

Movimientos vibratorios negativos que afectan la perforación

Por **Ing. Gabino Velasco***

Este trabajo trata sobre el movimiento vibratorio de torsión, el “stick and slip”, caracterizado por una sucesión de períodos con una fase de pegamiento donde el conjunto de fondo se frena por un intervalo de tiempo finito, al cual lo sigue una fase de deslizamiento.

Durante el proceso de perforación rotativa se generan diferentes tipos de movimientos vibratorios: laterales, verticales y de torsión, que introducen interferencias destructivas en la operación de la columna perforadora, y reducen la eficiencia de la perforación. Esta nota se concentrará en la versión más difundida del movimiento vibratorio de torsión: el así llamado “stick and slip” (pegamiento y despegue), que está caracterizado por una sucesión de períodos con una fase de pegamiento donde el conjunto de fondo (BHA) se frena por un intervalo de tiempo finito, al cual lo sigue una fase de deslizamiento donde la velocidad angular se incrementa al doble o el triple de la velocidad de pegamiento. Esta oscilación puede durar unos pocos segundos, o extenderse por más tiempo.

La herramienta de corte utilizada en la perforación de pozos es el trépa-

no, el cual es hecho girar en el fondo del pozo por la mesa *rotary* o una cabeza motriz denominada Top Drive; dicha rotación es transmitida al trépano por una columna perforadora muy esbelta de varios miles de metros de longitud, compuesta por barras de sondeo unidas entre sí por medio de conexiones roscadas y provistas en su extremo inferior del conjunto de fondo o BHA, conformado principalmente por barras extra-pesadas llamadas “Heavy Weight”, portamechas, estabilizadores y el trépano .

El extremo inferior de la columna perforadora descansa sobre el trépano y este, a su vez, sobre la roca, mientras que el peso de la parte superior de la columna está suspendido del aparejo del equipo de perforación, quedando así la parte más esbelta solicitada a la tracción mientras que el conjunto de fondo BHA está parcialmente en compresión (figura 2).

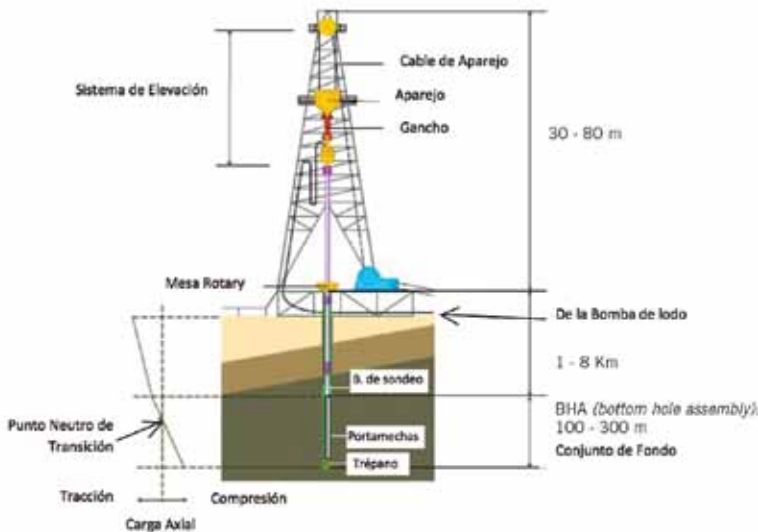


Figura 1. Equipo de perforación.

El BHA, o conjunto de fondo, cuya longitud generalmente no excede los 300 m., está compuesto además del trépano por portamechas (barras con mayor espesor de pared, razón por lo cual pesan más por unidad de longitud que las barras de sondeo), cuya finalidad es la de suministrar al trépano el peso que necesita para perforar la roca, y cuenta además con estabilizadores para mantener en posición a los portamechas y barras de sondeo extra pesadas (*heavy weight*), que van localizadas en la zona de transición entre los componentes de la columna solicitados a la tracción y los que lo harán a la compresión.

Completa el sistema de perforación el lodo o inyección, un fluido barroso que es bombeado por el interior de la columna, hasta alcanzar el trépano, y después de atravesar sus boquillas vuelve a la superficie circulando por el espacio anular entre el

sondeo y el pozo. Sus funciones más importantes son el transporte hasta la superficie de los recortes de roca producidos por el trépano y la lubricación del proceso de perforación.

Las barras de sondeo evitan el pandeo porque se encuentran solicitadas a la tracción. De cualquier forma, la rigidez torsional de la sección de las barras es muy pequeña debido a su longitud y el poco espesor de pared de las mismas. El conjunto de fondo BHA tiene mayor rigidez torsional porque es relativamente corto, y tiene paredes más gruesas pero experimentan pandeo debido a que está sometido a un esfuerzo de compresión. Los portamechas son mantenidos en posición por varios estabilizadores que son sustitutos roscados cortos, cuyo diámetro exterior es levemente inferior al del trépano.

El torque originado por el trabajo del trépano en el fondo del pozo más el rozamiento contra las paredes del pozo causado por el pandeo de los portamechas que componen el conjunto de fondo (BHA), inducen al sondeo a actuar como un péndulo de torsión generando vibraciones (*stick slip*) de "pegue y despegue", debido a la flexibilidad de las barras de sondeo, que actúan como resorte de torsión. Estas vibraciones dañan la columna perforadora y reducen el régimen de penetración (ROP) del equipo.

La complicada conducta de la columna perforadora debido al fenómeno de oscilación por relajación "stick slip", comúnmente llamado "pegue y despegue" (adherencia seguida de deslizamiento), se produce cuando

el coeficiente estático de rozamiento entre dos superficies es mayor que el coeficiente dinámico de rozamiento. Si se aplica una fuerza lo suficientemente grande para superar el rozamiento estático, se producirá una aceleración al pasar las dos superficies a rozamiento dinámico, lo cual causará un salto repentino en la velocidad de rotación. Este fenómeno se ha convertido en un elemento de riesgo importante en los programas de los pozos, especialmente con la difusión del uso de trépanos PDC con cortadores de diamantes policristalinos sintéticos, que horadan la roca por fuerza de rotación pura mientras que los triconos, dotados de cojinetes, fracturaban la roca por compresión, razón por la cual requerían menos energía para perforar.

Cabe agregar que a este fenómeno se asocia frecuentemente otro movimiento vibratorio de torsión que aparece durante la perforación, llamado giro lateral (*Whirl*), que comienza cuando el sondeo en rotación entra en contacto con las paredes del pozo, y que consiste en el giro antihorario alrededor del centro de la herramienta y que va ascendiendo por el sondeo generando arrastre contra las paredes del pozo; la frecuencia de rotación suele ser elevada y depende de la relación de diámetros existente entre el pozo y el sondeo. Eventualmente, el giro puede también ser con sentido horario.

El flujo de fuerzas intervinientes en el *Stick slip Whirl*, aplicando el modelo usado en la "teoría de película total" (*Full film theory*) de la tribología para cojinetes de fricción sería:

$$Ff_r = m f (\bar{r} - \alpha^2 r + \frac{\sigma^2 r}{4} + \sigma \bar{r}) - (D + \psi_2(r)) \bar{r} - \psi_1(r) r$$

$$Ff_\alpha = m f (\alpha \bar{r} + 2 \bar{r} \alpha + \sigma \bar{r}) - (\alpha - \underline{\sigma}) (D + \psi_2(r)) r$$

Donde:

Ff_r = Fuerza de empuje hacia arriba en sentido radial.

Ff_α = Fuerza de arrastre en sentido tangencial.

$m f$ = masa del lodo.

D = parámetro de frenado

$\psi_1(r)$ y $\psi_2(r)$ = Términos de orden superior relacionados con las Funciones no lineales.

α = velocidad de vibración rotacional (*whirl*).

σ = velocidad de rotación del disco.

$m f \alpha^2 r$ y $m f \sigma^2 r$ = Son las fuerzas que empujan al sondeo contra la pared.

Ante la manifestación de "stick slip", el ingeniero de perforación debe recurrir

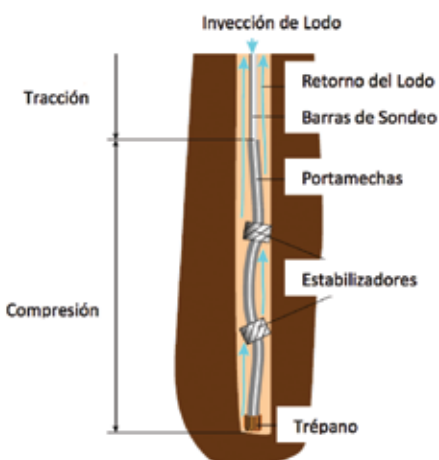


Figura 2. Conjunto de fondo.

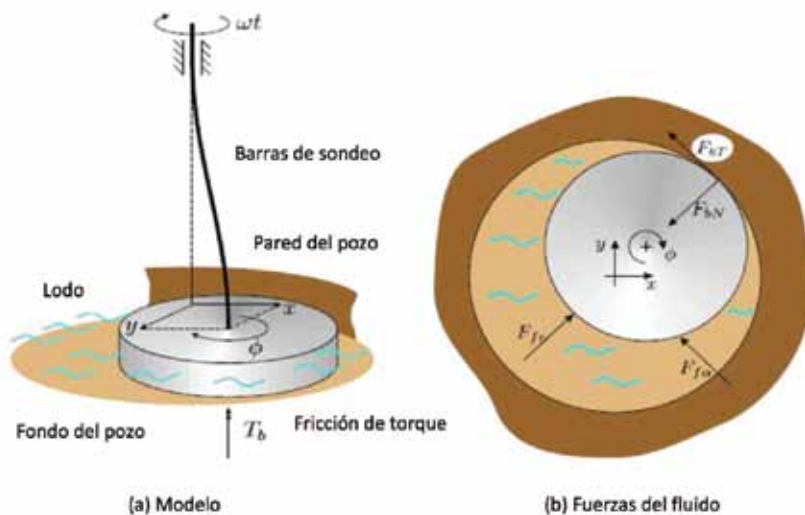


Figura 3. Modelo de pegue-despegue con rotación lateral (*stick-slip Whirl Model*).

a las mejores prácticas recomendadas por la experiencia para mitigar los efectos negativos de este fenómeno.

El diagrama de la figura 4 sugiere algunas medidas para mitigar el efecto del pegue y despegue durante la perforación, de acuerdo al componente del BHA involucrado en el fenómeno de *stick slip*:

- 1 - El trépano PDC.
- 2 - Conjunto de fondo BHA.
- 3 - Parámetros de la perforación.
- 4 - Incrementar la lubricidad del lodo (si existe buen deslizamiento den-

tro del pozo disminuyen las probabilidades de que se produzca *stick slip*).

Existe en el mercado una herramienta (figura 5), para el control del *stick slip* originado en el exceso de torque en el trépano, la cual opera incorporada al BHA y va directamente ubicada sobre el trépano, teniendo como misión estabilizar el torque de perforación generado por el trépano a través de un proceso mecánico directo, donde el exceso de torque hace que

la herramienta se contraiga a lo largo de sus estrías helicoidales internas; esta contracción disminuirá el peso sobre el trépano y evitará así posteriores acumulamientos de torque. Un resorte interno se activará durante el proceso y causará que la herramienta se extienda nuevamente, incrementando el peso sobre el trépano cuando el torque disminuya. Este proceso asegurará la continuidad de una perforación eficiente manteniendo controlada la vibración *stick slip* por torque. La herramienta se controla desde la boca del pozo y no introduce ningún cambio en las maniobras normales de perforación.

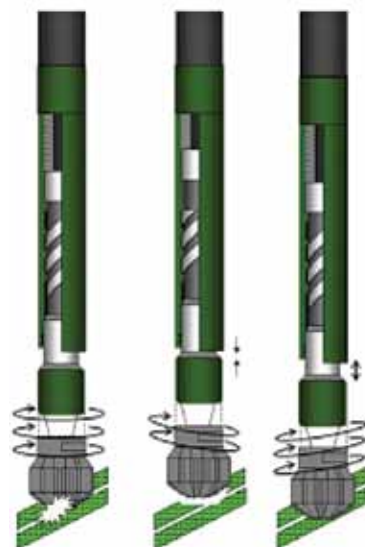


Figura 5. Modo en que la herramienta AST se contrae para reducir el peso sobre el trépano en los casos de exceso de torque en formaciones plásticas.

Está también disponible una cabeza motriz (*Top Drive*), equipada con un sistema que controla la operación de la misma, generando una respuesta totalmente automatizada ante la manifestación de "*stick slip*" durante la perforación; el mismo permite al ingeniero de perforación modificar en tiempo real los parámetros operativos hasta lograr optimizar el proceso y mantener un nivel de energía constante en toda la columna perforadora, prolongando la vida del trépano y de la herramienta, disminuyendo los tiempos perdidos (*NPT*), e incrementando el régimen de penetración (*ROP*) del equipo. ■

Gabino Velasco es miembro de la Comisión de Perforación y la Comisión de Publicaciones del IAPG.

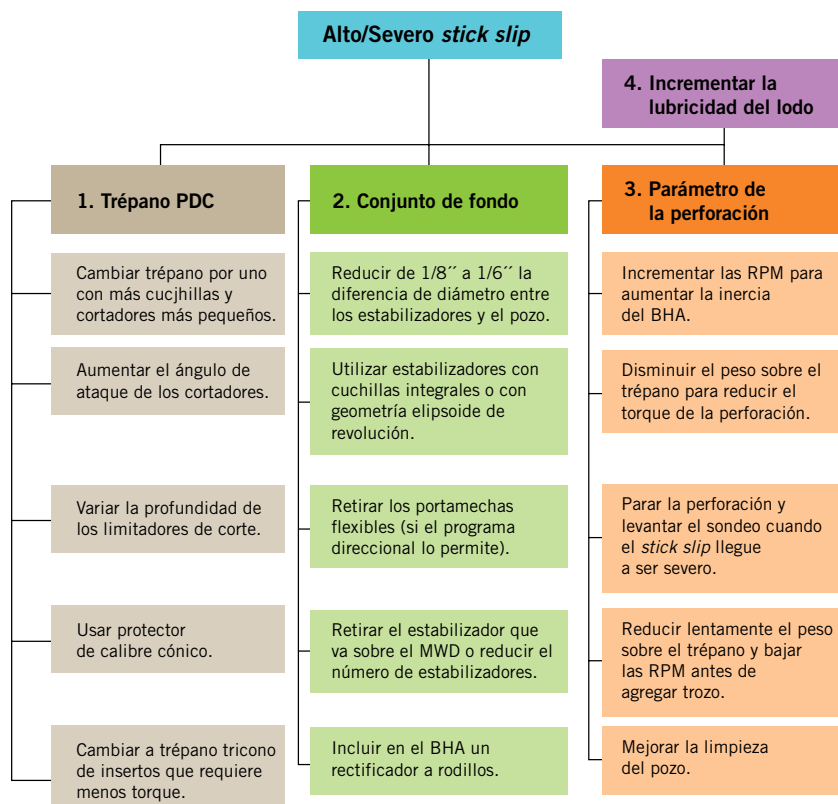
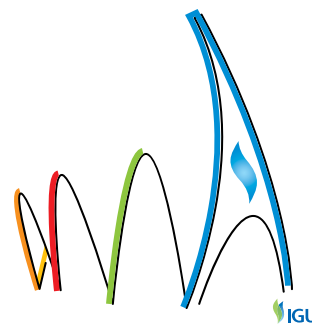


Figura 4. Opciones para la atenuación del fenómeno de *stick-slip*.

WGCPARIS2015

WORLD GAS CONFERENCE

"GROWING TOGETHER TOWARDS A FRIENDLY PLANET"



26th World Gas Conference | 1-5 June 2015 | Paris, France

REGISTER AS A DELEGATE AND ACCESS

KNOWLEDGE | IDEAS | GLOBAL MARKETS | KEY DECISION MAKERS



500 DISTINGUISHED
INDUSTRY SPEAKERS



4,000 SENIOR LEVEL
GLOBAL DELEGATES



350+ GLOBAL EXHIBITORS
& THOUSANDS OF VISITORS



THE MEETING PLACE FOR
THE GLOBAL GAS INDUSTRY



TECHNICAL TOURS OF
KEY INDUSTRY SITES



DEDICATED PAVILIONS
INCLUDING THE NATURAL
GAS FOR TRANSPORTATION
VILLAGE



NETWORKING EVENTS
INCLUDING THE WELCOME
GALA EVENING & GOLF
TOURNAMENT



EXPERIENCE THE
ICONIC CITY OF PARIS
AND EXPLORE UNIQUE
SOCIAL TOURS

HOST SPONSORS



PRINCIPAL SPONSORS



GLOBAL SPONSORS



PLATINUM SPONSOR



DIAMOND SPONSOR



GOLD SPONSORS



SILVER SPONSOR



BRONZE SPONSORS



ASSOCIATE SPONSOR



GET INVOLVED TODAY!

REGISTER AS A DELEGATE ONLINE

Visit www.wgc2015.org

TO SPONSOR OR EXHIBIT

Contact +61 407 031 274 or rclark@etf.com.au

STAY UPDATED

www.wgc2015.org

CONNECT WITH US

