

Flujo de datos en la geonavegación de pozos no convencionales

Por **Agustín Somaruga** y **Andres Askenazi** (YPF)

Este trabajo fue seleccionado en las 3^{er} Jornadas de Revolución Digital para Petróleo y Gas.

El desarrollo de la Sala de Geonavegación de YPF y la integración de flujos de trabajo colaborativos permitieron optimizar la perforación en Vaca Muerta. Con más del 95 % de las trayectorias en objetivo y una mejora del 10 % en la velocidad de perforación, el equipo avanza hacia operaciones más eficientes y productivas.



Planteo

A partir de la decisión por parte de YPF de dar comienzo al desarrollo de la Fm. Vaca Muerta como reservorio No Convencional, se ha atravesado un largo proceso de aprendizaje en el cual se han ido actualizando las distintas metodologías de trabajo como parte de un proceso de evolución constante.

En los inicios del desarrollo de Vaca Muerta la perforación de los pozos era realizada de manera vertical y luego se estimulaba mediante fracturas hidráulicas prác-

ticamente la totalidad del espesor de la formación. Esta metodología asumía que las propiedades de la roca y sus producciones asociadas eran relativamente similares en todo su espesor (hasta 500 m según su posición en la cuenca).

La perforación y evaluación de los datos que brindaron estos primeros pozos verticales, con el paso del tiempo, arrojó a la luz que no todo el espesor de la formación presentaba las mismas propiedades. Esto permitió identificar distintos niveles dentro de la Fm. Vaca Muerta, los cuales presentaban propiedades y producciones significativamente mejores que el resto de la formación. A partir de este punto se produjo un cambio en la metodología de desarrollo del reservorio que consistió en la migración a la perforación de pozos horizontales.

Los primeros pozos horizontales que fueron perforados eran planificados a un determinado nivel objetivo tomando como base la información brindada por geología en base a sus modelos estáticos. Luego, durante la ejecución de la perforación, se realizaba un seguimiento parcial analizando la información recibida desde el pozo y mediante la correlación de los datos de Gamma Ray se interpretaba el posicionamiento de la trayectoria utilizando un software para el análisis de subsuelo.

Con el paso del tiempo y el aumento en actividad del No Convencional se comprendió que esta metodología de trabajo no era lo suficientemente ágil y precisa para seguir el ritmo de la perforación de los nuevos pozos. La misma debía ser modificada en búsqueda de lograr una mejora en la performance de los pozos tanto en lo que se refiere a posicionamiento en objetivo como a velocidades de perforación. Estas necesidades finalmente terminaron dando lugar a la propuesta de crear una Sala de Geonavegación propia de YPF (in house).

La creación de la Sala de Geonavegación de YPF motivo la definición de nuevas metodologías y procesos que han involucrado la incorporación de nuevos softwares y tecnologías asociadas a la transmisión, manipulación y procesamiento de datos en tiempo real.

Estos procesos, con la evolución de la sala a lo largo del tiempo, han ido cambiando hasta la actualidad en búsqueda de alcanzar los objetivos y respetar los distintos enfoques que ha tenido la Compañía para el desarrollo de este reservorio con el paso de los años.

La evolución de la Sala de Geonavegación no solo ha dado lugar a la incorporación de nuevos procesos y tecnologías, sino también la incorporación de nuevos actores, tal como fue la incorporación de los Ingenieros de Optimización. La incorporación de nuevas disciplinas en el proceso también trajo asociado el uso de nuevos datos para el análisis, cambiando también las formas de interacción entre todos los involucrados en la perforación de los pozos horizontales.

El paso del tiempo y la incorporación de todo el volumen de información asociado a la gran cantidad de pozos perforados año a año generó la necesidad de rea-

lizar una estandarización de las metodologías de recepción, procesamiento y resguardo de los datos adquiridos y generados. Por parte de Geonavegación se produjo la creación de un repositorio el cual se denominó como “Base de Datos de Geonavegación”. Esta base, permitió visualizar y realizar el análisis, mediante la creación de tableros en plataformas de análisis de datos, de una gran cantidad de métricas que nos ayudan a medir el desempeño y plantear objetivos a futuro.

Si bien actualmente se ha alcanzado un grado de maduración avanzado para la Sala de Geonavegación nos encontramos constantemente en búsqueda de desafiar de los límites de performance. Esto se impulsa mediante el desarrollo de nuevos proyectos que se basan en el análisis del gran volumen de datos que hemos logrado recopilar, procesar y resguardar desde el inicio de la perforación de pozos horizontales en la Fm. Vaca Muerta.

Desarrollo

Ingresando ya puntualmente a la disciplina de geonavegación y como se ha desarrollado la misma en YPF podríamos dividirla en tres fases: Planificación – Ejecución – Procesamiento.

Planificación

En esta etapa de la Geonavegación, previa a la perforación del pozo, se trabaja con los datos brindados por los sectores de Ingeniería y Geología. Estos datos están definidos en base a modelos estáticos y la metodología de intercambio de los mismos hoy por hoy se considera bastante anticuada ya que se realiza de manera manual por encontrarnos con una problemática asociada a la falta de compatibilidad entre los softwares utilizados por las distintas disciplinas.

Se recibe, por parte de Ingeniería, la trayectoria planificada del pozo a perforar. Por otro lado, Geología facilita los pozos de referencia (offset) con sus correspondientes registros, topes y ventana objetivo. También se recibe una grilla que representa el modelo de subsuelo con la estructura esperada correspondiente a la zona donde nos vamos a encontrar perforando el pozo.

Por cada pozo a perforar se genera un proyecto que se encuentra resguardado online en un servidor suministrado por la empresa que brinda el software utilizado para la geonavegación de los pozos. Esto nos permite acceder a los proyectos desde cualquier lugar y desde múltiples usuarios en simultáneo.

Toda la información recibida es cargada en el proyecto generado para el pozo en cuestión y si se observa que la data es consistente y no es necesario realizar ajustes de la trayectoria planificada se comunica la aprobación de la misma.

Como se puede observar, ya en esta primera instancia, tenemos la convergencia de datos desde distintos sectores que van alimentando nuestro proyecto y esto nos permite tener un pantallazo inicial de que es lo que se espera para cuando se inicie la fase de ejecución de la perforación.

Ejecución

Una vez que se inicia la perforación de la fase aislación comienza a trabajarse con un flujo de datos que se inicia desde el pozo hacia la sala a través de las compañías direccionales y sus servidores que transmiten tanto data de MWD (Measure While Drilling) como LWD (Logging While Drilling) en real time. Desde la sala tenemos la posibilidad de conectar nuestro software a los distintos servidores WITSML para iniciar el proceso de transmisión de datos y geonavegación mediante la correlación de los datos de Gamma Ray recibidos contra los del pozo offset. Este análisis no solo involucra los datos de Gamma Ray sino que además tiene en consideración otra gran cantidad de variables como pueden ser datos de Survey, ROP (velocidad de perforación), inclinaciones continuas, seteos de herramientas, etc. El objetivo de este análisis consiste en ir realizando los ajustes de trayectoria que sean necesarios para lograr ubicar la trayectoria del pozo dentro de la ventana objetivo planificada.

En base a la interpretación de los datos recibidos, el Geonavegador debe comunicar los ajustes de trayectoria necesarios a la cabina direccional. El software de geonavegación cuenta con un entorno de programación de Python el cual nos ha sido de gran utilidad y nos ha permitido desarrollar una serie de scripts entre los cuales se encuentra nuestro script de “Proyección a 6 Tiros”. Este script nos permite obtener una tabla que representa la proyección de la ventana de geonavegación definida en base a el último dip interpretado a 6 tiros por delante del último survey adquirido. Esta tabla es enviada vía mail a la cabina direccional para que pueda contar con un “corredor” de referencia para los siguientes 180 metros a perforar buscando mantener la trayectoria dentro del mismo. La aplicación de este script ha permitido estandarizar los formatos y la metodología del envío de proyecciones logrando de esta manera comunicaciones más claras y fluidas. Se considera igualmente que todavía hay lugar para continuar mejorando en este proceso ya que por el momento estas comunicaciones se continúan realizando vía correo electrónico debido a que por el momento no hay manera de vincular directamente nuestro software de geonavegación con los softwares direccionales de las distintas compañías de servicio.

En adición a la data utilizada dentro del software de geonavegación los Geonavegadores utilizamos como soporte otros visualizadores de datos. Estos nos permiten realizar un monitoreo de muchas otras variables recibi-

das desde el pozo a través de otras compañías de adquisición y transmisión de datos. Si bien estos sistemas no son específicos para Geonavegación, fueron incorporados al momento de sumar la figura de Ingeniero de Optimización a la sala. Realmente se considera que poder contar con esos datos y visualizaciones adicionales son de gran ayuda y pueden favorecer el proceso de interpretación realizado por el Geonavegador.

Procesamiento

Una vez que el pozo ha alcanzado su profundidad final comienza la etapa de procesamiento de la data adquirida y generada por parte de Geonavegación.

Contamos, dentro de nuestro proyecto que se encuentra resguardado online, con la recopilación de las variables de interés transmitidas desde el pozo y la interpretación de las mismas. Esto nos ha permitido, gracias al entorno de programación de Python incluido en el software, desarrollar otro script el cual se encarga de hacer un procesamiento adicional de toda esta información y entregarnos una serie de métricas de nuestro interés que son resguardadas en nuestra “base de datos” para su posterior visualización y análisis.

Las métricas arrojadas mediante el script mencionado se combinan con otras variables recopiladas (algunas de estas de manera manual) correspondientes a cada pozo perforado y eso nos ha permitido confeccionar distintos tableros para visualizar y analizar cómo ha sido la evolución de la performance de perforación de los pozos realizados hasta la actualidad por parte de la sala.

Adicional a lo mencionado también se han realizado campañas de interpretación de pozos horizontales perforados previo a la implementación de la sala (Pre Sala). Esto nos ha permitido también establecer comparaciones entre ambas poblaciones de pozos y visualizar que impacto ha tenido la sala en las distintas variables monitoreadas.

El tablero de Geonavegación actualmente constituye una herramienta clave a la hora de medir el desempeño de la sala. La gran cantidad de métricas registradas nos permite saber cuáles son nuestros resultados y nos permite planificar los objetivos de cada año en búsqueda de un proceso de mejora constante.

Cabe destacar que, además de las métricas obtenidas de cada proyecto para la evaluación de nuestra performance, se genera también información adicional que responde a las necesidades de distintos sectores y que se brindan en forma de entregables. Nuestro principal “cliente” es el sector de geología ya que la data que surge de las interpretaciones de geonavegación les permite ajustar sus modelos y de esta manera generar una retroalimentación para una mejora en la planificación de los siguientes pozos a perforar. También se brinda información que es utilizada por otros grupos como son perfora-

ción, geomecánica, estimulación, etc.

Si bien el enfoque de la sala tiene como prioridad el monitoreo en tiempo real de la totalidad de los pozos horizontales perforados por YPF en Vaca Muerta (cuenta actualmente con 14 equipos de perforación activos), en los últimos años se ha estado trabajando adicionalmente en el desarrollo de proyectos basados en el análisis de los datos de Geonavegación. El objetivo de estos proyectos es la búsqueda de nuevas metodologías que permitan obtener mejoras adicionales en la performance tomando como base los datos recibidos durante la perforación de los pozos.

Distintos proyectos como los de “Protocolo de ROP”, “Bandas de Perforabilidad” y “Análisis de Vibraciones” han sido desarrollados y han ido implementando en los últimos años por parte de YPF. El flujo de datos y la metodología para el análisis en todos ellos ha sido bastante similar.

La metodología de base se desarrolla en línea con el concepto de toma de decisiones basadas en datos. Consiste en la recopilación de los datos de poblaciones de pozos que permitan la comparación entre las mismas por presentar similares características, como pueden ser, el área en el que fueron perforados, el nivel objetivo y/o las herramientas utilizadas para su perforación.

Una vez identificados y filtrados los pozos con los que se quiere trabajar se define cuáles son las métricas que se quieren contrastar para el análisis y se desarrolla un script que permita el procesamiento y la extracción de las mismas para su resguardo en nuestra base de datos de geonavegación.

Una vez finalizado el proceso de recopilación y procesamiento, se visualizan los resultados para observar cual ha sido el comportamiento y respuesta en performance en base a la aplicación de la nueva metodología propuesta.

Cabe aclarar que, a medida que se cuenta con una mayor población de datos, mayor confiabilidad y representatividad puede tener el análisis a realizar.

Actualmente estos proyectos están siendo aplicados y nos están permitiendo adquirir mayor cantidad de información para evaluar si los mismos tienen un impacto positivo y para identificar también nuevas oportunidades de mejora.

Resultados

A la hora de realizar un análisis asociado a la evolución de la Geonavegación en YPF podemos identificar en una primera instancia dos variables principales a considerar. Una de estas es el posicionamiento de la trayectoria en la zona objetivo el cual está representado por la métrica de porcentaje fuera de zona vertical (%FZV). Se considera que la misma tiene un impacto sustancial en la performance de la productividad de los pozos. La otra variable para tener en consideración es la velocidad de

perforación representado por la métrica de ROP efectiva en rama lateral. Esta variable tiene un impacto directo en los tiempos y los costos de perforación.

Empezando por el análisis de la métrica de porcentaje fuera de zona vertical (%FZV) se ha podido visualizar como ha sido el impacto de la implementación de la sala de geonavegación a mediados del año 2018. A partir de la implementación de la misma se produce un cambio sustancial pasando de valores del orden del 70% (Pre Sala) a valores posteriores que muestran una mejora constante hasta aproximadamente mediados del año 2020 donde se produce una estabilización en torno al 5%.

Se considera que valores de trayectoria en ventana en torno al 95% son muy buenos resultados y que el hecho de buscar una mejora aun mayor en este índice no sería justificable ya que es posible que tenga un impacto negativo en los tiempos y costos de la perforación sin lograr una mejora considerable en la productividad asociada del pozo.

El hecho de haber logrado porcentajes fuera de zona vertical estabilizados en torno al 5% nos ha permitido en los últimos años comenzar a cambiar el foco de la Geonavegación, pasando a una búsqueda de mejora en cuanto a los tiempos y costos de perforación.

La variable en la que se considera que Geonavegación puede generar un impacto positivo actualmente es la ROP Efectiva en rama lateral. En base a los datos que podemos visualizar en nuestro tablero a partir de la implementación de la sala, se observa una mejora gradual y constante de la misma, logrando un incremento del 100% si se compara los valores previos a mediados del 2018 y los valores que se observan prácticamente estabilizados a partir de mediados del 2021.

Si bien en los últimos años los valores de ROP efectiva se observan estabilizados se considera que aún queda mucho margen para continuar mejorando en relación con las velocidades de perforación. La mayor parte de los proyectos que se encuentran actualmente en desarrollo por parte de Geonavegación se encuentran orientados a buscar una mejora en la misma.

Otro de los aspectos en los cuales se considera que la Geonavegación ha logrado tener un impacto muy positivo, es en el ajuste de la planificación de las nuevas trayectorias, teniendo esto asociado principalmente una mejora en la performance de perforación de las curvas hasta el Landing Point.

Se puede apreciar lo mencionado tanto en la reducción de la cantidad de aterrizajes fuera de la ventana con el paso del tiempo (pasando de valores del 40% previo a la sala a valores de 5% en la actualidad), como también en la disminución de la incertidumbre correspondiente a la planificación de las trayectorias luego de haber perforado el primer pozo del PAD. Esto se ha logrado gracias a una retroalimentación entre Geonavegación, Geología e Ingeniería que permite el ajuste del modelo estático de Geología con los modelos de Geonavegación y derivando en un mejor ajuste de las profundidades objetivo y por lo tanto en una mejor planificación de trayectorias que durante su ejecución solo deben sufrir ajustes de menor magnitud.

Conclusiones

El repaso de la evolución de la Geonavegación en los pozos horizontales de YPF en la Fm. Vaca Muerta nos ha permitido llegar a una serie de conclusiones:

La Geonavegación tiene asociado un flujo de datos constante y bidireccional entre múltiples disciplinas dando lugar a un proceso fundamental de retroalimentación en búsqueda de la optimización de la performance de la perforación de los pozos.

Para una correcta administración e interpretación de los datos se considera clave contar con un software que permita tanto una importación como una exportación de datos fluida, que permita el trabajo desde un repositorio online de manera de encontrarse disponible a múltiples usuarios y que los mismos puedan trabajar en simultaneo en un mismo proyecto.

Al trabajar con un gran volumen de datos se considera de gran importancia unificar las metodologías de trabajo entre la totalidad de los involucrados en el proceso y de esta manera estandarizar la información para su correcto análisis.

La posibilidad de contar con un entorno de programación de Python dentro del software de trabajo se considera una gran ventaja ya que facilita mucho el correcto procesamiento de la información por parte del personal que no se encuentra especializado en programación. Esto también permite desarrollar herramientas que respondan a necesidades puntuales de los usuarios con mayor facilidad.

Contar con una base de datos completa abarcando la totalidad de los pozos horizontales de YPF a la Fm. Vaca Muerta se considera de gran valor para la toma de decisiones y el planteo de objetivos no solo por parte de Geonavegación sino para múltiples usuarios que utilizan estos datos para sus propios análisis.

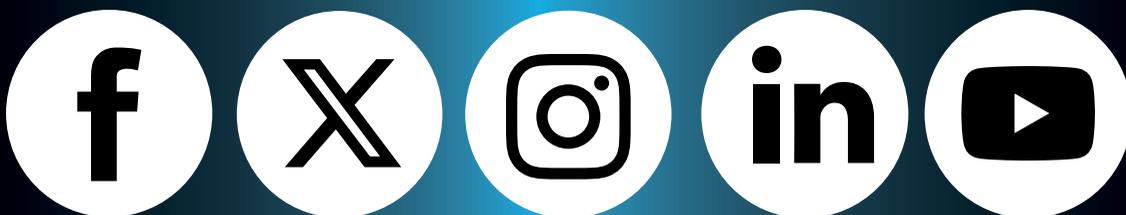
Se considera que queda mucho margen para continuar mejorando e implementando el análisis de datos y nuevas tecnologías en nuestros procesos, que en combinación con el gran volumen de datos con el que cuenta YPF gracias a sus más de mil pozos horizontales perforados en la Fm. Vaca Muerta, pueden dar lugar al desarrollo de nuevas formas de trabajo que impacten positivamente en la performance de los pozos logrando cumplir de esta manera con el proceso de mejora continua.

Entre los puntos de mejora identificados se considera que es necesario una mejor integración de los distintos datos obtenidos y/o generados por las distintas disciplinas dentro de YPF mediante una base de datos unificada.

Es necesario también trabajar en la implementación de softwares que permitan un mejor intercambio de datos entre las distintas disciplinas facilitando de esta manera el intercambio de información y retroalimentación entre los distintos sectores de la compañía.

Se considera que el gran volumen de datos asociado a la gran cantidad de pozos perforados e interpretados por la sala de Geonavegación representan una gran oportunidad para la implementación y entrenamiento de inteligencia artificial que dé lugar a la automatización de ciertos procesos dentro de la Geonavegación.

Seguinos en nuestras redes



INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETROLEO Y DEL GAS

www.iapg.org.ar