

TRABAJO FIN DE GRADO

Curso 2014-2015

Plataformas petrolíferas y procesos para la extracción del petróleo

Tutor: Juan Antonio Rojas Manrique

Alumno: Pedro Luis Gil Villamer

Grado en Náutica y Transporte Marítimo

Índice

Introducción5

Capítulo 1. Petróleo y marco legal

1. Petróleo 8

 1.1. Definición 8

 1.2. Historia 9

 1.3. Origen 11

 1.4. Localización 16

2. Marco legal 17

 2.1. Legislación nacional 18

 2.2. Legislación europea 18

Capítulo 2. Generalidades de las plataformas petrolíferas

1. Plataformas petrolíferas 22

 1.1. Unidades soportadas en el fondo 22

 1.2. Unidades flotantes 28

 1.3. Equipos fijos marinos 34

2. Componentes del equipo de perforación rotatorio 35

 2.1. Sistema de izaje 36

 2.2. Sistema rotatorio 46

 2.3. Sistema de circulación de lodo 60

2.4. Sistema de energía.....	68
2.5. Sistema para control del pozo	70
3. Equipo especial usado en la perforación marina	75
3.1. Guía de la polea viajera	75
3.2. Amortiguadores o compensadores de movimiento vertical (CMV)	75
3.3. Riser.....	76
3.4. Sistema tensionador.....	77
3.5. Sistema de flotación	78
3.6. Sistema de control submarino	79
3.7. Localización de preventores	79

Capítulo 3. Procesos para la extracción del petróleo

1. Riesgos de la perforación en yacimientos de aguas profundas.....	82
2. Etapas para la producción petrolera.....	84
2.1. Permisos para la extracción del petróleo	84
2.2. Prospección	85
2.3. Extracción.....	88
2.4. Evaluación de resultados	89
2.5. Producción.....	90
2.6. Abandono	90

Conclusiones	93
---------------------------	----

Bibliografía	94
---------------------------	----

Introducción

Actualmente, el petróleo es la principal fuente de energía, y la materia prima más importante objeto de comercio entre los países. Más de la mitad de la energía que mantiene en actividad nuestra civilización proviene de esta fuente de energía no renovable.

Diversos estudios complejos de geología y geofísica permiten encontrar y explotar los yacimientos de petróleo que se han ido generando bajo tierra durante millones de años.

El presente trabajo tiene como propósito dar a conocer como se explota el petróleo a través de las plataformas petrolíferas, haciendo especial hincapié en los tipos que existen y sus componentes principales para la perforación rotatoria; así, como los procesos que se tienen que llevar a cabo, para poder extraer el petróleo. El trabajo está estructurado en tres partes diferenciadas por capítulos.

En el primer capítulo se lleva a cabo una pequeña introducción del petróleo, donde se define y se hace referencia a su historia, origen y localización. También se explica la normativa exigida tanto a nivel nacional y europea, para la a investigación y explotación de los hidrocarburos.

En el segundo capítulo se presentan las plataformas petrolíferas. En esta parte se verán los tipos y componentes más importantes de las plataformas, así como los sistemas utilizados para que se pueda llevar a cabo la extracción del petróleo.

Y, finalmente el capítulo tres abarca cada proceso que se realizará desde que una compañía explotadora de petróleo solicita que le proporcione los permisos de investigación de hidrocarburos marinos, hasta el abandono de los pozos explotados.

Abstract

Nowadays, oil is the main source of energy, and the most important trade between countries raw material. More than half of the energy that keeps our civilization activity comes from this non-renewable source of energy.

Diverse complex studies of geology and geophysics allow to find and to exploit the oil reservoirs that have been generated underground during million years.

The objective of this project is know like exploits the oil across the oil platforms, doing special support in the types that exist and his principal components for the rotating perforation; this way, like the processes that have to be carried out, to be able to extract the oil. The work is structured in three parts differentiated by chapters.

In the first chapter it takes place a short introduction of oil, explaining its history, origin and location. The regulations required both at national and European level, for research and exploitation of hydrocarbons it is also explained.

The second chapter explains the oil rigs. Showing the types and most important components of the platforms and the systems used for that can be performed the extraction of oil.

And, finally in the chapter three it includes every process that will realize since an exploitative company of oil requests that it provides to him the permissions of investigation of marine hydrocarbons, up to the abandon of the exploited wells.

Capítulo 1

PETRÓLEO Y MARCO LEGAL

1. Petróleo

El petróleo es un compuesto químico en el cual coexisten partes sólidas, líquidas y gaseosas. Es una mezcla de hidrocarburos y pequeñas porciones de nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales.

La importancia del petróleo radica en que todos los seres humanos lo necesitamos en una u otra forma, ya que lo usamos cada día de nuestra vida, nos proporciona fuerza, calor y luz, entre otras muchas cosas.

1.1. Definición

El sustantivo petróleo procede del bajo latín *petroleum*, y éste del latín *petra*, piedra, y *óleum*, aceite.

En química se define como un líquido oleoso e inflamable, menos denso que el agua, de color variable del amarillo al negro y olor característico, formado por una mezcla de hidrocarburos que se halla nativo en el interior de la Tierra, y tan apreciado ha sido en la industria, desempeñando un papel tan importante en la economía mundial, que ha recibido el sobrenombre de oro negro.

Es una mezcla compleja de aproximadamente 500 hidrocarburos principalmente alifáticos, nafténicos y aromáticos, con fracciones variables de hidrocarburos insaturados, y que contiene, además ácidos orgánicos, fenoles, compuestos orgánicos del azufre y del nitrógeno, así como sustancias asfálticas, que se encuentran en yacimientos naturales. El petróleo se origina únicamente en medios sedentarios, que contienen series o capas estratigráficas de materia orgánica, las cuales están sometidas a grandes presiones por las capas sedimentarias superiores. La primera transformación se produce por la acción bacteriana, junto con reacciones químicas en las que las arcillas actúan como catabilizadores, lo que da lugar a una materia viscosa y oscura denominada sapropel.

Todo este proceso tiene lugar en la roca madre. A continuación se produce una lenta migración del sapropel hacia la roca almacén, permeable y porosa (dolomías, calizas, arenisca). Si se experimenta variaciones de porosidad o permeabilidad por fenómenos tectónicos o estratigráficos, se paralizan las migraciones y se forma una trampa petrolífera en la que los hidrocarburos quedan encerrados. La composición química del petróleo varía de acuerdo con el lugar en que se encuentra el yacimiento.

Por análisis elemental se ha observado que casi todos los petróleos contienen un 81-87% de carbono, un 10-14% de hidrógeno, un 0.7% de nitrógeno, y otros elementos en pequeñas cantidades (0.001-0.05%).

Los yacimientos más importantes se localizan en Oriente Medio (Golfo Pérsico, Irán, Iraq), África (Sáhara y Golfo de Guinea), Asia (Rusia, Sudeste Asiático, China), América (Golfo de México, Venezuela, Andes, Argentina) y Europa (Mar del Norte, Rumanía y Cáucaso). Las técnicas de prospección de yacimientos son muy variadas: indicios superficiales (gases, olores, irisación del agua), estudios geológicos de la superficie, métodos magnéticos, gravimétricos, eléctricos y sísmicos, y sondeos de reconocimiento).

El petróleo es muy importante para la Economía Mundial como proveedor de energía y como punto de partida para un gran número de productos de la industria química. El 95% de la gasolina para motores se obtiene del petróleo, así como el carburante diésel para automóviles y barcos, el fuel-oil para fábricas y para usos domésticos, los aceites lubricantes, disolventes, plásticos, colorantes, detergentes, productos farmacéuticos y muchos otros compuestos químicos.

1.2. Historia

El conocimiento y aplicación del petróleo se remonta a los más lejanos tiempos de la historia. En la Biblia se hace referencia al empleo de productos del petróleo tales como brea para calafatear el Arca de Noé, y el asfalto como mortero para unir los ladrillos con que se construyó la Torre de Babel, así como el calafateo con betún y pez de la cestilla de juncos en que fue depositado Moisés. Los egipcios lo emplearon

para embalsamar a sus muertos, para el alumbrado, como combustible y como medio curativo. También hay noticias de su empleo para unir los ladrillos y mosaicos en las edificaciones de Ur, Nínive y Babilonia, en dónde según Diodoro, también se empleó como combustible. Los griegos y romanos lo usaron como líquido inflamable en sus guerras. Grattio Falis poeta didáctico del siglo de Augusto, le da el nombre oleum vivum. Fue empleado para el alumbrado por casi todos los pueblos de la antigüedad, y los chinos lo utilizaron para este fin desde los 200 a. C.. Los aztecas de México emplearon el asfalto en la construcción de sus templos, en la iluminación de los mismos, como incienso mezclándolo con sustancias aromáticas y como remedio para ciertas enfermedades haciendo una mezcla de asfalto con sustancias vegetales, que masticaban. Los mayas del Yucatán y los Incas del Perú lo emplearon también en sus edificaciones, y los Indios del Norteamérica lo utilizaron con fines medicinales durante siglos.

Fue empleado también como lubricante durante siglos para engrasar las ruedas de los carros. Durante la Edad Media se usaba únicamente como medio curativo. En el siglo XVIII, y gracias a G. A. Hirn empiezan a perfeccionarse los burdos métodos de refinado, obteniéndose productos del refinado que se utilizaran principalmente para el engrase de máquinas. En el siglo XIX se obtendrán aceites fluidos que se utilizarán para el alumbrado. El queroseno se obtuvo por primera vez en 1846 gracias al canadiense A. Gesner, lo que incrementó la importancia del petróleo aplicado al alumbrado. El primer europeo que según unos autores dio conocimiento de la existencia de petróleo en América fue un franciscano francés llamado Roche d'Aillon quién en carta escrita en 1629 dio noticias de la existencia de muchos manantiales; otros dicen, que fue el sueco Kalm quién a mediados del siglo XVIII publicó un libro dando la situación de zonas petrolíferas bastante exactas en explotación; pero lo cierto es que los españoles ya conocían su existencia y hasta habían enviado muestras a los Reyes Católicos notificándoles que eran empleadas por los Indios del lugar, indicándoles el uso del que eran objeto.

Sin embargo, se sitúa tradicionalmente el origen de la industria petrolífera moderna en la perforación que el 27 de agosto de 1859 realizó el coronel Edwin Laurentine Drake en Pennsylvania con ayuda de una máquina de vapor, hasta una profundidad

de 21 metros, haciendo surgir petróleo en cantidad de unas 3,2 toneladas diarias, concretamente en las cercanías de Titusville. Dando así paso a la Era de petróleo para lámparas (1860 – 1900).

La aparición de los motores de combustión interna abrió nuevas e importantes perspectivas en la utilización del petróleo sobre todo de uno de los productos derivados, la gasolina, que hasta entonces había sido desechada por completo al no encontrarle ninguna aplicación práctica. El motor de explosión, llegó en el momento justo, pues ya se había iniciado la utilización del gas y de la electricidad en el alumbrado y hacía peligrar la industria del petróleo. Hasta entonces sólo se aprovechaba del petróleo la parafina, el queroseno, y algunos aceites lubricantes, el resto se desperdiciaba por considerarse inservible. El incremento de la industria petrolera y los adelantos técnicos han llevado a que en la actualidad se aprovechen todos los productos derivados: gases licuados (butano y propano), aceites pesados (fuel-oil y mazut), gasolinas, querosenos, etc. Además la moderna industria petroquímica aprovecha el petróleo como materia prima para la obtención de una gran variedad de productos químicos (colorantes, cauchos artificiales, plásticos,...).

1.3. Origen

Existen dos teorías fundamentales para explicar el origen del petróleo; la que le atribuye un origen inorgánico y aquella que le supone una procedencia orgánica, y aunque parece que la tendencia actual se inclina hacia la segunda, no se descarta que se encuentren yacimientos de origen claramente mineral aunque en cantidades muy pequeñas.

Según la teoría inorgánica, el petróleo fue originado por efecto de la acción del mar sobre los carburos metálicos existentes en el interior de la Tierra, cuya acción se vio favorecida por las altas presiones y temperaturas reinantes en las capas inferiores de la corteza terrestre.

Pero la teoría orgánica es la más aceptada para explicar el origen del petróleo, establece que los hidrocarburos provienen de la descomposición de los tejidos de

plantas y animales que se acumularon como sedimentos en el fondo de lagos y mares de escasa profundidad, al cabo de un proceso que duró millones de años.

En la masa de desechos que constituye el fango de las profundidades, esa materia orgánica, sometida a la acción de las bacterias y a la presión y temperatura provocada por el enterramiento consecuencia de la acumulación de las capas de sedimentos que se depositaron encima, en el transcurso del tiempo sufrió reacciones químicas que dieron origen a la formación de los distintos hidrocarburos.

Gradualmente, la presión de los sedimentos acumulados hace que el lodo y la arcilla depositada conjuntamente con la materia orgánica se transformen en roca, principalmente como esquistos de partículas finas.

Este tipo de roca, llamada roca generadora, constituye la fuente de todos los hidrocarburos del mundo.

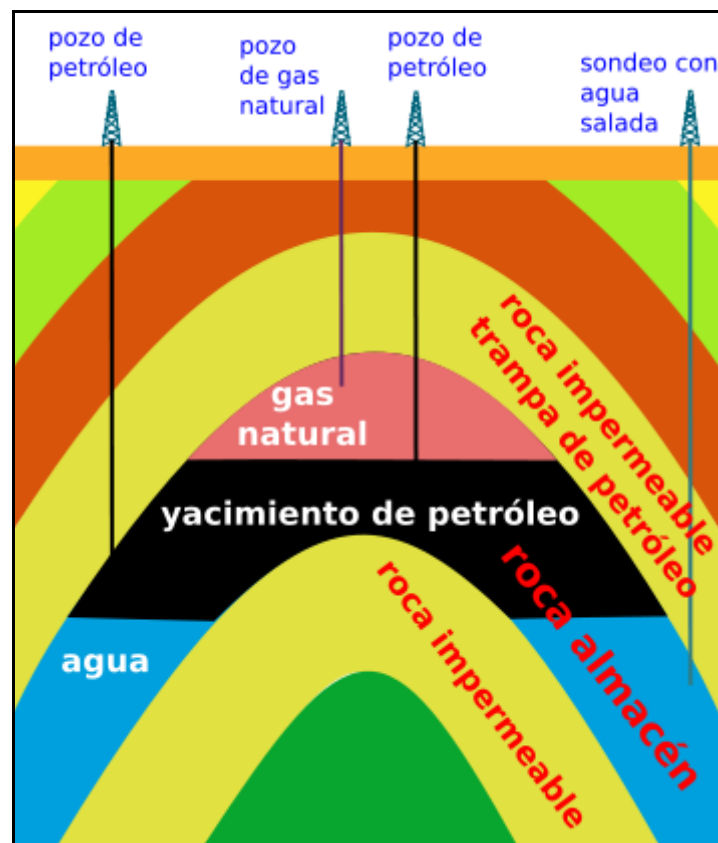
A medida que se fueron generando los hidrocarburos, una parte de ellos, como consecuencia de la presión a la que estaban sometidos, resultaron expulsados hacia formaciones más porosas que eventualmente podían tener comunicación con la roca generadora.

Frecuentemente las rocas con porosidad y permeabilidad corresponden a areniscas o calizas y tienen espacios o grietas entre las partículas que las constituyen, las que inicialmente retenían agua salada de los mares en que se habían depositado.

Estas rocas porosas, que constituyen la roca donde se pueden almacenar los hidrocarburos, son lo suficientemente permeables como para que pueda desplazarse el petróleo y el gas a través de ellas. Dado que la principal fuerza que provoca este desplazamiento, comúnmente llamado migración, es la flotabilidad natural de los hidrocarburos en el agua que saturaba las formaciones, los hidrocarburos migran hacia arriba.

De esta forma, una parte de los hidrocarburos llegó a la superficie de la tierra destruyéndose o disipándose, en tanto que otra parte, como consecuencia de haber encontrado algún impedimento en su desplazamiento, se vio atrapado, constituyendo una acumulación, o sea un yacimiento de hidrocarburos.

Entonces, en un yacimiento, el petróleo y el gas ocupan los pequeños espacios vacíos (poros) entre las partículas que forman la roca almacén. Durante la explotación de un yacimiento, los hidrocarburos, como consecuencia de la diferencia de presiones entre el pozo y la formación se desplazan gota a gota a través de los pequeños canales que unen los poros entre sí. La cantidad y tamaño de estos canales determina la permeabilidad de la roca almacén.



Trampa petrolífera

Fuente <https://mundoquimica.files.wordpress.com>

Para que los hidrocarburos se puedan acumular en un determinado lugar, es necesario que exista allí una especie de trampa que puede ser de dos tipos:

- **Estructural.** Producidas por la acción de los movimientos de la corteza terrestre, que provocan pliegues o fallas en las capas sedimentarias.

- **Estratigráficas.** Originadas por variaciones de carácter sedimentario de la roca almacén.

Cualquiera sea el tipo de trampa, se requiere que la roca almacén esté cubierta por una roca impermeable, que actúe de sello e impida la migración vertical de los hidrocarburos.

De acuerdo con lo expuesto, las condiciones necesarias para la formación y acumulación de los hidrocarburos (rocas generadoras, rocas almacén, capas impermeables y trampas) están íntimamente vinculadas a las rocas sedimentarias. Por esto, los hidrocarburos sólo se encuentran en regiones cuyo subsuelo sea formado por un importante paquete (de miles de metros de espesor) de esas rocas, es decir en las cuencas sedimentarias.

Por lo tanto, de acuerdo con la teoría más aceptada del origen del petróleo, se puede establecer el siguiente principio: los hidrocarburos sólo se pueden encontrar en los lugares en que durante el transcurso de las diferentes “eras geológicas” hubo depositación de rocas sedimentarias y acumulación de restos orgánicos. De esta forma, queda excluida la posibilidad de encontrar hidrocarburos en los otros tipos de rocas que constituyen la corteza terrestre (ígneas y metamórficas), dado que estas rocas no tienen las condiciones necesarias para generar ni almacenar los hidrocarburos.

	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Reciente ▶ Pleistoceno 	Capa superior de la corteza terrestre; no contiene petróleo salvo en casos excepcionales.
Terciario	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Plioceno ▶ Mioceno ▶ Oligoceno ▶ Eoceno 	Serie de rocas más prolíficas; principales productoras de petróleo en el mundo.
Mesozoico	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Cretácico ▶ Jurásico ▶ Triásico 	Yacimientos en muchas partes del mundo, algunos de abundante producción y otros de poca importancia. En la República Argentina corresponden a estos períodos los yacimientos de Comodoro Rivadavia, Mendoza y Neuquén.
Paleozoico	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Pérmico ▶ Carbónico Superior ▶ Carbónico Inferior ▶ Devoniano ▶ Silúrico ▶ Ordoviciano ▶ Cambriano 	Casi toda la producción de la región mediterránea de los Estados Unidos y en la de Salta, en la Argentina, provienen de esta serie de rocas. Una producción pequeña en otras partes del mundo.
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Precambriano (Complejo de Basamento) 	Comprende integralmente rocas ígneas y metamórficas, hallándose bajo la capa de rocas sedimentarias. No es de interés espacial para el geólogo del petróleo, salvo para limitar las zonas de exploración

Cuadro de cronología geológica

Fuente: <http://www.ducsa.com>

Los sedimentos que los geólogos creen que pueden contener hidrocarburos son del orden del 40% de la superficie terrestre del globo y un porcentaje mayor de las plataformas continentales.

En esta amplia superficie se han identificado del orden de las 600 cuencas sedimentarias, de las cuales, 160 han demostrado ser capaces de producir petróleo y gas.

Si bien estas cuencas se encuentran distribuidas por toda la Tierra, seis de ellas contienen dos tercios de todos los hidrocarburos que se han encontrado, y una, la enorme cuenca que se centra en el Golfo Pérsico, tiene, ella sola, más del 50% de las reservas comprobadas y probables del mundo.

1.4. Localización

El petróleo formado, raramente se queda en el lugar en que nació, yacimiento primario, sino que tiene una tendencia a emigrar junto con los gases y aguas salobres que le acompañan, depositándose en yacimientos secundarios, que son casi todos los existentes. Esta migración obedece a dos causas; a un aumento de la tensión interna por el aumento de temperatura o por el peso de nuevos sedimentos, y otra originada por la acción de fuerzas orogénicas; en virtud de las cuales el petróleo se desplaza hasta que encontrando, en su movimiento ascensional, una roca porosa capaz de retenerlo con gases y agua, junto con otras impermeables que le aseguran un alojamiento hermético, se estaciona y colocan sus componentes por orden de densidades, agua, petróleo y gases. La investigación del emplazamiento de los yacimientos petrolíferos se hace por medio de procedimientos basados en las variaciones de las propiedades físicas de las rocas y previo a un estudio geológico de la región. Determinada la supuesta existencia de un yacimiento, se procede a la perforación, la cual, aunque puede ser efectuada por varios procedimientos, normalmente se efectúa por uno de los dos siguientes:

1. **Método de rotación.** Se perfora la roca por medio de barrenas, que son brocas de material resistente, siendo extraídos los productos del taladro por medio de una corriente a presión suministrada por el centro de la roca. Este suele ser el método más empleado, sobre todo a grandes profundidades.
2. **Método de percusión.** La perforación se produce al comunicar a una herramienta un movimiento de elevación y descenso, haciendo que rompa y triture la formación de tierra y roca cuyas partículas son sacadas por medio de una herramienta especial y previa la extracción de la herramienta percutora.

La máxima profundidad alcanzada ha pasado de los 10000 metros, aunque el término medio está comprendido entre los 600 y los 4000 metros. El petróleo puede manar a la superficie por la presión natural del gas o del agua existente en el yacimiento, pero en algunos casos es necesario extraerlo por medios artificiales, entre los cuales el

más empleado, cuando no hay demasiada arena mezclada con el petróleo es el sistema de bombas. El flujo natural puede acelerarse haciendo explotar en su interior un torpedo de nitroglicerina, que rompa las densas formaciones rocosas o introduciendo ácido clorhídrico para hacer más porosas las rocas calizas. En cuanto a la duración es también variable, algunas explotaciones siguen produciendo desde hace 50 años, otras sólo han durado 4 años y otras incluso menos; cuando ha sido extraído el 50%, cesa el flujo natural. El crudo se extrae junto con el agua, los gases disueltos, lodos, etc., por ello se somete a decantación, en la que se depositan los lodos y la mayor parte del agua.

2. Marco legal

La extracción de petróleo se rige por una estricta normativa tanto a nivel nacional como europea.

Independientemente de la forma de extracción, de yacimientos convencionales o no convencionales, del tipo de hidrocarburo del que estemos hablando (petróleo o gas), de que se extraiga en tierra (*onshore*) o en alta mar (*offshore*), la industria debe cumplir los múltiples requisitos normativos y técnicos establecidos por las diferentes administraciones competentes.

Desde hace ya décadas, en Europa se desarrolla la industria del petróleo y del gas. Como consecuencia, las normas españolas y europeas han evolucionado hasta alcanzar los más altos rangos de exigencia a nivel mundial, sobre todo en lo referente a los aspectos medioambientales.

2.1. Legislación nacional

Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos

Esta Ley regula el régimen jurídico de las actividades relacionadas con los hidrocarburos líquidos y gaseosos. Entre otras cosas, determina los trámites, permisos y documentos necesarios para poder llevar a cabo la investigación y exploración de hidrocarburos.

Real Decreto 2362/1976 de 30 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley sobre investigación y explotación de hidrocarburos de 27 de junio de 1974

Establece requisitos más detallados para las actividades de exploración, investigación, explotación, refino, transporte, almacenamiento y comercialización de los hidrocarburos líquidos y gaseosos.

Real Decreto Legislativo 1/2008 de 11 de enero por el que aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental

Las perforaciones profundas con excepción de las perforaciones para investigar la estabilidad de los suelos, requerirán la elaboración de un Documento de Impacto Ambiental.

2.2 Legislación europea

Directiva de seguridad offshore

Aprobada en junio de 2013 como respuesta al accidente de Macondo en el Golfo de México, la directiva establece una serie de protocolos de seguridad y de obligaciones para las empresas energéticas, así como un establecimiento de responsabilidades en caso de incidencia. La directiva aporta claridad y seguridad jurídica, al tiempo que representa un marco común de exigencias para toda Europa, al más alto nivel, con el fin fundamental de evitar cualquier posibilidad de accidente grave en alta mar.

Con anterioridad a la fecha de inicio de las prospecciones, las empresas deberán entregar a las autoridades nacionales informes sobre los “riesgos principales” y planes de emergencia para actuar en caso de un accidente.

El informe sobre riesgos deberá incluir una descripción de la instalación perforadora, una lista de los principales peligros potenciales y una relación de las medidas de protección a los trabajadores.

El plan de emergencia deberá proporcionar una lista detallada de los recursos y equipamientos disponibles, las medidas a tomar en caso de accidente y las acciones necesarias para limitar los riesgos y avisar a las autoridades con suficiente antelación.

Además, los Estados miembros deberán preparar planes de emergencia externos, para reaccionar a cualquier accidente que se produzca en una plataforma situada dentro de la jurisdicción comunitaria. Estos planes especificarán el papel y las obligaciones financieras de las compañías extractoras así como las responsabilidades de las autoridades competentes y de los equipos de emergencia.

Directiva de hidrocarburos

Establece un conjunto de normas comunes para garantizar un acceso no discriminatorio a las actividades de prospección, exploración y producción de hidrocarburos. Estas normas, objetivas y transparentes, contribuyen a reforzar la integración de mercado interior de la energía, a favorecer una mayor competencia en su seno y a aumentar la seguridad del suministro.

Directiva marco sobre el agua

Establece los requisitos para la protección y la gestión de las aguas interiores superficiales, las aguas subterráneas, las aguas de transición y las aguas costeras. Su objetivo último es alcanzar un “buen estado” ecológico y químico de todas las aguas comunitarias para 2015.

Reglamento REACH (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias químicas)

Garantiza una gestión eficaz de los riesgos asociados a la gestión de sustancias químicas a través de la presentación de información a lo largo de la cadena de suministro y la eliminación gradual de las sustancias peligrosas.

Directiva de hábitats y Directiva de conservación de las aves

Establecen un sistema de rigurosa protección de los espacios naturales y especies animales aplicable a todas las actividades, incluyendo las industrias extractivas.

Directiva de protección de las aguas subterráneas contra la contaminación

Cubre todas las fuentes potenciales de contaminación del agua. Los requisitos incluyen tanto medidas de evaluación del estado químico de las aguas como medidas para reducir la presencia de contaminantes.

Directiva sobre la gestión de los residuos de las industrias extractivas

Establece medidas para prevenir o minimizar los efectos y los riesgos para el medio ambiente y la salud derivados de la gestión de los desechos de las industrias extractivas, como los residuos y los materiales desplazados.

Capítulo 2

GENERALIDADES DE LAS PLATAFORMAS PETROLÍFERAS

1. Plataformas petrolíferas

Una plataforma petrolífera es una estructura de grandes dimensiones cuya función es extraer petróleo y gas natural de los yacimientos del lecho marino.

Debido a su actividad principal, las plataformas petroleras son propensas a sufrir accidentes que pueden ocasionar pérdidas de vidas humanas, derrames de petróleo y graves daños ambientales.

Las primeras unidades, eran simples plataformas terrestres llevadas dentro de aguas poco profundas y fijadas a una estructura para perforar en el agua, las cuales fueron evolucionando hasta llegar a las plataformas que conocemos actualmente.

La mayoría de las plataformas son portátiles, perforan un pozo en un sitio mar adentro y después se mueven para perforar en otro lugar.

Se clasifican en unidades soportadas en el fondo, unidades flotantes y equipos fijos marinos.

1.1. Unidades soportadas en el fondo

Los sumergibles y las autoelevables tienen contacto con el suelo marino mientras se encuentran perforando. La parte ligera de la estructura sumergible descansa sobre el suelo marino. En el caso de las autoelevables, solo las piernas tienen contacto con el fondo marino.

1.1.1. Sumergibles

Las plataformas sumergibles están construidas sobre columnas con las que se apoyan en el fondo del mar. La maniobra de estas plataformas no es difícil y son estables al ser remolcadas, pero su transporte alcanza costos elevados sobre todo para distancias grandes; son apropiadas cuando desde un punto se efectúan varios sondeos con direcciones diferentes, de modo que no haya que cambiarlas de sitio con frecuencia.

Con la base del equipo en contacto con el fondo marino el aire, olas y corrientes tienen pocos efectos sobre el equipo. Este tipo de unidad es utilizado en aguas poco profundas tales como ríos y bahías, normalmente aguas de 50 metros de profundidad.

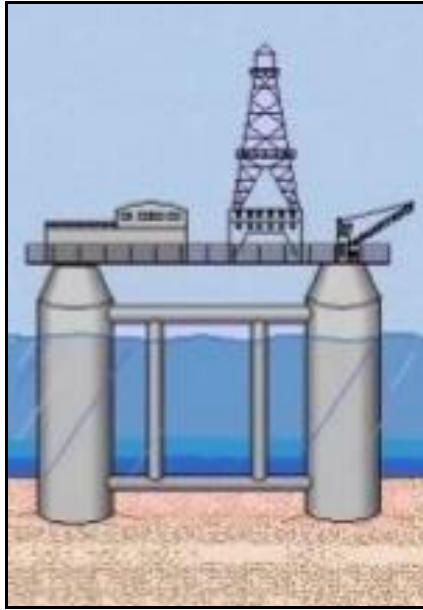
Las unidades sumergibles tienen dos cascos. El casco superior se le conoce como piso de perforación “Texas” y es usado para alojar la tripulación y el equipo. La perforación es desarrollada a través de una abertura en la parte rígida con una estructura voladiza (cantilever). El casco inferior es el área de balastras y se usa también como cimiento mientras se perfora.

1.1.2. Barcazas piloteadas sumergibles

La primera plataforma petrolífera fue una barcaza, perforando su primer pozo en 1949 en la Costa del Golfo de Louisiana a 5.5 metros de profundidad. Ésta estaba piloteada y consistía en una cubierta y postes de acero (columnas), soportando el equipo de perforación en cubierta. En la actualidad, las barcazas piloteadas son virtualmente obsoletas, debido a que nuevos y mejores diseños las han reemplazado.

1.1.3. Plataforma sumergible tipo botella

En 1954, la perforación se movió a profundidades más allá de las capacidades de las barcazas piloteadas sumergibles, las cuales eran de 9 metros de profundidad. Arquitectos navales diseñaron las “sumergibles tipo botella”, las cuales tienen cuatro cilindros altos de acero (botellas) en cada esquina de la estructura. La cubierta principal está colocada a través de varios soportes de acero, donde se encuentra el equipo y otros dispositivos. Cuando se inundan las botellas, la plataforma se sumerge al fondo marino.



Plataforma sumergible tipo botella

Fuente: <http://image.slidesharecdn.com>

A principios de los años 60 las grandes unidades tipo botella tuvieron su auge perforando en aguas profundas de 45 metros.

Actualmente han sido desplazadas por las autoelevables, que son menos costosas para su construcción que las tipo botella y pueden perforar en aguas más profundas. Lejos de desechar completamente estos equipos, se han hecho algunas modificaciones para que puedan perforar como semisumergibles los cuales aún están en uso.

1.1.4. Plataforma sumergible tipo ártico

Son un tipo especial de equipos sumergibles, ya que en el mar Ártico, donde los depósitos de petróleo se encuentran bajo océanos poco profundos, se considera que las autoelevables y las barcasas convencionales, no son convenientes, ya que durante el invierno se forman grandes trozos de hielo, llamados témpanos o icebergs que se mueven por corrientes de agua en la superficie del mar. Estos bloques de hielo en

movimiento ejercen una tremenda fuerza sobre los objetos con los cuales tienen contacto. La fuerza de éstos es tan grande que es capaz de destruir el soporte de las autoelevables o el casco de un barco.

Las plataformas sumergibles tipo ártico tienen cascos reforzados, algunas de ellas con hormigón armado sobre el cual ha sido colocado el equipo de perforación.



Plataforma sumergible tipo ártico

Fuente: <http://www.qore.com>

Cuando el mar está libre de hielo en el corto periodo de verano, los barcos perforadores remolcan a la plataforma sumergible al sitio de perforación. La tripulación sumerge el casco hasta el fondo del mar y comienzan a perforar. En breve cuando se forman los témpanos de hielo y se comienzan a mover, el fuerte casco de la plataforma sumergible tipo ártico desvía los témpanos permitiendo que las actividades continúen.

1.1.5. Plataforma autoelevable (Jack-up)

Es un tipo de plataforma especial usada para perforación y reparación de pozos. Tiene la capacidad de moverse de una localización a otra, por medio de autopropulsión o por medio de remolcadores. Así, la perforación es su función principal, ya sea de pozos exploratorios o de desarrollo.

Una vez que se encuentra en la posición deseada, las piernas son bajadas hasta alcanzar el fondo marino. Cuando las columnas o piernas se encuentran asentadas en el lecho marino, la cubierta es elevada más allá del nivel del agua, hasta tener una plataforma de perforación estable.



Plataforma autoelevable (Jack-up)

Fuente: <https://pbs.twimg.com>

Cuenta con una cubierta que tiene la capacidad de posicionarse a la elevación que se requiera. Ésta soporta sobre si todo el equipo necesario para lograr su objetivo. Para apoyarse en el lecho marino, esta cubierta se encuentra soportada comúnmente por

tres columnas de sección triangular o circular que tiene en su extrema inferior un sistema de “zapatas aisladas” o “losa de cimentación”.

Otra de sus características importantes es la torre de perforación ubicada en un cantiliver móvil. Esto permite el acercamiento de la misma a los pozos de plataformas fijas.

Las plataformas autoelevables más grandes pueden perforar en aguas de 120 metros de profundidad y son capaces de perforar pozos de más de 10000 metros.

Se clasifican en dos categorías básicas:

- Plataformas autoelevables con piernas independientes: pueden operar en cualquier área, pero normalmente son usadas donde existen fondos firmes, arrecifes o fondos marinos irregulares.
- Plataformas autoelevables con plancha de apoyo: son diseñadas para áreas que presentan cizallamiento en la tierra, donde las presiones de asentamiento se mantienen bajas.

Una ventaja de las plataformas autoelevables con plancha de apoyo contra la de piernas independientes es que tienen una menor penetración en el fondo marino, por ejemplo una plataforma con plancha de apoyo penetra solo 2 metros, por 12 metros que penetran las de piernas independientes, por lo tanto las plataformas con plancha de apoyo necesitan menos piernas que las de piernas independientes para la misma profundidad de agua, pero necesitan un nivel del suelo marino limpio y parejo, soportando hasta 1.5° de inclinación en el lecho marino.

Las plataformas autoelevables son construidas desde tres hasta catorce piernas dependiendo del tipo de oleaje y las corrientes marinas que se vayan a presentar durante la perforación. Existen unas plataformas llamadas “Monópodas” (una sola pierna) las cuales se utilizan en zonas especiales.

Para elegir el tipo de plataforma autoelevable que se utilizará es necesario considerar:

- Profundidad del agua y criterio ambiental.
- Tipo y resistencia del suelo marino.
- Profundidad de perforación planeada.
- La necesidad de trasladarse en temporada de huracanes.
- Capacidad para operar con un soporte mínimo.
- Pérdidas de tiempo al desplazarse.
- Limitaciones operacionales y de remolque de la unidad.

1.2. Unidades flotantes

Los equipos flotantes marinos incluyen las plataformas semisumergibles, barcos perforadores y las plataformas con piernas tensionadas (TLP). El diseño de las plataformas semisumergibles y las TLP les permiten ser más estables que los barcos perforadores. Por otra parte los barcos perforadores pueden cargar equipos más grandes y pueden trabajar en aguas muy profundas.

1.2.1. Plataformas Semisumergibles

Las plataformas semisumergibles tienen dos o más pontones sobre los cuales flotan. Un pontón es un prisma con sección rectangular de acero, largo, relativamente estrecho y hueco. Los pontones se encuentran sumergidos, lo que permite incrementar el periodo fundamental en sustentación de la estructura y evitar la resonancia con el oleaje.

Cuando una plataforma semisumergible se traslada, se retira agua de lastre de los pontones para que el equipo tenga mayor flotación y pueda moverse con más

facilidad sobre la superficie del mar. La mayoría de estas plataformas cuentan con sistemas de propulsión propios ubicados en los pontones, es decir son autopropulsables.

Las semisumergibles deben su nombre al hecho de que al perforar no tienen otro contacto con el fondo marino más que su sistema de anclaje. Un equipo semisumergible ofrece una plataforma perforadora más estable que un barco perforador, el cual también flota mientras opera en la superficie del mar.



Plataforma semisumergible Scarabeo-9

Fuente: <http://www.infolatam.com>

Las plataformas semisumergibles son capaces de soportar temporales y de perforar en aguas muy profundas, las más modernas perforan en aguas de más de 2500 metros de profundidad. Son las estructuras más grandes que se han fabricado para este fin, ya que poseen grandes alturas y sus cubiertas principales son más grandes que un campo de fútbol.

Una unidad flotante sufre movimientos debido a la acción de las olas, corrientes marinas y vientos, lo que puede dañar los equipos necesarios para construir el pozo.

Por ello, es imprescindible que la plataforma permanezca en posición sobre la superficie del mar, dentro de un círculo con radio de tolerancia determinado por los equipos que se encuentran por debajo de ésta.

Los sistemas responsables de la posición de la unidad flotante son dos: el sistema de anclaje y el sistema de posicionamiento dinámico.

El sistema de anclaje se compone de 8 a 12 líneas de cables y/o cadenas y sus respectivas anclas, que actúan como resortes que producen fuerzas capaces de restaurar el sistema flotante a una posición dentro de su radio de operación cuando ésta es modificada por la acción de las olas, vientos y corrientes marinas.

El método de posicionamiento dinámico es una evolución del sistema de sonar de los barcos, por medio del cual una señal es enviada fuera del casco de flotación hacia un juego de transductores externo, ubicado en el fondo marino. El posicionamiento dinámico es de gran utilidad cuando la profundidad del agua aumenta, generalmente se considerado necesario en profundidades mayores a 300 metros.

En el sistema de posicionamiento dinámico no existe una conexión física de la plataforma con el lecho marino, excepto la de los equipos de perforación. Los sensores acústicos determinan la deriva, y los propulsores situados en el casco, accionados por ordenadores, restauran la posición de la plataforma semisumergible.

El movimiento que causa el mayor problema en las unidades semisumergibles es el que se provoca por el oleaje, es decir el movimiento vertical. Otra consideración en el diseño y operación de las plataformas semisumergibles es la propulsión, los costos de la propulsión son altos, pero se recuperan en un periodo de tiempo razonable.

En la selección de una unidad semisumergibles es necesario considerar lo siguiente:

- Profundidad del agua.
- Capacidad de perforación (alcance máximo de perforación).
- Criterios ambientales y de seguridad.
- Características de movimiento.
- Autonomía (área de almacenamiento de consumibles en cubierta).
- Movilidad.

1.2.2. Barcos perforadores

Un barco perforador es también un sistema de perforación flotante, tienen gran movilidad ya que son autopropulsados y poseen cascos aerodinámicos semejantes a los de un buque normal. Por tal motivo se puede elegir a un buque perforador para realizar pozos en localizaciones remotas, convirtiéndose en la mejor opción. Se puede mover a velocidades razonablemente altas con bajo consumo de energía. La forma y capacidad de la cubierta le permite cargar una gran cantidad de equipo y material para perforar, por lo que no requiere de un frecuente reabastecimiento.

Su torre de perforación está ubicada en el centro del sistema flotante, donde una abertura en el casco permite el paso de la sarta de perforación.



Barco perforador West Vela

Fuente: <http://maritime-connector.com>

Mientras algunos buques operan en profundidades de agua entre 300 y 900 metros, los más modernos pueden perforar pozos de 12000 metros de profundidad a partir del

lecho marino. Estos enormes buques miden más de 260 metros de eslora y 30 metros de manga.

Utilizan anclas que les permiten situarse en el yacimiento a perforar, pero cuando perforan en aguas profundas requieren de posicionamiento dinámico controlado por ordenadores conectados a sofisticados sensores electrónicos. Una vez iniciada las actividades de perforación, el perforador le indica a los ordenadores la posición que debe mantener el barco mientras se perfora. Este sistema restaura la posición de la plataforma dentro de su radio de trabajo, modificada por los efectos de las corrientes, el oleaje y la fuerza del viento.

El movimiento vertical es el mayor problema cuando se usa este tipo de unidad flotante, debido a su superficie de contacto con el mar comparado con una plataforma semisumergible, el buque desarrolla respuestas más grandes de movimiento vertical.

Los barcos perforadores son los más versátiles en cuanto a movilidad entre todas las unidades de perforación marina, pero deben ser considerados para usarse en áreas con olas de poca altura y vientos de bajas velocidades. Son los que actualmente se utilizan para perforar en las aguas más profundas.

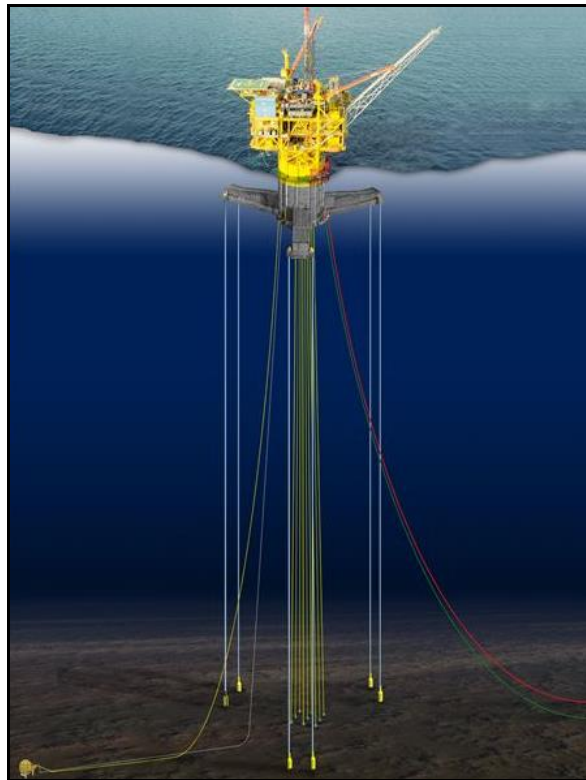
1.2.3. Plataformas con piernas tensionadas (TLP)

En yacimientos de aguas profundas, las plataformas de patas tensionadas han sido desarrolladas para generar el potencial económico de los nuevos descubrimientos. Se emplean para la perforación en aguas con profundidades mayores a 600 metros. Están sujetas mediante cables de ancla fijados en el fondo marino y se mantiene en la superficie mediante columnas flotantes.

Su instalación es muy sencilla ya que no requiere barcasas grúa y tiene una gran estabilidad en condiciones meteorológicas adversas.

Mientras que las unidades semisumergibles y los barcos de perforación se utilizan sólo para la perforación, las TLP (Tension Leg Platform) tienen mayor ventaja en cuanto a versatilidad para perforar, recuperar y producir pozos, casi en forma simultánea.

La TLP es un sistema semejante a la plataforma semisumergible, sólo que ésta se encuentra anclada al fondo por medio de elementos verticales, los cuales se mantienen en tensión, debido al exceso de flotación en la plataforma. Presenta un comportamiento mixto, siendo tolerante con los grados de libertad horizontal, y a su vez, rígido con los grados de libertad vertical. Dado que el equilibrio vertical de la plataforma se logra al mantener los tensores templados por el exceso de flotación del casco, la carga de tensión es transferida al sistema de cimentación a través de los tensores que conforman su sistema de amarre. Los tensores se anclan al fondo marino por medio de una estructura fabricada a partir de acero estructural y cimentado mediante pilotes.



Plataformas con piernas tensionadas (TLP)

Fuente: <http://www.industrytap.com>

1.3. Equipos fijos marinos

En aguas poco profundas es factible desde el punto de vista técnico asentar la plataforma petrolífera al fondo marino, siendo éste el motivo para denominarlas plataformas fijas. Las columnas que soportan las cubiertas con los equipos e instalaciones de producción pueden ser de hormigón o acero, las cuales se extienden en forma de piernas desde la plataforma superficial hasta el fondo marino, aquí son fijadas con grandes estructuras de hormigón.

Las plataformas fijas son proyectadas para recibir todos los equipos de perforación, almacenamiento de materiales, alojamiento del personal, así como todas las instalaciones necesarias a la producción de los pozos. Las plataformas fijas se asientan donde la vida productiva de los pozos va a ser muy duradera.

Las ventajas de las plataformas fijas son su alta estabilidad y capacidad de carga, así como sus bajos movimientos ante las acciones meteorológicas y oceanográficas.

En los últimos años, las plataformas fijas han representado la solución estructural más común para conjuntos de producción y perforación, sin embargo, los trabajos de perforación en profundidades mayores de 400 metros, no resultan productivos, ya que es poco rentable construir e instalar plataformas fijas con subestructuras tan pesadas y largas para apoyarse en el fondo marino.



Complejo de plataformas fijas

Fuente: <http://www.inelectra.com>

Los complejos de plataformas fijas están formados generalmente por diferentes módulos. Los más importantes son los de perforación, de producción o el habitacional. Las partes se fabrican separadas en tierra y más tarde, se trasladan y colocan en su ubicación definitiva.

2. Componentes del equipo de perforación rotatorio

La función principal de una torre de perforación rotatoria es atravesar las diferentes capas de roca terrestre para obtener un agujero que nos permita explotar los hidrocarburos. Para esto, se requiere del equipo necesario y suficiente que nos permita la realización del trabajo. Estos diferentes equipos se pueden dividir en cinco sistemas principales, de acuerdo con la actividad específica que realicen.

Los cinco sistemas son:

1. Sistema de izaje.
2. Sistema rotatorio.
3. Sistema de circulación de lodo.
4. Sistema de energía.
5. Sistema para el control del pozo.

2.1. Sistema de izaje

El sistema de izaje suministra un medio por el cual se da movimiento vertical a la tubería que está dentro del pozo.

Un sistema de izaje está formado por:

- Torre o mástil.
- Subestructura.
- El malacate.
- Los bloques y cable de perforación.

2.1.1. Torre o mástil

La torre o mástil de perforación tiene como función principal ser el soporte de toda la sarta de perforación y de todos los equipos que se involucran en el mismo.

La torre de perforación tiene generalmente forma piramidal y ofrecen una buena relación resistencia-peso, es decir, son construidas de materiales muy resistentes, pero a la vez de muy poco peso.

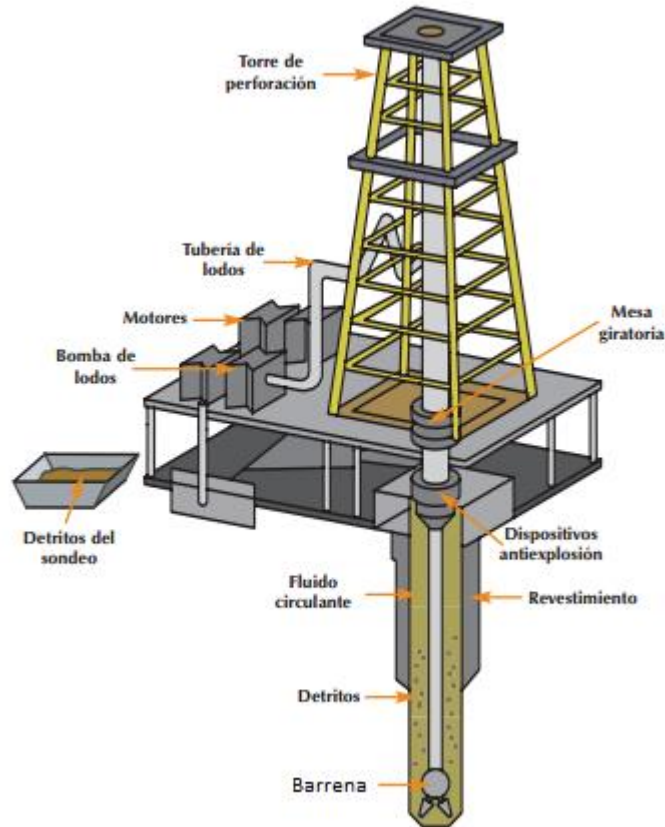


Torre o mástil

Fuente: <http://www.zpec.com>

Las torres se clasifican de acuerdo a su capacidad para soportar las cargas verticales, así como la velocidad del viento que puede soportar de costado. La torre y su subestructura deben soportar el peso de la sarta de perforación en todo momento, mientras la sarta está suspendida del bloque de la corona y cuando está descansando en la mesa rotatoria. Otra consideración que hay que tomar en cuenta en el diseño de la instalación es la altura, la altura de éstas no influye en la capacidad de carga del mismo, pero sí influye en la altura de las secciones de tubos (lingadas) que se puedan sacar del agujero sin tener que desconectarlas. Esto se debe a que el bloque de la corona debe tener la suficiente altura de la sección para permitir sacar la sarta de perforación del pozo.

Cuando la sarta de perforación se extrae del agujero, se le saca en secciones de 3 tubos, estas secciones de tres tubos se llaman lingadas, las cuales miden aproximadamente 27 metros.



Esquema de una torre de perforación

Fuente: <http://www.fenercom.com>

2.1.2. Subestructura

Es la parte inferior de la torre o mástil y se sitúa en el piso de perforación. Se caracteriza por ser un conjunto de vigas muy resistentes que sustenta el conjunto de herramientas y equipos utilizados en el proceso de perforación para levantar, bajar o

suspender la sarta y provee el área de trabajo para los equipos y personal, sobre y debajo del piso de perforación.



Subestructura

Fuente: <http://aeimg.allhaving.com>

2.1.3. El malacate

El malacate es la pieza principal del sistema de izaje, es grande y pesado, consiste de un tambor que gira sobre un eje alrededor del cual se enrolla un cable de acero, llamado cable de perforación. El objetivo principal del malacate es el de izar e introducir la tubería en el agujero de perforación.



Malacate

Fuente: <http://www.kpem.com>

El cable de perforación es enrollado en el carrete del malacate y cuando se acciona su funcionamiento, el carrete gira. Dependiendo en qué dirección gire el carrete, el bloque del aparejo o polea viajera que lleva conectada la sarta de perforación sube o baja a medida que el carrete enrolla o desenrolla el cable.

Una de las características principales del malacate, es el sistema de frenos que hace posible que el perforador controle fácilmente las cargas de tubería de perforación o de revestimiento. La mayoría de las instalaciones tienen por lo menos dos sistemas de frenos. Un freno mecánico que puede parar la carga inmediatamente y otro freno, generalmente hidráulico o eléctrico, que controla la velocidad de descenso de una carga, que a su vez ayuda a no gastar las pastillas del freno mecánico en el bloque del aparejo.

El malacate posee una transmisión que provee un sistema de cambios de velocidad, puede tener un mínimo de cuatro y un máximo de ocho velocidades. Este sistema de transmisión le da al perforador una gran variedad de velocidades para levantar las tuberías.

El malacate es atravesado por un eje que tiene dos tambores que giran en cada extremo de este eje. El primer tambor que está ubicado en el lado del malacate que le queda más cerca al perforador, se usa para apretar las herramientas y la tubería; mientras el segundo tambor está situado al otro extremo del malacate y es utilizado para enroscar y desenroscar tuberías de perforación cuando se está sacando o metiendo en el agujero, o cuando se requiere fuerza adicional mientras se está perforando.

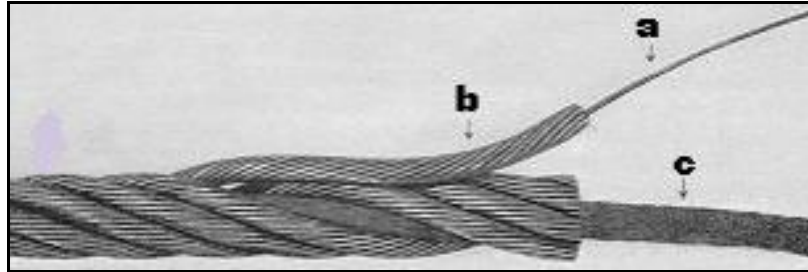
2.1.4. Bloques y cable de perforación

La polea viajera, el gancho, el bloque de la corona y el cable de perforación constituyen un conjunto cuya función es soportar la carga que está en la torre, mientras se introduce o se extrae la tubería del agujero.

Como sucede con casi todas las partes de la instalación de la perforación rotatoria, los bloques y el cable de perforación deben ser suficientemente fuertes para poder soportar grandes pesos. También se debe eliminar la fricción entre los bloques hasta donde sea posible, mientras que se mantiene la fuerza deseada, por esto son importantes unos buenos cojinetes y una buena lubricación.

El cable de perforación está compuesto de un número de hebras de alambre enrolladas helicoidalmente alrededor de un núcleo de fibra o filamentos de acero, con diámetros que varían generalmente entre 1 1/8 a 1 1/2 pulgadas (2.85 a 3.80 centímetros). Es el elemento que sirve para manipular las cargas suspendidas por el gancho durante las operaciones de perforación de pozos. El cable de perforación requiere lubricación debido al movimiento constante de los alambres dentro del cable de acero, unos rozando contra otros mientras el cable viaja a través de las poleas en el bloque de la corona y de la polea viajera.

Las partes del cable de perforación son las siguientes:



Partes del cable de acero

Fuente: <http://joclayoma.jimdo.com>

- a. **Alambres.** Son los que constituyen los cordones, estos alambres varían en número, dando como resultado diferentes diámetros de cable.
- b. **Cordones.** Están constituidos por varios alambres de menor diámetro. Estos cordones se enrollan helicoidalmente alrededor del núcleo para formar el cable.
- c. **Núcleo.** Alrededor del cual están envueltos los cordones y puede ser una cuerda de fibra o de alambre de acero. La principal ventaja de los cables con núcleo de fibra es su mayor flexibilidad por lo que puede enrollarse en tambores y poleas más pequeñas sin dañarse. La ventaja del cable con núcleo de acero consiste en su mayor resistencia, es mucho más rígido que el cable con núcleo de fibra y por ello su uso está restringido a operaciones de perforación profunda, en la que el equipo es grande y todas las poleas y tambores son de gran tamaño.

El gancho es una herramienta localizada debajo del bloque viajero y se conecta a una barra cilíndrica de acero en forma de asa que soporta la unión giratoria o swivel. Además de esta asa para la unión giratoria, existen dos más que se utilizan para conectar los elevadores de tubería al gancho.



Gancho

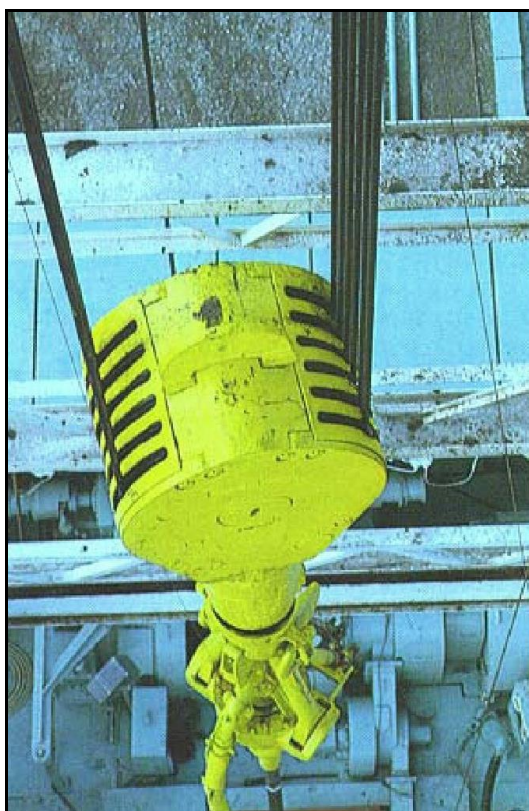
Fuente: <http://kr.made-in-china.com>

El bloque de corona está ubicado en la parte superior de la torre, formado por una serie de poleas. El cable de perforación pasa a través de estas poleas y llega al bloque viajero, el cual está compuesto de un conjunto de poleas múltiples por dentro de las cuales pasa el cable de perforación y sube nuevamente hasta el bloque corona. Su función es la de proporcionar los medios de soporte para suspender las herramientas. Durante las operaciones de perforación se suspenden el gancho, la unión giratoria, el kelly, la sarta de perforación y el trépano. Mientras que durante las operaciones de cementación del pozo, soportará el peso de la tubería de revestimiento.



Bloque de corona

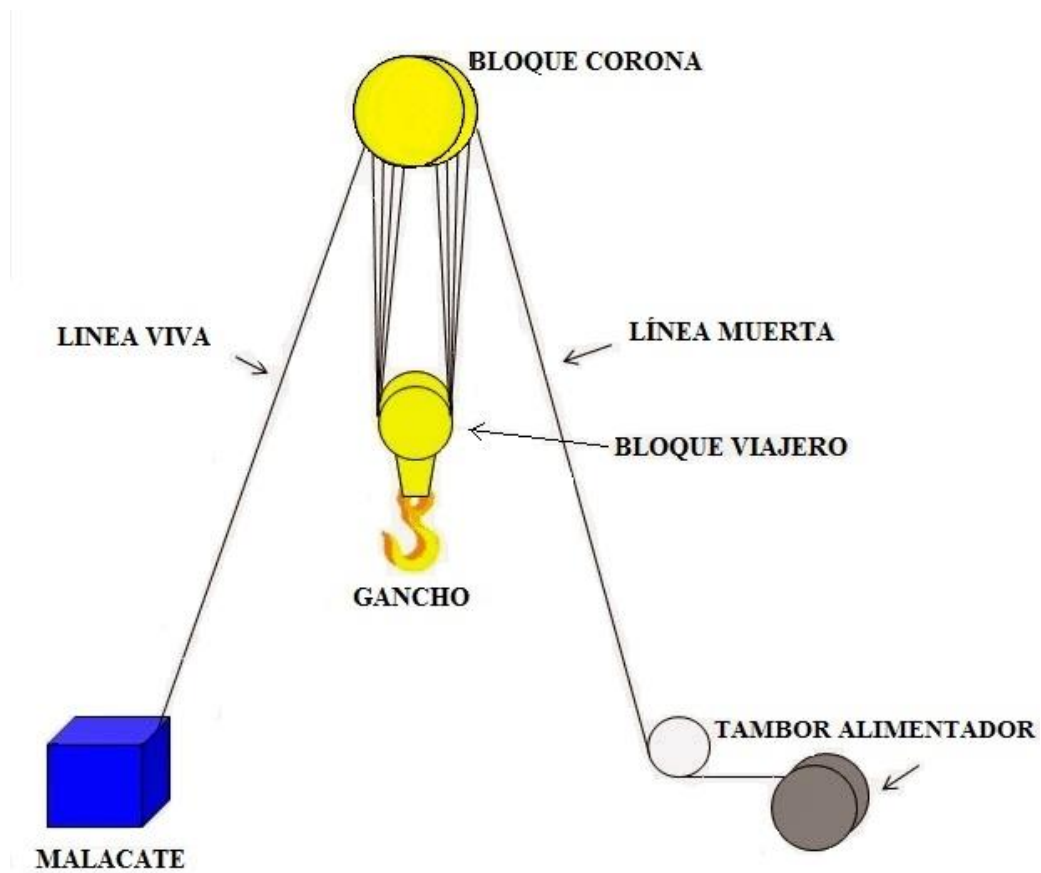
Fuente: <http://www.teficopetro.com>



Bloque viajero

Fuente: <http://lamadrigueradelpetrolero.blogspot.com>

Aunque hay un solo cable, da la impresión de haber más, esto es debido a que el cable de perforación sube y baja tantas veces entre los bloques, a este procedimiento se le llama guarnear el bloque. Una vez que se ha realizado el guarnear completo del bloque, el extremo del cable se baja hasta el piso del del taladro y se conecta al tambor del malacate. La parte del cable que sale del malacate hacia el bloque corona, se llama línea viva, ya que se mueve mientras se sube o se baja el bloque viajero. El extremo del cable que corre del bloque corona al tambor alimentador también se asegura, a esta parte del cable se le conoce como línea muerta, ya que no se mueve.



Malacate, bloques y cable de perforación

Fuente: <http://achjj.blogspot.com>

2.2. Sistema rotatorio

El objetivo del sistema rotatorio es proporcionar la acción de rotación a la barrena para que realice la acción de perforar.

Actualmente existen tres mecanismos para brindar rotación a la barrena:

- Sistema rotatorio convencional.
- Top Drive o motor elevable.
- Bottom Drive o Motor de Fondo.

2.2.1. El sistema rotatorio convencional

Este sistema es superficial y transmite la rotación a la tubería de perforación a través de sus componentes, los cuales son:

2.2.1.1. Mesa rotatoria

La mesa rotatoria es generalmente fabricada por aleación de acero. Recibe la energía del malacate mediante la cadena de transmisión de la rotatoria y produce un movimiento circular para que la maquinaria la transfiera a la tubería y a la barrena. La mesa está sostenida por rodamientos capaces de soportar el peso muerto de la tubería de perforación o de la tubería de revestimiento. Debido a los movimientos derivados de las operaciones de perforación, se deben escoger los rodamientos adecuados para mantener la mesa en su lugar indicado.



Mesa rotatoria

Fuente: <http://es.sdyuanzheng.com>

En la mesa rotatoria, se encuentran el buje maestro y dos importantes accesorios que son el buje de la flecha, el cual es usado durante la perforación, y las cuñas que son usadas para suspender la perforación momentáneamente. El buje maestro tiene la función junto con las cuñas de fijar la sarta de perforación a la rotatoria para transmitirle el movimiento. Tiene cuatro agujeros donde se meten los pernos del buje de la flecha. Cuando el buje maestro rota, los pernos ya conectados en los agujeros hacen que rote el mecanismo impulsor de la flecha.

2.2.1.2. Flecha o kelly

La flecha o kelly es una pieza de tubo cuadrada o hexagonal de un metal pesado que mide aproximadamente doce metros y que forma el extremo superior de la sarta de perforación. Su función es transmitir el giro que le proporciona la mesa rotatoria al varillaje, permitir su ascenso y descenso, así como conducir por su interior el fluido de perforación que ha de circular por todo el varillaje.



Flecha o kelly

Fuente: <http://sales-bjdzpj.en.made-in-china.com>

La válvula de seguridad de la flecha o válvula de tapón de la flecha, es una válvula especial que aparece como un bulto en la parte superior de la flecha. La función de la válvula es aislar la presión que sale por la sarta de perforación, la mayoría de las válvulas de tapón requieren de una llave especial para cerrarse, por lo tanto, el perforador debe asegurarse que la llave siempre se guarde en el mismo sitio y que todos los miembros de la cuadrilla sepan donde la pueden encontrar.

El extremo superior de la flecha va conectada a la unión giratoria y su extremo inferior a la tubería de perforación.

2.2.1.3. Unión giratoria o swivel

La unión giratoria o swivel tiene tres funciones básicas:

1. Soportar el peso de la sarta de perforación.
2. Permitir que la sarta de perforación gire libremente.

3. Proveer de un sello hermético y un conducto para que el lodo de perforación pueda ser bombeado por la parte interior de la sarta.



Unión giratoria o swivel

Fuente: <http://www.rtpumpparts.com>

Está compuesto de dos partes, una superior sujeta al cable sustentador y otra inferior roscada a la flecha o kelly, que puede girar independientemente gracias a unos rodamientos de bolas o rodillos de gran capacidad de resistencia al empuje axial (vertical) ya que de él cuelga toda la columna de perforación, que puede llegar a pesar fácilmente más de 300 toneladas. La unión giratoria conecta el sistema rotatorio con el sistema de izaje.

Como la cabeza giratoria de inyección y suspensión tienen que permitir, mientras la columna gira, el paso del fluido de perforación, la unión de las dos partes de las que se compone la unión giratoria tiene que ser estanca, por lo que van dotadas de una junta hermética de caucho, fibra sintética o similar. Gracias a esta estanqueidad, se

consigue que el circuito de lodos trabaje a gran presión evitando que se produzcan fugas del fluido al exterior o que dañen a los cojinetes por su alto poder de abrasión.

En el caso de los equipos semisumergibles, la polea viajera está provista de un compensador que absorbe los movimientos oscilatorios ascendentes y descendentes de las plataformas.

2.2.1.4. Sarta de perforación

La sarta de perforación es el enlace mecánico que conecta a la barrena de perforación que está en el fondo con el sistema de impulsión rotario que está en la superficie. El propósito principal de la sarta de perforación es de transmitir la torsión de la mesa rotatoria y la flecha Kelly hasta la barrena situada en el fondo del pozo. También sirve para dar circulación al fluido de perforación a fin de enfriar la barrena y remover los recortes.

En el proceso de perforación de un pozo, la sarta es el componente del equipo de perforación que más se somete a esfuerzos (tensión, compresión, presión interna y externa, fatiga, torsión, abrasión, erosión y corrosión).

La sarta de perforación está compuesta por la tubería de perforación y una tubería de pared gruesa llamada lastrabarrenas.

Las funciones principales de la sarta de perforación son:

- Transmitir la rotación, aplicada en la superficie de la plataforma petrolífera, a la barrena.
- Transmitir la fuerza o peso, a la barrena para que la formación geológica se rompa más fácilmente.
- Proporcionar una vía de transporte desde la superficie hasta la barrena; para que el fluido de perforación se pueda llevar bajo presión.
- Proporcionar los medios para bajar y subir la barrena de perforación dentro del pozo.

2.2.1.5. Tubería de perforación

La tubería de perforación es una barra de acero hueca utilizada para llevar a cabo los trabajos durante la operación de perforación. Generalmente se le conoce como tubería de trabajo, porque está expuesta a múltiples esfuerzos durante las operaciones. Además es la que constituye la mayor parte de la sarta de perforación y que generalmente está expuesta a esfuerzos de tensión, y cuyo peso es sostenido por la torre.

La tubería de perforación tiene una vida relativamente corta por lo que es importante un adecuado mantenimiento.



Tubería de perforación

Fuente: <http://i01.i.aliimg.com>

Las tuberías de perforación se van uniendo entre sí a medida que avanza la perforación, por medio de las conexiones o uniones de herramientas. Estos se sueldan por recalentamiento instantáneo a la tubería de perforación usando

tratamientos de calor antes de ejecutar la soldadura. Debido al roce que sufren las conexiones contra las paredes o el revestimiento del pozo, se aplican bandas de metal duro, tales como partículas de carburo de tungsteno.



Conexiones o uniones

Fuente: <http://core.ac.uk>

2.2.1.6. Lastrabarrenas

Los lastrabarrenas son tubos lisos, cuadrados o en espiral de acero o material no magnético de espesores significativos, pesados y rígidos, los cuales sirven de unión entre las barrenas y las tuberías de perforación. En la perforación direccional son preferibles las de espiral debido a que sus ranuras reducen el área de contacto con la pared, reduciendo la probabilidad de que se produzca un atascamiento por parte de la tubería. Al colocarlos en el fondo de la sarta de perforación proporcionan la rigidez y el peso suficiente para producir la carga requerida sobre la barrena para una penetración más efectiva en la formación geológica.

Los lastrabarrenas tienen las siguientes funciones:

- Proporcionan el peso sobre la barrena.
- Soportan y dan rigidez a la parte inferior de la sarta de perforación.

- Sirven de apoyo y estabilizan la barrena.

El peso de los lastrarbarrenas actuando directamente sobre la barrena tiene dos consecuencias principales:

1. La tendencia de la sarta de colgar verticalmente debido al peso y la gravedad. Entre más pesados son los lastrarbarrenas, menos probable es que el pozo se desvíe de la vertical.
2. El peso aplicado a la barrena la hará estabilizar, haciendo que el pozo mantenga su dirección constantemente. Esta estabilización de la broca también permitirá una distribución más pareja de la carga sobre la estructura cortante de la barrena. Esto evita que la barrena se aleje de la posición central, garantizando un pozo derecho, de diámetro correcto y un desgaste parejo de la barrena.



Lastrarbarrenas

Fuente: <http://burovoeremeslo.ru/images/ubt.jpg>

Mantener el pozo en la dirección correcta se logra no sólo por el peso y la rigidez de los lastrabarrenas en la base de la sarta de perforación, si no con que el diámetro exterior de los lastrabarrenas sea apenas menor que el diámetro de la barrena empleada. Esto se conoce como “sarta empacada”.

2.2.1.7. Barrena

La barrena es la herramienta de corte localizada en el extremo inferior de la sarta de perforación, utilizada para cortar o triturar la formación del suelo durante el proceso de la perforación rotatoria.

Su función es perforar los estratos de la roca mediante el vencimiento de su esfuerzo de compresión y de rotación de la barrena.



Conjunto de barrenas

Fuente: <http://www.coredril.com>

Cada barrena tiene un diámetro específico que determina la apertura del agujero que se quiere hacer. Y como en las tareas de perforación se requieren barrenas de diferentes diámetros, hay un grupo de gran diámetro que va desde 610 hasta 1068 milímetros (24 a 42 pulgadas), y seis rangos intermedios para comenzar la parte superior del agujero y meter una o dos tuberías de superficie de gran diámetro. El

peso de esta clase de barrenas es de 1080 a 1575 kilogramos, estos pesos nos dan la idea de la robustez de la pieza.

El otro grupo de barrenas de 36 rangos intermedios de diámetro, incluye las de 73 hasta 660 milímetros de diámetro (3 a 26 pulgadas), cuyos pesos van desde 1.8 a 552 kilogramos.

Las características y el grado de solidez de los estratos que conforman la columna geológica en el sitio a perforar, determinarán el tipo de barrena más adecuada que se utilizaran en la perforación.

La barrena de conos giratorios es el tipo más utilizado para perforar rocas, desde las blandas hasta las duras y las muy duras. Las barrenas se fabrican de dos, tres o cuatro conos. Cada cono rota alrededor de un eje fijo que tiene que ser muy fuerte para que cada cono soporte el peso que se le aplica a la barrena y pueda morder bien la roca para poder desmenuzarla. Por tanto, el encaje del cono en el eje tiene que ser muy seguro para evitar que el cono se desprenda. El movimiento rotatorio eficaz del cono se debe al conjunto de rodamientos internos empotrados alrededor del eje, los cuales por lubricación hermética mantienen su deslizamiento.

La disposición, el diámetro y las características de los orificios o boquillas fijas o reemplazables por donde sale el fluido de perforación a través de la barrena, han sido objeto de modificaciones técnicas para lograr mayor eficiencia hidráulica tanto para mantener la barrena en mejor estado físico como para mantener el fondo del hoyo libre de desechos que produce el avance de la barrena.

2.2.1.7.1. Tipos de barrena

En la actualidad existen varios tipos de barrenas para la perforación de yacimientos petrolíferos que difieren entre sí, ya sea en su estructura de corte o por su sistema de rodamiento. De acuerdo con lo anterior, las barrenas se clasifican en:

- Barrenas tricónicas.
- Barrenas de cortadores fijos.

- Barrenas especiales.

2.2.1.7.1.1. Barrenas tricónicas

El mecanismo principal de este tipo de barrena es de trituración por impacto fallando la roca por compresión. La barrenas tricónicas tienen tres conos que son principalmente de dos tipos: de dientes tallados o de insertos de carburo de tungsteno, y pueden ser de varios tamaños y durezas de acuerdo a las litologías previstas.

Una gran cantidad de calor se genera por la fricción durante la perforación y este calor debe ser disipado para que no se vea afectada la estructura molecular del material de la barrena. El enfriamiento y la lubricación son funciones del fluido de perforación. Este sale por los orificios o toberas que tiene la barrena. Cada orificio está posicionado arriba de cada cono, son reemplazables y pueden ser instalados en diferentes tamaños; siendo mayor la velocidad del lodo a medida que el orificio es más pequeño.



Barrena tricónica

Fuente: <http://www.varelintl.com>

2.2.1.7.1.2. Barrenas de cortadores fijos

Las barrenas de cortadores fijos son cuerpos compactos, sin partes móviles con diamantes naturales o sintéticos incrustados parcialmente en su superficie inferior y lateral que trituran la formación por fricción o arrastre. Este tipo de barrenas rotan solamente mientras que la sarta de perforación gire.



Barrenas de cortadores fijos

Fuente: <http://ingenieraenpetroleo.blogspot.com>

2.2.1.7.1.3. Barrenas especiales

Las barrenas especiales pueden ser de dos tipos: ampliadoras o bicéntricas y se utilizan para operaciones tales como: la ampliación del diámetro, ya sea desde la boca del pozo (superficial) o desde una profundidad determinada.



Barrena ampliadora

Fuente: <http://core.ac.uk>

2.2.2. Motor elevable o top drive

Es un equipo superficial utilizado para imprimir rotación a la sarta de perforación sin la utilización de la mesa rotatoria ni la flecha. Este equipo es impulsado por un motor de corriente alterna, sube y baja por la torre a través de un raíl o viga guía a la que se sujeta gracias a unos patines que permiten su libre deslizamiento vertical; es usado en una gran variedad de aplicaciones tanto en tierra como en mar, lleva la unión giratoria y un sistema de sujeción de tubos integrado y, elimina la necesidad de circuitos hidráulicos de servicio.

Dentro de los beneficios de utilizar el top drive se encuentran:

- Su alto rendimiento y la facilidad de controlar la velocidad y par de torsión.
- Diseño más compacto y facilidad de transporte.
- Requiere menos mantenimiento, y aumenta la rentabilidad de los equipos.

- Mejora el control de la sarta en la perforación direccional, ya que permite rotar y circular mientras se desplaza por el pozo.



Motor elevable o top drive

Fuente: <http://www.sertcooverseas.com>

2.2.3. Motor de fondo o bottom drive

En situaciones especiales, el equipo puede utilizar un motor de fondo para rotar la barrena, que a diferencia de un sistema rotatorio convencional o un sistema de motor elevable, el motor de fondo no gira la tubería de perforación, sino solamente la barrena. El lodo de perforación acciona la mayoría de los motores de fondo, que normalmente se instalan sobre la barrena.

Consta de dos partes principales, un rotor y un estator, formando una geometría excéntrica entre ellos, de manera que cuando el fluido de perforación pasa por el espacio disponible el rotor comienza a girar transmitiendo la energía a la barrena. El incremento del número de lóbulos del rotor permite que éste gire a velocidades más bajas proporcionando un mayor esfuerzo de torsión.

La utilización de estos motores permite transmitir la rotación a la barrena sin la necesidad de que la sarta rote, son ideales para la perforación direccional ya que pueden hacer y mantener el rumbo sin tener que hacer arreglos complicados como en la perforación convencional.

2.3. Sistema de circulación de lodo

La principal función del sistema de circulación de lodo es de hacer circular el fluido de perforación hacia el interior y exterior del pozo con el propósito de remover los recortes de roca del fondo del agujero a medida que se perfora, además de proveer un medio para controlar el pozo y las presiones de formación mediante el fluido de perforación.

El sistema de circulación está compuesto por equipos y accesorios, todos de forma y características diferentes, los cuales movilizan el lodo de perforación a través del sistema de circulación, por lo que permiten preparar el lodo, almacenarlo y bombearlo, hacia el pozo, estableciendo un circuito cerrado de circulación con retorno a los tanques, desde donde fue succionado por las bombas de lodo.

2.3.1. Equipos principales del Sistema de circulación de lodo

- **Bombas de lodo.** Las bombas de lodo son los componentes primarios de cualquier sistema de circulación de fluidos, las cuales funcionan con motores eléctricos conectados directamente a las bombas o con energía transmitida por la central de distribución, las bombas deben ser capaces de mover grandes volúmenes de fluido a presiones altas. Cuando se está circulando aire o gas, la

bomba es reemplazada por compresores y las presas de lodos no son necesarias.



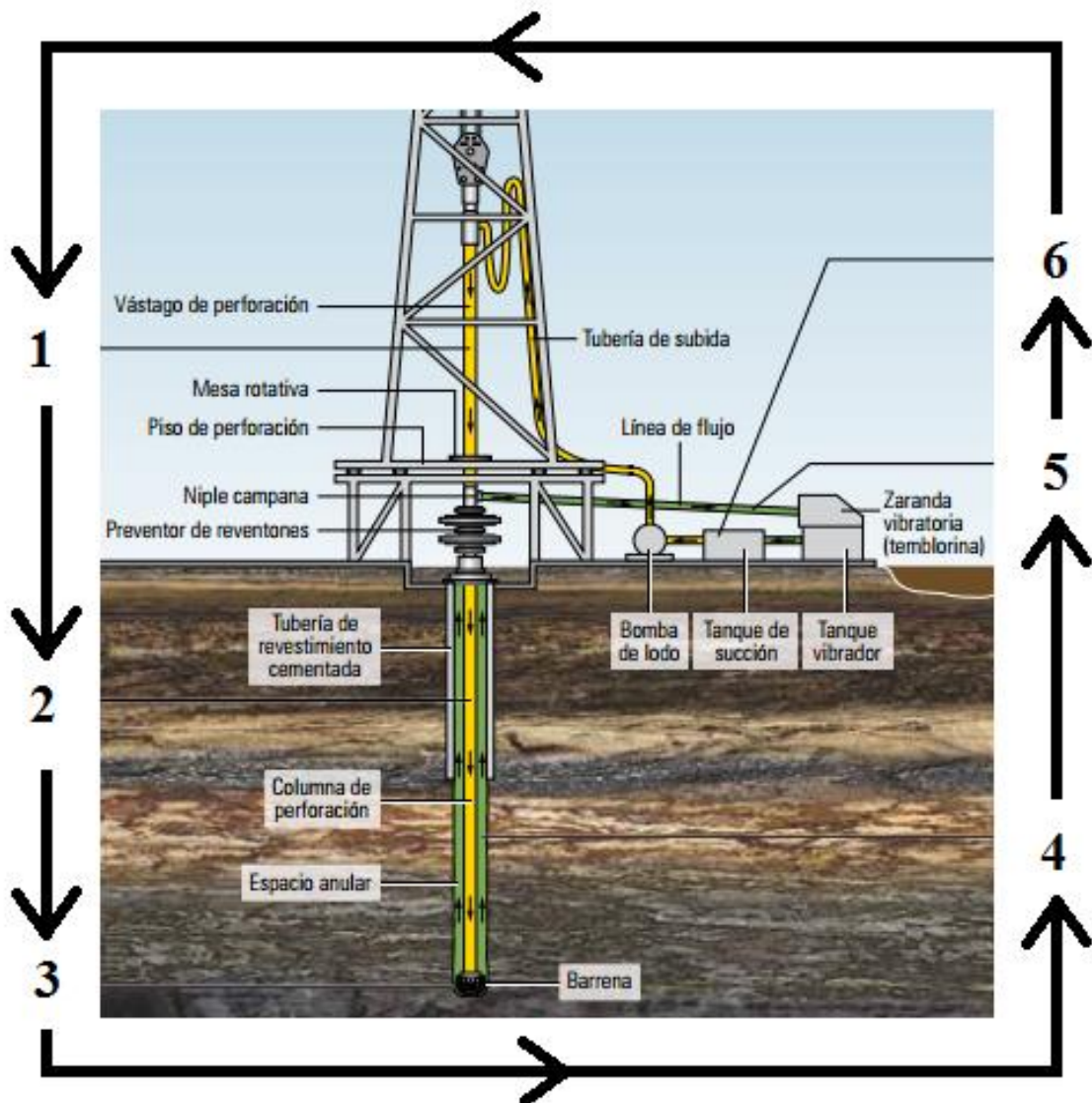
Bombas de lodo

Fuente: <http://grupos.emagister.com>

- **Presas de lodos.** El lodo se mezcla en estas presas con la ayuda de una tolva dentro de la cual se le echan los aditivos secos.
- **Zaranda vibratoria.** El fluido de perforación cuando es devuelto a la superficie pasa a un equipo llamado zaranda vibratoria compuesto por telas metálicas. Éste separa los recortes del lodo y los echa a una presa de desechos.
- **Desarenador y deslimizador.** Son mezcladores de fango que se conectan a las presas para remover las partículas pequeñas cuando el lodo las trae del agujero, ya que si el fango o la arena vuelve a circular por el pozo, el lodo se hace más denso de lo deseado y puede desgastar la sarta de perforación y otros componentes.

- **Desgasificador.** Está diseñado para eliminar los contaminantes gaseosos del fluido de perforación. Mediante la eliminación de burbujas de gas, el desgasificador también ayuda a reducir el riesgo de explosiones y otros peligros en el sitio de perforación.

2.3.1.1. Ciclo de circulación del fluido de perforación



Ciclo de circulación del fluido de perforación

Fuente: <http://www.slb.com>

1. El lodo se bombea desde el tanque de succión, asciende por la tubería de subida, desciende por el vástago de perforación y atraviesa la columna de perforación en su recorrido por el pozo hacia la barrena.
2. El esfuerzo de cizalla (corte) y la temperatura afectan al lodo a medida que éste es bombeado hacia la barrena a alta velocidad y alta presión.
3. Se observan efectos adicionales de cizalla a medida que el lodo pasa a través de las boquillas de la barrena e impacta la formación.
4. El lodo retorna por el espacio anular degradado por las condiciones del fondo del pozo, deshidratado, y cargado con sólidos de formación.
5. En la superficie, el lodo fluye por la línea de flujo hacia las zarandas vibratorias donde los sólidos de formación más grandes son removidos. A medida que el lodo fluye a través del sistema de tanques de lodo, se produce un proceso de limpieza posterior.
6. El tanque de succión o de mezcla, se mezclan aditivos nuevos en el sistema, se repone la fase continua y se ajusta la densidad del lodo, preparando el fluido para su viaje de regreso hacia el fondo del pozo.

2.3.2. Fluido de perforación

Los fluidos de perforación cumplen muchas funciones: controlan las presiones de formación, remueven los recortes del pozo, sellan las formaciones permeables encontradas durante la perforación, enfrían y lubrican la barrena, transmiten la energía hidráulica a las herramientas que se encuentran en el fondo del pozo y a la barrena y, quizás lo más importante, mantienen la estabilidad y el control del pozo.



Fluido de perforación

Fuente: <http://spekfupm.com>

Las composiciones de los fluidos de perforación varían según las exigencias del pozo, las capacidades de los equipos de perforación y las cuestiones ambientales. Los ingenieros diseñan los fluidos de perforación para controlar las presiones del subsuelo, minimizar el daño de la formación, minimizar la posibilidad de pérdida de circulación, controlar la erosión del pozo y optimizar los parámetros de perforación, tales como la velocidad de penetración y la limpieza del pozo.

Los fluidos de perforación poseen una fase continua, que es líquida, y una fase discontinua compuesta por sólidos. En ocasiones, también presentan una fase gaseosa; ya sea por diseño o como resultado del arrastre de gas de formación. La fase continua puede ser utilizada para clasificar los tipos de fluidos de perforación en gaseosos, fluidos acuosos o sistemas no acuosos. Estos fluidos son una mezcla de componentes líquidos y sólidos, cada uno de los cuales está diseñado para modificar

una propiedad específica del fluido de perforación, tal como su viscosidad y su densidad.

Los fluidos de perforación acuosos, a los que se alude generalmente como lodos a base de agua, son los más comunes y los más variados de los tres tipos de fluidos de perforación. Su composición varía entre mezclas simples de agua y arcilla, y sistemas complejos de fluidos de perforación inhibidores, o estabilizadores de arcillas, que incluyen muchos componentes.

En los fluidos de perforación no acuosos, a los que se alude generalmente como lodos a base de sintéticos, la fase continua puede consistir en aceites minerales, ésteres biodegradables, olefinas u otras variantes. Aunque por lo general más costosos que los fluidos de perforación acuosos, estos sistemas tienden a proporcionar un excelente control del pozo, estabilidad térmica, lubricidad y velocidades de penetración, lo que puede ayudar a reducir el costo total para el operador.

En rocas fracturadas o en ambientes en los que el pozo no podría sustentar una columna de agua sin una pérdida significativa de fluido en la formación, los perforadores utilizan sistemas de aire, bruma o espuma para ayudar a remover los recortes del pozo y mantener la integridad del mismo.

2.3.2.1. Funciones básicas del fluido de perforación

Los fluidos de perforación son formulados para llevar a cabo una amplia variedad de funciones. Si bien la lista es extensa y variada, las características de rendimiento clave son las siguientes:

Control de las presiones de formación. El fluido de perforación es vital para mantener el control de un pozo. El lodo es bombeado a través de la sarta de perforación, a través de la barrena y de regreso por el espacio anular. En agujero descubierto, la presión hidrostática ejercida por la columna de lodo se utiliza para compensar los incrementos de la presión de formación que, de lo contrario, producirían el ingreso de los fluidos de formación en el pozo, causando posiblemente

la pérdida de control del pozo. Sin embargo, la presión ejercida por el fluido de perforación no debe exceder la presión de fractura de la roca propiamente dicha; de lo contrario, el lodo fluiría hacia la formación; situación que se conoce como pérdida de circulación.

Traslado de los recortes del pozo. La circulación del fluido de perforación permite llevar los recortes (fragmentos de rocas generados por la barrena) a la superficie. La conservación de la capacidad del fluido para transportar estos trozos sólidos por el pozo hacia la superficie es clave para la eficiencia de la perforación y la minimización del potencial para el atascamiento de la tubería.

Enfriamiento y lubricación de la barrena. A medida que el fluido de perforación pasa a través y alrededor del arreglo de perforación rotativo, ayuda a enfriar y lubricar la barrena. La energía térmica es transferida al fluido de perforación, que lleva el calor a la superficie. En ambientes de perforación extremadamente calientes, pueden utilizarse intercambiadores de calor en la superficie para enfriar el lodo.

Transmisión de la energía hidráulica a la barrena y las herramientas del fondo del pozo. El fluido de perforación es descargado a través de las boquillas de la cara de la barrena. La energía hidráulica liberada contra la formación ablanda y eleva los recortes lejos del fondo del agujero. Además, esta energía acciona los motores de fondo y otros equipos que direccionan la barrena y obtienen datos de perforación o de la formación en tiempo real.

Mantenimiento de la estabilidad del pozo. Los componentes básicos de la estabilidad del pozo implican la regulación de la densidad, la minimización de la erosión hidráulica y el control de las arcillas. Los ingenieros minimizan la erosión hidráulica mediante el balance de la geometría del pozo en función de los requerimientos de limpieza, la capacidad de transporte de fluidos y la velocidad de flujo anular. El proceso de control de arcillas es complejo. Las arcillas presentes en algunas formaciones se expanden en presencia de agua, mientras que otras se dispersan. En cierta medida, estos efectos pueden ser controlados mediante la modificación de las propiedades del fluido de perforación.

2.3.2.2. El ciclo de vida de los fluidos de perforación

El diseño y mantenimiento de los fluidos de perforación son procesos repetitivos afectados por las condiciones de superficie y del fondo del pozo. Estas condiciones cambian a medida que el pozo se perfora a través de formaciones más profundas y encuentra incrementos graduales de temperatura y presión, y el lodo experimenta alteraciones en la química generadas por los diferentes tipos de rocas y fluidos de formación. Los especialistas en fluidos y los ingenieros de planta utilizan la ingeniería de procesos continuos para ajustar el fluido de perforación en respuesta a las condiciones variables de pozo y luego evalúan el rendimiento de los fluidos y modifican sus propiedades en un ciclo continuo.

Diseño inicial. En la fase de planeación, los especialistas en fluidos seleccionan diferentes tipos y diseños de sistemas de lodo para cada sección del pozo. Los sistemas están diseñados para cumplir con diversas especificaciones, incluidos los requerimientos de densidad, la estabilidad del pozo, los gradientes térmicos, los aspectos logísticos y los asuntos ambientales. La perforación puede comenzar con un sistema de fluidos simples. A menudo, el agua es el primer fluido utilizado para perforar hasta la profundidad de entubación inicial. A medida que el pozo va cogiendo profundidad, el incremento de la presión de formación, el aumento de la temperatura y la presencia de formaciones más complejas requieren niveles más altos de control mecánico y capacidad de limpieza del pozo. Los sistemas de fluidos simples pueden ser desplazados o convertidos en un lodo inhibidor espesado, a base de agua, seguido por fluidos de perforación no acuosos a mayores profundidades.

Circulación. El carácter del fluido de perforación evoluciona constantemente. En un ciclo de circulación, el fluido consume energía, levanta los recortes, enfría la barrena y el pozo, y luego descarga los residuos en la superficie. Esto exige que los ingenieros y especialistas en fluidos evalúen y recarguen continuamente el sistema con fluidos nuevos y otros aditivos.

Medición y rediseño: El especialista en fluidos de perforación mide ciertas propiedades del lodo de retorno. Por lo general, las propiedades específicas medidas son una función del tipo de fluido que se utiliza, pero habitualmente incluyen la

densidad, la tasa de filtración, el contenido de la fase continua, y la clasificación de sólidos. El fluido es analizado posteriormente para la estimación del pH, la dureza, la alcalinidad, los cloruros, el contenido de gas ácido y otros parámetros específicos de ciertos tipos de fluidos. Luego, el especialista diseña un programa de tratamiento para las 12-24 horas siguientes. El perforador y el especialista en fluidos monitorean constantemente las condiciones del pozo y las características del fluido de retorno y luego efectúan en el lodo los ajustes que imponen las condiciones de pozo y de perforación.

2.4. Sistema de energía

Mecánica o eléctricamente, cada torre de perforación moderna utiliza motores de combustión interna como fuente principal de energía o fuente principal de movimiento. Un motor de una torre de perforación es similar a los motores de los coches, excepto que los de la torre son más grandes, más potentes y no usan gasolina como combustible. La mayoría de las torres necesitan de más de un motor para suministrar la energía necesaria para la perforación de pozos.

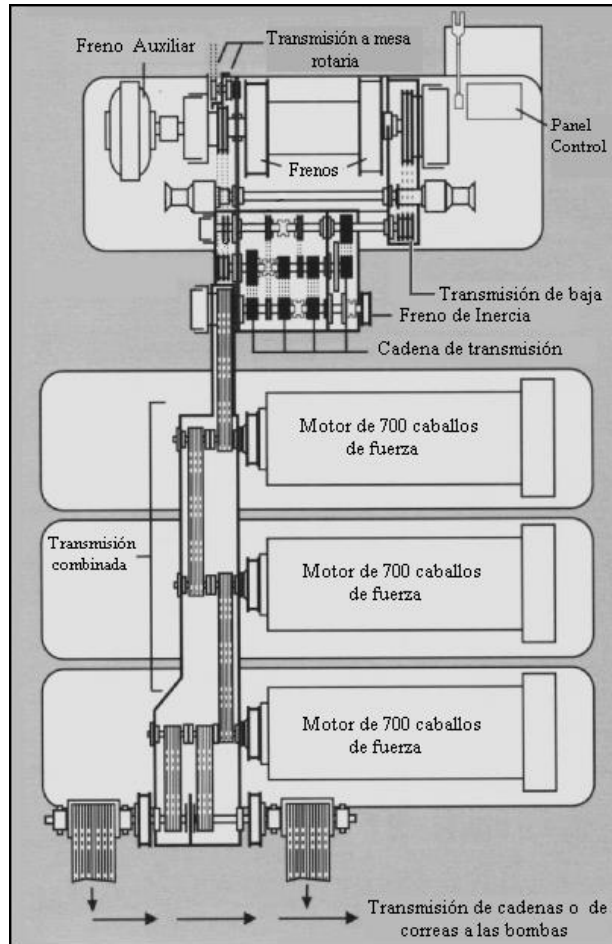
Los motores en su mayoría utilizan diésel, porque el diésel como combustible es más seguro de transportar y de almacenar a diferencia de otros combustibles tales como el gas natural, el gas licuado del petróleo o la gasolina.

Para transmitir la potencia desde la fuente primaria hasta los componentes de la instalación existen dos métodos: el mecánico y el eléctrico. Hasta hace poco, casi todas las instalaciones eran mecánicas, o sea, la potencia de los motores era transmitida a los componentes por medios mecánicos; actualmente, las instalaciones diésel-eléctricas reemplazaron a las mecánicas.

2.4.1. Transmisión mecánica de energía

En una instalación de transmisión mecánica, la energía es transmitida desde los motores hasta el malacate, las bombas y otra maquinaria a través de un ensamble

conocido como la central de distribución, la cual está compuesta por embragues, uniones, ruedas de cabilla, correas, poleas y ejes, todos funcionando para lograr la transmisión de la energía.



Transmisión mecánica de energía

Fuente: <http://manejodepetroleoygas.blogspot.com>

2.4.2. Transmisión eléctrica de energía

Las instalaciones diésel-eléctricas utilizan motores diésel, los cuales le proporcionan energía a grandes generadores de electricidad. Estos generadores a su vez producen electricidad que se transmite por cables hasta un dispositivo de distribución en una cabina de control. De ahí, la electricidad viaja a través de cables adicionales hasta los motores eléctricos que van conectados directamente al equipo, al malacate, a las

bombas de lodo y a la mesa rotatoria. El sistema diésel-eléctrico tiene varias ventajas sobre el sistema mecánico siendo la principal, la eliminación de la transmisión pesada y complicada de la central de distribución y la transmisión de cadenas, eliminando así la necesidad de alimentar la central de distribución con los motores y el malacate. Otra ventaja es que los motores se pueden colocar lejos del piso de la instalación, reduciendo el ruido en la zona de trabajo.

2.5. Sistema para el control del pozo

Un reventón es un evento indeseable en cualquier instalación petrolera porque pone en peligro las vidas humanas, puede destruir una instalación cuyo valor puede ser de millones de euros, puede desperdiciar petróleo y hacer daño al medio ambiente. Un fluido, ya sea líquido o gas, brota del pozo casi siempre con una gran fuerza y muchas veces se incendia, especialmente si el fluido es gas. El problema surge cuando la presión de la formación es más alta que la que se tiene en el pozo. Casi siempre el fluido de perforación evita que el fluido de la formación entre al pozo y reviente, pero bajo ciertas circunstancias este fluido de la formación puede entrar al pozo y causar dificultades, ocasionando un cabeceo, es decir, el fluido de la formación entra al pozo y parte del fluido de control es empujado fuera del pozo. Si el personal operativo no se da cuenta de estos primeros indicios de un cabeceo, todo el fluido de perforación será expulsado del pozo y el fluido de la formación fluirá sin control hasta la superficie terminando en un chorro incontrolable, resultando en un reventón.

Por lo anterior existe un equipo para mantener el control del pozo y evitar dificultades. El equipo de control requiere de especial atención por parte del personal, se tiene que probar de acuerdo al programa de inspección y operar para asegurar que todo esté funcionando bien. También se deben tener simulacros de emergencia como si estuviese ocurriendo un reventón, sobre todo cuando se está perforando en zonas donde se espera que las presiones subterráneas sean extremadamente altas, para saber qué hacer en el momento de una emergencia.

2.5.1. Preventores BOP (Blowout Preventer)

La función de los preventores es la de controlar el paso de fluidos de una formación productora hacia la superficie, tanto por el espacio anular como por el interior de la tubería de producción o de trabajo, ya sea gas, aceite o agua.



Preventores BOP

Fuente: <http://www.indonetwork.net>

Los preventores se clasifican en los siguientes tipos:

- **De interiores.** Su función es controlar el paso del fluido que proviene del interior de la tubería de producción o de trabajo.
- **De ariete.** Se utilizan como control superficial en un pozo para sellar el espacio anular cuando se tiene una tubería en su interior o cerrarlo totalmente. Funciona casi siempre hidráulicamente para cerrar el espacio anular alrededor de la tubería en el pozo. Los arietes para tubería deben ajustarse alrededor del perímetro de cualquier clase o tamaño de tubería que se encuentre en el pozo.

- **Esféricos.** Es el accesorio que forma parte del conjunto de preventores y que tiene la habilidad de efectuar cierres herméticos a presión, en cualquier cuerpo que esté dentro del pozo, sin importar su forma o en pozo franco, para ello, utilizan como elemento una unidad de caucho de alta calidad con insertos que lo hacen más efectivo, alargando su vida útil; la forma y tamaño del sello está regido por la marca del preventor.
- **Anular mecánico.** Se utiliza en donde se operan pozos de bombeo mecánico o hay operaciones donde se hace necesario introducir tubería bajo presión. Los preventores anulares mecánicos son diseñados variando únicamente los empaques que se colocan de acuerdo a la tubería que se manejará, así como los topes superiores, ya que éstos varían de acuerdo a su diámetro interior.

2.5.2. Acumuladores

Los preventores se abren y se cierran por medios hidráulicos, a través de fluidos que están almacenados bajo presión en unos equipos llamados acumuladores, los cuales son recipientes en forma de botellas o esféricos que están localizados en la unidad de operaciones. Para poder llevar el fluido hidráulico del acumulador a los preventores se tienden líneas que soportan altas presiones y cuando las válvulas de control se activan, el fluido hace que los preventores trabajen, ya que los preventores se deben de sellar rápidamente.



Acumuladores

Fuente: <http://www.qingdaohyster.com>

2.5.3. Estranguladores

Cuando ocurre un cabeceo, al cerrar el pozo con uno o más de los preventores, se tiene que seguir perforando, por lo que hay que trasladar fuera al fluido invasor con un fluido de densidad apropiado llamado fluido de control. Para tal operación se instalan los estranguladores, que son un juego de válvulas, las cuales van conectadas a los preventores con la línea del estrangulador; o sea, cuando un pozo se ha cerrado, el lodo y el fluido invasor son llevados hacia fuera por medio de la línea de estrangular y a través del juego de conexiones de los estranguladores.



Estranguladores

Fuente: <http://spanish.alibaba.com>

Los estranguladores son válvulas ajustables y fijas. Los estranguladores ajustables son operados neumáticamente o hidráulicamente y tienen una apertura capaz de ser cerrada o restringida, la cual varía en tamaño, desde la posición de cerrado y hasta la posición completamente abierta. Un estrangulador fijo tiene un flujo restringido de tamaño permanente. En cualquiera de los casos, la idea es que el flujo de los fluidos del pozo pueda circularse a través de los estranguladores y que se pueda mantener la

suficiente presión dentro del pozo para evitar que entre más fluido de la formación mientras se está llevando a cabo la operación de cerrar el pozo.

2.5.4. Separador de lodo y gas

Este separador es una pieza que rescata el lodo útil que sale del pozo mientras se está circulando hacia fuera del pozo y separa el gas para que pueda ser quemado a una distancia segura de la instalación. La mayoría de los separadores de lodo y gas son hechos de una sección de tubería de diámetro grande que utiliza deflectores internos para hacer que el chorro de lodo y gas se muevan más despacio, y de un arreglo de tubos en forma de "S" en el fondo para permitir que el lodo fluya hacia el tanque de la zaranda vibratoria. Como el gas se mantiene encima del lodo existe un tubo de descarga en la parte de superior, el cual permite que el gas vaya hacia el quemador sin hacer mucha presión contra del lodo.



Separador de lodo y gas

Fuente: <http://www.drilling-mudsystems.com>

3. Equipo especial usado en la perforación marina

El equipo de perforación marino que se encuentra a bordo de una plataforma fija o un sistema flotante en el mar, es similar al utilizado en las operaciones de perforación terrestre, ya que incluye elementos como el malacate, la mesa rotatoria, las tuberías, el sistema de circulación de fluidos y las herramientas normales, así como las que se usan dentro del agujero, como son: barrenas, lastrarbarrenas, estabilizadores y otras. Existen herramientas, sistemas, técnicas y equipos especiales que solamente se utilizan en la perforación marina.

3.1. Guía de la polea viajera

El movimiento horizontal de la polea viajera se restringe por medio de una guía instalada en el interior de la torre de perforación, esto se debe al movimiento horizontal del equipo flotante causado por las corrientes marinas y las olas del mar. Mecánicamente, esto se logra instalando dos viguetas en el interior de la torre de perforación. Las vigas tienen un espacio suficiente que servirán para guiar unas ruedas que están instaladas a los lados opuestos de la polea viajera. Ajustando la polea a esta guía se restringe también el movimiento horizontal del gancho y de la unión giratoria.

3.2. Amortiguadores o compensadores de movimiento vertical (CMV)

El efecto principal que causa el movimiento vertical del equipo flotante, es el movimiento relativo entre la barrena y el fondo del pozo. Para compensar este movimiento vertical de la barrena contra el fondo del pozo y mantener un peso determinado constante sobre la barrena se usan normalmente amortiguadores, los

cuales se instalan en la parte superior de los lastrabarrenas, o en un lugar adecuado entre los mismos. Los amortiguadores compensan el movimiento vertical solamente en la parte inferior de la sarta. La longitud de los amortiguadores y el número requerido depende de las características del equipo, de la profundidad del mar y de la predicción marítima.

Los amortiguadores han demostrado ser muy eficientes en la compensación del movimiento vertical de los equipos de perforación flotante. Son costosos, no sólo por su precio de adquisición y por su mantenimiento, sino porque en caso de fallo prematuro, esto ocasionará que se efectúe la recuperación prematura de la sarta de perforación.

3.3. Riser

El riser es el lazo de unión entre el equipo de perforación flotante y el pozo en el lecho marino. Es vital para el desarrollo de las operaciones de perforación, ya que proporciona un medio de retorno para el fluido de perforación y de guía para la sarta de perforación hacia el interior del pozo. El riser generalmente tiene una longitud de 22 metros.

Este dispositivo se encuentra unido en su parte inferior a la pareja de preventores submarinos, y en su parte superior, al equipo de perforación, y es tal vez el elemento más vulnerable del equipo flotante. Debe ser estructuralmente capaz de resistir los esfuerzos ejercidos sobre él, bajo condiciones severas de operación.



Riser

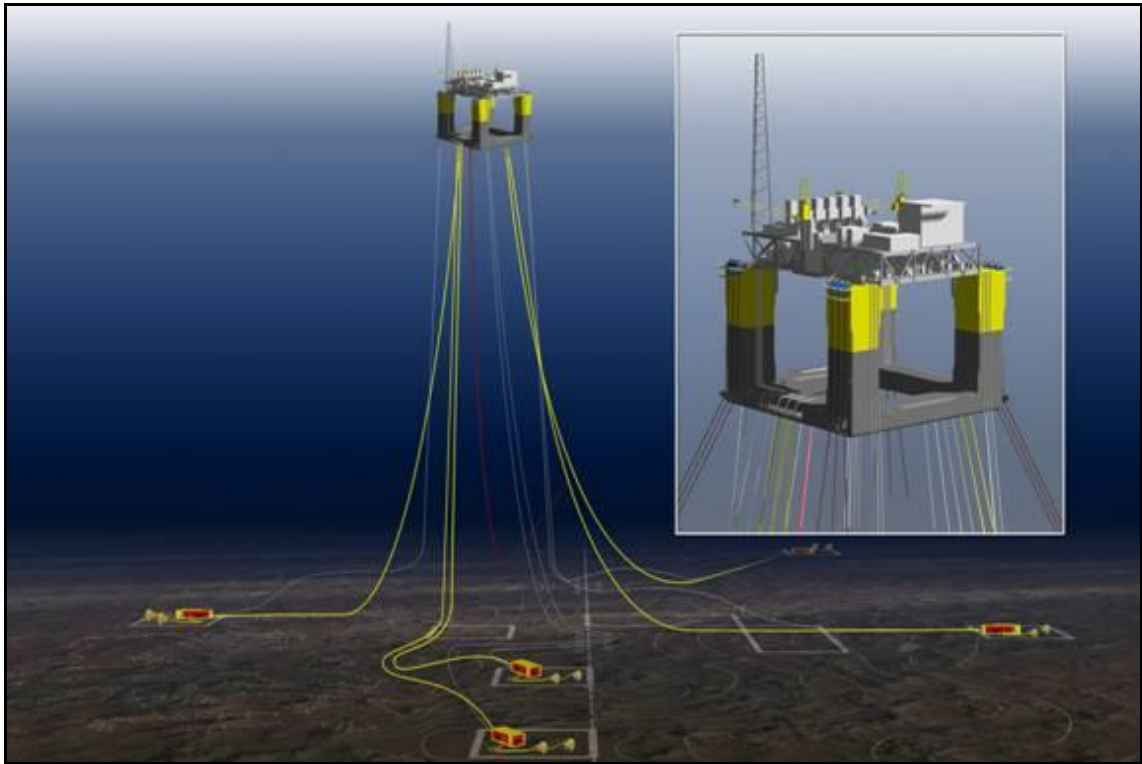
Fuente: <http://www.offshore-technology.com>

3.4. Sistema tensionador

La función principal de este sistema es proporcionar una tensión axial (vertical) constante sobre el riser para mantenerlo rígido y evitar que se puedan presentar compresiones en el mismo.

Este sistema debe soportar el peso del aparejo, así como las cargas generadas por el movimiento del equipo; mareas y corrientes. Consta de varias unidades tensionadoras colocadas a lo largo del piso de perforación.

El sistema tensionador debe ser capaz de proporcionar una reacción instantánea al movimiento vertical ascendente o descendente de la estructura flotante. Esta respuesta deberá ser mayor o igual a la velocidad vertical instantánea. Además, debe compensar los movimientos por mareas, ajustes de conexión y cambios en la posición del equipo.



Sistema tensionador

Fuente: <http://www.oceanica.ufrj>

3.5. Sistema de flotación

La flotación proporcionada al riser tiene como propósito reducir su peso y evitar que se flexione. Para lograr lo anterior, se utilizan módulos de flotación o cámaras de aire, que pueden ser de espuma sintética o de aluminio. Estos accesorios se fijan alrededor del riser en puntos adecuados.

El sistema de flotación no elimina el uso de los tensionadores, sino que ayuda a reducir la tensión requerida y por consecuencia las dimensiones de los tensionadores.

3.6. Sistemas de control submarino

La función principal de un sistema de control submarino es monitorear y manejar las variadas operaciones de los componentes de un equipo marino. Estos componentes son operados eléctricamente o hidráulicamente a través de una señal enviada desde la superficie hasta el equipo a controlar.

Algunos de los sistemas de control más usados son:

- Hidráulico directo.
- Hidráulico con válvulas piloto.
- Hidráulico secuencial.
- Electrohidráulico.
- Electrohidráulico multiplexado.

3.7. Localización de los preventores

Para llevar a cabo una perforación marina desde una instalación flotante o fija en el fondo del mar, se tienen dos técnicas.

3.7.1. Perforación con los preventores en la superficie

En un sistema superficial, las operaciones de perforación se llevan a cabo con los preventores en la superficie de la plataforma petrolífera.

Las operaciones de perforación con los preventores en la superficie se ven limitadas necesariamente para plataformas apoyadas en el fondo, como son las plataformas fijas, las de hormigón, las autoelevables y las sumergibles.

3.7.2 Perforación con los preventores en el fondo del mar

En un sistema submarino, las operaciones de perforación se llevan a cabo con los preventores en el fondo del mar. Esto puede efectuarse con cualquier tipo de sistema o equipo marino de perforación pero es más empleado en estructuras flotantes, ya sean buques o plataformas semisumergibles.

El movimiento continuo de las plataformas flotantes requiere el empleo de cabezales en el fondo del mar, con la consecuente instalación de preventores, debido a que pueden ocurrir condiciones de emergencia, como el mal tiempo, que pueden forzar al equipo a moverse fuera de su localización. Con los preventores y cabezales en el fondo del mar y el riser con junta esférica y junta telescópica, todos removibles, habrá poco peligro de dañar el pozo ya sea en condiciones de movimiento normal o de emergencia.

Otra ventaja que se tiene instalando el cabezal y los preventores en el fondo del mar, es que en la distancia de la mesa rotatoria y hasta la parte superior de los preventores, se tiene una mayor tolerancia para posibles desalineamientos entre la mesa y los preventores sin crear cargas laterales excesivas y desgaste, ya que se cuenta con la junta esférica.

Capítulo 3

PROCESOS PARA LA EXTRACCIÓN DEL PETRÓLEO

1. Riesgos de la perforación en yacimientos de aguas profundas

Cuando se explotan yacimientos en aguas profundas las empresas se enfrentan a riesgos geológicos, geotécnicos, meteorológicos, oceanográficos, de operación y financieros. Estos riesgos se traducen en retos y dificultades que las empresas tienen que solucionar.

- **Ambientes marinos extremos (vientos, oleaje y corrientes marinas).** Estas fuerzas externas provocan el movimiento de las estructuras generando altos niveles de esfuerzo, fatiga, deformaciones y vibraciones en los componentes de la unidad de perforación.
- **Cambios de temperatura.** Se presentan diferentes escenarios de temperatura entre la superficie, el lecho marino y las zonas perforadas; estos cambios de temperatura pueden complicar el bombeo del fluido. Además, las bajas temperaturas que se pueden presentar implican el uso de diversas tecnologías para que los fluidos puedan circular por las tuberías.
- **Problemas de perforación.** Cuando se perfora en aguas de poca profundidad, las cuales pueden incluir estratos de sal, se pueden presentar flujos de agua de alta presión, flujos de gas y presiones anormales.
- **Instalaciones submarinas.** Después de la perforación, el pozo debe controlarse mediante un sistema de producción. Así que se instalan estructuras submarinas en el fondo mar para ejercer ese control. Esto requiere la aplicación de nuevas tecnologías, así como un alto grado de automatización.

- **Operación remota.** Se requiere de la implementación de tecnología robótica que permita inspeccionar y operar las instalaciones submarinas en el fondo del mar, desde la superficie.
- **Altos costos.** Los campos se desarrollan con un menor número de pozos en comparación con la cantidad programada en aguas de poca profundidad, debido a que la inversión necesaria en cada uno de ellos es muy elevada.
- **Infraestructura:** Es necesario renovar toda la infraestructura con la que se cuenta actualmente y utilizar nuevas metodologías y tecnologías para llevar a cabo el desarrollo de los proyectos en aguas profundas.

Para poder trabajar bajo estas condiciones y enfrentar los retos que se presentan, es necesario utilizar nuevas tecnologías, las cuales a países como Estados Unidos, Brasil y Noruega les ha tomado alrededor de 15 años desarrollar. Adicionalmente también se requiere contar con los conocimientos y las habilidades necesarias para seleccionar correctamente las tecnologías, utilizarlas adecuadamente, adaptarlas a las condiciones propias y resolver cualquier contratiempo que pudiera presentarse.

La exploración y producción de petróleo y gas natural en regiones de aguas profundas son operaciones más complejas que sus análogas en tierra, las estructuras offshore deben soportar condiciones climáticas extremas, al mismo tiempo, dependiendo de sus dimensiones, las plataformas tienen que albergar con seguridad y un nivel razonable de comodidad, entre 25 a 200 trabajadores. Sumado a lo anterior, estas instalaciones necesitan de una serie de equipamientos de control y telecomunicaciones, de anclaje o posicionamiento, generadores eléctricos, salvavidas, equipo para prevenir y controlar incendios, apoyo de helicópteros, almacenamiento y gestión de desechos industriales y humanos.

2. Procesos para la extracción del petróleo

El petróleo se extrae de pozos perforados a grandes profundidades, en los estratos rocosos de la corteza terrestre, pero antes de llevar a cabo la extracción del petróleo se deben de pasar por numerosos trámites, los cuales pueden prolongarse muchos años.

2.1. Permisos para la investigación de hidrocarburos

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo otorga los permisos de investigación de hidrocarburos en tierra que se extiendan por más de una Comunidad Autónoma y todos los permisos en mar. Si se trata de un proyecto en tierra, pero que se circunscribe a una única Comunidad Autónoma, la administración competente es el Gobierno de esa Comunidad.

Los permisos de investigación se otorgan por un período de 6 años, divididos en tres períodos de dos años cada uno. La ley obliga a la compañía a la que se otorga el permiso a realizar una serie de trabajos mínimos, estipulado en euros por hectárea y año. El titular de un permiso de investigación estará obligado a desarrollar el programa de trabajo y las inversiones dentro de los plazos que se especifiquen en las resoluciones de otorgamiento. Al finalizar cada período exploratorio el titular del permiso tiene la posibilidad de renunciar al mismo, una vez ejecutados los trabajos comprometidos.

Si se encuentra gas o petróleo en cantidades que justifiquen su puesta en producción y la compañía decide producirlo, la concesión de explotación se otorgará por un periodo de 30 años. Las concesiones de explotación únicamente las puede otorgar el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

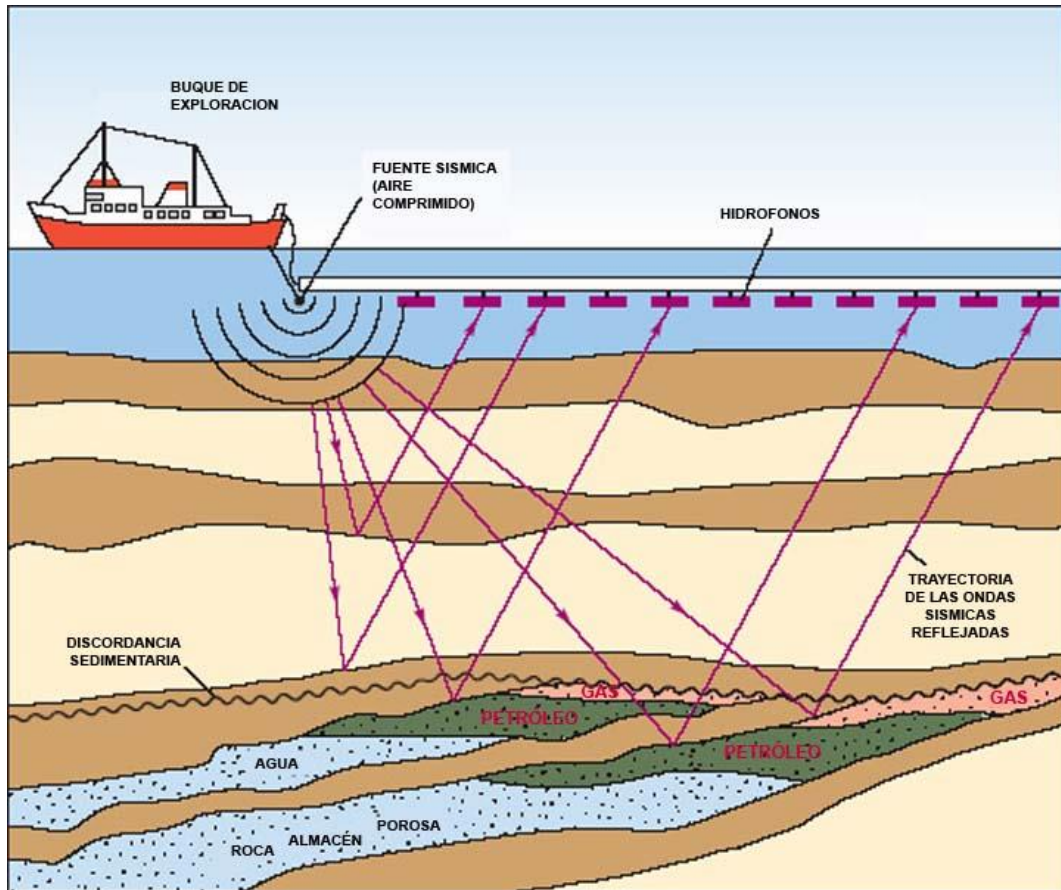
2.2. Prospección

Una vez se obtienen los permisos de investigación, se pasa a la búsqueda de reservas de hidrocarburos, seleccionando la zona de interés según su geografía y geología, donde las condiciones han favorecido la acumulación de petróleo o gas dentro de una “roca almacén”. En el mar, estos yacimientos se suelen encontrar cerca de los márgenes continentales, como en grandes arrecifes y depósitos de arena o de sedimento poroso. También coinciden con las zonas próximas a la costa, donde los peces y otras especies marinas encuentran alimento y cobijo o áreas de reproducción. Tras elegir la zona, el estudio del subsuelo marino y la ubicación de los yacimientos de hidrocarburo se llevan a cabo mediante prospecciones sísmicas.

La mayor parte de las exploraciones de hidrocarburos en el mar se realiza a través de métodos geofísicos de prospección sísmica de reflexión. Estos métodos consisten en la emisión y después la captura de ondas acústicas desde instrumentos remolcados por un barco. Las ondas emitidas viajan a través del agua, penetran al fondo marino y son reflejadas desde las diversas capas subterráneas hacia la superficie, donde el barco captura, registra e interpreta los datos.

El equipo empleado para realizar los estudios sísmicos se divide en tres grupos según la función que realiza:

1. **Fuente de energía** (sonido), que proporciona un pulso de energía acústica (cañones de aire comprimido).
2. **Equipos de adquisición** (receptores de sonido), encargados de captar y registrar las señales reflejadas y/o refractadas por el fondo marino (hidrófonos).
3. **Sistemas de procesado**, que permiten analizar y representar las señales sísmicas.



Exploración del subsuelo marino mediante sismología de reflexión

Fuente: <http://temas.publico.es>

La fuente de energía que se utiliza son los cañones de aire comprimido, los “air-guns”, remolcados desde el barco. Hoy en día, un barco puede utilizar más que 20 cañones de aire comprimido simultáneamente. Cada uno de estos cañones consiste en un aparato que emite ondas acústicas, mediante la acumulación de aire a alta presión en su interior y su posterior expulsión de forma violenta en el agua. Los cañones, al liberar el aire comprimido en el agua, producen un pulso acústico de gran energía, que se transmite de forma omnidireccional por la columna de agua hasta alcanzar el fondo marino, donde la energía se refleja y refracta cada vez que encuentra una discontinuidad de impedancias acústicas.

Durante las prospecciones sísmicas marinas, la fuente de emisión de sonido (los cañones) es arrastrada a 4-10 metros de profundidad a una velocidad de 4 a 6 nudos y

los cañones se disparan aproximadamente en intervalos de 6 a 20 segundos, mientras que el buque realiza una ruta de exploración predeterminada.

Las señales procedentes de los diferentes reflectores del fondo marino son captadas por un conjunto de sensores llamados hidrófonos, remolcados por el buque. Este conjunto de hidrófonos, conocido por su nombre en inglés “streamer”, consiste en un cable de más de 4000 metros con receptores de ondas acústicas, que convierten la presión de la onda de retorno en una señal eléctrica que finalmente se digitaliza y se procesa.

Las prospecciones sísmicas se mantienen activas 24 horas al día siempre que las condiciones meteorológicas lo permiten. Un estudio puede durar desde 2-3 semanas hasta varios meses, dependiendo en la zona de interés y puede cubrir una zona de 300-600 millas náuticas.

El problema fundamental de las prospecciones sísmicas proviene principalmente de los violentos disparos de los cañones de aire y la contaminación acústica que se produce durante todo el período del estudio. En el fondo del mar, el sonido es el medio principal de comunicación de las especies que lo habitan. Muchos animales marinos usan las vibraciones y la intensidad de las ondas acústicas tanto para comunicarse y ubicarse entre sí, como para buscar alimento, evitar predadores y encontrar cobijo. Por lo tanto la producción de ondas acústicas de tan alta intensidad y baja frecuencia en el mar y su propagación a miles de metros de distancia no resultan en absoluto inofensivas, todo lo contrario.

Una vez concluidas las prospecciones sísmicas, se inician las operaciones de perforación de pozos, con el fin de confirmar la presencia de yacimientos petroleros. Los primeros pozos perforados en la formación geológica se denominan pozos exploratorios, los pozos posteriores a éste se denominan de desarrollo, mientras que los pozos de carácter exploratorio en zonas cercanas a un campo existente se denominan pozos de avanzada.

2.3. Extracción

Una vez acabada la fase de prospección, se realiza un sondeo para averiguar si un pozo contiene suficiente petróleo o gas natural como para que su explotación sea rentable. Este sondeo lo realizan normalmente los barcos perforadores, que agujerea lentamente el lecho marino, hasta llegar al punto donde está el yacimiento. A medida que la perforación avanza, se van colocando tubos por los cuales el petróleo, o el gas natural, serán conducidos hasta la superficie.

La perforación se realiza por etapas, de tal manera que el tamaño del pozo en la parte superior es amplio y se va reduciendo en las partes inferiores. Esto le da consistencia y evita derrumbes, para lo cual se van utilizando barrenas y tuberías de menor tamaño en cada sección.

El material que va sacando el lodo de perforación sirve para tomar muestras y saber que capa rocosa se está atravesando y si hay indicios de hidrocarburos. Durante la perforación también se toman registros eléctricos que ayudan a conocer los tipos de formación y las características físicas de las rocas, tales como densidad, porosidad, contenidos de agua, de petróleo y de gas natural.

Si el pozo realizado no contiene ningún hidrocarburo es considerado como seco, pero si lo contiene, se llama productor.

El tiempo de perforación de un pozo exploratorio dependerá de la profundidad programada y las condiciones geológicas del subsuelo. En promedio se estima entre dos a seis meses.

Si los resultados de la perforación del pozo exploratorio no son los esperados, se debe sellar adecuadamente el pozo para evitar escapes de fluidos, proceder a la recuperación ambiental de la localización de perforación y del área de influencia.

2.4. Evaluación de resultados

Si en la perforación exploratoria se encuentra un pozo productor de hidrocarburos, se pasa a la fase de evaluación, que estudia de una manera más detallada los descubrimientos realizados en la fase de exploración de hidrocarburos, con el fin de evaluar su potencial, ya que los datos recogidos hasta el momento no pueden dar información exacta sobre el tamaño, forma y la liquidez del yacimiento petrolífero.

En este momento tres opciones deben ser consideradas:

1. **Continuar con el desarrollo a fin de generar algunos ingresos a corto plazo.** El riesgo aquí es que el campo sea muy pequeño o demasiado grande y que la infraestructura montada no resulte adecuada afectando a la rentabilidad del proyecto.
2. **Seguir un plan de evaluación con el fin de optimizar el desarrollo técnico.** Esto retrasará la primera producción y aumentará la posibilidad de tener una mayor rentabilidad del proyecto
3. **Vender el descubrimiento.** Muchas compañías se especializan en aplicar sus habilidades en la exploración, sin ninguna intención de invertir en actividades de desarrollo.

La segunda opción u objetivo de evaluación puede ayudar a reducir las incertidumbres, especialmente en relación a los niveles de volúmenes recuperables existentes en el yacimiento petrolífero. El propósito de la fase de evaluación no es encontrar volúmenes adicionales, sino de confirmar los que ya fueron hallados. El propósito del estudio de viabilidad es de documentar las opciones técnicas disponibles, de los cuales al menos una debe ser económicamente viable. El estudio debe incluir el proceso de diseño, el tamaño de los equipos, los lugares y sistema de elevación y la exportación del petróleo con una estimación de los gastos y un cronograma para su implementación

2.5. Producción

La etapa de producción consiste en la explotación de los hidrocarburos que se encuentran en el yacimiento petrolífero. Este momento marca un punto de inflexión en términos de flujo del proyecto, de aquí en adelante se genera el dinero que pagará por las inversiones pasadas, pero también aquellas que mueven los nuevos proyectos.

Cuando el pozo es nuevo, generalmente el flujo del crudo hacia la superficie se da de manera natural por la diferencia de presión, pero conforme avanza la explotación, la tasa del flujo disminuye, hasta el punto que son necesarios métodos artificiales de extracción.

Los yacimientos tienen tres tipos principales de "empujes naturales":

1. **Empuje por gas disuelto.** La fuerza propulsora es el gas disuelto en el petróleo que tiende a escapar y expandirse por la disminución de presión. La recuperación final suele ser inferior al 20%.
2. **Empuje de una capa de gas.** Cuando el gas acumulado sobre el petróleo e inmediatamente debajo del techo de la trampa genera un empuje sobre el petróleo hacia los pozos. La recuperación de un campo con capa de gas es del 40/50%.
3. **Empuje hidrostático.** La fuerza impulsora más eficiente para provocar la expulsión del petróleo del yacimiento es el empuje del agua acumulada debajo del petróleo. La recuperación en un yacimiento con este tipo de empuje explotado racionalmente puede llegar al 60%.

2.6 Abandono

El abandono de un pozo es el cierre definitivo de éste. Se presenta cuando se decide que no es comercialmente explotable, cuando ocurre un daño irreparable o cuando su potencial de producción ha finalizado.

Este proceso puede ocurrir tanto en la etapa de perforación exploratoria, como en la etapa de producción.

Los factores que se deben tener en cuenta al abandonar un pozo son los siguientes:

- Profundidad del pozo.
- Localización del pozo.
- Zonas que atraviesa el pozo.
- Existencia de revestimiento y tipo.
- Presión en el fondo del pozo.
- Presión del yacimiento.
- Equipo y personal utilizado.

Entre las operaciones que incluye el abandono de pozos se pueden destacar:

- Sellar adecuadamente con tapones el origen del pozo.
- Circulación de fluidos inhibidores de corrosión para proteger la sarta de revestimiento y evitar contaminación a las formaciones adyacentes.
- Corte de la sarta de revestimiento como mínimo a 1 metro por debajo de la elevación final.
- Taponamiento de la tubería de revestimiento intermedia con hormigón y acero.
- Soldadura de plato de acero a la tubería de revestimiento de superficie.
- Desmonte de cabeza de pozo.
- Etiquetado y sellamiento final del pozo.

Las plataformas se pueden desmontar hasta una profundidad acordada con las autoridades y las estructuras de cemento podrán ser hundidas en aguas muy profundas. La gestión de los costos de abandono es un problema que todas las empresas tienen que tratar. En las operaciones de tierra, las instalaciones pueden eliminarse gradualmente, evitando los altos gastos que coinciden con el final de la producción del yacimiento., en cambio, en las operaciones en el mar, los costos

pueden ser mucho más significativos y difícilmente separados por etapas. La disposición de estos costos dependerá del tamaño de la empresa y del régimen fiscal que le aplique.

Conclusiones

El petróleo es un recurso mineral muy importante; gracias a él se obtienen una gran variedad de productos como combustibles, plásticos, asfaltos, productos de limpieza, medicamentos, fibras sintéticas, etc., que son usados por la sociedad en la vida diaria. Además los hidrocarburos como el petróleo, se utiliza en la producción de energía eléctrica y son la principal fuente de energía en el mundo. Por ello, este trabajo ha tratado de dar a una visión global sobre las estructuras marinas que se encargan de extraer el petróleo, así como las fases que hay que recorrer para su extracción, sacando varias conclusiones:

1. Para poder obtener el mayor beneficio de la perforación submarina se debe contar con una excelente tecnología y unos recursos humanos de calidad, minimizando los daños al medio ambiente, reduciendo los costos en las operaciones de extracción de los hidrocarburos, y maximizando la productividad de los yacimientos petrolíferos.
2. Las enormes fuerzas a las que pueden estar sometidas las plataformas petrolíferas, generadas por unas condiciones meteorológicas y oceanográficas adversas, representan un gran riesgo estructural para cada uno de sus elementos, por lo que se debe tener un total conocimiento de cómo actúan estas fuerzas sobre ellos, para prevenir fallos que ocasionen un paro de actividades, dando lugar a grandes pérdidas económicas.
3. La producción de un pozo petrolero se logra después de haber pasado varias etapas de larga duración, a través de procedimientos legislativos y operativos con buena planeación, buena adquisición de datos y un pronóstico detallado de las condiciones del yacimiento a perforar.

Bibliografía

- [1] S. KRAUS, RICHARD. *Petróleo y gas natural*. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo.
- [2] VARHAUG, MATT. *Un giro a la derecha: una visión general de las operaciones de perforación*. Volumen 23. Edición 3.
- [3] <http://elpetroleo.50webs.com/index.htm> [Consulta Enero 2015].
- [4] http://www.maravillosarealidad.com/libro_petroleo/que_es_elpetroleo.pdf [Consulta Enero 2015].
- [5] <http://www.ciceana.org.mx/recursos/Petroleo.pdf> [Consulta Enero 2015].
- [6] http://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/15/15478/petroleo_y_gas_natural_text.pdf [Consulta Enero 2015].
- [7] HORMAECHE AZUMENDI, IGNACIO; PÉREZ DE LABORDA DELCLAUX ÁLVARO; SÁENZ DE ORMIJANA FULGENCIO, TXETXU. *El petróleo y la energía en la economía*. Los efectos económicos del encarecimiento del petróleo en la economía vasca.
- [8] VEGA CALLE, JORGE. *El petróleo y el gas natural*. El recorrido de los minerales.
- [9] http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-1260_es.htm [Consulta Enero 2015].
- [10] <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1998-23284> [Consulta Enero 2015].

- [11] http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2008-1405 [Consulta Enero 2015].
- [12] <http://www.shalegasespana.es/es/index.php/recursos/regulacion/quenormativas-se-aplican-a-nivel-espanol> [Consulta Enero 2015].
- [13] https://sede.minetur.gob.es/esES/procedimientosselectronicos/Paginas/aut_investigacion_hidrocarburos.aspx [Consulta Enero 2015].
- [14] <http://aciep.com/EP/reputacion> [Consulta Enero 2015].
- [15] <http://www.rcda.cat/index.php/rcda/article/viewFile/341/1574> [Consulta Enero 2015].
- [16] <http://www.minetur.gob.es/ENERGIA/PETROLEO/EXPLORACION/Paginas/Estadisticas.aspx> [Consulta Enero 2015].
- [17] <http://www.noticanarias.com/parlamento-europeo-aprueba-que-en-perforaciones-en-alta-mar-de-gas-y-petroleo-las-empresas-tendran-que-demostrar-su-capacidad-para-asumir-los-costes-de-accidentes/> [Consulta Enero 2015].
- [18] <http://educaciones.cubaeduca.cu/medias/pdf/2593.pdf> [Consulta Enero 2015].
- [19] <http://www.europarl.europa.eu/plenary/es/texts-adopted.html> [Consulta Enero 2015].
- [20] <http://www.bvsde.paho.org/bvsapi/fulltext/perforacion/cap2.pdf> [Consulta Febrero 2015].
- [21] <http://www.petroleomundo.com/2015/03/tecnico-perforacion-petrolera.html> [Consulta Marzo 2015].

- [22] ROJAS MANRIQUE, JUAN ANTONIO. *Búsqueda de hidrocarburos desde el mar “El caso de Canarias”*. Master Internacional en Administración Marítima y Portuaria.
- [23] ANAYANSI FONG, ISABEL; TERESA DE RUIZ, ANA. *El petróleo y su proceso de refinación*. Universidad Tecnológica de Panamá.
- [24] <http://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Lecturas/Origen%20del%20petroleo%20e%20historia.pdf> [Consulta Marzo 2015].
- [25] http://www.academia.edu/7422094/INTRODUCCI%C3%93N_A_LAS_PLATAFORMAS_OFFSHORE [Consulta Marzo 2015].
- [26] <https://es.scribd.com/doc/26573841/Perforacion-de-Pozos-Petroleros#scribd> [Consulta Marzo 2015].
- [27] <https://cantabricpetroleum.files.wordpress.com/2009/10/plataformas-petroleras-cantabricoo.pdf> [Consulta Marzo 2015].
- [28] <http://www.spaingbc.org/detalle-noticia.php?id=58> [Consulta Marzo 2015].
- [29] <https://es.scribd.com/doc/90241695/18/Equipo-de-perforacion-sumergible-barcaza> [Consulta Mayo 2015].
- [30] SÁNCHEZ-MORENO, JORGE; PRATES, EDISON; ELLWANGER, GILBERTO; DE SOUZA, JOSÉ. *Evaluación de la capacidad de carga de pilotes de succión para TLPs en el entorno de aguas profundas*. Instituto Mexicano del Petróleo.
- [31] http://www.academia.edu/8322195/Componentes_de_Equipos_de_Perforaci%C3%B3n [Consulta Mayo 2015].

- [32] <https://es.scribd.com/doc/22519554/Taladro-de-perforacion> [Consulta Mayo 2015].
- [33] <https://es.scribd.com/doc/61703321/R-Sistema-de-Izaje> [Consulta Mayo 2015].
- [34] <http://lamadrigueradelpetrolero.blogspot.com.es/2011/12/introduccion-al-equipo-de.html> [Consulta Mayo 2015].
- [35] <http://joclayoma.jimdo.com/> [Consulta Mayo 2015].
- [36] <http://es.slideshare.net/CarlosFriasFraire/caractersticas-y-funcionamiento-de-los-componentes-de-un-equipo-de-perforacin> [Consulta Mayo 2015].
- [37] <http://www.cedip.edu.mx/tomos/tomo02.pdf> [Consulta Mayo 2015].
- [38] MEDINA RODRÍGUEZ, JUAN CARLOS. *Criterios metoceanicos para la operación de risers en plataformas semisumergibles de perforación en aguas profundas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [39] CAMPOS ARRIOLA, SARA ELISA. *Análisis de métodos de perforación, recuperación de núcleos y registros*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [40] MENDOZA VÁZQUEZ, DAVID EDUARDO. *La sarta de perforación petrolera*. Universidad veracruzana.
- [41] <https://escueladeporfora.files.wordpress.com/2011/10/barrenascoordinador.pdf> [Consulta Junio 2015].
- [42] <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3612/Tesis.pdf?sequence=1> [Consulta Junio 2015].

- [43] http://issuu.com/biliovirtual/docs/maqueta_del_sistema_de_circulacion_ [Consulta Junio 2015].
- [44] <http://achjjj.blogspot.com.es/2012/03/fluidos-de-perforacion.html> [Consulta Junio 2015].
- [45] <http://es.slideshare.net/geronimoms/schlumbergerintroduccionalequipodeperforacion> [Consulta Junio 2015].
- [46] http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish13/spr13/defining_fluids.pdf [Consulta Junio 2015].
- [47] http://www.academia.edu/4486776/MANUAL_DE_FLUIDOS_DE_PERFORACION [Consulta Junio 2015].
- [48] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Sistema-De-Circulacion-DeLodos/2885630.html> [Consulta Junio 2015].
- [49] <http://www.slickpalm.com/que-es-un-desgasificador/> [Consulta Junio 2015].
- [50] <https://alemansistem.files.wordpress.com/2012/09/10surfeq.pdf> [Consulta Junio 2015].
- [51] <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1103/A5.pdf?sequence=5> [Consulta Junio 2015].
- [52] <http://noconvencionales.com/files/Aspectos-de-Produccion.pdf> [Consulta Junio 2015].
- [53] <http://www.minux.es/geotermia-profunda-geotermia-somera/> [Consulta Junio 2015].

- [54] <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7491/2/134669.pdf>
[Consulta Junio 2015].
- [55] <http://www.galpenenergia.com/ES/agalpenenergia/> [Consulta Junio 2015].
- [56] http://www.bdigital.unal.edu.co/823/1/15646742_2009.pdf [Consulta Junio 2015].
- [57] <http://www.ai.org.mx/ai/archivos/coloquios/8/LA%20GEOQUIMICA%20ORGANICA%20Y%20EL%20CICLO%20DE%20VIDA%20DE%20UN%20ACTIVO%20PETROLERO.PDF> [Consulta Junio 2015].
- [58] http://www.ecologistasenaccion.es/IMG/pdf/informe_prospecciones.pdf
[Consulta Junio 2015].
- [59] <http://web.ua.es/es/fracking/documentos/normativa-y-documentos-ue/recomendacion-ue.pdf> [Consulta Junio 2015].
- [60] http://www.fundacionrepsol.com/sites/default/files/proyectospdf/fundacion_repsol_informacion_exploracion_produccion_2015.pdf [Consulta Junio 2015].
- [61] http://www.cne.es/cne/doc/publicaciones/IAP_CRONO_DP06.pdf [Consulta Junio 2015].
- [62] <http://www.aggep.org/la-exploracion-y-produccion-en-espana> [Consulta Junio 2015].
- [63] <http://oilworld2008.blogspot.com.es/2009/05/perforacion-exploratoria.html>
[Consulta Junio 2015].

- [64] http://www.fundacionypf.org/publicaciones/Educacion/EDUCACION_FET_Actualizacion_Tecnologica_1.pdf [Consulta Junio 2015].
- [65] http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/proyecto/publicacioneselectro/monografias/Produccion_y_Almacenamiento_de_Petroleo_y_Gas.pdf [Consulta Junio 2015].
- [66] https://alemansistem.files.wordpress.com/2012/05/cap_04.pdf [Consulta Junio 2015].
- [67] <http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/477/E.%20INTRODUCCION%20D3N.pdf;jsessionid=E1BA5CD0A7D23B5BC3A8DB43B6409762?sequence=4> [Consulta Junio 2015].
- [68] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/ledf/navarro_a_gi/capitulo0.pdf [Consulta Junio 2015].
- [69] <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6831/02Nam02de09.pdf?sequence=2> [Consulta Junio 2015].
- [70] http://www.webaero.net/ingenieria/estructuras/metallica/bibliografia_documentacion/itea/TOMO17.pdf [Consulta Junio 2015].
- [71] BARRANCO CICILIA, FEDERICO. *Sistemas flotantes para la producción de petróleo en aguas profundas mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- [72] http://www.academia.edu/4482634/Manual_de_Perforacion_Procedimientos_y_Operaciones_en_el_Pozo [Consulta Junio 2015].
- [73] <http://www.ecologistasenaccion.org/article28107.html> [Consulta Junio 2015].

