

JORNADAS DE PERFORACION DE
POZOS PROFUNDOS

PANEL: NUEVAS TECNOLOGIAS

USO DE MOTORES DE FONDO EN LA PERFORACION
DE POZOS PROFUNDOS

AUTOR: Ing. ANTONIO TORRE

EMPRESA: BAKER HUGHES DRILLING SYSTEMS

PAIS DE ORIGEN: ARGENTINA

USO DE MOTORES DE FONDO EN LA PERFORACION DE POZOS PROFUNDOS

RESUMEN

El concepto de perforar con motores de fondo tiene más de 100 años, pero sólo durante los últimos años la convergencia de la tecnología, equipamientos y experiencia han permitido que los motores de fondo sean una alternativa de costos efectiva frente a la tradicional técnica rotativa.

Si bien el uso de los motores de fondo ha sido largamente asociado a la perforación direccional, en los últimos años se ha intensificado su uso en la perforación de pozos verticales, buscando:

- 1) - Incrementar la tasa de penetración
- 2) - Reducir el desgaste de las cañerías
- 3) - Reducir la fatiga en la tubería de perforación
- 4) - Minimizar la desviación del pozo

Estos factores contribuyen directamente a disminuir los costos para el operador.

El objetivo de este trabajo es profundizar en lo que se refiere al cuarto punto, por cuanto hasta el momento el uso de motores producía este efecto debido a la menor carga sobre el trépano que se requiere al perforar con ellos.

Actualmente, con la aparición en el mercado de:

- a) - Motores de fondo del tipo "STEERABLE" con simple o doble BEND HOUSING y estabilizados,
- b) - Sistemas de control continuo de desviación de excelsa tecnología (MWD),
- c) - Trépanos PDC de nuevos y mejorados diseños,

podemos asegurar sin duda alguna la posibilidad de perforar largos tramos de pozos verticales profundos, manteniendo la verticalidad a una altísima tasa de penetración comparativa.

La ya abundante experiencia alcanzada en la perforación de pozos horizontales en la Argentina, con tramos horizontales de hasta 700 metros y con un completo control en su ejecución y logro, hacen de este un sistema altamente confiable en su extrapolación a la perforación vertical.

LAS HERRAMIENTAS

A - MOTORES DE FONDO

Los motores de fondo han evolucionado al punto de alcanzar una gran versatilidad en cuanto a las condiciones operativas en las que pueden ser utilizados, minimizando las restricciones propias del pasado.

Las principales innovaciones que podemos mencionar son:

- a) Conjunto de cojinetes sellados, adecuadamente lubricados, que han extendido las horas de rotación entre servicios a más de 150, haciéndolas compatibles con la vida promedio de los trépanos.
- b) Rotor y estator multilobulados que proveen altos torques y bajas r.p.m., permitiendo aplicar óptimas cargas sobre el trépano.
- c) Rotor hueco que mediante la instalación de una boquilla standard de trépano permite trabajar con una gama de caudales para una misma velocidad de rotación.

(Ver GRAFICO 1)

B - MWD

Las herramientas de control continuo de desviación permiten determinar las coordenadas de los puntos alcanzados en forma prácticamente instantánea, lo que permite realizar las correcciones tan frecuentemente como sea necesario.

También en estas herramientas el desarrollo ha sido muy grande en los últimos años, habiéndose alcanzado las siguientes condiciones en lo que se refiere a herramientas para uso direccional solamente:

- a) Completa recuperabilidad mediante wireline, aún en pozos de diámetro reducido.
- b) Puede ser dejada caer a través del sondeo para apoyarse sobre una reducción para ese propósito, cual si fuera un single shot magnético.
- c) Se inserta en un portamechas antimagnético standard.
- d) Es compacta y fácilmente transportable.
- e) Mediciones de precisión, con errores menores a 0.1 grado en mediciones de inclinación.
- f) Transmisión de datos cada 50 segundos.

g) La energía necesaria es aportada por baterías de litio cuya duración es de 150 horas aproximadamente.

(Ver GRAFICO 2)

C - TREPANOS PDC

El uso de trépanos de cortadores fijos es prácticamente indispensable en las operaciones con motores de fondo. Esto es debido a la necesidad de contar con un elemento que no introduzca mayores complejidades en el sistema.

Los trépanos de cortadores fijos que han sufrido la mayor evolución en la última década son los trépanos PDC.

La variedad de formaciones perforables con este tipo de trépanos ha ido en aumento, ya que si bien las características generales de litología uniforme son aún requeridas, se han logrado modelos que obtienen un rendimiento más que aceptable en formaciones consideradas abrasivas y de cierta dureza.

Una expectativa de vida de 150 horas de rotación es sumamente lógica para estos trépanos; por lo que la coincidencia de tiempos de operación de las tres herramientas, motor, MWD, y trépano, permite un aprovechamiento óptimo del equipo de perforación, disminuyendo los tiempos muertos y por lo tanto los costos de operación.

(Ver GRAFICO 3)

LA EXPERIENCIA

La experiencia con la que contamos hasta el momento está dada por la perforación de pozos horizontales. En estos pozos hay dos partes involucradas, que difieren en cuanto al procedimiento de ejecución, que son:

- a) La zona de construcción de la curva, o de crecimiento angular.
- b) La zona de mantenimiento de ángulo, llamada horizontal.

La parte que aquí nos interesa es la segunda, dado que las herramientas, el conjunto de fondo y la técnica de ejecución son aquellas que se utilizarían en la perforación de pozos verticales.

A - Las herramientas fueron mencionadas en los puntos precedentes.

B - El conjunto de fondo utilizado en el tramo horizontal de todos los pozos perforados hasta ahora es el siguiente:

- Trépano PDC de 6"
- Motor de fondo 4 3/4"
- Sustituto para válvula flotadora
- Sustituto de pata de mula
- Portamechas antimagnético 4 3/4" (MWD)
- Sustituto de control de flujo
- 2 Portamechas antimagnéticos 4 3/4"
- 25 Barras extrapesadas de 3 1/2"
- Sondeo

(Ver GRAFICO 4)

En el interior del portamechas antimagnético inferior se aloja la herramienta de control continuo de desviación (MWD).

Los portamechas antimagnéticos son espiralados a efectos de minimizar el riesgo de pegamiento en los momentos de perforar con el motor orientado.

(Ver GRAFICO 5)

C - La técnica de ejecución:

Se fija el ángulo del bent housing en un valor compatible con la necesidad de rotar la herramienta. Comunmente ese ángulo es de 1/2". Angulos mayores originarian grandes esfuerzos flectores que causarían fallas por fatiga.

La técnica consiste en perforar alternativamente, rotando la herramienta, y orientando el motor de fondo.

Tratamos que durante la mayor parte del tiempo rote la herramienta, dado que de esta manera sumamos a las RPM del motor las que tenga la mesa rotary, obteniendo por lo general una mayor penetración como resultado.

Por otra parte, al estar girando la herramienta, se anula el efecto de tener doblado el bent housing, obteniéndose un giro concéntrico con el eje de la misma, lo que teóricamente resultaría en un pozo vertical. Este efecto se vería favorecido por las condiciones de carga sobre el trépano, ya que al ser muy inferiores a las utilizadas en la perforación tradicional,

se obtiene una acción pendular que tendería a verticalizar el pozo.

Cuando se desea modificar la dirección del pozo, basta con parar la mesa rotary y orientar el motor de fondo en la dirección deseada. Se perforan algunos metros así orientado y luego se retorna a la asistencia de la mesa.

Las primeras correcciones se hacen en función de cálculos prácticos, pero luego se pueden ir haciendo aproximaciones mucho mejores, una vez que tenemos lecturas de los cambios operados.

Esta observación determina el número de metros a perforar orientados cada vez que debamos corregir, en virtud de la magnitud del cambio deseado.

Cuando la tendencia natural de la formación nos aparta con fuerza de la línea objetivo se hacen necesarias correcciones más frecuentes, que implican la realización de mayor número de mediciones. La MWD otorga estos valores con una velocidad que aún en estos casos el tiempo empleado en mediciones se hace irrelevante.

De la observación de la configuración del conjunto de fondo de pozo se deduce claramente que las mediciones angulares obtenidas están desfasadas en aproximadamente 11 metros con respecto al trépano. Esto nos obliga a realizar proyecciones para tratar de predecir con la mayor exactitud posible las coordenadas del trépano.

Veamos un ejemplo real de los muchos hasta ahora acumulados para analizar el comportamiento de la herramienta:

P O Z O :					P C - M Z A - T B O				
PROF. MED.	TIEMPO	RPM	INCL.	DIR.	TOOL FACE	COMENTARIOS			
2213	10	40	89.8	S35.6W		GEOL.90.0-90.4			
2214	24	40							
2215	12	40							
2216	12	40							
2217	11	40	89.5	S35.5W					
2218	40				15/ 45	9 TN			
2219	16	40							
2220	11	40							
2221	12	40	89.5	S34.9W					
2222	20				15/ 45	9 TN			
2223	12	40							

PROF. MED.	TIEMPO	RPM	INCL.	DIR.	TOOL FACE	COMENTARIOS
2224	15	40				
2225	19	40	89.6	S34.9W		0.75 BUILT R.
2226	14	40				
2227	13	40				
2228	14	40				
2229	13	40	89.8	S35.6W		1.5 BUILT R.
2230	15	40				
2231	10	40				
2232	9	40				
2233	10	40	90.0	S35.6W		1.5 BUILT R.
2234	15	40				GEOL. MANT. 90
2235	15	40				
2236	15	40				
2237	15	40	90.1	S35.6W		
2238	30				150/180	
2239	23				150/180	
2240	26	40				
2241	48	40	90.2	S35.6W		
2242	19	40				
2243	15	40				
2244	13	40				
2245	14	40	90.2	S35.6W		
2246	16	40				
2247	16	40				
2248	24	40				
2249	22	40	90.0	S35.6W		

Hemos tomado una pequeña parte del tramo horizontal del pozo PC-MZA-T80 (Perez Companc-Mendoza-Tupungato 80), perforado por Baker Hughes Drilling Systems (BHDS).

Lo primero que observamos es la gran diferencia de cronometrajes entre los metros perforados orientados (2218, 2222, 2238 y 2239) y los asistidos por la mesa rotary.

En segundo término podemos mencionar que en el tramo mostrado la máxima diferencia angular es de 0.7 grados, lo que habla de la suavidad con que se logran los cambios.

En tercer lugar, veamos la secuencia de decisiones adoptadas en función de lo requerido.

Al perforar el metro 2224 (trépano), hacemos la lectura de la MWD en 2213 m de 89.8° S35.6W y recibimos la instrucción de geología de perforar con un ángulo entre 90.0 y 90.4°, manteniendo el rumbo

en S35W.

La tendencia del pozo era hasta el momento de ganar ángulo y girar ligeramente a la izquierda; por lo tanto se decide seguir perforando con la asistencia de la mesa.

Se hace otra lectura en 2217 m (trépano en 2228 m), comprobando que contrariamente a lo esperado el pozo está perdiendo ángulo aunque si gira a la izquierda.

Se decide perforar dos metros orientados a efectos de corregir la tendencia, pero uno cada cuatro metros, para hacerlo suavemente.

Estos fueron los metros 2218 y 2222 de lectura, correspondientes a los metros 2229 y 2233 de trépano.

Se puso el Tool Face entre 15 y 45° a la derecha para buscar los dos efectos necesarios, ganar ángulo y quebrar la tendencia de giro a la izquierda.

Como se observa en la planilla, las mediciones en esos metros fueron de 89.8 y 90.0° respectivamente, y el rumbo se estableció en S35.6W.

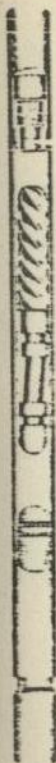
Esto nos dice que el built rate originado fue de 1.5°/30 metros y que el giro a la izquierda fue controlado.

En este punto y en razón de la correlación de muestras y las coordenadas de las mismas, geología nos solicita mantener los 90.0° alcanzados, para lo cual se hizo necesario perforar orientados hacia abajo, ya que como era lógico de esperar, en el trépano el ángulo era mayor, debido a que el conjunto conserva la tendencia que se le imprime.

Finalmente si consideramos como objetivo propuesto la línea dada por el ángulo promedio: 89.85°, observamos que el apartamiento de nuestra trayectoria no es en ningún caso mayor a unos cuantos centímetros.

Concluimos con lo antes dicho: "Existe la posibilidad de perforar pozos verticales con costos razonables".

Antonio Torre
Gerente Técnico de Ventas
BAKER HUGHES DRILLING SYSTEMS



The By-Pass Valve

The Power Section

The Coupling Assembly

The Bearing Pack



The Bit Box

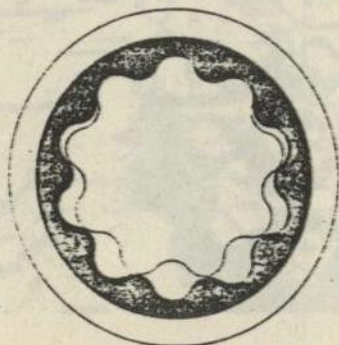


GRAFICO 1

PULSER

BATTERY
PACK

ELECTRONICS

STEERING
ROTARY
LANDER

GRAFICO 2

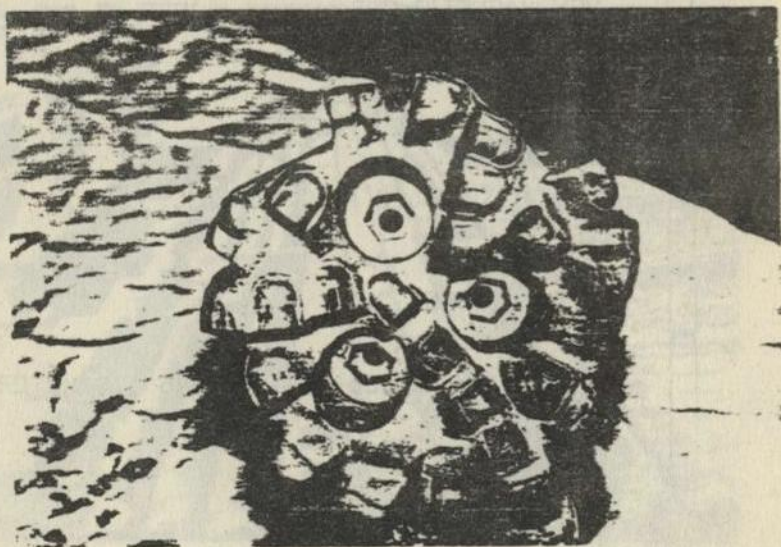


GRAFICO 3

Drilling Systems

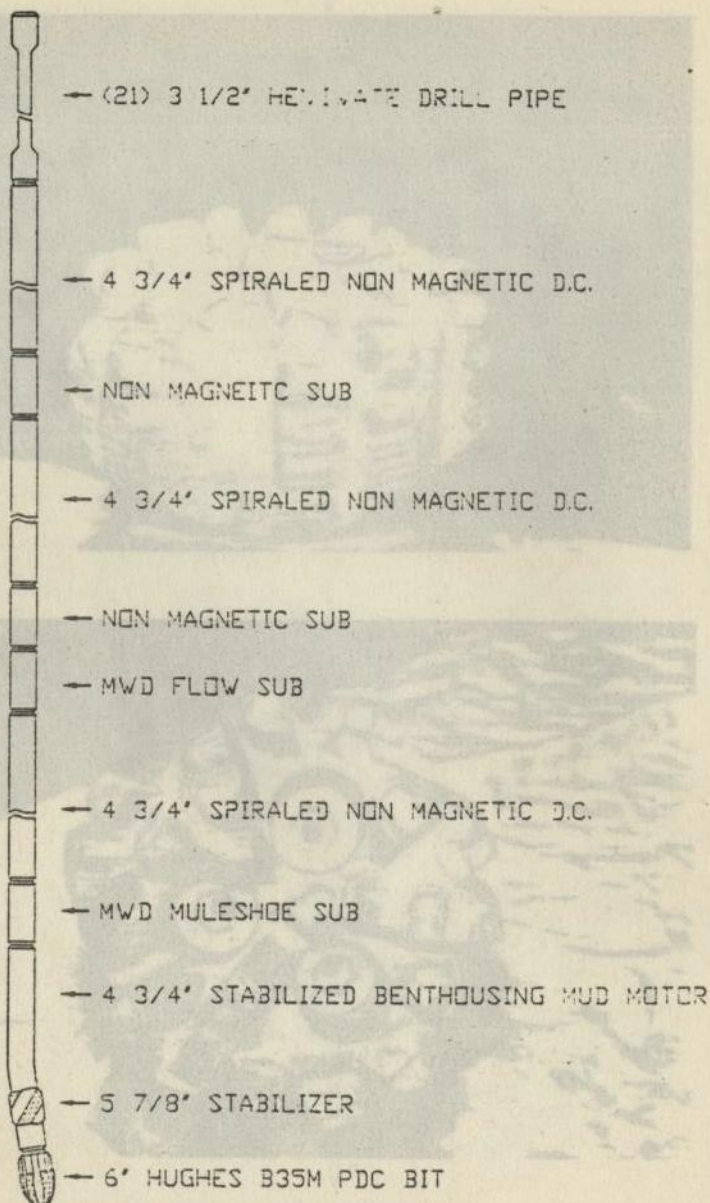


GRAFICO 4

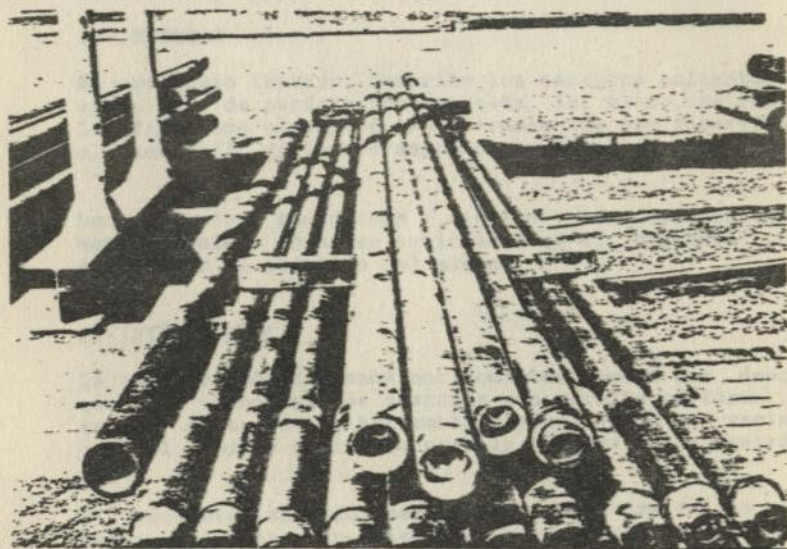
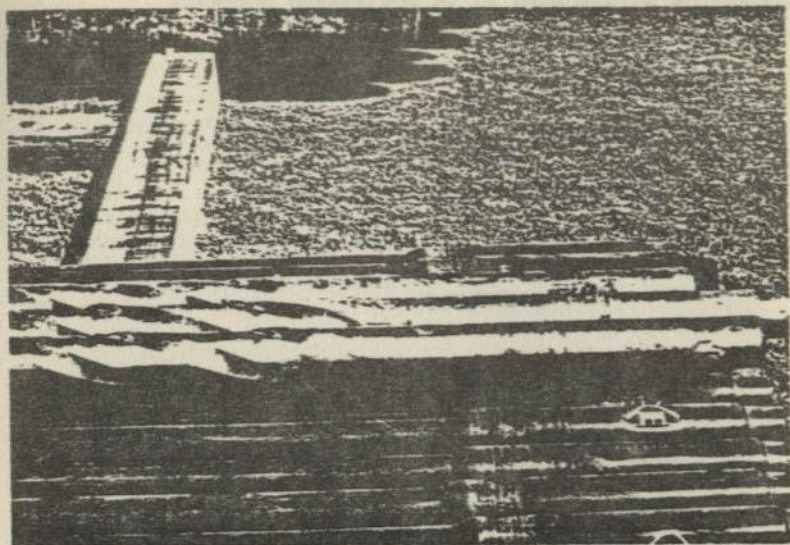


GRAFICO 5