

Perforación de pozos verticales

La tecnología de perforación direccional continúa su rápida evolución con un nuevo sistema diseñado específicamente para perforar pozos verticales.

Guido Brusco
Eni S.p.A.
Falconara, Italia

Pete Lewis
Milán, Italia

Mike Williams
Sugar Land, Texas, EUA

Por su colaboración en la preparación de este artículo se agradece a Denny Adelung, Emma Bloor y Steve Siswanto, Sugar Land, Texas, EUA; Matt Bible, Ian Carne y Brian Stevens, Stonehouse, Inglaterra; y Dipesh Pattni y Geertjan van Og, Ravenna, Italia.

PowerDrive, PowerPak, PowerV y SlimPulse son marcas de Schlumberger.

1. Williams M: "Un nuevo giro en la perforación rotativa direccional," *Oilfield Review* 16, no. 1 (Verano de 2004): 4–9.
2. "Drilling Levels Will Continue Upward," *World Oil* 225, no. 2 (Febrero de 2004): 41, 43–45, 47.
"Heightened Activity Will Continue in Some Areas," *World Oil* 225, no. 2 (Febrero de 2004): 63–65, 69.
3. Para un ejemplo: Williams, referencia 1.
4. Para mayor información sobre perforación en áreas técnicamente activas, consulte: Addis T, Last N, Boulter D, Roca-Ramisa L y Plumb D: "The Quest for Borehole Stability in the Cusiana Field, Colombia," *Oilfield Review* 5, no. 2/3 (Abril/Julio de 1993): 33–43.
5. Para mayor información sobre el proyecto KTB, consulte: Bram K, Draxler J, Hirschmann G, Zoth G, Hiron S y Kühr M: "The KTB Borehole—Germany's Superdeep Telescope into the Earth's Crust," *Oilfield Review* 7, no. 1 (Enero de 1995): 4–22.
Calderoni A, Savini A, Treviranus J y Oppelt J: "Outstanding Economic Advantages Based on New Straight-Hole Drilling Device Proven in Various Oilfield Locations," artículo de la SPE 56444, presentado en la Conferencia y Exhibición Técnica Anual de la SPE, Houston, 3 al 6 de octubre de 1999.

La vasta mayoría de los pozos se consideran rectos, pero llamarlos rectos es ignorar la tendencia natural de los pozos a desviarse de la vertical. Sin tecnología o procedimientos de perforación especiales, los pozos tienden típicamente a penetrar planos de estratificación y otras características geológicas a un ángulo correcto. Antes del advenimiento de la tecnología de levantamientos de pozos, las compañías de exploración y producción (E&P) no se percataban del grado de desviación o tortuosidad de un pozo hasta que las operaciones de adquisición de registros o de bajada de tubería de revestimiento se entorpecían por un perfil de pozo complejo. Además de la deriva natural, las prácticas de perforación también pueden crear pozos con patas de perro u otras irregularidades en su forma o dirección, que también podrían pasar inadvertidas hasta que éstas entorpecieran las operaciones.

La tecnología de levantamiento y perforación direccional de pozos ha permitido a las compañías de E&P ejercer un mayor control sobre las trayectorias de los pozos. Además, los perforadores han estado actualizando continuamente las prácticas de perforación con muchísimas mejoras que incluyen el perfeccionamiento continuo en la selección de barrenas, la optimización del peso sobre la barrena y la mejora en la limpieza del pozo. La adición de los sistemas rotativos direccionales al arsenal de tecnologías de los perforadores complementa muchas de estas mejoras.

Introducida en la última década, la tecnología de perforación rotativa direccional sigue avanzando.¹ Los novedosos sistemas rotativos direccionales facilitan la perforación de largas secciones horizontales con un control direccional excelente, la perforación con barrenas bicéntricas, la perforación en ambientes difíciles y la perforación en formaciones blandas o poco consolidadas. Además de aquellas operaciones complicadas o que marcan un récord y

que generalmente son noticia, los sistemas rotativos direccionales están mejorando aparentemente las operaciones comunes de perforación vertical.

Un nuevo sistema rotativo direccional para perforación vertical es capaz de prevenir que se desvíen los pozos de la vertical y también puede volver verticales a los pozos inclinados. Disponible para una gran variedad de tamaños de pozos, el sistema rota continuamente para proveer una superior calidad y limpieza del pozo, que minimiza el riesgo de atascamiento mecánico y logra una velocidad de penetración (ROP, por sus siglas en inglés) más alta.

En este artículo, se presenta el sistema de perforación vertical PowerV y se demuestra su aplicación en Italia. Comenzamos explorando el interés por la perforación vertical.

¿Por qué perforar recto?

De los 70,000 pozos que se perforan cada año aproximadamente, la mayor parte son pozos simples y verticales.² Las compañías de E&P generalmente luchan por minimizar el costo de estos pozos y por lo general no hacen un esfuerzo especial para mantenerlos rectos. Sin embargo, ciertas situaciones exigen que las compañías perforen pozos verticales que son muy rectos y parejos.

Una compañía de E&P preferiría perforar un pozo parejo que penetra un yacimiento verticalmente.³ Un pozo vertical parejo facilita bajar tubería de revestimiento más grande con mínimo espacio y permite la posibilidad de utilizar una tubería de revestimiento extra en una etapa posterior en las operaciones de construcción de pozos. Un pozo que no mantiene la verticalidad puede eliminar esta opción. Un beneficio aún mayor es que la perforación vertical de alta calidad brinda la oportunidad de minimizar el tamaño del pozo desde el comienzo. Un pozo más



Especificaciones de la herramienta PowerV

Herramienta PowerV	475	675	825	900/1,100
Máxima velocidad de rotación (rpm)	250	220	220	200
Máxima temperatura de operación (°F)	257/302*	257/302*	257/302*	257/302*
Máximo peso sobre la barrena (lbf x 1,000)	50	65	65	65
Máximo esfuerzo de torsión en la barrena (lbf-pie x 1,000)	4	16	16	48
Rango de flujo (gal/min)	220 a 400	320 a 650	480 a 1,900	480 a 1,900
Caída de presión requerida a través de la barrena (lpc)	600 a 800	600 a 800	600 a 800	600 a 800
Máxima presión de operación (lpc)	20,000	20,000	20,000	20,000
Sistema de control vertical automático	automático	automático	automático	automático
Diámetros de pozos disponibles (pulgadas)	5¾ a 6½	8½ a 9¾	10¾	12¼ a 22

*Versión de alta temperatura disponible

^ Sistema de perforación vertical PowerV. Basado en el probado sistema rotativo direccional PowerDrive, esta simple y robusta herramienta puede tener configuraciones tan cortas como de 4 m [12 pies] para perforar pozos desde 5¾ hasta 22 pulgadas de diámetro. El modelo estándar opera a temperaturas por encima de 125°C [257°F]; el modelo de alta temperatura opera a temperaturas por encima de 150°C [302°F]. Todos los modelos operan a presiones hidrostáticas de hasta 138 MPa [20,000 lpc].

pequeño es típicamente más rápido de perforar y representa menos costos tanto para la eliminación de recortes como en materia de tubulares y cemento.

Muchos operadores minimizan la huella de las operaciones de perforación en la superficie perforando varios pozos direccionalmente desde una localización de superficie a localizaciones de fondo de pozos ampliamente espaciadas. En estas operaciones, la perforación vertical, es una técnica esencial para evitar colisiones en las secciones

superiores del pozo perforadas desde plantillas de plataformas marinas y localizaciones de perforación en tierra firme. Los pozos que se desplazan aún levemente de la vertical sobre el punto de comienzo de la desviación ponen en peligro la capacidad del operador para utilizar todas las bocas disponibles del pozo.

Además de las restricciones de la superficie en las operaciones de perforación, las condiciones del subsuelo juegan un rol importante en los diseños de pozos. Por ejemplo, perforar hasta

objetivos de perforación debajo de rocas con fallas, en capas con echados muy pronunciados o en áreas tectónicamente activas, a veces requiere un esfuerzo especial para mantener la trayectoria deseada.⁴ La tecnología de perforación vertical es una opción para alcanzar un objetivo de perforación específico.

Los proyectos de perforación especiales también se benefician con la perforación vertical. Por ejemplo, en el Programa Alemán de Perforación Continental Profunda, Kontinentales Tiefbohrprogramm der Bundesrepublik Deutschland (KTB), se perforó un pozo vertical de 9,101 m [29,860 pies] de profundidad para estudiar aspectos fundamentales de la corteza terrestre.⁵ Un sistema de perforación vertical restringió la construcción de ángulo y minimizó el tamaño del agujero y la fricción.

La perforación vertical de las secciones superiores de los pozos es también crítica para el éxito de las operaciones de perforación de largo alcance. La tortuosidad excesiva en la parte superior del pozo causa un mayor esfuerzo de torsión y arrastre en las secciones subsiguientes del pozo, lo que puede conducir al desgaste de la sarta de perforación y la tubería de revestimiento. La tortuosidad también aumenta el potencial de problemas de perforación, tales como una pobre limpieza del pozo, atascamiento/deslizamiento e incapacidad para alcanzar la profundidad planeada debido al esfuerzo de torsión y arrastre. Un pozo parejo y en calibre generalmente genera registros de pozos superiores que simplifican la evaluación de la formación. Resulta claro que las compañías de E&P tienen muchas razones apremiantes para perforar pozos rectos y parejos.

En el pasado, se bajaban simples arreglos de péndulo para mantener bajos los ángulos de inclinación del pozo, pero su eficacia era limitada en las formaciones duras o con inclinación pronunciada. Las bajadas de corrección para volver el pozo a la verticalidad resultaban costosas y no evitaban que el problema volviera a ocurrir. A fin de responder a la necesidad de pozos rectos y verticales, se dispone ahora de un sistema rotativo direccional para los casos de perforación vertical. Este nuevo sistema mantiene vertical al pozo todo el tiempo y ofrece la ventaja adicional de una ROP alta; su continua rotación minimiza el riesgo de atascamiento mecánico, y la carencia de componentes estacionarios de fondo de pozo elimina el efecto de anclaje de una parte no rotativa.

Nueva tecnología de perforación vertical

La herramienta PowerV ofrece un conjunto único de capacidades ([arriba a la izquierda](#)).



^ Campo Miglianico cerca de Pescara, Italia.

Programada desde la superficie para buscar y mantener automáticamente la verticalidad, la herramienta, una vez instalada en el pozo, direcciona activamente la columna de perforación para mantener en forma constante la verticalidad del pozo sin ninguna interacción desde la superficie. Los sensores en el paquete de levantamiento triaxial completo dentro de la herramienta PowerV, determinan si la inclinación está cambiando a lo largo de qué azimut y por cuánto. Si han ocurrido cambios, la herramienta determina automáticamente la dirección necesaria para volver a la orientación vertical, utilizando almohadillas que empujan activamente contra la parte superior del pozo. Esta automatización significa que perforar con el sistema PowerV no requiere adaptación en el pozo.

Este sistema rotativo direccional no depende de un sistema de medición durante la perforación (MWD, por sus siglas en inglés) para operar. No obstante, un simple dispositivo de inclinación—sólo el dispositivo MWD—permite mediciones de la inclinación en tiempo real.

La velocidad de rotación puede ajustarse para optimizar la densidad de circulación equivalente (ECD, por sus siglas en inglés) y la limpieza del espacio anular del pozo. La rotación completa para asistir la limpieza del pozo y manejar la ECD es importante aún en pozos verticales y particularmente en operaciones de tierra firme donde el equipo de perforación puede estar restringido por la capacidad de bombeo o la presión. La ECD y la limpieza del pozo también son importantes en pozos de aguas

profundas con rangos críticos de densidad del lodo, y en rocas fracturadas o sometidas a esfuerzos locales y formaciones sensibles.⁶

Otras ventajas del sólido sistema PowerV incluyen la colocación precisa del pozo, pozos de alta calidad, ROPs altas y limpieza eficaz del pozo. Además de mejorar los resultados de la perforación, la instalación de este sistema requiere una brigada de menos personal en la localización del pozo, lo cual reduce el costo y minimiza la aglomeración en las localizaciones de perforación compactas.

Perforación vertical en formaciones difíciles

En Pescara, Italia central, Eni está perforando pozos de desarrollo en el Campo Miglianico (página anterior). El yacimiento carbonatado yace debajo de lutitas plásticas duras que hacen difícil la perforación de pozos de perforación de gran diámetro. En particular, los cortes de lutitas interfieren con la optimización de la hidráulica.

Eni seleccionó la herramienta PowerV para perforar el Pozo Miglianico 2. En particular, la compañía quería mejorar la eficiencia, la limpieza del pozo y la calidad del mismo. La herramienta MWD de diámetro reducido de tercera generación SlimPulse confirmó la verti-

calidad en tiempo real. Para mejorar la eficiencia de la perforación y aumentar la ROP, el sistema se instaló con un motor direccionable PowerPak integrado en el arreglo de fondo de pozo.

La herramienta PowerV perforó la sección del pozo de 16 pulgadas, una longitud de 1,736 m [5,696 pies], en una sola bajada (abajo a la izquierda). La velocidad de penetración fue 21% más alta que la ROP promedio de los pozos vecinos. La sección de 12¼ pulgadas, perforada en ocho corridas, fue de 1,060 m [3,478 pies] de largo y la ROP fue 24% más alta que la de pozos vecinos. Ambas secciones se perforaron sin fallas de la herramienta y con un ahorro de 15 días comparado con el plan de perforación (abajo a la derecha).

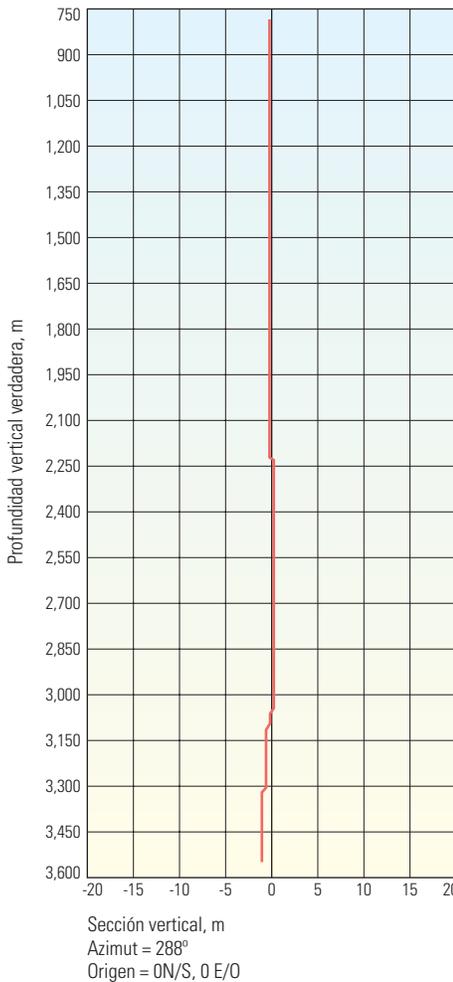
Alentada por el éxito de la perforación del Pozo Miglianico 2, Eni utilizó una herramienta PowerV de 22 pulgadas especialmente construida para perforar la sección superior del pozo Monte Enoc 5 en el Campo Grumento Nova del sur de Italia. El sistema PowerV perforó tierra de aluvión problemática rica en arcilla en la superficie y calizas duras justo debajo del punto en el cual se coloca la tubería de revestimiento de superficie, y realizó esto a velocidades de penetración más altas que un arreglo convencional de fondo de pozo.

Una solución efectiva en costos para el reto vertical

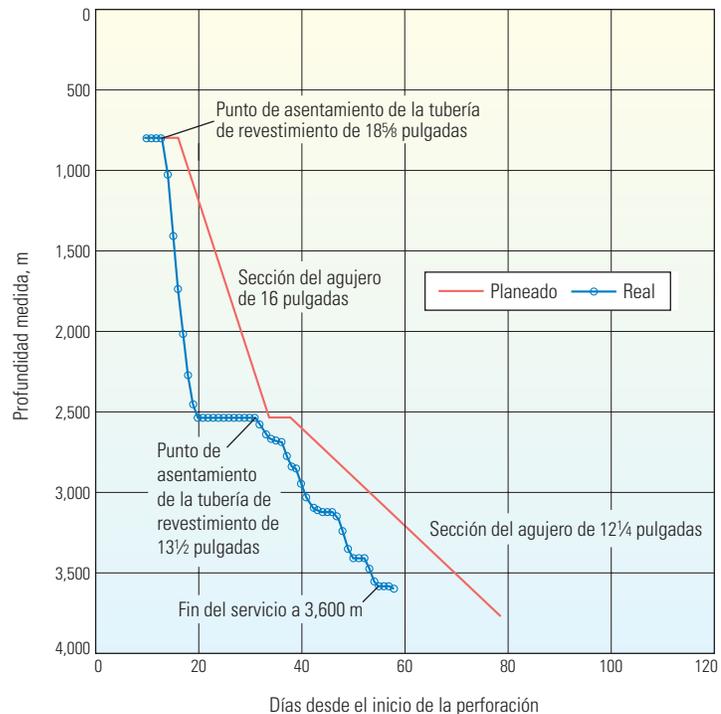
A pesar de que la perforación vertical aparenta ser relativamente simple, puede presentar retos similares a la perforación direccional, y se requiere en algunas de las más caras zonas de operación, tales como desarrollos subsalinos en aguas profundas. Un sistema rotativo direccional que se distingue por perforar verticalmente ofrece nuevas posibilidades para reducir los costos de construcción de pozos para las compañías de E&P, eliminando corridas correctivas demorasas para enderezar pozos errantes y/o incrementando la ROP.

Como otros sistemas rotativos direccionales desarrollados por Schlumberger, la continua rotación del sistema PowerV con la perforación ofrece las ventajas de minimizar el riesgo y mejorar la calidad del pozo. —GMG

- Bratton T, Edwards S, Fuller J, Murphy L, Goraya S, Harrold T, Holt J, Lechner J, Nicholson H, Standifird W y Wright B: "Prevención de problemas durante la perforación," *Oilfield Review* 13, no. 2 (Otoño de 2001): 32-51.
- Ali AHA, Brown T, Delgado R, Lee D, Plumb D, Smirnov N, Marsden R, Prado-Velarde E, Ramsey L, Spooner D, Stone T y Stouffer T: "Observación del cambio de las rocas: modelado mecánico del subsuelo," *Oilfield Review* 15, no. 2 (Otoño de 2003): 22-41.



^ Utilización de la moderna tecnología de perforación vertical para mantener el ángulo del pozo a un promedio de 0.18° mientras se perforan 2,796 m [9,173 pies] en secciones de 16 pulgadas y 12¼ pulgadas de diámetro. Perforando la sección de 16 pulgadas en una sola bajada y la sección de 12¼ pulgadas en ocho corridas con la herramienta PowerV, Eni obtuvo ROPs que fueron por encima del 20% más altas en el Pozo Miglianico 2 que en pozos vecinos.



^ Perforación más rápida con el sistema PowerV. Eni perforó el Pozo Miglianico 2, con una anticipación de 15 días respecto de lo planeado.