

Carretes de grandes dimensiones en la localización del pozo

Matt Varhaug
Editor senior



Para las operaciones de perforación, terminación o mantenimiento de pozos no siempre se requieren equipos de perforación o de remediación, que son íconos del campo petrolero. Cada vez con más frecuencia, la unidad de tubería flexible se utiliza para muchas operaciones de intervención de pozos y en ciertas aplicaciones de perforación. Por *tubería flexible* (TF) se entiende una sección continua de tubería de acero de pequeño diámetro y el equipo de superficie relacionado, además de las técnicas de perforación, terminación, *reparación* o remediación, asociadas. La tecnología de tubería flexible para uso petrolero fue desarrollada inicialmente para trabajar en pozos productores activos. Más recientemente, esta tecnología logró mayor aceptación entre los operadores para una gama en expansión de aplicaciones de remediación y perforación, y por su capacidad para reducir los costos generales. La tendencia hacia la perforación de pozos de alcance extendido favorece la TF por su capacidad para perforar pozos de alto ángulo u operar herramientas y equipos en esos pozos.

En el centro de cualquier operación de superficie con TF se encuentra una *unidad de tubería flexible* (CTU), cuyo rasgo más prominente es un carrete en el cual se enrosca una sección continua de tubería de acero flexible. Para desplegar la tubería en el fondo del pozo, el operador de TF la desenrolla del carrete y la hace pasar a través de un tubo con forma de cuello de ganso, que dirige la TF hacia abajo en dirección hacia el cabezal del inyector, donde se endereza justo antes de ingresar en el pozo. Al final de la operación, la tubería flexible se extrae del pozo y se vuelve a enrollar en el carrete. En el núcleo del carrete de almacenamiento, una unión giratoria de alta presión posibilita el bombeo de los fluidos de tratamiento a través de la tubería mientras el carrete gira para enrollar y desenrollar la tubería.

Desde la cabina de control de la CTU, el operador de TF controla el cabezal del inyector, accionado hidráulicamente, para regular el movimiento y la profundidad de la sarta de TF. Un arreglo de *limpiadores de tubería*, colocado por debajo del cabezal del inyector, proporciona un sello dinámico alrededor de la sarta de producción, que es clave para bajar y extraer la TF de los pozos activos. Un arreglo de preventores de reventón (BOP), colocado entre los limpiadores y el cabezal del pozo, provee las funciones de control de presión secundarias y de emergencia. Todo el proceso es monitoreado y coordinado desde la cabina de control de la CTU.

La TF normalmente posee un diámetro de 0,75 a 4,5 pulgadas, si bien el diámetro más común es de 2 pulgadas, y su longitud puede oscilar entre 600 y 9 000 m [2 000 y más de 30 000 pies]. La tubería conforma una sección continua, lo que permite obviar la conexión o desconexión entre las uniones. Y esto posibilita la circulación continua durante los viajes de entrada y salida del pozo.

Una amplia gama de aplicaciones

La tecnología de tubería flexible se utiliza con frecuencia para desplegar herramientas y materiales a través de la tubería de producción o la tubería de revestimiento durante la ejecución de operaciones de remediación en los pozos productores. La tubería flexible satisface tres requisitos clave de las operaciones de fondo de pozo en pozos activos: proporciona un sello dinámico entre la presión de formación y la superficie, un conducto continuo para la transmisión del fluido y un método para introducir y recuperar este conducto en un pozo presurizado.

La resistencia y rigidez de la tubería flexible, combinadas con su capacidad para hacer circular los fluidos de tratamiento, ofrecen ventajas claras respecto de las técnicas con cable en las operaciones de remediación. Además de las operaciones de perforación y terminación de pozos, las compañías de petróleo y gas están utilizando TF para ayudar a recuperar equipos perdidos y para operar las herramientas de adquisición de registros (perfilaje). También se ha utilizado tubería flexible para introducir o extraer equipos en pozos altamente desviados u horizontales a través de restricciones o para empujar obstrucciones presentes más allá de una zona de interés. El perfilaje de pozos se lleva a cabo habitualmente con herramientas que almacenan datos en su memoria; sin embargo, algunas operaciones de perfilaje utilizan un cable opcional para proporcionar la energía en la superficie y las lecturas cuando se bajan herramientas en el fondo del pozo con tubería flexible. Los operadores también emplean tubería flexible para bajar y colocar tapones puente y empacadores mecánicos, hidráulicos o inflables, en aplicaciones de aislamiento por zonas.

Traducción del artículo publicado en *Oilfield Review* Verano de 2014: 26, no. 2.

Copyright © 2014 Schlumberger.

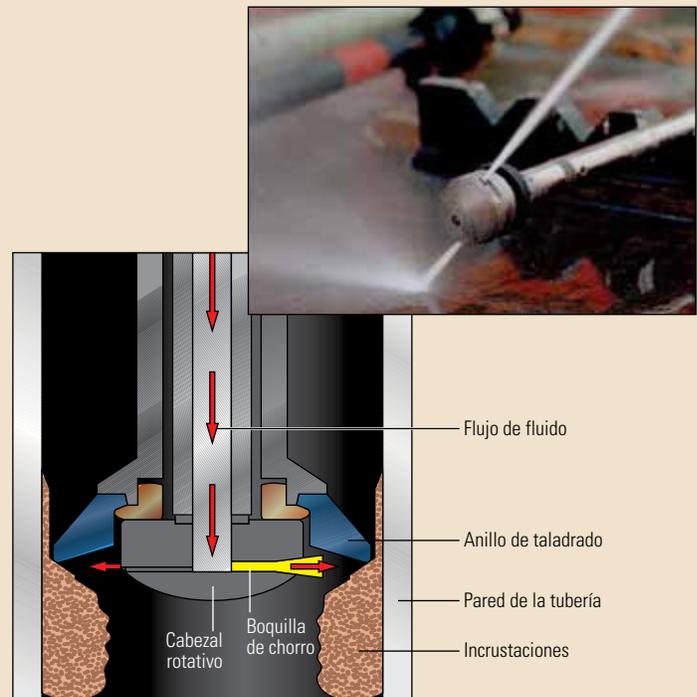
Por su colaboración en la preparación de este artículo, se agradece a Rich Christie, Sugar Land, Texas, EUA.

Una de las aplicaciones más comunes de la TF es la limpieza y la remoción de los materiales de relleno que restringen el flujo a través de la tubería de producción o la tubería de revestimiento (derecha). El material de relleno puede impedir la producción mediante la obstrucción del flujo de petróleo o gas. Además, puede impedir la apertura o el cierre de los dispositivos de control de fondo de pozo, tales como las camisas y las válvulas. Las fuentes comunes de relleno son la arena o el material fino producido desde el yacimiento, los materiales apuntalantes utilizados durante las operaciones de fracturamiento hidráulico, los escombros provenientes de las operaciones de remediación y los depósitos de incrustaciones orgánicas. Normalmente, la remoción del material de relleno consiste en hacer circular un fluido de limpieza, tal como agua o salmuera, a través de una boquilla de chorro bajada en el extremo de la TF. Los fluidos de circulación transportan los residuos de regreso a la superficie a través del espacio anular existente entre la sarta de TF y la tubería de terminación.

La tecnología de TF también se extiende a las operaciones de *disparos*: la perforación de orificios a través de la tubería de revestimiento para iniciar la producción de un pozo. En muchos casos, las pistolas o cañones de disparos se bajan en los pozos con cable. No obstante, dado que las herramientas operadas con cable dependen de la fuerza de gravedad para alcanzar la zona objetivo, este método puede no resultar posible para alcanzar la profundidad del objetivo en pozos horizontales o altamente desviados. Una alternativa consiste en bajar las pistolas en los pozos, conectadas al extremo de la TF, lo que se traduce en sartsas de pistolas sustancialmente más largas y despliegues en pozos con mayor ángulo de desviación que los que son posibles con cable. Estas operaciones pueden ser ejecutadas incluso con la tubería en su lugar.

La capacidad para hacer circular o inyectar fluidos hace que la TF resulte especialmente adecuada para el inicio de la producción de un pozo. Cuando los fluidos de perforación o remediación ejercen presiones hidrostáticas que exceden la presión de formación, se impide que los fluidos de yacimiento ingresen en el pozo. El bombeo de gas nitrógeno a través de la sarta de TF y hacia el interior de la columna de fluido constituye un método común de inicio de la producción del pozo mediante la reducción de la presión hidrostática dentro del mismo. La sarta de TF se baja hasta la profundidad del objetivo y se bombea nitrógeno a través de la sarta para reducir la densidad de la columna hidrostática. Una vez que la presión hidrostática de la columna de fluido cae por debajo de la presión de yacimiento, el pozo puede comenzar a producir.

Los operadores a menudo utilizan la tubería flexible como conducto para el emplazamiento preciso del cemento en el fondo del pozo. El cemento se utiliza para sellar los disparos o las fugas existentes en la tubería de revestimiento, para el aislamiento zonal primario o secundario, y para colocar tapones de cemento en las operaciones de arranque o de abandono de pozo. La técnica de inyección forzada de cemento permite que el operador tapone las fugas de la tubería de revestimiento o los disparos existentes mediante el bombeo a presión de una lechada de cemento en el interior de estas aberturas. El cemento rellena las aberturas existentes entre la formación y la tubería de revestimiento, formando un sello. La colocación de un tapón de cemento implica hacer circular la



^ Remoción mecánica de incrustaciones. Para eliminar la acumulación de incrustaciones de un pozo productor, se puede utilizar una herramienta de chorro. Este tipo de herramienta consta de un cabezal rotativo con boquillas opuestas, desplazadas tangencialmente, y un anillo de taladrado. La acción de erosión por chorro de las boquillas remueve las incrustaciones de las paredes de los tubulares, mientras que el anillo de taladrado permite que la herramienta avance sólo después de limpiar el diámetro interno del tubular. Para remover las incrustaciones blandas se bombean fluidos no abrasivos a través de las boquillas y para remover incrustaciones duras se utilizan perlas abrasivas. Cuando los tubulares se obstruyen completamente, se utilizan herramientas de limpieza por chorro abrasivo junto con un cabezal de fresado motorizado.

lechada de cemento para colocarla en su posición utilizando TF, y luego extraer la sarta de TF hasta un punto situado por encima del tope del cemento. Si es necesario, se aplica una leve presión de inyección forzada para desplazar con una lechada de cola cualquier resto de cemento que quede en la tubería. Luego la TF se extrae del pozo.

Los programas de tratamiento a menudo utilizan TF para transportar los fluidos de estimulación que incrementan la producción mediante la restitución o el mejoramiento de la permeabilidad de un yacimiento. En un tratamiento matricial, los fluidos son bombeados en un yacimiento a una presión mayor que la presión de yacimiento pero inferior al umbral de fracturamiento de la formación. Esta técnica empuja los fluidos a través de los espacios porosos de la formación sin iniciar una fractura. Una operación similar, la acidificación de fracturas, bombea los fluidos a una presión que inicia las fracturas de manera intencional.

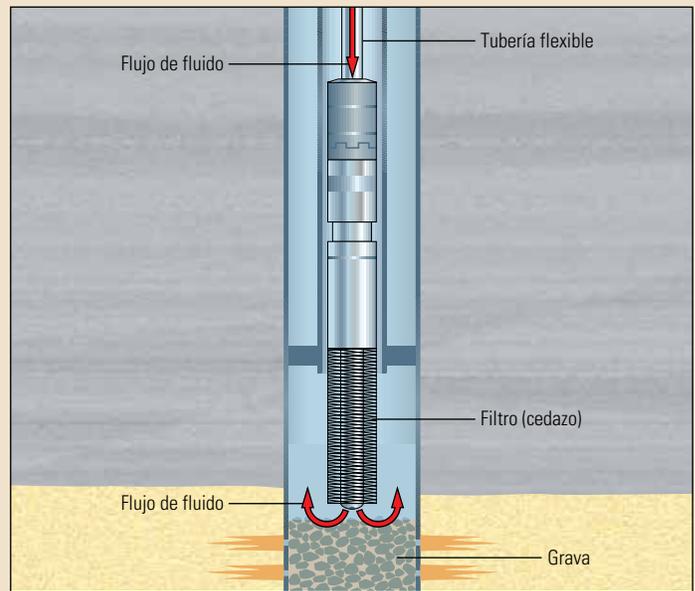
La TF facilita la instalación de la tubería de producción y el equipo de terminación de pozos asociado. En ciertos pozos, una sarta o sección de TF puede permanecer en el pozo como parte permanente de la terminación. Las terminaciones con TF a menudo constituyen un método de bajo costo para prolongar la vida productiva de los pozos antiguos. Las instalaciones típicas incluyen sargas de velocidad, remiendos de la tubería de producción y tratamientos de empaque de grava efectuados a través de la tubería de producción (GP).

Por ejemplo, en ciertos pozos, los operadores optan por instalar la TF en forma permanente como *sarta de velocidad* dentro de la tubería de producción existente. En esta aplicación, la TF reduce la sección transversal del flujo de la tubería de producción, proveyendo una velocidad de flujo más alta para una tasa de producción dada, y permite que los fluidos sean removidos del pozo en forma más eficiente.

La TF puede servir como medio de transporte y como medio para remendar los tubulares de producción. Se puede efectuar un *remiendo con TF* en una terminación a fin de proveer protección frente al daño mecánico o la erosión de la tubería, para aislar una camisa de deslizamiento en forma permanente, o para aislar los disparos. Los empacadores colocados en la parte superior y en la parte inferior del remiendo lo mantienen en su posición y proveen el sello entre la terminación existente y la sarta de TF.

La TF también se utiliza en los programas de terminación de pozos para transportar las herramientas, los fluidos y los materiales de fondo de pozo. Con frecuencia, los pozos perforados a través de arenas no consolidadas requieren el filtro de tela metálica de un GP para prevenir la producción de arena. Las instalaciones GP comunes involucran un procedimiento de lavado. Primero, se baja la sarta de TF hasta la profundidad del GP. Luego, se bombea grava a través de la TF. Posteriormente, la sarta de TF se extrae y se lleva a la superficie, y se conecta un arreglo de filtro GP. A medida que el filtro cilíndrico se baja hasta alcanzar el tope de la grava, se bombea fluido a través de la TF para agitar la grava y permitir que el filtro se posicione en su lugar de manera transversal a los disparos (*arriba, a la derecha*). Luego, la sarta de TF se recupera y se lleva a la superficie. El GP mantiene la arena en su lugar, permitiendo que los fluidos de formación fluyan a través de la misma. En caso de que la producción de arena comenzara en una etapa posterior de la vida productiva de un pozo sin GP, la TF ofrece una alternativa para instalar una *terminación GP a través de la tubería de producción*, en la que los filtros GP se instalan a través de la tubería de producción existente sin remover el arreglo (o aparejo) de terminación original.

La tecnología de TF se ha expandido para incluir operaciones de perforación y otras actividades asociadas en agujero descubierto. La perforación con tubería flexible (CTD) admite una diversidad de aplicaciones, incluidos pozos direccionales y no direccionales. La CTD se lleva a cabo con un motor de fondo y, en comparación con las aplicaciones de perforación convencionales, utiliza velocidades más altas de la barrena de perforación y menos peso sobre la barrena. En los pozos direccionales, se requiere un arreglo



^ Limpieza de un empaque de grava. Cuando el filtro del empaque de grava se baja hacia el tope de la grava, las bombas de superficie se activan. La velocidad de bombeo es suficiente para fluidificar la grava sin hacer que circule nuevamente hacia el interior de la tubería de producción. Mientras las bombas se encuentran activas, la TF se baja lentamente hacia la grava hasta que el filtro alcanza su profundidad de colocación. A través de la sarta de TF se bombea una esfera para liberar el filtro y luego la sarta de TF se extrae y se lleva nuevamente a la superficie.

direccional para dirigir la trayectoria del pozo. La CTD se utiliza tanto en aplicaciones de perforación en condiciones de sobrebalance como en condiciones de bajo balance.

Ventajas significativas

Las técnicas y equipos de TF presentan diversas ventajas con respecto a los utilizados en las operaciones convencionales de perforación y remediación. Entre estas ventajas se encuentran la rapidez de la movilización y el montaje, la necesidad de menos personal, la huella ambiental más pequeña y las reducciones del tiempo asociado con la manipulación de la tubería durante los viajes de entrada y salida del pozo. Estas capacidades son particularmente importantes en los pozos profundos o de alto ángulo. La tubería flexible puede ayudar al operador a evitar el riesgo de daño de formación inherente al ahogo de un pozo (matar un pozo) ya que permite la circulación continua durante las operaciones de intervención. Estas ventajas generan ahorros de costos significativos con respecto a las técnicas de perforación o remediación convencionales.