

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Historia del Petróleo.

Desde tiempos remotos se ha hecho uso y referencia a los hidrocarburos, por ejemplo en la Biblia se menciona como “betún” (lagos de asfaltos) y columnas de fuego, considerando la flamabilidad del gas natural. Las manifestaciones de aceite y gas eran accidentales, debido a que los hallazgos eran por medio de pozos de agua someros o manifestaciones superficiales. Otras manifestaciones se observaban en corrientes de agua, siendo recuperado y empleado en diversos usos como ungüento para curar las heridas, enfermedades de la piel o dar masaje a los músculos reumáticos.

Los egipcios fueron los primeros en darle uso medicinal, ocupándolo también en embalsamientos y como aceite para las ruedas de sus carruajes. Los árabes y hebreos también los emplearon medicinalmente.

En México, fue utilizado de diversas formas, entre otros como medicina e incienso en rituales; fue conocido entre las culturas como el “chapopotli” (Rodríguez, 1985). Las aplicaciones que se le dieron a mediados del siglo XVIII eran mínimas, es a partir de la Revolución Industrial que el aceite se hizo indispensable para la lubricación de la maquinaria.

Inicialmente estas necesidades se cubrían con aceite de origen animal (ballenas), el cual aparte de ser caro era escaso, posteriormente se utilizó el aceite de carbón (por destilación) que al igual que el aceite animal era costoso por lo que el descubrimiento del petróleo y gas marcó un gran avance, debido a que su extracción era fácil y de bajo costo. En un principio, el descubrimiento de los yacimientos fue al azar, ya que eran lo suficientemente someros para que este brotara sobre el suelo sin la necesidad de hacer grandes perforaciones.

En 1859 se perforó el primer pozo en Titusville, Pensilvania dedicado exclusivamente a la extracción de crudo, bajo la supervisión del coronel Edwin L. Drake quien trabajaba para la compañía Séneca Oil (antes llamada Pennsylvania Rock Oil Company), el cual tuvo una profundidad de 22 metros (Álvarez, 2006).

A principios del siglo XX, el método tradicional para la obtención de hidrocarburos era la perforación de reconocimiento, donde los buscadores de petróleo realizaban en el terreno agujeros al azar para obtener algunos indicios de la existencia de petróleo, ya en ese entonces se comenzaba a utilizar la perforación rotatoria, sin que predominara algún método sistemático (Landes, 1977).

Se utilizaron dos métodos totalmente diferentes para perforar pozos petroleros. El método estándar y el rotatorio. El método estándar, conocido también como perforación con cable y a percusión, consta de una torre de perforación como lo muestra la figura I.1. El sondeo se efectúa dejando caer repetidamente contra el fondo unas herramientas pesadas. Los golpes dados por el

trépano, que va en la parte inferior de la sarta arranca pedazos de roca, que son removidos periódicamente para que pueda continuarse profundizándose el pozo.

Es por ello, que el control era deficiente durante el avance de perforación, debido que al recuperar los recortes después de cierto avance en la perforación, la muestra contenía fragmentos de todo un intervalo perforado, lo cual no permitía determinar con exactitud a que profundidad correspondían.

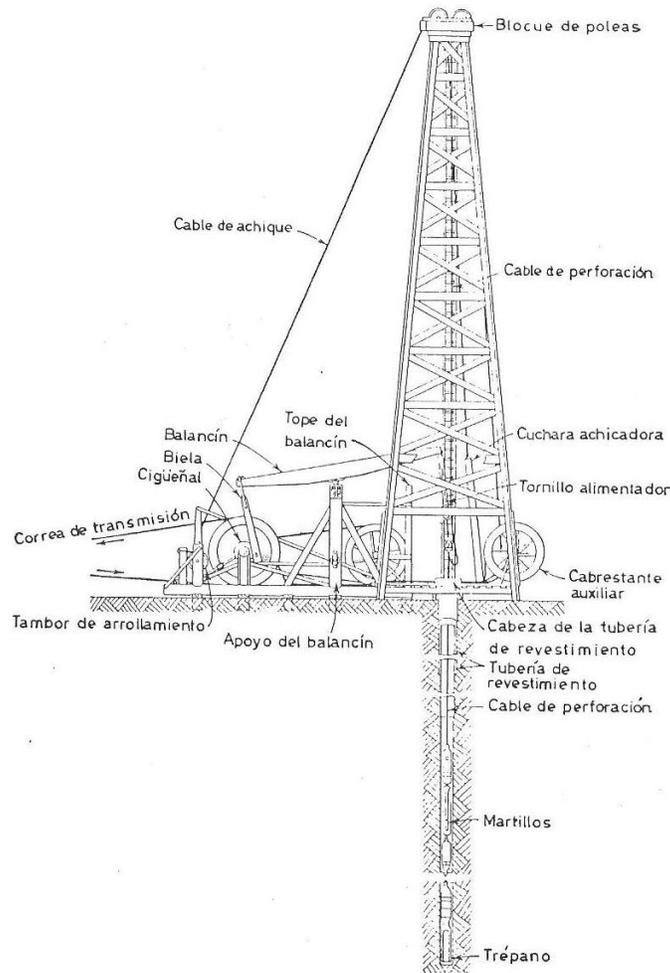


Fig. I.1 Torre de perforación por percusión (Wiley y Sans, 1977).

El método rotatorio, se caracteriza por el movimiento de giro de la tubería, el cual impulsa a girar a la barrena sobre el fondo del pozo, cortando la roca en pedazos. Los fragmentos de roca son impulsados a la superficie mediante la circulación de lodo, aire o gas natural, que es bombeado a través de la tubería; sale por las toberas de la barrena y vuelve a la superficie por el espacio anular. Una torre de perforación puede medir 50 metros o más, tiene una corona de poleas fijas en su parte superior, una planta motriz y el malacate; con este último se introduce y saca la tubería; cada segmento esta unida a la transmisión del malacate o con motores independientes como se muestra en la figura I.2, aunque están ligadas a las bombas de lodo y la mesa rotaria

(Landes, 1977). La polea viajera y el gancho soportan el peso de las herramientas y tubería que se encuentran en el pozo.

El método rotatorio fue más eficiente a medida que se tuvo un mejor control en el tiempo de atraso, es decir, el tiempo que tardaría el recorte en llegar a la superficie una vez que ha sido cortado por los dientes de la barrena (Wiley y Sans, 1977).

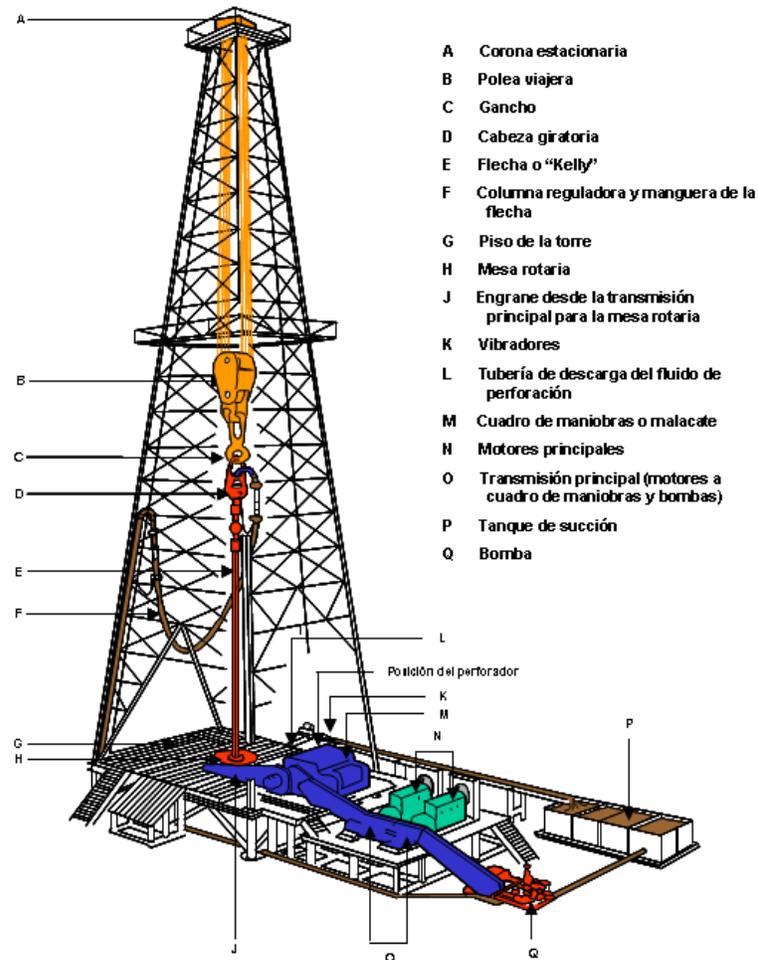


Fig. I.2 Equipo de perforación rotatorio (PEMEX, 2003).

I.2. Historia de los Campos Petroleros en México.

El nacimiento de la industria petrolera en México está ligada a Estados Unidos, donde su origen se atribuye a cuatro hombres, un financiero, un Profesor (Sillian de la Universidad de Yale), un perforador y un superintendente (Coronel Edwin L. Drake); este grupo proporciono los medios para perforar el primer pozo en 1859 (figura I.3).



Fig. I.3 Pozo de Drake perforado a finales del siglo pasado (<http://www,1>).

Los métodos que se utilizaron en Estados Unidos para la obtención de hidrocarburos pronto llegaron a México, ya que en 1863 cuando el cura Manuel Gil y Sáenz, descubrió una manifestación superficial, la cual se conoce como “Mina de Petróleo de San Fernando”, en Tepetitlán, Tabasco; él con la intención de comercializarlo por lo que envió 10 barriles a Estados Unidos.

En 1864, Maximiliano entrega concesiones con la finalidad de explotar el petróleo de México, las zonas que se abarcaron dichas concesiones fueron Tabasco en su porción central, el norte de Veracruz, el sur de Tamaulipas, el Estado de México, Istmo de Tehuantepec y el Estado de Puebla en su parte noreste, pero ninguna de ellas prosperó.

En 1868, la Compañía Explotadora de Petróleo del Golfo de México, dirigida por Adolfo Autrey fue la primera empresa en extraer el petróleo de pozos perforados, aunque sus métodos fueron rudimentarios y con escasas producciones de hidrocarburos (Álvarez, 2006).

La industria del petróleo en México se inicia en 1900, cuando los norteamericanos Charles A. Candfield y Edward L. Doheny compraron 113 hectáreas de la hacienda "El Tulillo", en el municipio de Ébano, San Luis Potosí. En ese año, la hacienda pasó a ser propiedad de la empresa "Mexican Petroleum of California", creada por Doheny, empresa que empezó a perforar en un campo al que

denominaron "El Ébano" y, en 1901, se descubrió petróleo mediante un pozo que fue bautizado con el nombre de "Doheny 1".

En 1901 el Ingeniero mexicano Ezequiel Ordoñez marco el sitio correcto para hallar el yacimiento petrolero llamado "La Pez", en Ébano, San Luis Potosí (<http://www>, 2). El 3 de abril, cuando se encontraba a la profundidad de 500 metros, brotó un chorro de aceite negro a la altura de 15 metros del pozo denominado "La Pez 1", del cual se extrajeron 1,500 barriles de petróleo crudo diario durante varios años. Con esta producción se da inicio a la exploración, explotación y comercialización del petróleo en México.

Uno de los pozos más espectaculares a nivel mundial fue el pozo Cerro Azul 4, localizado en los terrenos llamados el Toteco y Cerro Azul, propiedad de la Huasteca Petroleum Company. En Febrero de 1916 llegó a la profundidad de 545 metros, donde arrojó la tubería de perforación y destrozó la torre, alcanzando una altura de 180 metros, lo primero que arrojó fue gas con una presión constante después de arrojar las herramientas y haber roto la válvula. El pozo Cerro Azul 4 alcanzó una producción acumulada de 57 millones de barriles. Este pozo junto con el pozo Casiano 7 y el Potrero del Llano 4, han sido de los pozos más productores a nivel mundial (AIPM, 2000).

En los años cuarenta del siglo pasado, la industria petrolera inició el camino de su crecimiento al pasar de 51 millones de barriles producidos en 1940 a 86 millones en 1950; la exportación en este último año sobrepasó los 12 millones de barriles. Este aumento productivo se debió a una labor intensa en la exploración, cuyo resultado más espectacular fue el descubrimiento -en 1952- de los primeros campos de la nueva Faja de Oro. En la región Norte durante los años 1955-1960 se hicieron descubrimientos de hidrocarburos fuera de las áreas tradicionalmente productoras, incorporándose reservas de los campos Tres Higueras, Tamaulipas Constituciones, San Andrés Hallazgo, Tres Hermanos y Cerro del Carbón, entre otros (Álvarez, 2006).

Después de la nacionalización del petróleo en 1938, se construyeron las refinerías de Poza Rica, Salamanca, Ciudad Madero, la nueva refinería de Minatitlán y se amplió la de Azcapotzalco. En 1951, empezó el funcionamiento de una planta petroquímica básica en Poza Rica, con lo cual se inicia la industria petroquímica en México. Entre 1964 y 1970, se impulsaron las actividades exploratorias y la perforación, descubriéndose el campo Reforma, en los límites de Chiapas y Tabasco, y el campo Arenque, en el Golfo de México.

En 1965, se creó el Instituto Mexicano del Petróleo (PEMEX, 2003). En 1972, se detectó una nueva provincia productora de hidrocarburos en el Estado de Chiapas, mediante la perforación de los pozos Cactus I y Sitio Grande I, lo que constituyó el hallazgo de mayor importancia en esa época. La productividad de los pozos de la zona sureste de Chiapas-Tabasco hizo posible la reanudación de las exportaciones petroleras de México en 1974 (AIPM, 2000). La producción de hidrocarburos se consolidó como una de las principales actividades económicas del país. Así, en 1976, las reservas de hidrocarburos ascendieron a siete mil millones de barriles, la producción a 469 millones de barriles anuales y las exportaciones de crudo a 34 millones y medio de barriles anuales.

En los años setenta se dieron los descubrimientos de los campos marinos en la Región Norte, entre ellos Esturión, Tiburón, Atún, Bagre, Arenque, Tintorera, Morsa y Escualo (AIPM, 2000). A partir de 1976, se impulsó una mayor actividad en todas las áreas de la industria, ante la estrategia política de dar un gran salto en la producción petrolera y en las reservas de hidrocarburos, por lo que el petróleo se convirtió en la principal fuente de divisas del país, ya que llegó a representar el 75 por ciento de sus exportaciones. El aumento productivo de esta época estuvo ligado al descubrimiento de los campos de la Sonda de Campeche, considerada hasta la fecha como la provincia petrolera más importante del país y una de las más grandes del mundo (Álvarez, 2006).

En la década de los ochenta, la estrategia de la industria petrolera nacional fue la de consolidar la planta productiva mediante el crecimiento, particularmente en el área industrial, con la ampliación de la capacidad productiva en refinación y petroquímica (AIPM, 2000).

Por su importancia estratégica y económica, se inicia en los primeros años del actual siglo el "Proyecto Cantarell" para renovar, modernizar y ampliar la infraestructura de este complejo, con el fin de mantener la presión en este yacimiento, ubicado en la Sonda de Campeche, a través de la inyección de nitrógeno; el "Proyecto Cadereyta" orientado a la modernización y reconfiguración de la refinería "Ing. Héctor Lara Sosa", en el Estado de Nuevo León para construir 10 nuevas plantas de proceso y ampliar otras 10 existentes; y el "Proyecto Cuenca de Burgos" para aprovechar el enorme potencial gasífero de la región norte de Tamaulipas y obtener una producción adicional de gas natural de 450 mil a mil 500 millones de pies cúbicos por día en el año 2002 (PEMEX, 2003).

En el año 2009 las reservas probadas de hidrocarburos en México ascienden a 14 mil 308 millones de barril de crudo, de las cuales el 73% corresponden a crudo; 10% a condensados y líquidos; y el 17% a gas seco ([http://www, 3](http://www.3)).

I.3. Inicios del Registro de Hidrocarburos.

Con la perforación de pozos petroleros en todo el mundo, surgió la necesidad de prevenir y evaluar problemas tales como detección de gases, pérdida del lodo de perforación, detectar la cantidad de fluidos que contienen las formaciones atravesadas y contar con la seguridad de no abandonar un yacimiento potencialmente productor de hidrocarburos por falta de información. Por tal motivo, se hizo indispensable instalar un equipo capaz de proporcionar seguridad para las instalaciones y el personal que labora en el área, teniendo impacto en la economía al reducir gastos en pruebas no necesarias en intervalos no productores, generando información oportuna y confiable elaborada en el pozo al momento de la perforación.

El registro de hidrocarburos no es una técnica reciente, ya que en sus inicios no se aplicaba como un método, en un principio los perforadores observaban las burbujas de gas que se formaban en el lodo de perforación, continuando con un análisis somero de los recortes. Comercialmente este tipo de registro se introduce en 1939, en la actualidad las técnicas de perforación han mejorado, los mayores avances se han hecho en la separación de gas en lodo y detectores de gas (Pixler,

1961). Básicamente, estos instrumentos de medición, fueron creados exclusivamente para controlar pozos de exploración, donde no se conoce a ciencia cierta qué problemas se van a encontrar, pero se han hecho tan necesarios, que su uso se ha extendido a pozos de desarrollo.

Los registros de hidrocarburos son la representación gráfica de la respuesta de los diversos sensores, esta respuesta va a depender de las características litológicas, condiciones de lodo, velocidad de perforación, entre otros parámetros presentes durante la perforación del pozo (Martell, 2008).

Con el comienzo de la exploración petrolera de la zona marina al sur del estado de Veracruz y del Estado de Tabasco, la compañía Rotenco introduce en 1949 el servicio de Registro de Hidrocarburos, conocido inicialmente con el nombre de Rotary Engineering Company fundada por el Ing. Guillermo P. Salas. En 1977 se introduce el Servicio de Monitoreo de Parámetros de Perforación en Tiempo Real, mismo que a la fecha se sigue utilizando en México.

En los últimos años se han incorporado los avances en electrónica, computación e instrumentación con desarrollo tecnológico propio, lo que ha dado como resultado mejor tecnología, mejorando la eficiencia de los trabajos de campo en la detección de hidrocarburos y optimizando las actividades de perforación de pozos a través del monitoreo de parámetros (Rotenco, 2009).

El registro de hidrocarburos proporciona información cualitativa útil para los ingenieros en el cálculo de reservas para la productividad de formaciones; la utilidad principal se basa en la evaluación de formaciones en pozos exploratorios mediante la detección y localización de gas y petróleo (Wilson, 1955).

Estudios realizados desde 1987 demostraron que el registro de hidrocarburos tiene como objetivo encontrar problemas prematuros durante la perforación, determinación de modelos para la vida de la barrena y proporcionar información a tiempo de las condiciones en el fondo del pozo. Una estimación de perforabilidad mejorada ofrece un potencial interesante para la evaluación petrofísica y la presión de poro durante la perforación (Kyllingstad et al, 1993).

Un proyecto conjunto de investigación iniciado en 1997, desarrollo un método de interpretación de gas durante la perforación (GWT), basado en la integración de datos de gases en superficie, PVT, análisis geoquímicos, registros, etc., con el que se permite mejorar la caracterización de yacimientos.

La variedad y potencial de estas aplicaciones permitió considerables mejoras en la calidad de las mediciones, el desarrollo de procesos datos y de interpretación (Blanc et al, 2003).

En los últimos años, China ha implementado con éxito mediciones de resonancia magnética nuclear (NMR) en el registro de hidrocarburos para resolver problemas críticos, permitiendo una evaluación rápida de la formación y un amplio análisis de propiedades petrofísicas en las muestras de canal y núcleos. Esta tecnología tiene muchas ventajas con cantidades pequeñas de muestras

de canal, se obtiene información múltiple, de alta precisión y repetibilidad; al tener mediciones y análisis durante la perforación, en corto tiempo y de bajo costo (Wang et al, 2007).

Las pruebas en un campo al norte de Luisiana (Lapierre, 2009), permitieron la creación de una tecnología alterna llamada análisis del volumen térmico geobárico (GTVA), que permite determinar la presión, cuantifica el contenido de gas en la formación y determina el intervalo de formaciones productoras.