



Exitoso cierre de las Jornadas de Perforación, Terminación, Reparación y Servicio de pozos

“Cómo mejorar la eficiencia en la Perforación y Terminación de pozos” constituyó el lema de este encuentro, que se realizó el 1 y 2 de septiembre. El evento se hizo en el Espacio Duam de la ciudad de Neuquén

Estas Jornadas, organizadas de manera conjunta entre la comisión de Perforación del IAPG y la seccional Comahue del Instituto, nacieron como una respuesta a la inquietud de llevar la discusión de los temas técnicos de nuestra Industria hacia las áreas de las propias operaciones: el ámbito de las seccionales.

En esta oportunidad participaron 226 personas, entre inscriptos, expositores, moderadores, invitados universitarios y medios de prensa.

El evento fue inaugurado por el subsecretario de Hidrocarburos neuquino, Héctor Mendiberri, y por los representantes del IAPG, los ingenieros Wilfredo Núñez y Héctor González Gómez. Estas exposiciones lograron una amplia difusión, tanto en la prensa local como en la nacional.

Se expusieron 22 trabajos y el encuentro finalizó con una conferencia magistral. En cuanto a los aspectos cualitativos, las exposiciones despertaron un alto nivel de atención, que se reflejó en una sala permanentemente llena y en la activa interacción con el público presente.

Durante las actividades, se expusieron desarrollos tecnológicos recientes y novedades en tecnología de equipamiento. Además, se presentaron las operaciones costa afuera en ejecución actual y los aspectos referidos a terminaciones sin equipo y la programación por medio del sistema *technical limits*. La optimización de las operaciones se destacó como tema central, junto con la visión internacional que mostraron los expositores latinoamericanos. Por otro lado, las empresas operadoras y de servicios mostraron un elevado grado de integración.

La seccional Comahue del IAPG agradece a los expositores, moderadores, participantes y empresas socias que, con sus aportes, hicieron posible estas Jornadas. También, a las autoridades, a los representantes de entes educativos y gubernamentales y a la prensa que estuvo presente durante estos dos agitados días.

Resumen de los principales trabajos técnicos

Nuevas tecnologías aplicadas a viejos conceptos resuelven problemas actuales

Por **M. Crovetto** y **F. Pereyra** - Smith International Inc.

Se presentaron dos tecnologías asociadas con el ensanchado de pozos y con la perforación de pozos verticales.

El procedimiento de ensanchado de pozos, por debajo del zapato de la última cañería entubada, conocido también como *underreaming*, consiste en aumentar el diámetro de una sección de pozo por debajo de una restricción.

Este procedimiento se utiliza para reducir la pérdida de carga entre columnas mientras se perfora o cementa; para mejorar el resultado de la cementación, eliminar problemas causados por el pistoneo/golpe de ariete (*swabbing / surging*) en las maniobras; también, para reducir problemas de hinchamiento de arcillas o desmoronamientos de sal, ensanchar zonas donde se realizan engravados (*gravel packing*).

Este proceso sirve, además, para los diseños de pozos con reducidos huelgos entre pozo y *casing* y para la utilización de *casings* expandibles. De la misma manera, para facilitar la entubación de zonas con "patas de perro" (*dog legs*) pronunciadas, eliminar las canaletas (*key seats*) o para ensanchar zonas donde se perforó con coronas.

El procedimiento comienza con la bajada de la herramienta y el inicio de la rotación. Luego, se acopla la bomba y se comienza a circular, para después ensanchar la sección. Por último, se cierra la herramienta (se para la bomba) y se levanta el sondeo hasta el zapato.

Las herramientas que realizan esta operación suelen presentar problemas, como riesgos de roturas y pérdida de los brazos cortadores; riesgos de pérdida de conos (estructura de corte); imposibilidad de estabilización del conjunto de fondo y pobre calidad del pozo debido a variaciones en la apertura de los brazos.

Los autores del trabajo recomiendan el uso de la herramienta Rhino Reamer. Se trata de un diseño robusto, simple de operar, ya que se abren y cierran los bloques cortadores con la presión de circulación.

Se puede llevar la herramienta cerrada para perforar el collar, el cemento y el zapato. Tiene capacidad para trabajar con altos caudales y disposición de boquillas intercambiables, como así también la posibilidad de apertura y cierre simultáneos de los bloques cortadores para un ensanche concéntrico. La herramienta posee tecnología de PDC de última generación en los bloques cortadores y la capacidad de ensanchar levantando el sondeo (*back-reaming*).

Esta herramienta fue probada en la formación del grupo Neuquén del yacimiento Chihuido de La Salina, ubicado en el sur de la provincia de Mendoza. Su desarrollo inicial se dio en los años noventa y produce petróleo y gas. En esa ocasión, la herramienta se aplicó al tramo 8 1/2" x 10 1/4" y se logró el objetivo de disminuir tiempos de maniobras y reducir contingencias. Hubo un 66% menos de tiempo de maniobras y 40% menos de tiempo de contingencias. La penetración no disminuyó comparando el ensanche con la perforación. Al usar el mismo sistema de lodo, la técnica demostró su valor en una aplicación no tradicional.

Con respecto al procedimiento de perforación de pozos verticales, el 75% de los pozos que se perforan en el mundo son de este tipo. Se ha diseñado un sinnúmero de técnicas y de herramientas para lograr el objetivo de la verticalidad y se han utilizado desde portamechas (*drill collars*) de sección cuadrada hasta sofisticadas herramientas con alta utilización de electrónica, pasando por diferentes conjuntos estabilizados.

El secreto de la perforación vertical está en la rigidez del conjunto de fondo (*stiffness*). Además, toda fuerza lateral sobre las secciones de rectificadores (*reamers*) (cualquier elemento con capacidad de corte lateral) produce una acción de corte (rectificado) sobre la pared del pozo. Esto, aparte de "alisar" las rugosidades, ayuda a mantener la verticalidad, ya que hace perder el ángulo, mejora la transferencia del peso sobre el trépano (WOB) y disminuye o amortigua las vibraciones.

En este caso, los expositores recomendaron el nuevo sistema de perforación vertical VDS (*Vertical Drilling System*). Consiste en la combinación de un diseño probado de conjunto de fondo empaquetado y motor de fondo de desplazamiento positivo (PDM). Se trata de tecnologías extensamente probadas combinadas en una sola herramienta, que lo convierte en un sistema simple, confiable y económico compuesto por:

- Un rectificador RNB (Turbo-back).
- Dos secciones cuadradas con capacidad de rectificadores, como parte integral del PDM.
- Un PDM con sección de potencia de espesor de goma uniforme para entregar mayor potencia y rigidez.
- Un rectificador superior reforzado con diamantes



(*diamond enhanced inserts* o DEI), como parte de un único sistema de perforación

La combinación de los rectificadores en el VDS resulta en una mejora continua de la calidad del pozo.

El pasaje del trépano es rectificado inmediatamente por el DEI Turboback, lo que deviene en paredes del pozo más uniformes. Inmediatamente después, el primer DEI cuadrado continúa este proceso de rectificado para mejorar todavía más la calidad de las paredes del pozo.

Luego, el segundo rectificador cuadrado sigue el proceso. Finalmente, cualquier imperfección remanente es suavizada por el rectificador DEI superior, para entregar la mejor calidad de pared de pozo posible. Adicionalmente, la acción de corte lateral de la tecnología DEI ayuda a mitigar las vibraciones generadas, al disiparlas.

Antecedentes del uso de esta tecnología pueden verse en el yacimiento El Huemul, de la cuenca del Golfo San Jorge, al norte de la provincia de Santa Cruz. Su desarrollo inicial data de la década del cincuenta y produce petróleo y gas. Sus principales desafíos son evitar el embolamiento y mantener la verticalidad al maximizar la penetración (ROP).

La utilización de VDS en El Huemul resultó en mayores ROP's (un 44% de aumento promedio), al mantener un pozo vertical –menos de 2 grados– a 2450 metros. No se registraron *dog legs* severos y se dio una reducción de los tiempos perdidos (NPT). Se eliminaron las paradas de las herramientas de perfilaje (*setup* de *logging*) y se lograron calibres de pozos (*well bore*) de gran calidad con entubación y cementación sin dificultades. Pudo observarse carreras más largas y rápidas de trépanos con cortadores de diamantes policristalinos (PDC) y consistencia de los resultados.

Implementación de sistema de lodo base agua en la Cuenca Neuquina: DLS

Por **Ubaldo Marcuzzi, Claudia Jofré y Gustavo Badell** - DLS

El objetivo de este trabajo fue mostrar pautas de diseño y resultados de aplicación de un sistema de lodo a base de agua, un sistema con alta capacidad de inhibición y bajo impacto ambiental que reemplazara a la emulsión inversa, cuya capacidad de inhibición de las arcillas, a pesar de los problemas que acarrea por sus propiedades contaminantes, ha sido muy difícil de igualar.

El diseño del sistema de lodo a base de agua con características inhibitorias busca satisfacer los requerimientos del pozo y disminuir los costos operativos de perforación.

Sus características incluyen la utilización de dos compuestos de distinta especie que actúan sinérgicamente para optimizar la supresión de la hidratación de arcillas. Por un lado, se presenta la poliamina cuaternaria, un compuesto orgánico ligeramente catiónico, en estado líquido, con alta capacidad de control de hidratación e hinchamiento de arcillas. Por otro lado, un complejo potásico, compuesto líquido de alta capacidad de inhibición, que aporta potasio libre al sistema y está libre de cloruros.

La evaluación ecotoxicológica estuvo a cargo de la Universidad Nacional de Luján, de la provincia de Buenos Aires. El resultado demostró que se trata de compuestos prácticamente no ecotóxicos en términos de toxicidad aguda.

Este sistema fue probado y aplicado en el yacimiento Señal Picada, en la cuenca neuquina. En ese caso, se estaba en presencia de niveles arcillosos de gran actividad química, de niveles contaminantes con aporte de ion calcio. Existían dificultades en maniobras de calibre, admisiones parciales y totales y asiento (*setup*) de las sondas de perfilaje.



En el período entre febrero y junio 2009, la aplicación del sistema de lodo a base de agua permitió optimizar la capacidad de inhibición y mejorar la limpieza del pozo; también, la estabilidad de la pared del pozo, la calidad de las maniobras y tiempos de ejecución, el caliper de pozos. Adicionalmente, se disminuyeron los tiempos perdidos (NPT) asociados a problemas de lodo y el costo total operativo.

Por otro lado, la aplicación de este sistema (WBM) en Loma la Lata tuvo como objetivo reemplazar al sistema de lodo a base de aceite (OBM). Existían algunos problemas potenciales del tramo, con niveles arcillosos de gran actividad y arenosos permeables, altos consumos de lodo por invasión de la formación y dificultad en las maniobras.

Gracias a la aplicación de este proceso a base de agua (WBM), se logró mejorar la perforación, que presentó alta capacidad de inhibición, estabilidad de pozo, mejora en la calidad de las maniobras y los calibres de pozos. Así, se tradujo en un reemplazo exitoso del sistema de lodo a base de aceite. Asimismo, se disminuyó el riesgo de impacto ambiental, de los tiempos perdidos (NPT) y de los tiempos operativos de perforación.

Optimización de un yacimiento: Petroandina-ITBA

Por **Miguel Basile** y **Horacio Piagentini** (Petroandina); **Alexandra Cremydas** y **Jonathan Straub** (ITBA)

La actividad perforadora de Petroandina comenzó a fines de 2004 y ha crecido de manera continua desde entonces, hasta llegar a un pico de 25 pozos mensuales en la primera mitad de 2008.

Luego de tres años de intensa actividad, se perforaron

más de 470 pozos, la producción se incrementó hasta unos 29.000 barriles diarios de petróleo (BOPD). Actualmente, están en ejecución cuatro programas de recuperación secundaria por inyección de agua (*water flooding*) y un ensayo piloto de inyección de vapor.

Un conjunto completo de perfiles a pozo abierto ha sido corrido en cada pozo, que incluye de 3 a 5 carreras de porosidad por pozo y 75 imágenes electrónicas del hueco. Del mismo modo, 400 metros de testigos de coronas han sido extraídos en 14 pozos, así como también unos 300 testigos laterales con cable de perfilaje (SWCS), más 130 muestras de agua y 52 de petróleo.

Por la naturaleza no consolidada del reservorio y las propiedades del petróleo, debieron ser implementados nuevos procedimientos en el país para los muestreos y análisis de laboratorio.

La caracterización del reservorio juega un papel clave para desarrollar una adecuada estrategia para el desarrollo y crecimiento de las reservas.

La falta de reservorios análogos cercanos fue compensada mediante una intensiva recolección de datos durante la exploración/delineación de las fases y los análisis siguientes, mediante un equipo multidisciplinario. El crecimiento de las reservas y de la producción desde 2004 hasta 2008 alcanzó los 62.7 millones de barriles de petróleo (MMBO) para las reservas y 29 mil de barriles diarios de petróleo (MBOPD) de producción. Estos valores no están solamente relacionados con los descubrimientos, sino también con el rápido logro de los rangos de los factores de recuperación y sobre la definición y ejecución de los programas de recuperación secundaria (EOR *enhanced oil recovery*).

En ese sentido, se tuvieron en cuenta varias iniciativas: en *air drilling*, incrementar el uso de los compresores y

compresores de refuerzo (*boosters*) para la perforación en desbalance con aire (UBD), lo que resultó en una reducción de los costos finales sin problemas técnicos; también, el uso de cañería de entubación (*casing*) de Fibra de Vidrio Reforzada (EFRV) en los pozos inyectoros; además, la perforación de pozos de diámetro reducido (*slim hole*) para comparar costos con el diseño estándar de los pozos; finalmente, el empleo de la placa base para ahorrar tiempo durante el fragüe de cemento (WOC) y armado de la BOP; y la inspección de todos los equipos de *workover* a través de terceros.

En función de estas posibilidades, se planteó como desafío contar con personal calificado en las áreas de perforación, WO, *pulling*, producción, reservorios y geología. También, la racionalización de costos junto con los proveedores, para mantener la competitividad en los planes de inversión y de desarrollo.

Las experiencias de perforación con lodo aireado permitieron que en algunos pozos/áreas se pudiera perforar de manera convencional, sin pérdidas severas. Las características de las formaciones atravesadas y de los pozos lograron que se pudiera perforar con lodo aireado, sin necesidad de perforar con espuma o niebla.

Esto permitió una menor complejidad en el equipamiento y en la operación. Se ha optimizado el uso de las unidades de perforación con aire (*air drilling*) con equipamiento básico (separador, BOP, BOP rotativa *manifold*, entre otros) en los tres equipos perforadores y dos conjuntos de compresores y *booster*. Ante la poca competencia y disponibilidad de equipos y servicios para UBD en Argentina, se desarrollaron proveedores locales del servicio de perforación con aire.

En cuanto a las lechadas de cemento, las severas pérdidas experimentadas en los pozos obligaron, en la mayoría de los casos, a recurrir a lechadas de baja densidad. Se emplearon de manera habitual dos lechadas de baja densidad: a) espuma de cemento (*foam cement*) o lechada de

baja densidad con Nitrógeno; b) lechadas alivianadas con esferitas huecas de vidrio.

Por razones técnico-económicas, se emplearon en mayor porcentaje las lechadas alivianadas con las esferitas. Se realizaron cementaciones con lechadas para alta temperatura destinadas a los pozos afectados al proyecto piloto de inyección con vapor.

En general, se obtuvieron muy buenos perfiles de adherencia de cemento (CBL), que aislaron adecuadamente las capas productivas, aunque no se logró alcanzar la altura programada en el espacio anular.

Por su parte, el lodo y el recorte de perforación (*cutting*), se transportan a la planta de tratamiento y allí se procesan para cumplimentar los requerimientos medioambientales. No empleó piqueta de tierra en ninguna locación.

Se diseñó y montó una planta recuperadora y tratadora de lodo y recortes de perforación en la ubicación más conveniente del yacimiento. Se emplearon lodos a base de agua (WBM) con unos pocos aditivos ambientalmente amigables, lo que facilitó su tratamiento y reciclado.

La planta permitió optimizar los recursos al disponer del lodo almacenado para enviarlo al pozo con problemas de pérdidas severas. El desafío actual, entonces, es flexibilizar la operación de la planta para adecuarse a un número cambiante de equipos perforadores en actividad.

Además, se realizó un proyecto piloto de pozo horizontal para evaluar los factores de recuperación de petróleo en el yacimiento. Su perforación pudo ser concretada sin mayores inconvenientes técnicos. El crudo producido osciló en los 19° API, considerado petróleo pesado, con bajas presiones de formación. Este piloto se encuentra todavía en etapa de evaluación. Su principal objetivo es aumentar el factor de recuperación final de petróleo.

También se llevó a cabo un proyecto piloto de pozos de diámetro reducido (*slim hole*). Cuando se evaluó la opción de perforar pozos de diámetro reducido, la primera idea es la reducción de costos relacionados con la perfora-



Fotografías de perforación con Air Drilling

ción y la terminación del pozo. El principal objetivo fue reemplazar la cañería de 7" o 5.1/2" por cañería de 4.1/2".

Asimismo, se realizó en 2008 una campaña de 5 pozos slim hole en la búsqueda de disminuir los costos, además de analizar sus ventajas y desventajas reales en la operación de Petroandina Resources.

En esa campaña se perforaron, mediante la técnica *slim hole*, los siguientes pozos: PP-34, ECN-272, ECN-278, CoHS-23 y JCP-1006. Aún deben mejorarse algunos problemas observados, como embolamiento del trépano; pérdidas y admisiones inducidas; incremento de la presión de bombeo; pérdida de penetración (ROP) y boquillas tapadas y cortadores perdidos.

Al comparar los pozos convencionales y los perforados de diámetro reducido (*slim hole*) se constataron los siguientes puntos:

- El tiempo de perforación de los *slim hole* hasta la profundidad final resultó ser muy cercano y, en algunos casos, mayor que en los perforados convencionalmente.
- Los costos fueron similares a los de pozos perforados y entubados con trépanos y *casing* estándar.

En ese sentido, consideramos que los objetivos propuestos en esta primera instancia no fueron alcanzados, por lo que es necesario solucionar la relación costo-rentabilidad.

Tras analizar los problemas presentados anteriormente, proponemos diversas soluciones para los problemas observados en la primera campaña. Además, desarrollamos un plan para alcanzar estos objetivos.

En cuanto a las soluciones, sugerimos mejorar la hidráulica (caudal y boquillas); modificar parámetros de perforación (peso sobre el trépano, rpm) y variar las propiedades del lodo (mejor inhibición, reología y filtrado).

En tanto, el empleo de cañerías de resina epoxi reforzada con fibra de vidrio (EFRV) en pozos inyectoros ha permitido ajustar costos de los pozos. Es una alternativa para evitar problemas de corrosión observados por manipular agua salada en *casing* de acero. Aunque las cañerías de EFRV se anclan por la flotabilidad y por esta razón no se maniobra en el momento de cementar, las cementaciones y las aislaciones obtenidas han sido excelentes. No se han observado problemas de logística u operativos de importancia. El servicio de enrosque lo provee la fábrica proveedora de los *casing* de EFRV. El desafío actual es evaluar el

empleo de *casing* plástico para la cañería de superficie.

Con el objetivo de bajar los tiempos y por lo tanto el costo asociado a los equipos de terminación y reparación de pozos (WO), se ha implementado el uso de sistemas sin equipo (*rigless*) para realizar perfiles y punzados, previamente a que el equipo de WO llegue a la locación. Otra ventaja de gran importancia es que el equipo *rigless* trabaja sólo con luz del día, por lo que hace más seguras operaciones riesgosas, como realizar el punzamiento.

Nueva técnica de perforación con equipos hidráulicos: EMEKA

Por **Marco Segura** - American Augers Inc

En 2006, American Augers registró la marca American Directional Drill, destinada a la provisión de equipos de perforación para las industrias extractivas de gas y petróleo. En aquella oportunidad se presentó el equipo de perforación VR 500, cuya gran ventaja se pone en evidencia en los pozos de yacimientos con capas productivas a escasa profundidad de la boca de pozo (semejantes a la zona 1 del gráfico), ya que el equipo aplica peso sobre el trépano empujando el sondeo hacia abajo por medio de un sistema de piñón y cremallera, mejor que el tradicional de gravedad.

A diferencia de los equipos perforadores tradicionales, el VR no requiere de cuadro de maniobras, ni de mesa *rotary*, ni del vástago de impulso para rotar el sondeo.

Tampoco utiliza aparejo accionado por cable ni cadenas para acelerar el enrosque y desenrosque de las barras de sondeo ni llaves mecánicas o manuales para facilitar las conexiones del sondeo. No precisa de carretel para levantar las barras de sondeo y otros objetos de la planchada, no tiene elevadores manuales para manipular las barras, ni tiene vaina para agregar trozo ni utiliza portamechas.

Esta herramienta implica de dos a tres trabajadores por turno. Brinda una operación rápida en perforaciones a poca profundidad y velocidad de perforación de hoyos direccionales comprobada en campo.

En cuanto a sus características, el motor superior de impulso (*top drive*) posee un sistema de desplazamiento

vertical de cremallera y piñón, motores de alto torque y baja velocidad, engranajes de acero aleado 4340 templado, elevador de sondeo de baja fricción, alta duración y operación silenciosa.

El sistema de manipulación del sondeo consiste en un dispositivo para subir y bajar las barras por medio de cilindros hidráulicos, brazos y mordazas de sujeción que giran 180°. Además, un mecanismo flotante asegura la movilidad y una alineación confiable de las barras. Los controles son accionados desde la cabina del perforador a través de sistemas hidráulicos y eléctricos. El soporte de las barras puede ser ubicado para operar en cualquier lado del sistema de manejo del sondeo.

La torre de perforación y grúa a la vez (*derrick and crane*) tienen, para mayor seguridad, dos cilindros elevadores telescópicos hidráulicos dobles, que están montados en la parte posterior para fines de elevación y estabilización de la torre de perforación.

Un puntal construido de acero está fijo entre la parte posterior de la torre y el *trailer*. Este arreglo otorga seguridad y apoyo a la parte trasera de la estructura.

El control de dirección oscilante (*wiggle steer*) proporciona, al operador de la VR 500, los medios para girar el tubo de perforación y la cabeza de corte de atrás hacia adelante, dentro de un espacio determinado.

Este movimiento de atrás hacia adelante causa que el pozo perforado por el trépano sea orientado en una dirección en particular y, por lo tanto, facilite orientar el sondeo en esa dirección.

El sistema de control de dirección oscilante gira el sondeo en el sentido de las agujas del reloj (a la derecha) mientras empuja hacia adelante. Después gira el sondeo en sentido contrario (a la izquierda), pero no efectúa un empuje en dicha dirección. Con este método se reduce el torque necesario para el desenrosque y se evita que se produzca un eventual desenrosque no deseado de alguna unión y el sondeo caiga al pozo.

Finalmente, el sistema de control direccional registra los pulsos de los sensores de RPM del engranaje de medición y los cuales se compilan en el medidor de RPM. Después, el

medidor envía una señal a las palancas de control de carro y de rotación, para controlar la dirección de los circuitos de control del carro y de rotación. La velocidad de rotación y empuje del control de dirección oscilante están controladas por las palancas de control de carro y de rotación. ■

Para ver las presentaciones completas:
<http://www.iapg.org.ar/sectores/eventos/eventos/listados/perfopresentaciones.htm>