

Surgencia durante las maniobras

Por **Juan Carlos Manzur**

En control de surgencias hay una premisa que no admite contradicciones: lo importante es la seguridad, la única forma de ponerse a resguardo de todos los riesgos; tanto durante la maniobra como al perforar, lo más conveniente es cerrar el pozo en cuanto se detecte la surgencia. Así lo explica en este artículo técnico, Juan Carlos Manzur, director de la Escuela Argentina de Control de Surgencias, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo.

Un gran porcentaje de descontrol de pozos petroleros se produce durante las maniobras de sacado de herramienta tanto en perforación como en *workover*, y las estadísticas nos dicen que esta situación se mantiene a pesar de que el entrenamiento en control de surgencias es cada vez más intenso y continuado.

Hay varios factores que convergen para que esto ocurra.

Enunciaremos los principales y más comunes:

1. No usar el tanque de maniobra (*trip-tank*) en forma continua. Aún hay equipos que no poseen tanque de maniobra y muchos que lo tienen lo usan en forma intermitente.
2. Descuido en el sacado de herramienta. Aún mucha gente piensa que el pistoneo durante la sacada de herramienta se produce solamente en el fondo del pozo y por

lo tanto cuida de sacar a velocidades moderadas cuando comienza la maniobra y luego aceleran la tarea. A esto se le suma que muchas veces el lodo tiene un alto contenido de sólidos (alta viscosidad) y no se acondiciona adecuadamente para sacar por razones económicas.

3. Si el pozo para llenarse, utilizando el tanque de maniobra, toma menos lodo que el que corresponde pero no hay flujo, continúan con la maniobra de sacado.
4. Cuando el pozo surge, se suele optar por alguno de los siguientes procedimientos:
 - a. De inmediato comenzar a bajar la herramienta para llevarla al fondo, o a lo más profundo posible ("tanto como la seguridad y el tiempo lo permitan").
 - b.I. Si la surgencia es suave bajan la herramienta a pozo abierto para buscar el fondo.



b.II. Si la surgencia es fuerte cierran el pozo.

c. Cierran el pozo, colocan el vástago y circulan inmediatamente para normalizar lo más rápido posible con un lodo de mayor densidad para aumentar la presión hidrostática de forma que el pozo quede ahogado para luego ir al fondo a circularlo y comenzar la maniobra nuevamente.

Estas acciones muchas veces dan resultados aceptables pero, otras, traen consecuencias muy lamentables (pérdida de vidas, pozos, equipos, daños ecológicos, etc.). En nuestra zona de trabajo hay varios antecedentes importantes de este tipo. Seguidamente vamos a analizar las surgencias de pozos durante las maniobras y proponer procedimientos más seguros.

Para que se produzca una surgencia tiene que existir una presión diferencial a favor de la formación (presión de formación mayor que la presión del lodo de pozo frente a la misma). Cuando se inicia una maniobra de sacado de herramienta (salvo casos muy especiales) la presión hidrostática del lodo es superior a la presión de formación y dado que no se expone ninguna formación nueva (perforando ocurre permanentemente), manteniendo el pozo lleno de lodo y no pistoneando, no hay posibilidades de surgencia, por lo tanto si ella se produce es porque se ha llenado indebidamente el pozo, se ha pistoneado o bien ambas cosas.

Si se utiliza el tanque de maniobra todo el tiempo, es posible detectar cuando poca cantidad de fluido de formación se ha introducido en el pozo, ya que se observa que el pozo, para llenarse, toma menos lodo del que le corresponde. Si en ese momento hacemos un control de flujo (*flow check*) puede suceder que haya o no flujo. Si:

1. No hay flujo: es conveniente (si no hay una válvula flotadora en el sondeo) poner una válvula de circulación (*inside BOP* o *drop In*) y regresar al fondo haciendo controles de flujo periódicamente, ya que si el pozo comienza a surgir se debe cerrar. Si se llega al fondo del pozo se habilita el manifold de surgencia, se cierra la BOP y se circula a través del separador atmosférico para sacar el fluido que se introdujo al pozo, para luego iniciar la maniobra de sacado corrigiendo lo que se hizo mal y que permitió que entrara el fluido extraño.

No realizar esta maniobra, es decir que si el pozo toma menos lodo para llenarse que el que corresponde y no hay

flujo, y se sigue sacando, trae aparejado el riesgo de que si es gas lo que entró (por pistoneo) comienza a migrar inmediatamente y dado que cada vez tiene menos presión hidrostática encima se va expandiendo, al principio imperceptiblemente. Si recordamos que la expansión del gas responde a una función hiperbólica: $P \times V = \text{CONSTANTE}$. Donde P = presión del gas y V = volumen del gas (figura 1).

Por lo tanto durante un tiempo (mientras migra y la presión va bajando en el tramo que hemos marcado como zona A en la figura 1) la expansión es muy pequeña y difícil de percibir en el tanque de maniobra si se está sacando herramienta, pero luego la expansión es violenta con una pérdida grande de presión hidrostática en el pozo, lo que provoca la entrada de nuevo gas de formación (ya no por pistoneo sino por falta de presión hidrostática) y se tendrá así una surgencia que puede terminar en un descontrol.

2. Hay flujo: ahora analicemos cuando el control de flujo indica que hay una surgencia:

En primer lugar vamos a hablar sobre la operación tan común de bajar herramienta a pozo abierto para llevarla al fondo tanto como la seguridad y el tiempo lo permita. En esto los riesgos que se corren son enormes ya que la indicación de "tanto como la seguridad y el tiempo lo permitan" es extremadamente ambigua y subjetiva por lo que prácticamente se lo deja al arbitrio del personal que está en ese momento en el pozo (la seguridad no se puede medir y ¿qué significa el tiempo?) Se debe tener en cuenta que si el pozo comenzó a surgir es porque existe una presión diferencial a favor de la formación que se incrementará rápidamente mientras se tenga el pozo abierto pudiendo terminar en un descontrol (*blow out*).

De la Ley de Darcy puede demostrarse que el flujo de gas hacia el pozo responde a la siguiente ecuación:

$$Q = 0,007 \times m_d \times \Delta P \times L \times \mu \times l_n \times (R_e - R_w) \times 1440$$

Donde:

Q = caudal de gas, barriles por minuto

M_d = permeabilidad, *milidarcy*

ΔP = presión diferencial a favor de la formación, psi

L = longitud de sección abierta de drenaje del pozo, pie

μ = viscosidad del gas ingresante, centipoise

R_e = radio de drenaje, pie

R_w = radio de pozo, pie

Como se puede apreciar, si se produce la surgencia en un pozo del que se esté sacando herramienta, su caudal dependerá exclusivamente de ΔP (presión diferencial que se irá incrementando) y el volumen del tiempo que se demore en cerrar el pozo. Por lo tanto este criterio (bajar a pozo abierto hasta el fondo) es altamente peligroso y debería ser descartado.

Veamos ahora el criterio expresado en 4.b.1 y 4.b.2 "si el pozo surge muy suavemente, baje la columna perforadora lo más cerca posible del fondo, tanto como la seguridad lo permita" y "si el pozo surge con fuerza ciérralo". (Estos criterios: 4a, 4b.1 y 4b.2 fueron analizados en un artículo que se publicó en *Petrotecnia* en octubre de 1998, pp. 66 y 67).

Teniendo en cuenta que el caudal de surgencia es proporcional al diferencial de presión entre la formación y el

pozo, cuando se comienza una maniobra esa presión diferencial generalmente es negativa (mayor presión hidrostática en el pozo que la presión de formación), por lo tanto cuando pase de negativa a positiva siempre va a ser pequeña al principio para ir creciendo y llegar a ser grande. Por lo tanto una misma surgencia puede ser muy suave o fuerte acorde al momento en que se detecte y así puede ocurrir que una surgencia sea muy suave sin llegar a ser fuerte, pero es difícil (salvo cuando al bajar la herramienta se fractura una formación y se pierde rápidamente la presión hidrostática de lodo) que una surgencia se manifieste como fuerte sin antes haber sido suave.

En estas condiciones puede ocurrir que una cuadrilla eficiente detecte una surgencia muy suave durante la maniobra y siguiendo este criterio comience a bajar herramienta en pozo abierto sometiéndose al poco tiempo a una surgencia “fuerte” con todos los riesgos que ello implica. En este caso se ha “castigado” a la cuadrilla por haber detectado la surgencia en sus comienzos ya que si la detección hubiese sido tiempo después, cuando la surgencia no es “muy suave”, siguiendo el criterio establecido se hubiese cerrado el pozo. Como se ve este criterio mantiene un alto grado de inseguridad.

Analícemos ahora el criterio expresado en 4c “cerrar el pozo, colocar vástago y circular inmediatamente para normalizar lo más rápido posible” con un lodo la densidad mayor para ahogar el pozo para luego ir al fondo a pozo abierto a circularlo y comenzar la maniobra nuevamente.

Esta operación no reviste mayor peligro si el fluido que entró al pozo es líquido o líquido con poco gas, pero si el fluido es gas y el volumen no es pequeño se está expuesto a lo que expresamos en el punto I ya que el gas empezará a migrar expandiéndose acorde a la presión hidrostática que tenga encima y como se dijo, podríamos tener una surgencia que resulte en un descontrol.

Por lo expuesto anteriormente podemos concluir que: el concepto fundamental en control de surgencias es **pronta detección y rápido cierre**, válido tanto en maniobra como perforando. Pero también actuar luego adecuadamente. Por ello veremos ahora que es conveniente hacer cuando el control de flujo nos indica que hay una surgencia.

Cerrar el pozo y diagnosticar

Si el pozo levanta presión entonces lo recomendable es no hacer nada (evitar esa costumbre de “circular rápido para normalizar”) hasta que se verifique si hay o no gas migrando, pues de ello dependen los pasos siguientes para ahogar el pozo.

- Si la presión de cierre se mantiene constante con el tiempo entonces se tiene la certeza de que no hay gas migrando y eso permite ahogar el pozo por etapas (circularlo con el sondeo donde está con una densidad que permita eliminar el faltante de presión hidrostática que tiene el pozo para equilibrar la presión de formación, es decir calcular la densidad de ahogue tomando la profundidad del sondeo). La circulación se deberá hacer como la segunda circulación del Método del Perforador (es decir que se mantiene la presión de casing constante mientras el lodo de ahogue va bajando por el sondeo hasta que alcance la punta del mismo y comience a fluir por el espacio anular, desde ese momento se mantiene constante

la presión por directa en lo que sería presión final de circulación), hasta que retorne en superficie el lodo densificado (de ahogue).

Una vez ahogado el pozo se puede ir profundizando la herramienta y periódicamente circular con un lodo de densidad decreciente (se calcula el valor con la profundidad vertical de donde se hace la circulación) hasta llegar al fondo del pozo.

Si cuando se va a hacer la primera circulación resulta una densidad demasiado elevada porque la profundidad del sondeo en el pozo es pequeña entonces conviene hacer stripping hasta tener la punta del sondeo en una profundidad que dé una densidad de ahogue posible de obtener en el pozo.

- Si la presión se estabiliza y luego sube gradualmente, esto indica que hay gas migrando. En este caso el ahogue por etapas es riesgoso por cuanto si se ahoga y luego se comienza a bajar, el gas que seguirá migrando y expandiéndose al principio en forma imperceptible durante un tiempo (zona A, figura 1) pero, dependiendo del volumen del gas y la velocidad de migración, puede pasar a ser violenta con la consiguiente pérdida de presión hidrostática en el pozo y puede terminar en un descontrol y sus consabidas consecuencias. Por lo tanto no es conveniente practicar este método. Lo recomendable, por seguridad, es:

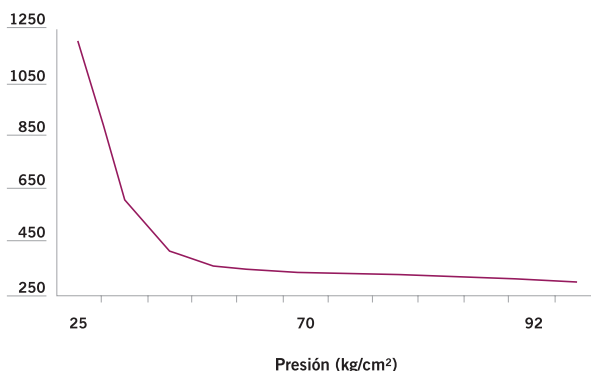


Figura 1

- Hacer método volumétrico hasta que el gas esté por encima de la punta del sondeo y desde ese momento circularlo con el lodo original sin permitir que entre una nueva surgencia (primera circulación del método del perforador) para sacar el gas. Verificar que no quede gas en el pozo (presión en superficie constante con el tiempo), si así no fuese volver a circular con el lodo original hasta estar seguro de que no hay más gas en el pozo, en ese momento ya se puede densificar y ahogar por etapas.
- Hacer *stripping* con control volumétrico hasta tener la herramienta dentro del gas y entonces proceder a sacarlo por circulación como en el punto anterior para luego ahogar por etapas. Ambos caminos son válidos pero el que se indica en el punto 1 es quizás más simple y sujeto a menos errores por lo que es más utilizado.

Conclusión

Como en control de surgencias lo importante es la seguridad, la única forma de ponerse a resguardo de todos los riesgos, también durante la maniobra al igual que perforando lo más conveniente es **cerrar el pozo en cuanto se detecte la surgencia**.

Después, realizando un diagnóstico lo más preciso que se pueda, surgirá la decisión de:

- Ahogar el pozo por etapas.
- Hacer *stripping* y luego ahogue por etapas.
- Hacer *stripping* con control volumétrico para luego sacar el gas y ahogar el pozo.
- Hacer método volumétrico, sacar el gas y luego ahogar por etapas.
- Otro tipo de control de surgencia.

Por último es conveniente recordar que en las surgencias de gas es sumamente importante considerar el volumen de la misma, tanto al perforar como durante las maniobras de sacado y bajado de herramienta, ya que de él dependen tanto la presión que levanta el casing en el cierre del pozo como la máxima presión que se tendrá en superficie cuando se lo saque del pozo (por circulación o por método volumétrico). Dado que solamente

después de cerrado un pozo y viendo el comportamiento de las presiones en superficie sabremos si una surgencia es líquida, gaseosa o mixta la premisa debe ser: **pronta detección, rápido cierre y accionar adecuado.** ■

Juan Carlos Manzur es ingeniero en Petróleo. Posee treinta años de experiencia en perforación, terminación y work over en la argentina y Venezuela. Es docente universitario y miembro de varias entidades profesionales técnicas. En la actualidad se desempeña como gerente e instructor de la Escuela Argentina de Control de Surgencia con acreditación IADC (International Association of Drilling Contractors), que opera en la Argentina desde 1996, donde se han dictado cursos a más de dos mil personas. Ha dictado cursos especiales y conferencias, también ha dirigido work shop y publicado artículos sobre control de pozos.