

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECÍFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

JONATAN MEDINA
CRISTIAN ROMERO MC INTOSH

Sinopsis

La perforación de pozos no convencionales presenta múltiples desafíos. En las áreas de Loma Campana y El Orejano, atravesar formaciones intercaladas de dureza variable genera un problema para la integridad de las herramientas de perforación. Es bien sabido en la industria que la energía mecánica específica (MSE por sus siglas en inglés) puede utilizarse como indicador de la eficiencia de perforación. Con este objetivo se utiliza el cálculo de MSE y se monitorea en tiempo real la tendencia a lo largo del tiempo para prevenir y/o identificar fallas en trepano, motor de fondo o sistema rotario.

El resultado del análisis permite durante la construcción de pozo acelerar el proceso de toma de decisiones para realizar una maniobra y/o readecuar parámetros de perforación con el objetivo de minimizar desgastes prematuros. Los resultados de la identificación temprana de eventos de falla son validados con el estado de las herramientas en superficie y han permitido la reducción de tiempos y costos de la operación.

Introducción

Los campos Loma Campana y El Orejano forman parte del proyecto para el desarrollo de pozos No Convencionales y el inicio de explotación se remonta a 2011 y 2015 respectivamente. El campo Loma Campana es el primer desarrollo a gran escala de Shale en Argentina y cubre una superficie de 395 km². Está ubicado a 90 km al noroeste de la ciudad de Neuquén y a 5 km de la ciudad de Añelo. El Orejano, por su parte, está ubicado a 60 km de la ciudad de Añelo y tiene una superficie de 45 km², como puede observarse en las figuras 1 y 2.

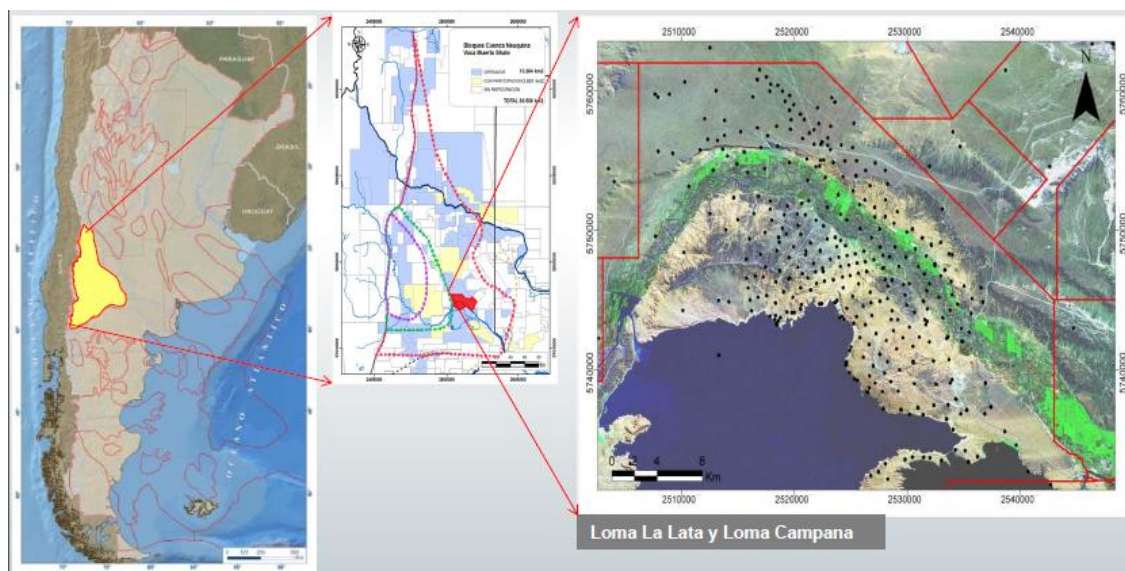


Figura 1. Mapa de yacimiento Loma Campana, cuenca Neuquina, Argentina.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A
jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

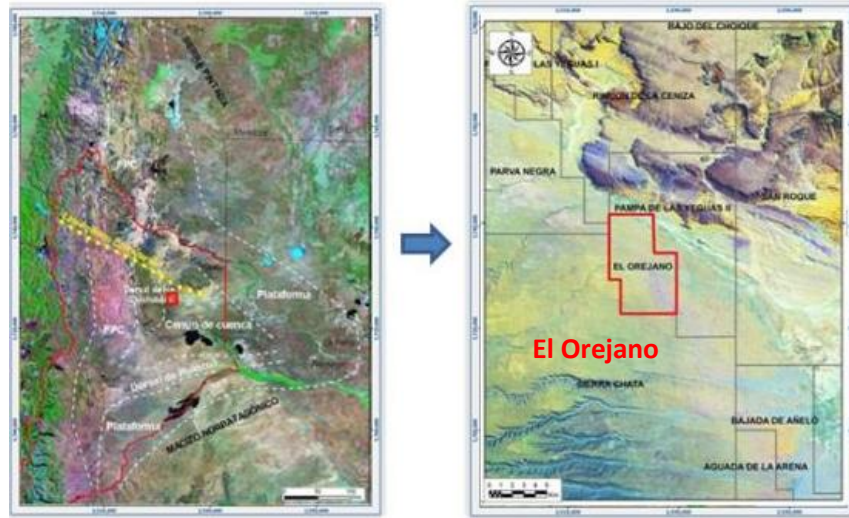


Figura 2. Mapa de yacimiento El Orejano, cuenca Neuquina, Argentina.

La perforación en ambos yacimientos presenta desafíos operativos de diversa complejidad. Las formaciones atravesadas son Grupo Neuquen, Rayoso, Centenario, Mulichinco, Quintuco y Vaca Muerta, tal como muestra la figura 3. Algunos de los retos más importantes son la sobrepresurización de fisuras naturales como presentan Quintuco/ Vaca Muerta y la variabilidad en la compresibilidad de la roca como presentan Centenario y Mulichinco.

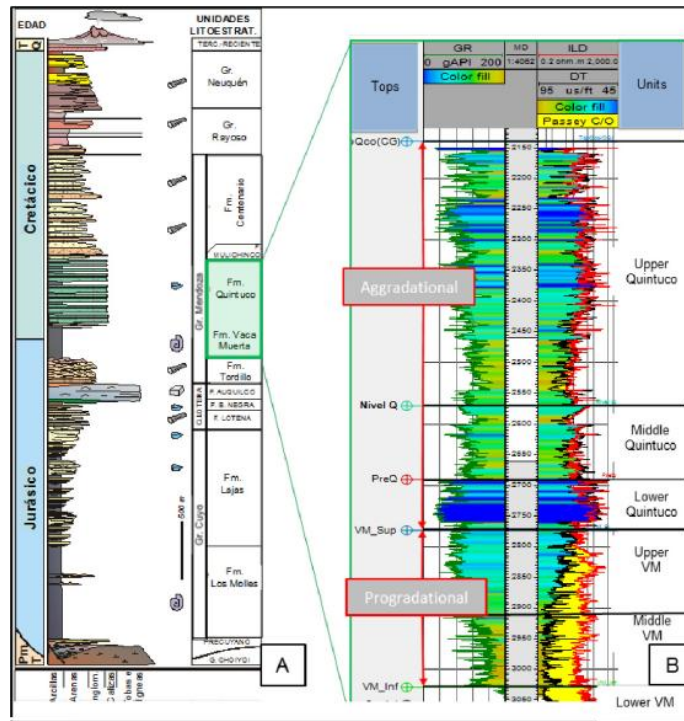


Figura 3. Perfil litológico en cuenca Neuquina.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

La geometría utilizada en los pozos comprende una fase guía perforada con trepano 12 1/4” y entubada en 9 5/8”, intermedia perforada con 8 3/4” y entubada en 7” y aislación perforada en 6 1/8” y entubada en 5”. En la figura 4 el esquema de un pozo típico.

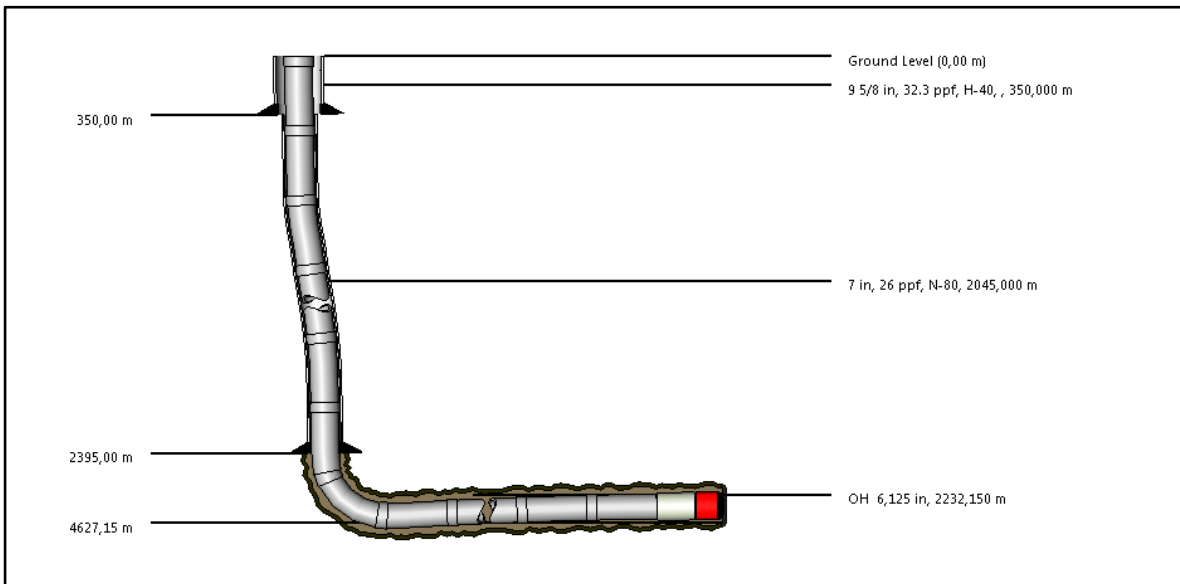


Figura 4. Geometría utilizada para pozos horizontales de Loma Campana y El Orejano.

De aquí en adelante nos centraremos en las fallas y seguimiento del MSE para las fases intermedia y aislación por tener mayor impacto en el tiempo y costo del pozo. Durante el año 2015 se perforaron 59 pozos horizontales en los campos El Orejano y Loma Campana, en los cuales se presentaron un total de 29 fallas.

Las fases intermedias se perforan con herramienta convencional o con motor de fondo en caso de requerir trabajo direccional. Para las aislaciones se utiliza exclusivamente conjunto direccional con motor y en ambos casos se utilizan trepanos de diamante policristalino (PDC por sus siglas en inglés). Las fallas prematuras de estas herramientas generan una caída en la tasa de penetración (ROP por sus siglas en inglés) y esto implica en algunos casos la necesidad de tomar la decisión de hacer el viaje a superficie para verificar la condición del conjunto trepano-motor de fondo y eventualmente reemplazar las herramientas dañadas.

El presente trabajo está enfocado en el impacto de la variación de dureza de la roca sobre la integridad de las herramientas de perforación y cuán útil resulta el monitoreo en tiempo real del MSE para la prevención de fallas.

Desarrollo

En la industria del petróleo y en particular en las operaciones de perforación a nivel mundial está bien difundido el concepto de energía mecánica específica. Conceptualmente representa la energía requerida para remover un volumen unitario de roca y puede ser utilizada como indicador de eficiencia de perforación e identificación de fallas. La expresión matemática que la define se muestra en las ecuaciones (1) y (2).

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

$$MSE [psi] = \frac{Energía\ entrada}{Volúmen\ removido} \propto \frac{Energía}{ROP} \quad (1)$$

$$= \frac{2812 \times WOB}{d^2} + \frac{146.3 \times RPM \times Torque}{d^2 \times ROP} \quad (2)$$

La expresión (2) debe ser ligeramente modificada cuando se perfora con motor de fondo, de tal forma de utilizar las rpm de fondo y el torque generado por el motor (curvas de diferencial-torque).

El objetivo perseguido con la utilización de esta herramienta analítica es perforar en forma eficiente, de tal forma de entregar al sistema de perforación la energía mínima necesaria para generar la ruptura de la roca. Más adelante se entrara en detalle de cuan bajo deberán ser estos valores en función de su dureza. Esto implica que las curvas de MSE tengan una tendencia de crecimiento normal, que denominaremos de ahora en más líneas base y que son características para cada herramienta, fase y área. El valor numérico y absoluto de esta magnitud no es representativo sino la tendencia de la medida que refleja las variaciones en la evolución de la perforación.

En la figura 5 se puede observar el seguimiento en tiempo real del MSE (curva violeta) para la perforación de la fase aislación con motor de fondo. Puede identificarse la variación de la tendencia en función de los parámetros de perforación aplicados (peso aplicado en el trepado WOB y revoluciones en superficie RPM) y el modo de perforación con el motor (rotación o slide).

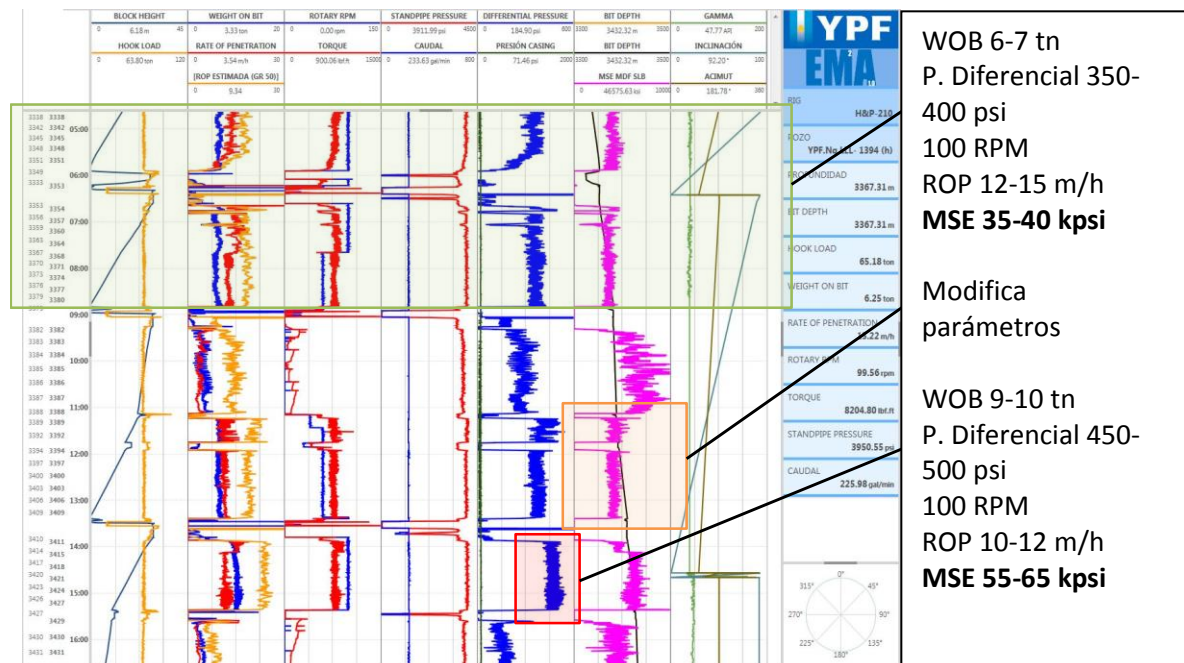


Figura 5. Parámetros de perforación visualizados en herramienta de monitoreo propia de YPF.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

Es importante comprender que no siempre la energía entregada al trépano y a la sarta de perforación (mecánica proveniente del top drive e hidráulica de las bombas de lodo) se traduce en generar avance del trépano (ROP). El MSE permite definir los parámetros de perforación más adecuados de manera de no disipar energía en forma indeseada. Por ejemplo un wob excesivo o superior al necesario puede llegar a generar pandeo (buckling) de la sarta y con esto torque excesivo como respuesta a la fricción de la herramienta con las paredes del pozo, o rpm muy bajas podría generar vibraciones Stick & slip en el trepano. Ambos casos generan escenarios más propicios a la falla por fatiga u otros mecanismos.

En la figura 6 puede observarse el MSE y los parámetros aplicados (wob y rpm) a un motor 4 3/4” en una fase 6 1/8”. El ejemplo corresponde a un posible evento de buckling donde un incremento del peso aplicado no se refleja en un incremento de la rop sino en un descenso, advirtiéndose a su vez un incremento gradual en la curva de MSE.

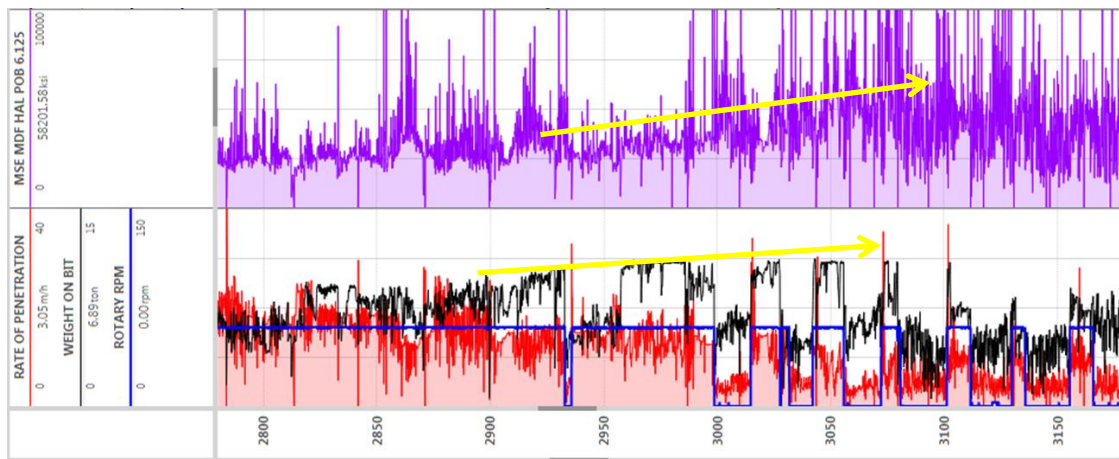


Figura 6. Tendencias de los parámetros de perforación y MSE en pozo horizontal de Loma Campana. Posible evento de buckling.

Como se mencionó anteriormente, el seguimiento del MSE también permite identificar fallas en las herramientas de perforación. La figura 7 muestra un ejemplo de la tasa de penetración (curva verde) y el MSE (curva violeta) a lo largo de la construcción de una fase intermedia, desde los 350 m hasta 2100 m.

Hasta los 1800 m la tendencia del MSE es normal ajustándose a la línea base esperada para el área (25000 psi) con un buen ritmo de perforación. Alrededor de los 1850 m se evidencia un descenso en la tasa de penetración, de igual modo se continuó perforando hasta 2020 m donde se decide cambiar la herramienta por el pobre avance obtenido sobre el final del tramo. En superficie se corroboró que la causa se debió a la falla prematura del trépano y se corresponde con el aumento registrado en el MSE en 1850 m. Puede observarse luego del cambio de trepano, como la curva de MSE se estabiliza nuevamente en valores inferiores y estables.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

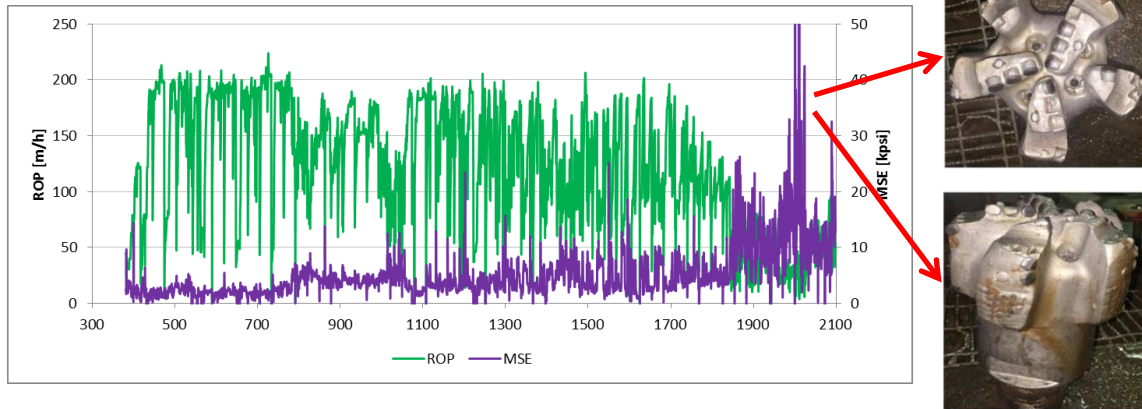


Figura 7. Comportamiento del MSE ante una falla de trépano en una intermedia de Loma Campana.

Definición de tendencias normales en función de UCS

Como se definió, para lograr perforar de un modo eficiente es necesario que el valor de MSE sea lo más bajo posible, de este modo se logra maximizar el avance con el menor requerimiento de energía. También se mencionó que para el análisis del MSE no debe ser tenido en cuenta su valor numérico absoluto, sino que se debe analizar su tendencia en función de la profundidad y el tiempo.

Para perforar una roca hay que vencer su resistencia a la compresión, por lo tanto esa es la energía mínima necesaria a brindar para provocar la rotura del material. En condiciones ideales de eficiencia perfecta, el valor de MSE debería ser igual a la resistencia a la compresión. Obtener ese valor es complejo, ya que se deben obtener muestras de la formación para realizar ensayos de resistencia a la compresión, los cuales deberían ser bajo la misma presión de confinamiento a la que se encuentra en subsuelo. Por lo general el ensayo se realiza sin presión lo que brinda el valor de Resistencia a la Compresión Sin Confinamiento (UCS por sus siglas en inglés).

Una aproximación es utilizar perfiles eléctricos y realizar estimaciones del valor de UCS mediante regresiones obtenidas de formaciones similares. Con este criterio se compararon los perfiles sísmicos de los tramos intermedios de los campos Loma Campana y El Orejano y se estimó el log de resistencia mediante la fórmula UCS Combinada, la cual es una regresión promedio de las formulas desarrolladas.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

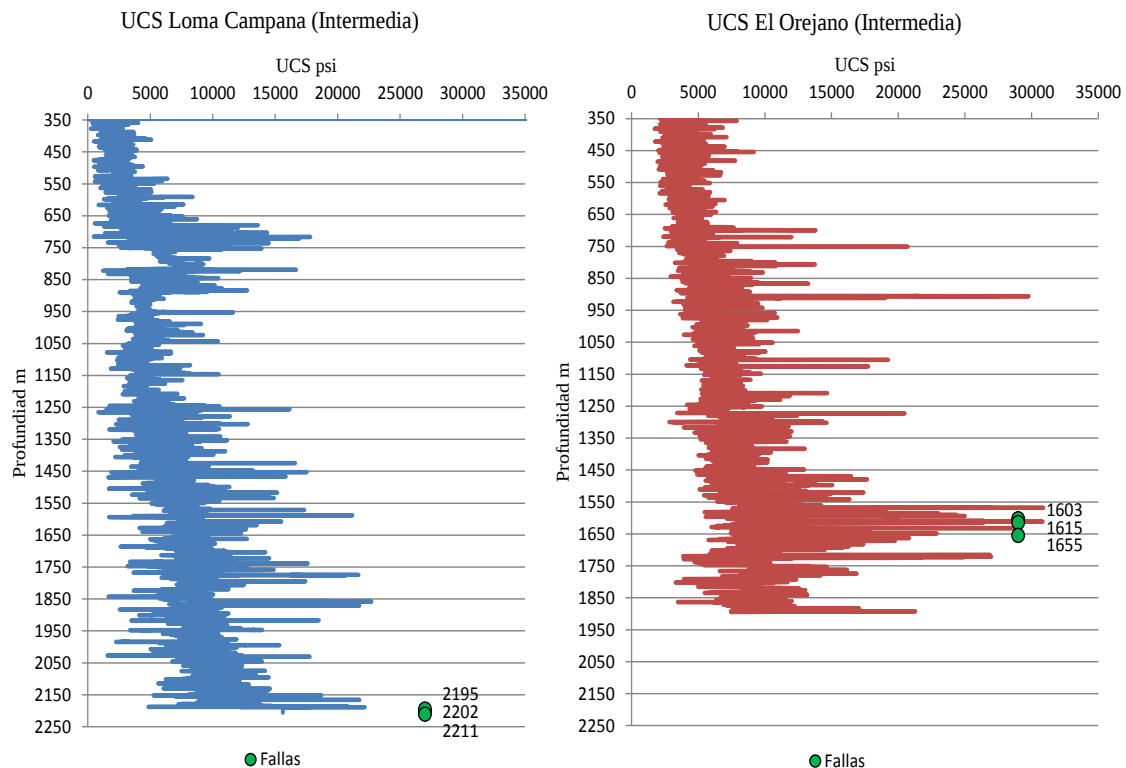


Figura 8. Perfil UCS para Loma Campana (azul) y El Orejano (rojo).

Como se observa en la figura 8, el perfil de UCS de Loma Campana presenta una tendencia de aumento progresivo con la profundidad, con un pequeño aumento de dureza en el tramo de 670 m a 750 m sin embargo las fallas se agruparon sobre el final de la fase, en el pase a la formación Quintuco, debido al cambio de resistencia propio de la transición de un ambiente de areniscas a una formación de calizas.

En cambio, el perfil de El Orejano, si bien presenta el mismo aumento de dureza con la profundidad, se aprecia que dicho valor es mayor para la misma profundidad que Loma Campana y a partir de los 1550 m, correspondiente a la base de la fm. Centenario, la magnitud de resistencia de la formación aumenta 2.5 veces, alcanzando valores cercanos a 25000 psi. Es en este tramo de intercalaciones donde se agrupan las fallas de trépanos que sucedieron en este campo. Luego de este tramo el UCS disminuye y vuelve a presentar otro aumento en 1700 m, correspondiente a la fm. Mulichinco. Por ultimo retoma la tendencia gradual hasta el pase de la fm. Quintuco.

Para poder establecer cuál representaría un valor de MSE aceptablemente bajo se realizó la calibración con el perfil de UCS de los tramos analizados y de esta manera se obtuvo la línea base esperada para cada caso. Se calculó la energía mecánica específica con los parámetros medidos en superficie de los pozos más rápidos y completados en una sola carrera para plotear los resultados junto con el perfil UCS. En la figura 9 se aprecia la calibración del tramo intermedio de un pozo del campo El Orejano, en donde ambas variables presentan la misma tendencia, pero desfasadas en valor absoluto. Para poder establecer el valor de referencia se corrige el valor de la ecuación de

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

MSE por 0.35, de manera de tener el mismo orden de magnitud que la referencia del índice de compresión.

Dicho valor no quiere decir que el 35% de la energía entregada en superficie se transforma en energía de perforación, sino que es un valor de corrección para compensar el desfasaje del valor absoluto y tener el mismo orden de magnitud que permita una comparación directa.

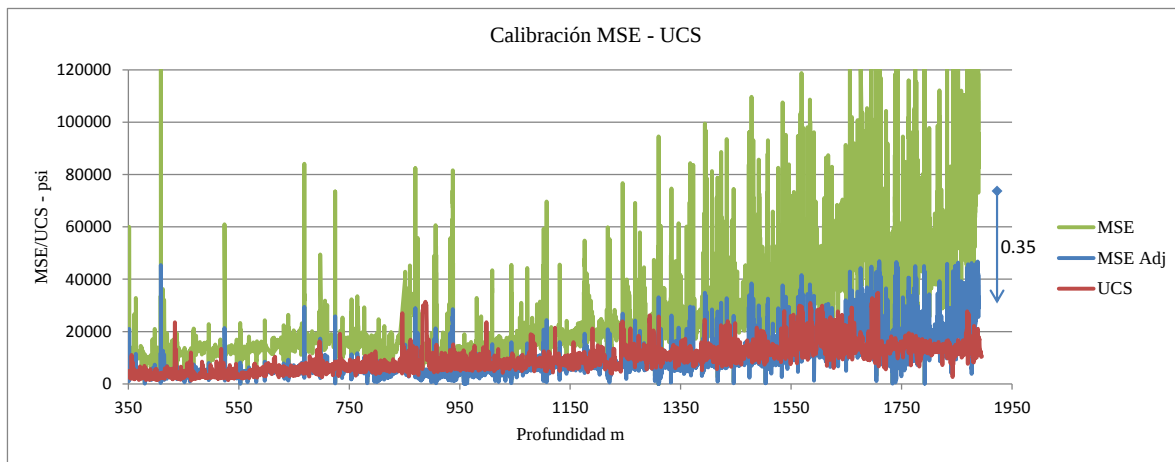
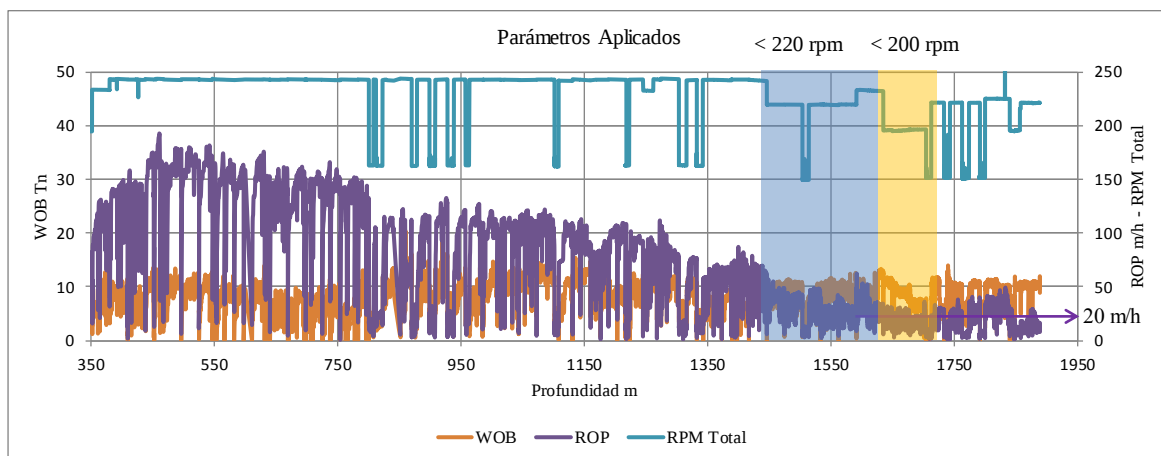


Figura 9. Calibración de curvas MSE y UCS para fase intermedia El Orejano.

En los pozos completados en una sola carrera se evidenció que el MSE ajustado aumentaba a partir de los 1550 m, con un consiguiente descenso de ROP debido al aumento de la dureza de la roca, pero se mantenía en valores menores a 40 000 psi. Luego de los 1730 m el valor presentaba una disminución y se obtenían avances de alrededor de 20 m/h. Con esta observación, se estudiaron los parámetros aplicados durante la transición y se detectó que en dichos pozos, al disminuir las RPM antes de la primer transición por debajo de 220 rpm y menos de 200 rpm en la segunda con un WOB no mayor a 10 tn se lograba completar la fase en una carrera y sin desgaste de las herramientas, como se muestra en la figura 10.



“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A
jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com



Figura 10. Parámetros aplicados en fase intermedia de El Orejano y condición del trepano PDC al finalizar la fase.

De esta manera se logró determinar que para el tramo en cuestión, a partir de los 1550 m es recomendable readecuar los parámetros de perforación para evitar dañar el trepano en la intercalación, y se determinó que el valor mínimo de ROP aceptable para el caso es de 20 m/h y que el valor de MSE no debe ser mayor a 40 000 psi. Alcanzando dichos límites y con una tendencia de MSE en aumento se tiene un diagnóstico de falla de herramienta y es necesario realizar el viaje para cambio de BHA.

Siguiendo la misma metodología para el tramo aislación, se estimaron los valores de UCS mediante el uso de la regresión Golubev/Robinovich que se desarrolló para Calizas y Dolomias, graficados en la figura 11. En ambos casos no se observa una tendencia de aumento de la resistencia con el aumento de profundidad y esto se debe a que la formación Quintuco está compuesta de calizas y calizas arcillosas, por lo que en los tramos con mayor contenido arcilloso la resistencia a la compresión disminuye. Para el caso de Loma Campana el inicio del tramo presenta una resistencia elevada y luego disminuye a partir de los 2500 m hasta los 2700 m debido a una litología con mayor contenido de arcilla. En el tramo inferior de Quintuco la resistencia aumenta hasta los 2850 m donde comienza a disminuir nuevamente debido a las características de la fm. Vaca Muerta, la cual está compuesta mayormente por lutitas y su tendencia es de disminuir con la profundidad. El caso de El Orejano es similar con un tramo superior de resistencia elevada, que comienza a disminuir a partir de los 2200 m, pero no se aprecia el tramo inferior de Quintuco presente en Loma Campana. La formación Vaca Muerta presenta el mismo comportamiento decreciente de resistencia con la profundidad y se evidencia que su valor absoluto es menor que en el otro campo.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

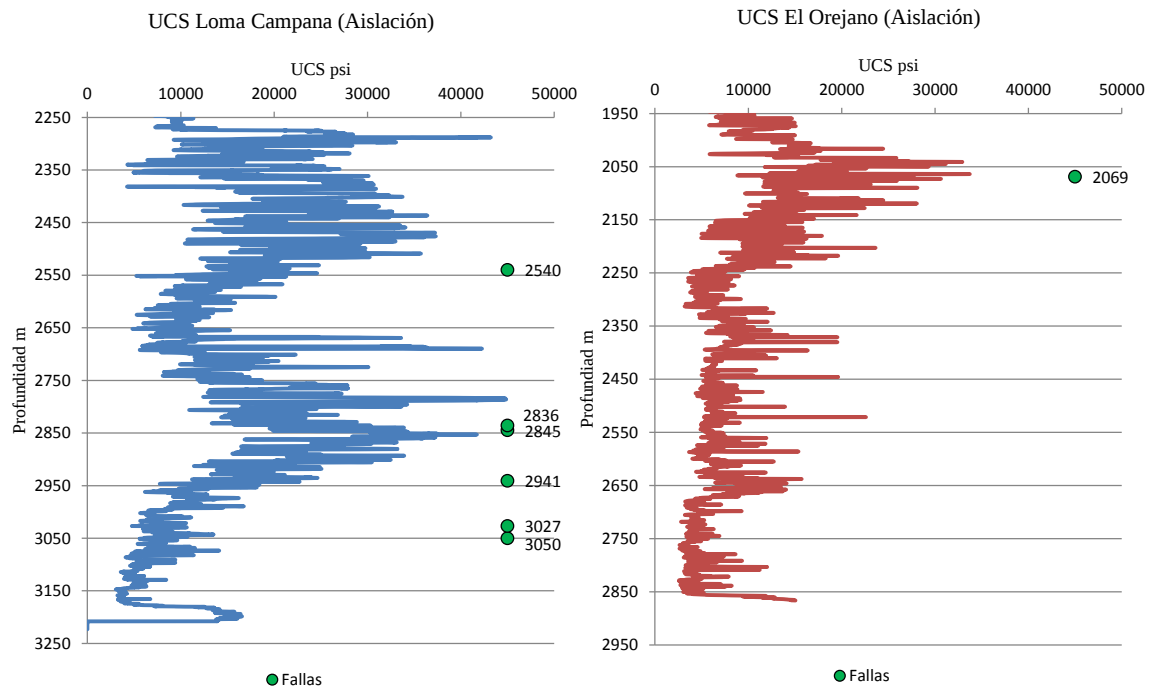


Figura 11. Perfil de UCS para la fase aislación de El Orejano y Loma Campana.

Si bien es una formación con presencia de intercalaciones de distinta dureza, las fallas ocurridas en este tramo no se agrupan en una sección del pozo en particular, sino que están distribuidas en toda la fase. En este tramo no es necesaria la readecuación de parámetros pero los desvíos de MSE se tienen en cuenta para detectar problemas de herramientas y acelerar la toma de decisiones para el cambio de BHA.

Para determinar el valor de MSE de referencia, se consideró el pozo más rápido perforado con BHA convencional y se comparó con el valor de UCS como se aprecia en la figura 12. Para tener el mismo orden de magnitud el coeficiente de ajuste también resultó ser 0.35 en este caso. Como se mencionó, la tendencia de compresión de la formación no es lineal con la profundidad, por lo que la línea base de MSE debe seguir el mismo comportamiento, el cual debe comenzar con valores de 35000 - 40000 psi al comienzo de la fase, a partir de los 2500 m se debe registrar una disminución de la energía entregada en el orden de los 25000 psi y comenzar a aumentar a partir de los 2700 m hasta valores máximos de 45000 - 50000 psi en el tramo inferior de Quintuco. En Vaca Muerta el valor de referencia no debería ser mayor de 30000 - 35000 psi y mantenerse sin aumentos hasta el pase a la fm. Catriel, considerando un pozo vertical.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

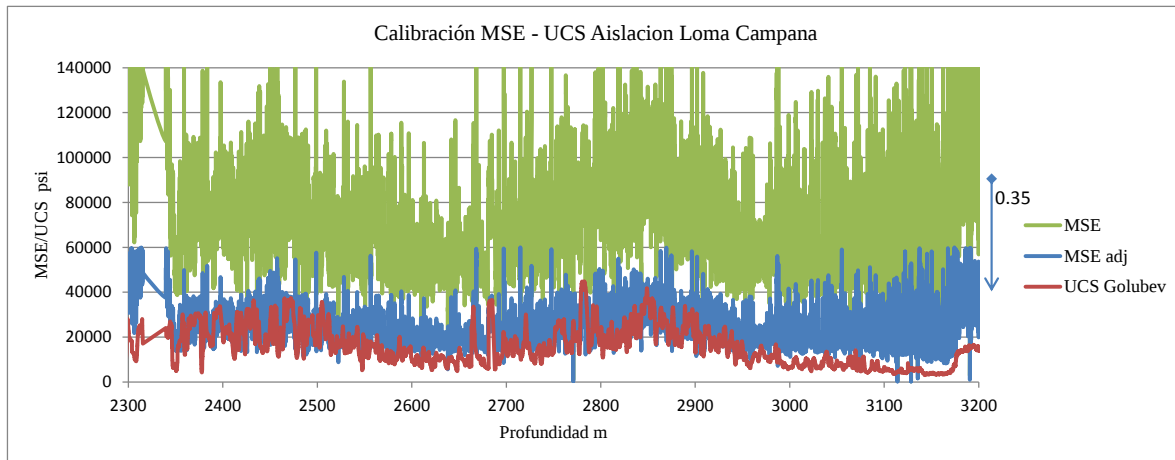


Figura 12. Calibración de MSE y UCS para la fase aislación de LC.

Otra evaluación realizada en este tramo fue relacionar las curvas de ROP, sónico de compresión (DT) y Gamma Ray (GR), como el ejemplo del campo Loma Campana que se muestra en la figura 13. Se corrobora que los cambios en el avance de penetración se corresponden con la respuesta del perfil sónico, pero también tienen una correspondencia con el perfil GR, incluso con mayor grado de correlación. Esto se debe al efecto mencionado de la composición litológica de la fm. Quintuco, ya que en los tramos más arcillosos las cuentas de °API aumentan provocando una disminución en la resistencia de la roca, resultando en mayores tiempos de tránsito del perfil sónico. Es por ello que si bien los registros de GR no son un indicador de dureza, en este campo se lo puede considerar como una referencia de la resistencia de la roca. Esta respuesta natural de la formación otorga una ventaja significativa en el monitoreo de las operaciones ya que las herramientas básicas MWD cuentan con medición de GR, no así la posibilidad de registrar un perfil acústico, el cual requiere disponer de una herramienta adicional en el conjunto direccional. Un ejemplo del comportamiento en un pozo horizontal con registro continuo de GR se muestra en la figura 14.

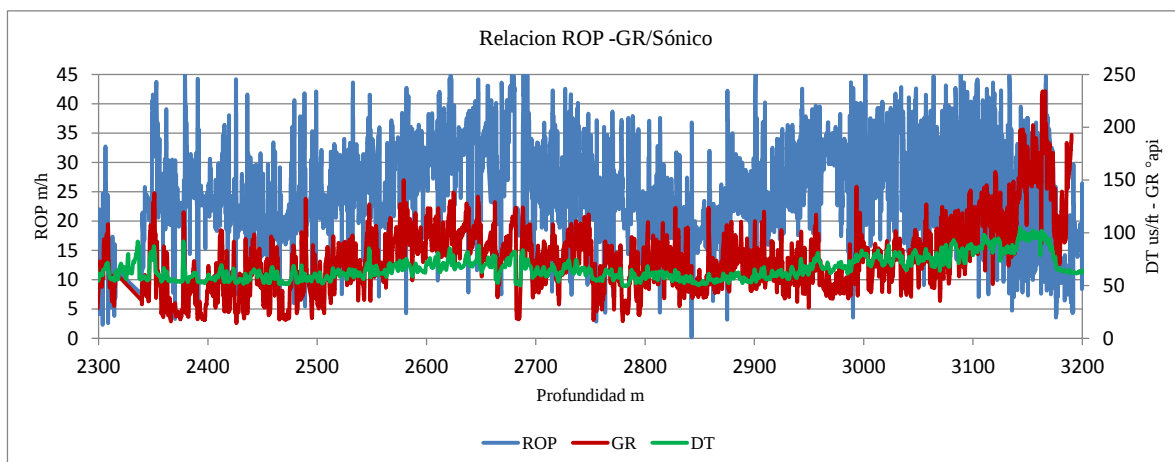


Figura 13. Relación ROP, GR y perfil Sónico para fase aislación de LC.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

Teniendo en cuenta estas consideraciones, cuando se presentan disminuciones de avance que no estén asociadas a un cambio en la litología de la roca y se observen valores de MSE superiores a 50000 psi en Quintuco o mayores a 40000 en Vaca Muerta con tendencia en aumento, son indicadores de la presencia de una falla en la herramienta y es necesario realizar el viaje para el reemplazo del BHA.

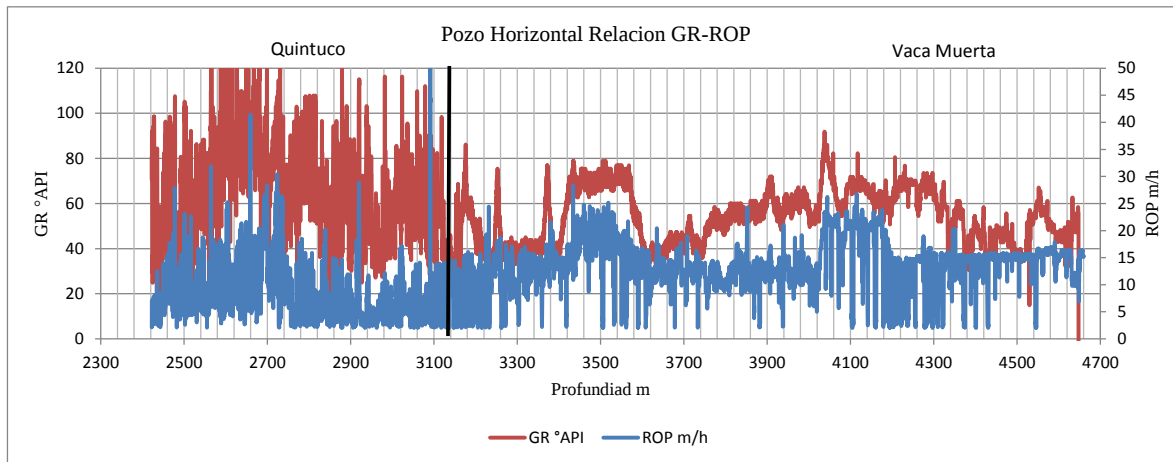


Figura 14. Relación ROP y GR en un pozo horizontal de LC.

Validación de calibración MSE-UCS mediante medición de parámetros de fondo

Como se mencionó anteriormente, el MSE es un indicador de la eficiencia de perforación medida en relación a la variable UCS. Otra metodología utilizada para validar este dato es a partir de variables registradas en fondo cercanas al trepano. Las variables que se han medido en la fase de aislación en Loma Campana y El Orejano son rpm, wob y torque de fondo. Con esta información puede calcularse el MSE de fondo (en lugar de realizar el ajuste del MSE de superficie con UCS) y correlacionarlo con el MSE de superficie. Recordar que el UCS no es un dato disponible durante la perforación ya que se estima a partir del perfil sísmico una vez perforado sin embargo el MSE de fondo es un aproximador adecuado ya que corresponde a mediciones a solo 3 metros del trepano.

En la figura 15 puede observarse las curvas de MSE de superficie (violeta) y fondo (verde) a lo largo de la fase horizontal en un pozo de LC. Puede notarse que en condiciones de perforación estables (avance y limpieza de pozo adecuada) la eficiencia estimada es del 30%. Además alrededor de los 3700 m las curvas comienzan a separarse producto de la tortuosidad de la trayectoria lo cual genera el incremento del torque de superficie no así el de fondo. Este es un ejemplo de como el MSE puede también utilizarse para identificar escenarios de pobre limpieza, tortuosidad, transferencia de peso ineficiente, etc.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

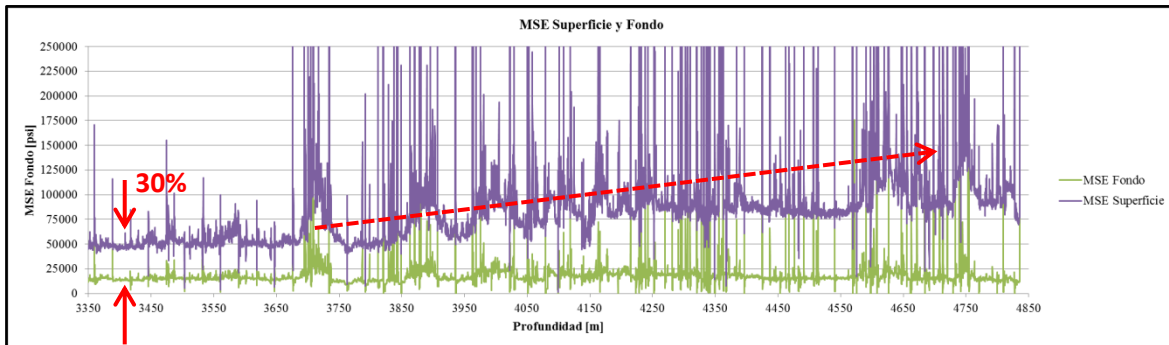


Figura 15. Tendencias de MSE de superficie y fondo para la extensión horizontal de pozo en Loma Campana.

Implementación y resultados

El monitoreo continuo en tiempo real es de vital importancia para el seguimiento de las tendencias del MSE así como la buena comunicación de los eventos es crítica para alertar al equipo de trabajo respecto a la necesidad de modificar los parámetros y en última instancia acelerar la toma de decisión cuando el viaje a superficie es inminente.

Con este objetivo, YPF implementó en 2014 el primer Centro de Operaciones Remotas (COR) de Argentina conformada por un equipo interdisciplinario de Ingenieros dando soporte al grupo de operaciones 24 hs x 7 días de la semana. En la figura 16 se muestra el espacio de trabajo del COR.



Figura 16. Centro de Operaciones Remotas en las oficinas de Loma Campana.

Así mismo la compañía desarrolló internamente una herramienta de visualización ajustada a la necesidad de la actividad, que no solo permite monitorear los datos registrados en locación (superficie y fondo de pozo) sino también procesar las variables, realizar estadísticas de rendimientos. La herramienta cuenta con dos paneles distintos, base tiempo (izquierda) y base profundidad (derecha) en los cuales puede medirse el comportamiento de la perforación del pozo seleccionado y adicionalmente la comparación con otros pozos históricos de correlación.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

El beneficio importante de la herramienta es la capacidad de procesar la información en tiempo real generando gráficos crossplots, histogramas de frecuencia, gráficos de torta con discretización de tiempos en cada sección de pozo.

En la parte inferior de la figura 17 se muestran gráficos con el perfil de presión de bombeo vs profundidad vs caudal, MSE vs ROP vs presión diferencial, RPM vs WOB vs ROP y presión diferencial vs WOB vs ROP para el tramo horizontal de un pozo de LC. Todos ellos brindan un rápido entendimiento de la condición del pozo.

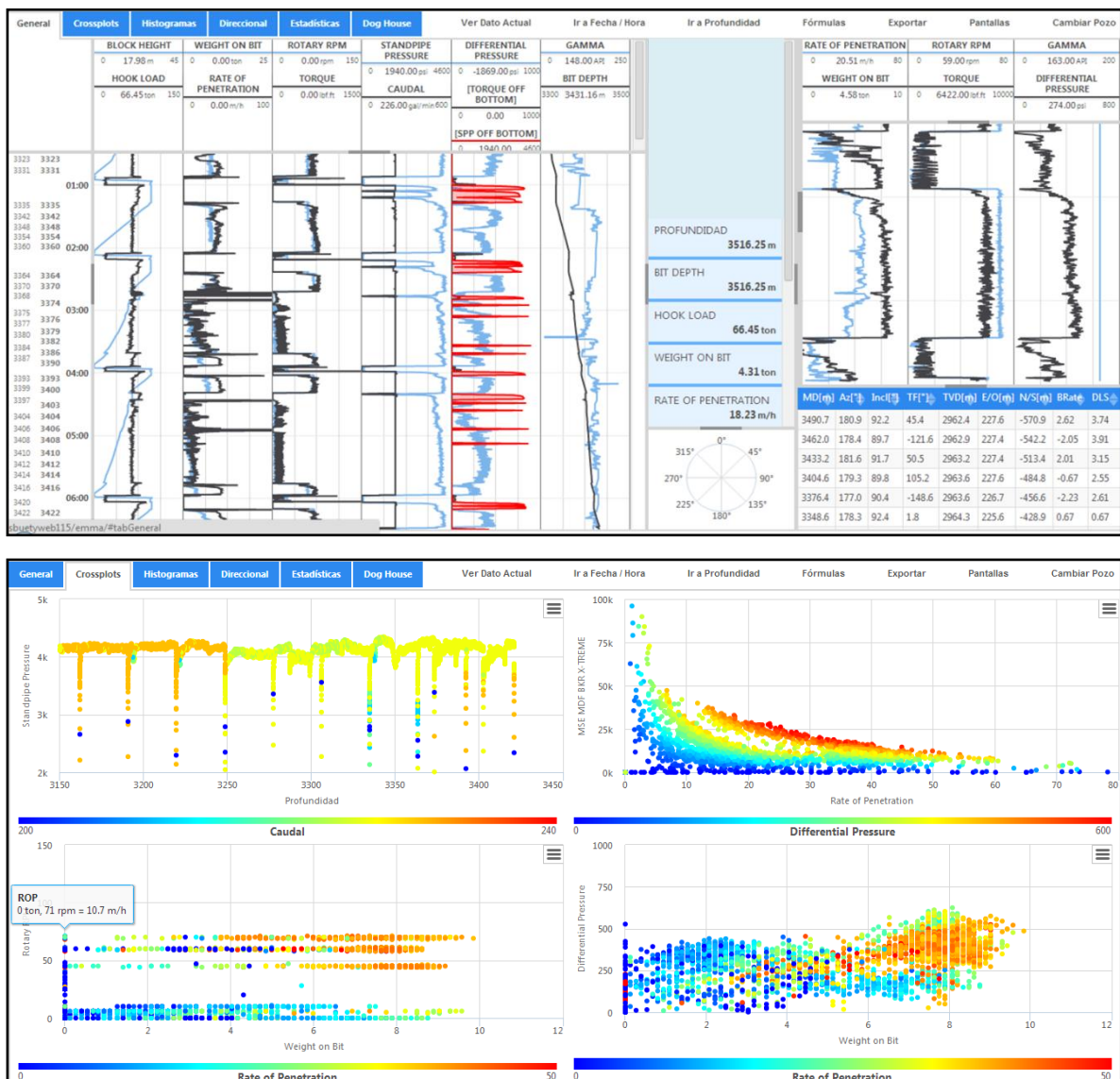


Figura 17. Herramienta de monitoreo EMMA y graficos crossplots actualizados en tiempo real.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECIFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A

jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

Desde el año 2015 hasta la fecha se ha optimizado el proceso de construcción de pozo reflejados en una reducción importante de tiempos y costos. Respecto a la fase intermedia y aislación puede observarse en la siguiente figura la reducción de los tiempos (en días) para Loma Campana y El Orejano.

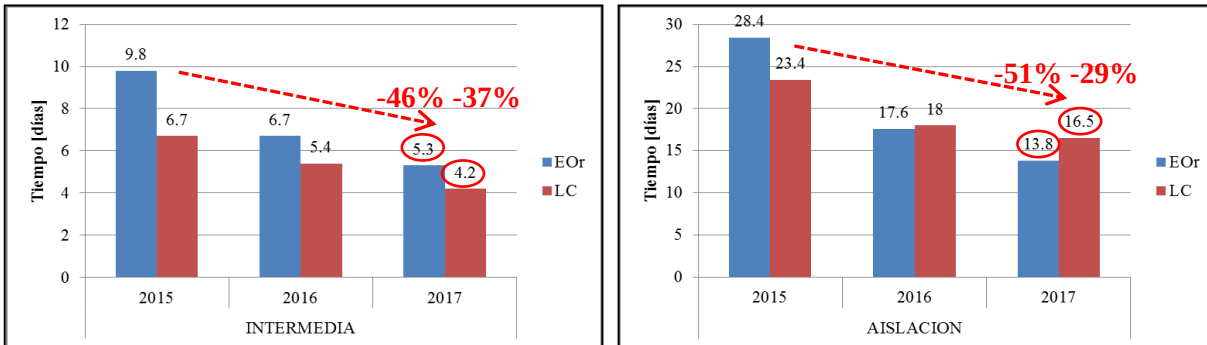


Figura 18. Evolución de los tiempos de construcción de fase intermedia y aislación en LC y EOr.

Parte de la mejora observada en la figura 18 se logró por la implementación de parámetros óptimos de perforación acompañados del seguimiento del MSE ajustado para cada tramo y una rápida detección de fallas que permitió acelerar la toma de decisiones para un cambio de herramienta.

En el año 2015 se perforaron 59 pozos horizontales en los campos El Orejano y Loma Campana, en los cuales se presentaron un total de 29 fallas, 14 asociadas a rotura de motor de fondo y 15 a falla prematura de trepado, dando una probabilidad de falla del 49%. A su vez, el tiempo de reacción ante problemas, es decir el tiempo entre la ocurrencia del evento y la decisión del cambio de BHA era en promedio de 32.6 hs, ya que se trataba de variar parámetros de perforación suponiendo que el pobre avance era por una condición litológica y tratar de evitar la maniobra.

Durante el año 2016, se perforaron 87 pozos, en los cuales se presentaron 12 eventos con motor de fondo y 6 asociados a trepado, resultando en una probabilidad de falla del 21%.

En los primeros cuatro meses del corriente año se llevan perforados 18 pozos, con un total de 6 eventos, 1 de Motor de fondo y 5 de trépanos, por lo que la probabilidad de falla ascendió al 33%. Lo que se destaca en este periodo, es que el tiempo de reacción en estos casos bajó a un promedio de 7 hs, es decir un 78% menos que en el 2015. Dichos valores se resumen en la tabla 1.

	2015	2016	Q1 2017
Cantidad pozos	59	87	18
Falla MDF	14	12	1
Falla TREP	15	6	5
Tiempo reacción	32.6		7
Probabilidad Falla	49%	21%	33%

Tabla 1. Tiempo de toma de decisión ante falla y % de fallas desde 2015 hasta Abril 2017.

“DETECCIÓN TEMPRANA DE FALLAS DE HERRAMIENTAS MEDIANTE EL SEGUIMIENTO EN TIEMPO REAL DE LA ENERGÍA MECÁNICA ESPECÍFICA EN POZOS NO CONVENCIONALES”

Jonatan Medina y Cristian Romero Mc Intosh, YPF S.A
jonatan.medina@ypf.com, cristian.romero@ypf.com

Conclusiones

El seguimiento de la variable MSE brinda una ventaja significativa en el proceso de perforación ya que otorga un diagnóstico razonable sobre las condiciones del fondo del pozo. Pero para su correcta interpretación, es necesario primero calibrar y registrar cuál es la tendencia normal para cada tramo del pozo en función de su litología. Para ello es importante invertir tiempo en el estudio previo para identificar los pozos con mejores resultados, obtener los perfiles eléctricos, determinar que regresión de UCS es más representativa en cada caso y ajustar las curvas de MSE para obtener el coeficiente de ajuste y estudiar los parámetros aplicados para mejorar el avance.

Siguiendo esta metodología de trabajo se logra tener un modelo 2D del proceso de perforación de cada tramo de pozo para cada campo, y con el entendimiento del fenómeno se pueden aplicar decisiones para su optimización. Intentar optimizar sin el conocimiento previo rara vez conduce a buenos resultados.

Bibliografía

- The concept of specific energy in rock drilling, Teale. 1964.
- Drilling performance is a function of power at the bit and drilling efficiency, Pessier et al. 2012, SPE/IADC 151389.
- Maximizing drill rates with real time surveillance of mechanical specific energy, Dupriest et al. 2005, SPE/IADC 92194.
- Prediction of rock strength using drilling data and sonic logs, Amani & Shahbazi. 2013, International Journal of Computer Applications.
- In situ estimation of roof rock strength using sonic logging, Oyler, Mark & Molinda. NIOSH-Pittsburgh Research Laboratory.

CV

Jonatan Medina: Ingeniero en Petróleo, Universidad Nacional de Cuyo. PyT Consultora, Jefe de especialidades de perforación.

Cristian Romero Mc Intosh: Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional de La Plata, Jefe de optimización de perforación.

Agradecimientos

- Sandro Alves, Gerente Centro de Operaciones Remotas
- Integrantes del Centro de Monitoreo Remoto Regional No Convencional.
- Alberto Cinquegrani, Gerente P&WO Regional No Convencional
- Raul Krasuk, Gerente Operaciones P&WO Argentina.