha visto, el sistema elevador 4 ha sufrido un fallo de sistema catastrófico en el que el conducto elevador 6 se ha desprendido en el punto de fallo 14''. Dependiendo de la orientación del conducto 6 en el instante del fallo de sistema, la cámara de flotación 5, que se encontraba unida al conducto elevador 6 para proporcionar tensión durante la exploración y la producción, se libera repentinamente junto con hasta varios miles de pies de tubo elevador colgante de vuelta hacia la superficie del agua, donde impacta con el punto de impacto vertical 13 dispuesto cerca de una parte inferior de una estación receptora, causando nuevamente una condición insegura en la que se pierde

toda la estación receptora, y tal vez todo o un porcentaje importante del equipamiento y del personal asociados.

Alternativamente, o en combinación, pueden producirse otros puntos de fallo como, por ejemplo, fallo en los puntos 14 y/o 14'. Como reconocerán fácilmente los de conocimiento común en la técnica, tales fallos pueden producirse como resultado de un fallo mecánico, descomposición de material atribuible a la corrosión, etc., o en respuesta a fuerzas de flexión aplicadas al conducto de entubado 6. Las fuerzas laterales, como las que resultan de corrientes cruzadas asociadas con profundidades de agua concretas, también pueden provocar la flexión o la rotura, y también pueden provocar la inclinación o desviación lateral del ángulo al que las fuerzas dirigidas de otra manera hacia arriba ocurren en la práctica. Como se ha visto, un elevador 6' así inclinado o lateralmente desviado podría impactar contra un pontón o un brazo transversal, creando así un punto de impacto 13' y dañando de forma severa el elemento de estación receptora 1' y/o otras unidades flotantes como embarcaciones de trabajo o líneas de transmisión flotantes.

Como se ha visto en las formas de realización a modo de ejemplo de las Figuras 5-6, se proporciona un sistema de control de liberaciones catastróficas que comprenden por una red de elementos de contención (por ej., cadenas, cables, líneas de tensión ajustables, etc.) dispuestos entre unos medios de anclaje y uno o más puntos predeterminados a lo largo de la longitud del conducto elevador. Un número de posibles puntos de conexión y medios mediante los cuales puede verse afectada la conexión se divulga expresamente en los dibujos, aunque alguien con conocimiento común en la técnica comprenderá que un gran número de otros medios de conexión y puntos de unión son actualmente contemplados, determinándose la naturaleza precisa de cada uno mediante variables operacionales, por ejemplo, las condiciones marítimas en las que se producen las operaciones, los diversos materiales utilizados para construir el sistema, el alcance y la importancia de las fuerzas de las mareas y de las olas, etc. Emparejando medios de conexión y puntos de unión apropiados conjuntamente con un entendimiento de las variables operacionales relacionadas, se obtiene un sistema en el que el elevador o conducto de entubado se contiene incluso en el caso de un fallo de sistema de otra manera catastrófico.

En referencia ahora a la forma de realización de la invención específica y no limitante ilustrada en la FIG. 5, se proporciona un sistema para controlar la liberación no intencionada de sistemas elevadores autoportantes, que comprende una pluralidad de puntos de anclaje 100 a 109 dispuestos en el sistema elevador con unos elementos de contención 200 a 209 conectados a los puntos de anclaje. En la presente ilustración, el sistema autoportante 4 no está aún conectado a la unidad de superficie superior 1', y por lo tanto no se encuentra presente ningún elevador de conexión o dispositivo antierupción. La cámara de flotación 5 conecta el conducto elevador 6 a un elemento de boca de pozo del fondo marino 7, y se ilustra una manera en la que los dispositivos de contención pueden desplegarse en la práctica para fines de ilustración de la invención.

Por ejemplo, uno o más medios de anclaje se ilustran mediante puntos de anclaje 100 a 109. En esta forma de realización particular, se dispone un anclaje en el elevador de entubado, elemento de flotación y partes inferiores del sistema elevador 4. Los puntos de anclaje 101 a 106 se muestran en este ejemplo como dispuestos en la parte del conducto elevador 6 del sistema elevador 4. Los puntos de anclaje 100 se disponen en el dispositivo de flotación 5, y los puntos de anclaje 107 se disponen en el elemento de boca de pozo 7. También puede desplegarse un anclaje redundante o alternativo en el fondo marino, conectándose por ejemplo a una placa soporte o una masa, o al fondo marino o línea de lodo utilizando anclajes por succión, etc., como se ilustra mediante los puntos de anclaje 109. También puede emplearse un anclaje adicional o alternativo en el elemento de entubado de pozo 8, como se ilustra por los puntos de anclaje 108.

Los elementos de contención pueden formarse a partir de cualquiera de varios materiales y componentes anteriormente conocidos, dependiendo de los requerimientos específicos de ingeniería, ambientales y de soporte de peso dictados por el entorno operacional. Ejemplos incluyen, pero no se limitan necesariamente a, cadenas, cable, cuerda, cuerda elástica, muelles de extensión, y muelles de extensión de recorrido limitado, etc. En cualquier caso, los diversos elementos de contención se unen entre puntos de anclaje de manera que un extremo de un elemento de contención se une a un primer punto de anclaje, mientras que el otro extremo del elemento de contención se

conecta a un segundo punto de anclaje. Una pluralidad de elementos de contención 200 a 209 conecta diversas partes del conducto elevador 6 desde el elemento de boca de pozo 7 hasta el dispositivo de flotación 5, afectando de esa manera a una red de elementos de contención que atan unos puntos a lo largo del sistema elevador.

La red de elementos de contención anteriormente mencionada puede desplegarse de forma variable en una diversidad de configuraciones. Como se muestra en el ejemplo de forma de realización de la FIG. 5, los elementos de contención 201 a 209 se disponen interconectados entre sí, en forma de una “cadena tipo margarita”, con por lo menos dos elementos de contención dispuestos encima o cerca de cada uno de los puntos de anclaje. Por ejemplo, el elemento de contención 201 se conecta al punto de anclaje 101 y al punto de anclaje 102, mientras que el elemento de contención 202 se conecta al punto de anclaje 102 y al punto de anclaje 103. De manera similar, el elemento de contención 203 se conecta al punto de anclaje 103 y al punto de anclaje 104, el elemento de contención 204 se conecta al punto de anclaje 104 y al punto de anclaje 105, el elemento de contención 205 se conecta al punto de anclaje 105 y al punto de anclaje 106, el elemento de contención 206 se conecta al punto de anclaje 106 y al punto de anclaje 107, etc. En la forma de realización ilustrada, un elemento de contención terminal 200 se dispone en el punto de anclaje 100 del dispositivo de flotación 5. La contención del sistema elevador que utiliza cadenas, cables o líneas de tensión ajustables, etc., unido tanto a un ancla como a uno o más puntos predeterminados a lo largo del conducto evitará que la cámara y el elevador de entubado se suelten e impacten contra una embarcación de superficie o perforadora asociada. En la forma de realización ilustrada, se disponen elementos de contención terminales redundantes en uno o más puntos de anclaje 106, 107, 108 y 109. La red forma un enlace continuo desde el elemento de flotación de vuelta a la base del fondo marino, en este ejemplo, un conjunto tipo cadena 20 dispuesto en interconexión mutua a lo largo de toda la longitud del entubado o conducto elevador 6.

Continuando en relación con la FIG. 5, se ilustran dos cadenas separadas de elementos de contención, es decir, las cadenas 20 y 20', aunque alguien con conocimiento común en la técnica comprenderá que también una sola cadena 20 puede bastar, mientras que pueden disponerse cadenas de

elementos de contención adicionales (no ilustradas) para conectar cadenas de contención separadas en la forma de una red. Por ejemplo, puede disponerse un número de elementos de contención en un único punto de anclaje, o a proximidad física relativamente cercana entre sí. Por tanto, la red de elementos de contención puede utilizarse para formar múltiples enlaces continuos, en los que cualquier enlace particular puede o no estar enlazado con cualquier otro. En una forma de realización adicional, algunos de los elementos de contención se disponen de forma escalonada de manera que diversos elementos de contención individuales no necesitan compartir un punto de anclaje común, mientras siguen formando una conexión continua a lo largo de la longitud del elevador de entubado. En otra forma de realización más, la red de elementos de contención cubre únicamente una extensión parcial del sistema elevador completo.

En otra forma de realización más, la FIG. 5 ilustra un par de medios de anclaje y correspondientes conexiones para diversos elementos de contención. Por ejemplo, los puntos de anclaje 101 y 102 se disponen a proximidad física relativamente cercana entre sí. El elemento de contención complementario 201 se conecta entonces entre el punto de anclaje 101 y el punto de anclaje 102. En al menos una forma de realización, la parte de entubado o conducto elevador 6 entre el punto de anclaje 101 y el punto de anclaje 102 representa la ubicación de un reborde o acoplamiento, un punto de rotura intencionadamente creado, o un punto de flexión potencial que requiere un anclaje redundante para una seguridad adicional.

En resumen, el sistema elevador modificado, una vez fijado por una o más redes de elementos de contención, previene la liberación no intencionada de tipo proyectil de un dispositivo de flotación y el elevador de entubado asociado, previniendo de esa manera que se suelte hacia la superficie y evitando un posible impacto contra una estación receptora, o con una perforadora asociada o embarcación dispuesta de manera próxima.

Como se ha visto en las FIGS. 6-7, también se proporcionan características de seguridad redundantes para perforadoras y embarcaciones de superficie de servicio, de manera que se proporciona seguridad adicional para los operadores en el caso de que una liberación sumergida no intencionada del entubado, etc., alcance la superficie a pesar de las

características de seguridad sumergida anteriormente divulgadas. Por ejemplo, pueden disponerse uno o más pistones u otros dispositivos amortiguadores cerca de una parte inferior de una perforadora o plataforma con el fin de absorber y disipar la energía ascendente de uno o más componentes del sistema elevador liberados. Dispositivos de absorción de fuerza apropiados pueden comprender un sistema de muelles, cilindros hidráulicos o de gas, etc., y se disponen de manera óptima de tal manera que se requieran el menor número posible de dispositivos para absorber y disminuir incluso la fuerza máxima que una liberación del elevador repentina e incontrolada podría suministrar. Por ejemplo, un sistema de muelles o cilindros puede disponerse en la parte inferior de una perforadora en un ángulo de aproximadamente cuarenta y cinco grados o similar (medido con respecto a la dirección del probable impacto del elevador) con el fin de absorber y disipar las fuerzas de llegada. Sin embargo, en vez de la configuración óptima pueden emplearse cualquier sistema de absorción de fuerza adecuado para instalación en una perforadora o plataforma, o incluso la parte inferior de una embarcación, y tantos dispositivos de ese tipo y ángulos de inclinación y declinación según pueda requerirse para absorber y disminuir una fuerza de impacto.

La FIG. 6 es una vista lateral de un ejemplo de sistema de exploración y producción de alta mar en el que una unidad de producción flotante superior 1' se conecta a un elevador superior 2 y a un dispositivo antierupción 3. El dispositivo antierupción 3 se dispone en comunicación mecánica con un sistema elevador de entubado autoportante 4. En una forma de realización de la invención, tanto la unidad de producción flotante superior 1' como el sistema elevador 4 emplean sistemas de contención separados. En el caso de liberación o fallo del sistema de elevación, y en ausencia o fallos del sistema elevador 4 se emplean una red de elementos de contención para retardar la liberación tipo proyectil no intencionada de componentes del sistema sumergido hacia la superficie, se emplean uno o más medios de absorción dispuestos en la unidad de producción flotante superior 1' para absorber; desviar, y de otra manera reducir o interceptar la fuerza de impacto asociada al dispositivo de flotación liberado 5 y al conducto elevador de servicio 6. Como se muestra en el ejemplo ilustrado, se disponen muelles hidráulicos 300 en un ángulo de aproximadamente cuarenta y cinco grados en la infraestructura

inferior de la unidad de producción flotante superior 1', y pueden emplearse solos o en combinación con una pluralidad de elementos de contención inferiores 200 a 209 (véase la FIG., 5) dispuestos en el sistema elevador 4. También se contemplan otros medios de absorción, por ej., muelles, cilindros de gas, cilindros hidráulicos, muelles de extensión, muelles de extensión de recorrido limitado, cilindros de gas que pueden purgarse, etc.

En un ejemplo alternativo, se disponen muelles hidráulicos 300 en un ángulo aproximado de entre treinta y cuarenta y cinco grados medidos con respecto a la dirección de probable impacto del elevador. En este ejemplo, el probable impacto del elevador se mide de forma aproximada desde una ubicación vertical situada directamente debajo de la unidad de producción flotante superior 1', puesto que el elemento de boca de pozo 7 en este ejemplo está directamente debajo de la unidad flotante superior 1'. Por lo tanto se disponen muelles hidráulicos 300 en la parte inferior de la unidad de producción flotante superior 1' en un ángulo de aproximadamente treinta a cuarenta y cinco grados medidos con respecto al eje vertical, longitudinal de los conductos elevadores sumergidos 2, 6. Sin embargo, habría que notar que un elemento de boca de pozo 7 o un sistema elevador asociado 4 también puede desplazarse lateralmente desde un elemento de estación receptora, y la dirección del probable impacto del elevador a un elemento de estación receptora particular puede originarse a partir de otros diversos ángulos de ascensión de componentes del sistema liberados.

Todavía pueden emplearse medios adicionales para reducir o eliminar las fuerzas ascendentes de tipo proyectil en el caso de una liberación del sistema elevador no intencionada repentina. Por ejemplo, un medio mecánico para estabilizar directamente un elemento de flotación liberado de forma no intencionada ayudará a contener la extensión angular de ubicaciones de impacto potenciales, y a reducir las fuerzas de llegada de tipo proyectil antes del impacto. Tales medios, cuando se disponen en comunicación con un medio dispuesto en el elemento de estación receptora para absorber el impacto o con una red de elementos de contención dispuestos en la red elevadora, o ambos, reducirán de manera cumulativa la posibilidad de daños serios a partir de un fallo o una liberación no intencionada del sistema elevador.

Un medio para estabilizar el elemento de flotación comprende un medio

para reducir la rotación del elemento de flotación en el caso de un anclaje inadecuado o el movimiento tipo proyectil no intencionado del elemento de flotación. En un ejemplo, se disponen una pluralidad de elementos deflectores (no mostrados) alrededor de la periferia de las superficies exteriores cilíndricas del dispositivo de flotación 5. En otro ejemplo, se disponen una pluralidad de planos tipo aleta en las superficies exteriores del dispositivo de flotación 5 y se extienden hacia fuera de los mismos. En un ejemplo particular, se disponen una pluralidad de elementos de deriva de tipo plano o curvado alrededor de la periferia de las superficies cilíndricas del dispositivo de flotación 5, proporcionando así resistencia a las fuerzas rotacionales de otra manera incontroladas, que puede resultar en fuerzas de excesiva tensión sobre los elementos de contención 200 a 209 (véase la FIG. 5). En resumen, deflectores, aletas y otros dispositivos de este tipo prestan estabilidad adicional a los sistemas de cámara de flotación dinámicamente posicionadas y relativamente fijas controlando las corrientes submarinas laterales, y retardando la rotación de la cámara de flotación, que a su vez puede reducir de manera importante o prevenir las fuerzas de cizalladura sobre el conducto elevador 6 y el elemento de boca de pozo sumergido 7.

Otro medio más para estabilizar la liberación no intencionada de una cámara de flotación comprende un medio para inundar el elemento de flotación cuando se detecta la liberación del sistema elevador. En un ejemplo, se disponen una serie de cierres sensibles a la presión en las superficies superiores del elemento de flotación. Los cierres ceden cuando la presión exterior al elemento de flotación excede sobremanera la presión interior del elemento de flotación, como ocurriría en el caso de que un sistema elevador con un elemento de flotación se liberara repentinamente hacia la superficie de manera incontrolada. En esta forma de realización, el agua de mar inunda el elemento de flotación y retarda la fuerza flotante con la que el sistema elevador liberado se acerca a la superficie del agua. El medio para facilitar la inundación de la cámara puede funcionar directamente (por ejemplo, en el caso en el que los cierres estén formados a partir de un material suficientemente más débil que los materiales circundantes de la cámara de manera que los cierres cederán durante el curso normal de una liberación repentina) o indirectamente (como cuando el hundimiento de los cierres se inicia mediante un sensor de

presión diferencia o similar).

La FIG. 7 es una vista lateral de un sistema de exploración y producción de alta mar en el que la unidad de producción flotante superior 1' está conectada a un elevador superior 2 y a un conjunto dispositivo antierupción; el dispositivo antierupción está a su vez mecánicamente conectado a un conducto elevador inferior 6. En otro ejemplo más de la invención, pueden conectarse una pluralidad de dispositivos de contención entre la unidad flotante superior 1' y el elevador superior 2. Como se muestra en el ejemplo ilustrado, se disponen muelles hidráulicos 300' en la infraestructura inferior de la unidad de producción flotante superior 1'. Pueden emplearse otros medios, como el uso de muelles, cilindros de gas, cilindros hidráulicos, muelles de extensión, muelles de extensión de recorrido limitado, cilindros de gas que pueden purgarse, etc. En este ejemplo particular, se disponen unos muelles hidráulicos 300' en un ángulo de declinación de aproximadamente treinta a cuarenta y cinco grados medido con respecto a la dirección del probable impacto del elevador.

La anterior especificación se proporciona únicamente con fines ilustrativos, y no pretende describir todos los posibles aspectos de la presente invención. Además, mientras que la invención se ha mostrado y descrito en detalle con respecto a varias formas de realización de ejemplo, aquellos con conocimiento común en la técnica pertinente comprenderán que también pueden realizarse cambios en la descripción, y otras diversas modificaciones, omisiones y añadidos sin alejarse del alcance de las reivindicaciones.

Reivindicaciones

1. Un procedimiento para contener la liberación de un sistema elevador autoportante sumergido (4), que está anclado al fondo marino, cuyo sistema elevador (4) facilita la transferencia de fluidos y está dispuesto bajo tensión flotante esencialmente continua, dicho procedimiento comprendiendo las etapas de:
- 5
- 10 disponer una pluralidad de elementos de anclaje (100-109) en una pluralidad de puntos predeterminados a lo largo de la longitud de dicho sistema elevador (4); y
- disponer una pluralidad de elementos de contención (201-209) en comunicación con dicha pluralidad de elementos de anclaje (100-109), de manera que en caso de fallo u
- 15 otra liberación no intencionada a lo largo de la longitud del sistema elevador (4), la pluralidad de elementos de contención (201-209) previene que el sistema elevador (4) se suelte e impacte contra una unidad flotante asociada (1) o embarcación en la superficie del mar.
- 20 **2.** El procedimiento de la Reivindicación 1, en el que dicha etapa de disposición de los elementos de anclaje comprende adicionalmente una etapa de disposición de uno o más elementos de anclaje (100) en comunicación con un elemento de flotación asociado (5).
- 25 **3.** El procedimiento de la Reivindicación 2, en el que dicha etapa de disposición de los elementos de anclaje (100-109) comprende adicionalmente una etapa de disposición de uno o más elementos de anclaje sobre
- 30 a. por lo menos una superficie de dicho elemento de flotación (5); y/o
- b. por lo menos una parte longitudinal de un segmento elevador superior (2) dispuesto encima de dicho elemento de flotación (5); y/o
- c. sobre por lo menos una parte longitudinal (6) de un segmento elevador inferior (4) dispuesto debajo de dicho elemento de flotación

(5); y/o

d. sobre por lo menos una parte de un entubado de pozo (8) asociado; y/o

e. sobre por lo menos una parte de un fondo marino (9) asociado; y/o

f. sobre por lo menos una parte del fondo marino (9) dispuesta por debajo de la línea de lodo.

4. El procedimiento de la Reivindicación 1, en el que dicha etapa de disposición de una pluralidad de elementos de contención (201-209) comprende adicionalmente una etapa de disposición de un elemento de contención

a. entre un primer punto predeterminado y un segundo punto predeterminado dispuestos a lo largo de una longitud del sistema elevador (4); y/o

b. entre el elemento de flotación (5) y un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema; y/o

c. entre un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador y una boca de pozo (7) dispuesta en comunicación con dicho sistema elevador (4); y/o

d. entre un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador (4) y un punto predeterminado dispuesto por debajo de una boca de pozo asociada a dicho sistema elevador (4); y/o

e. entre un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador (4) y un punto predeterminado dispuesto por debajo de la línea de lodo del fondo marino.

5. El procedimiento de la Reivindicación 1, en el que dicha etapa de disposición de una pluralidad de elementos de anclaje comprende adicionalmente una etapa de disposición de por lo menos un elemento de anclaje entre un primer punto predeterminado y un segundo punto predeterminado situados a lo largo de una o más longitudes de dicho

sistema elevador (4), en el que dicho primer punto predeterminado y dicho segundo punto predeterminado están dispuestos funcionalmente uno muy próximo al otro, constituyendo de esa manera una pareja de anclaje efectiva.

5

6. El procedimiento de la Reivindicación 5, en el que dicha etapa de disposición de una pluralidad de elementos de anclaje comprende adicionalmente una etapa de disposición de por lo menos un elemento de contención adicional entre dicho primer punto predeterminado y dicho segundo punto predeterminado de dicha pareja de anclaje.

10

7. Un sistema para contener la liberación de un sistema elevador autoportante sumergido (4), que está anclado al fondo marino, cuyo sistema elevador (4) facilita la transferencia de fluidos y está dispuesto bajo tensión flotante esencialmente continua, dicho sistema comprendiendo:

15

una pluralidad de elementos de anclaje (100-109) dispuestos en una pluralidad de puntos predeterminados a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador (4); y

20

una pluralidad de elementos de contención (201-209) dispuestos en comunicación con dicha pluralidad de elementos de anclaje (100-109).

25

8. El sistema de la Reivindicación 7, en el que dicho sistema comprende adicionalmente uno o más elementos de anclaje (100-109) dispuestos en comunicación con un elemento de flotación asociado (5).

30

9. El sistema de la Reivindicación 8, en el que dicho sistema comprende adicionalmente uno o más elementos de anclaje (100-109) dispuestos

a. sobre por lo menos una superficie de dicho elemento de flotación (5); y/o

b. sobre por lo menos una parte longitudinal de un segmento

elevador superior (2) dispuesto por encima de dicho elemento de flotación (5); y/o

5 c. sobre por lo menos una parte longitudinal de un segmento elevador inferior (6) dispuesto por debajo de dicho elemento de flotación (5); y/o

d. sobre por lo menos una parte de un entubado de pozo (8) asociado; y/o

e. sobre por lo menos una parte de un fondo marino (9) asociado; y/o

10 f. sobre por lo menos una parte del fondo marino (9) dispuesta por debajo de la línea de lodo.

10. El sistema de la Reivindicación 7, en el que dicho sistema comprende adicionalmente por lo menos un elemento de contención dispuesto

15 a. entre un primer punto predeterminado y un segundo punto predeterminado dispuestos a lo largo de una longitud del sistema elevador (4); y/o

20 b. entre el elemento de flotación (5) y un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador (4); y/o

c. entre un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador (4) y una boca de pozo (7) dispuesta en comunicación con dicho sistema; y/o

25 d. entre un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador (4) y un punto predeterminado dispuesto por debajo de una boca de pozo (7) asociada a dicho sistema; y/o

e. entre un punto predeterminado a lo largo de una longitud de dicho sistema elevador (4) y un punto predeterminado dispuesto por debajo de la línea de lodo del fondo marino.

30 **11.** El sistema de la Reivindicación 7, en el que dicho sistema comprende adicionalmente por lo menos un elemento de anclaje dispuesto entre un primer punto predeterminado y un segundo punto predeterminado situados a lo largo de una o más longitudes de dicho sistema elevador

(4), en el que dicho primer punto predeterminado y dicho segundo punto predeterminado están dispuestos funcionalmente uno muy próximo al otro, constituyendo de esa manera una pareja de anclaje efectiva.

- 5 **12.** El sistema de la Reivindicación 11, en el que dicho sistema comprende adicionalmente por lo menos un elemento de contención adicional dispuesto entre dicho primer punto predeterminado y dicho segundo punto predeterminado de dicha pareja de anclaje.

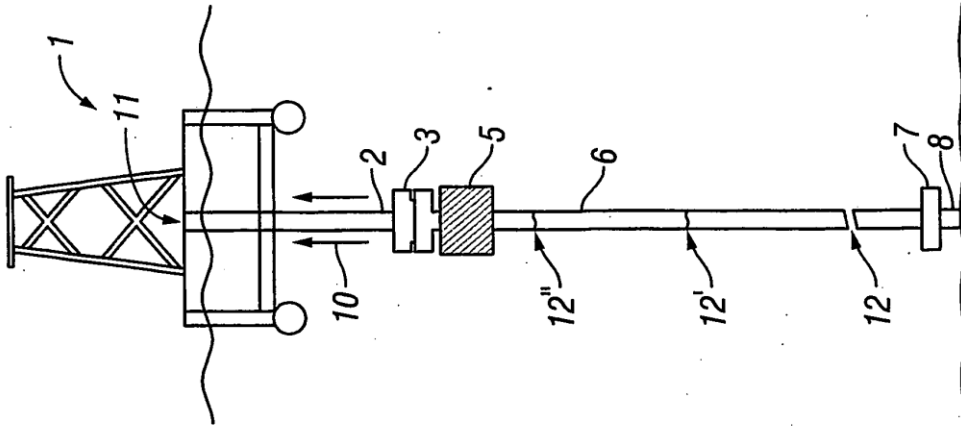


FIG. 1

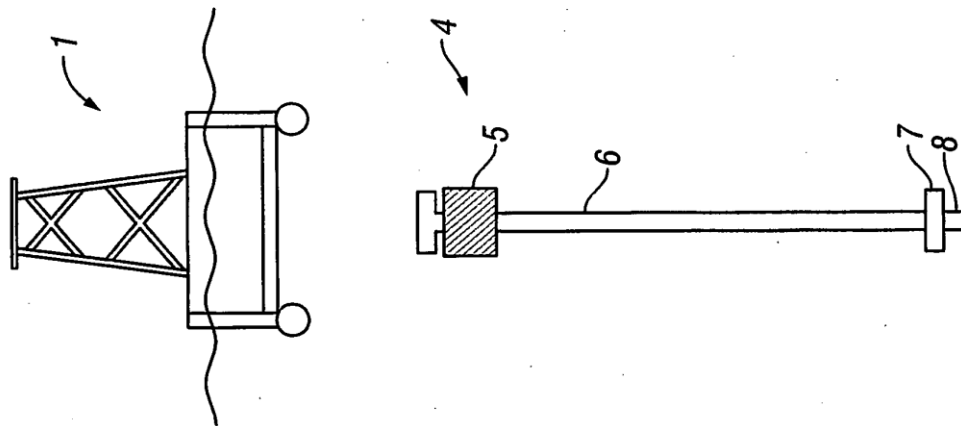


FIG. 2

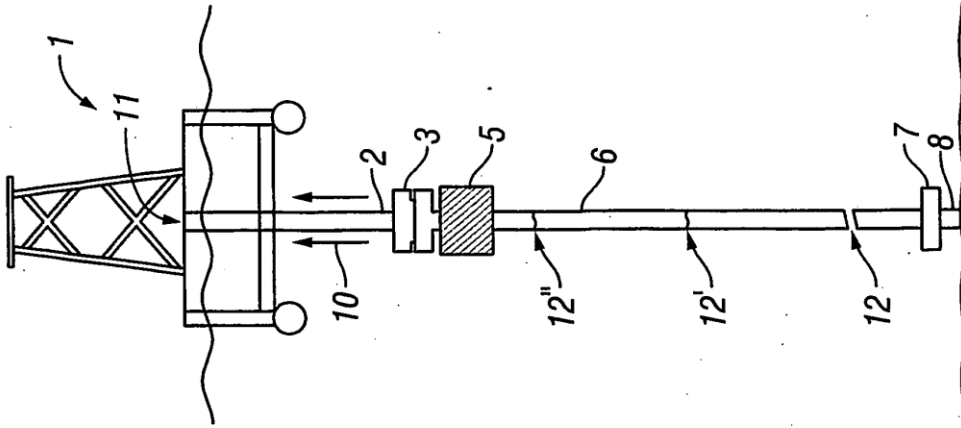


FIG. 3

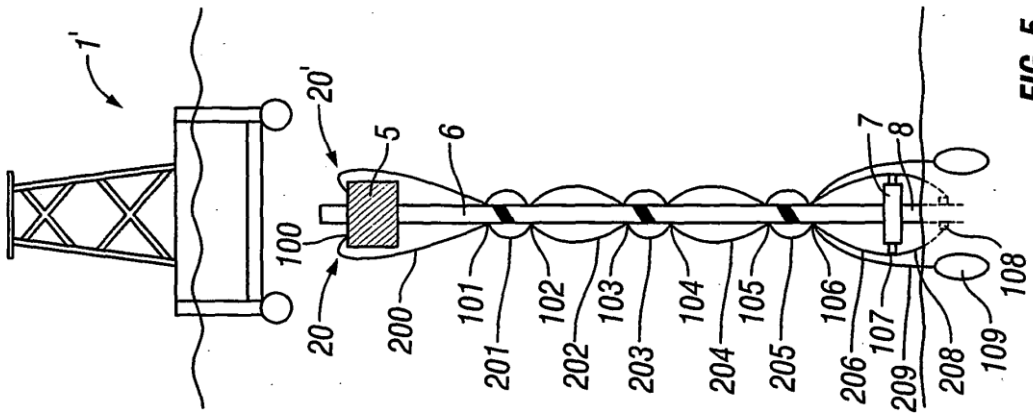


FIG. 5

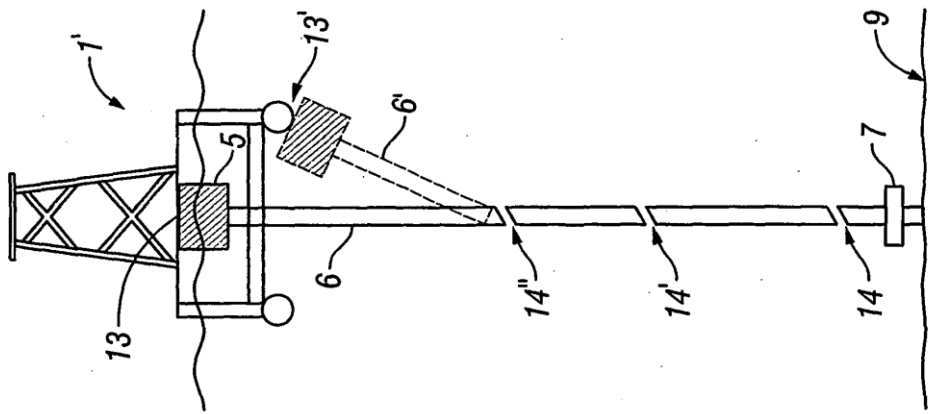


FIG. 4

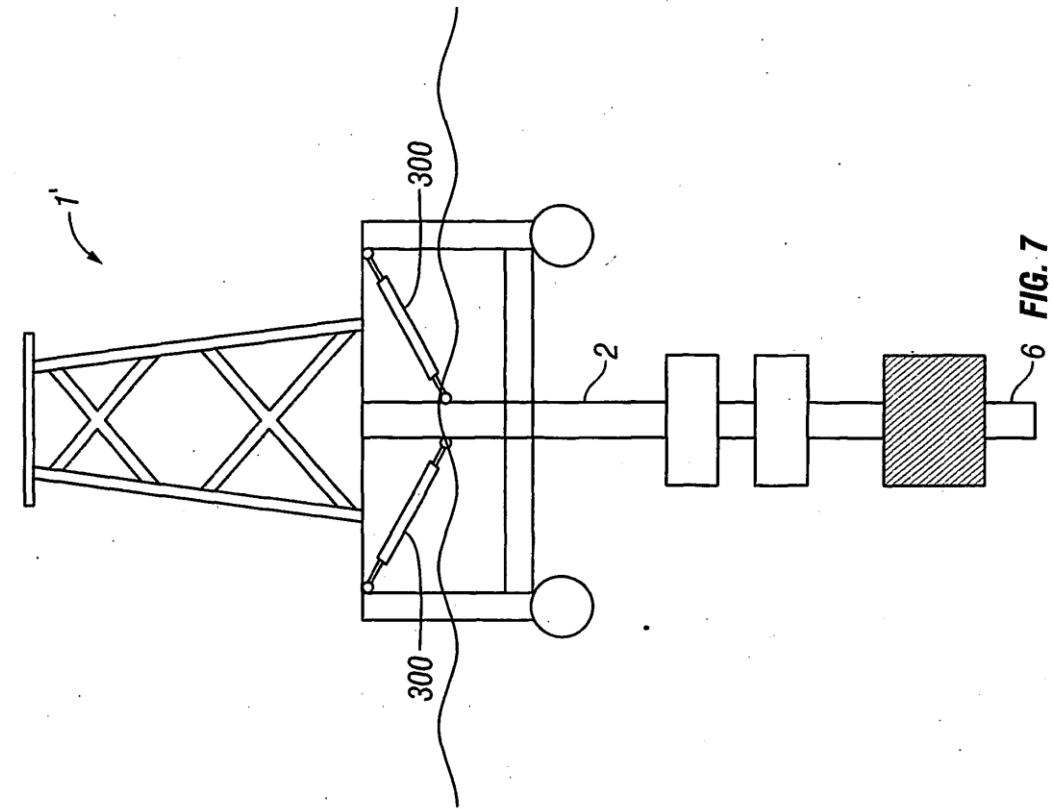


FIG. 6

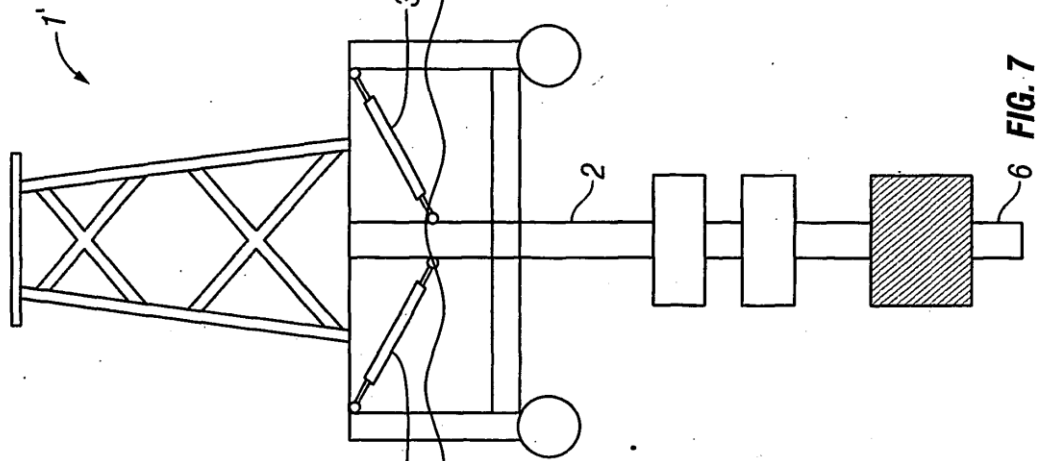


FIG. 7