



Glossario

Geomecánica Petrolera

Por: Edmundo E. Ramírez López

edmundomundoramirez1124@gmail.com

La geomecánica, es el estudio, de como se deforman los suelos y las rocas, hasta terminar a veces en su falla, en respuesta, a los cambios de esfuerzos, presión, temperatura y otros parámetros ambientales.

La geomecánica, es una ciencia relativamente joven y más joven aún, en cuanto a su aplicación en la industria del petróleo y el gas. Sin embargo, es aplicable, a casi todos los aspectos de la extracción del petróleo, desde la exploración, hasta la producción y el abandono de los pozos, y a través de todas las escalas, desde una escala tan pequeña, como la acción de los cortadores individuales, de una mecha de perforación PDC (un compuesto policristalino de diamantes), pasando por las operaciones de perforación . cañoneo de pozos, hasta una escala tan grande como la del modelado de cuencas y campos petroleros.

En los últimos 30 años, la geomecánica, ha pasado a desempeñar, un rol cada vez más importante en las operaciones de perforación, completación y producción de pozos. Y esta tendencia continua, conforme los operadores, buscan producir petróleo y gas de lutitas, en las que la anisotropía mecánica, es decir, la variación de las propiedades Mecánicas, con la orientación, desempeña un rol vital.

A escala de pozo, la geomecánica resulta esencial, para comprender cómo las mechas de perforación , remueven las rocas , para caracterizar la estabilidad de los pozos, predecir la estabilidad de los túneles en los cañoneos y diseñar y monitorear los programas de estimulación, por fracturamiento hidráulico. A escala de yacimiento, la geomecánica, ayuda a modelar el movimiento de los fluidos y a predecir cómo la remoción o la inyección de fluidos, produce cambios en la permeabilidad, la presión y los esfuerzos locales de las rocas, que pueden generar efectos significativos, en el rendimiento de los yacimientos. Los ingenieros utilizan el modelado geomecánico, con el fin de pronosticar y cuantificar estos efectos, para las decisiones adoptadas durante toda la vida productiva de los yacimientos, tales como el posicionamiento y la completación de pozos nuevos, el mejoramiento y la continuidad de la producción, la minimización de los riesgos y la implementación de nuevas inversiones.

La selección del tipo y el diseño correctos de la mecha, para optimizar la velocidad de penetración y la vida útil de la misma , es vital para la perforación de pozos económicamente efectivos. La geomecánica de la destrucción de las rocas, situadas por debajo de la mecha es complejo, debido a los altos índices de

deformación y las elevadas temperaturas, los múltiples mecanismos de deformación y las interacciones entre la mecha, el fluido de perforación y la formación.

Diversos enfoques especiales han sido adoptados, para comprender y mejorar el rendimiento de las mechas, y desde la década de 1960, se utilizan métodos de interpretación, tales como el de la energía específica mecánica; es decir, la energía utilizada, para remover una unidad de volumen de roca, con el fin de relacionar el rendimiento de la perforación, con la resistencia de las rocas.

Los avances registrados recientemente, en los métodos de investigación relacionados con la geomecánica, están comenzando a revelar con mayor detalle los factores, tales como el equilibrio entre la trituración, la desagregación y la fisuración por fragilidad o astillado, que controlan las cargas ejercidas sobre el cortador, su comportamiento en términos de desgaste y la naturaleza de los detritos rocosos.

La geomecánica, también desempeña un rol importante, en la comprensión de la estabilidad y la integridad del pozo, durante la perforación. El pozo en sí y la presión del fluido de perforación, inducen cambios en el estado de los esfuerzos o en la roca. Como resultado, la roca que rodea el pozo, puede fallar, si los esfuerzos redistribuidos, superan la resistencia de la roca.

La fisuración por tracción, se produce, si la presión del fluido de perforación, se torna demasiado alta y genera tensión en la pared del pozo. Las ovalizaciones por ruptura de la pared del pozo, que ocurren si la presión desciende mucho, son regiones de ensanchamientos en los lados opuestos de un pozo, en los que se ha producido fisuración y la roca fracturada, ha sido removida con la mecha de perforación, los estabilizadores o el fluido del lodo de perforación.

Estas fallas, pueden producir problemas de atascamiento, pérdida de circulación y otros problemas en la perforación, pero también pueden constituir una fuente de información valiosa, acerca de las magnitudes y la orientación de los esfuerzos.

Mediante el cómputo de los cambios de esfuerzos, producidos alrededor de un pozo planificado y su comparación, con la resistencia de la roca, los ingenieros pueden generar un programa de densidad del lodo para el pozo. Normalmente, la densidad del lodo, debe ser suficientemente alta como para suprimir la falla por cizalladura y el influjo de fluidos y suficientemente baja, como para evitar la falla por tracción y la pérdida de circulación. Si bien existen técnicas matemáticas establecidas, para calcular los criterios de fallas y esfuerzos, que se aplican en forma rutinaria, las vinculaciones entre la falla de la roca y los problemas de perforación, no están tan bien establecidas. Por otra parte, algunos otros modos de falla, tales como la falla del plano de estratificación, aún no pueden predecirse de manera confiable. En consecuencia, para el control efectivo de la estabilidad del pozo, especialmente a lo largo de trayectorias desafiantes, se necesita el monitoreo, en tiempo real, de las condiciones del pozo y la predicción, previa a la perforación, del programa de presión de lodo requerido.

Un desafío para el modelado y las predicciones geomecánicas, es la disponibilidad de datos de entrada, principalmente la resistencia de la roca y los

esfuerzos locales. La resistencia de la roca ,es fácil de medir en muestras de núcleos, en el laboratorio, pero el proceso requiere mucho tiempo y es costoso, y los resultados generalmente sirven ,para los pozos futuros, pero no para el pozo en el que se trabaja en ese momento. En consecuencia, se invierte un esfuerzo considerable, en la derivación de los valores de resistencia de las rocas, a partir de datos LWD, datos sísmicos y datos adquiridos con herramientas operadas con cable. La menor precisión, se compensa con una cobertura espacial a lo largo del pozo, mayor que la cobertura disponible con los datos de núcleos.

Estos datos se interpolan o se extrapolan, para cubrir las secciones de interés de los pozos nuevo ,o se utilizan para mejorar las predicciones, para el pozo en el que se trabaja en ese momento. Los mismos datos, pueden utilizarse además en los modelos geológicos de la historia de los modelos geológicos para construir perfiles verticales de los esfuerzos locales, que luego se comparan y se calibran con las mediciones de esfuerzos discretos de un pozo. Más recientemente, las herramientas sísmicas de avanzada han permitido la estimación de la resistencia de la roca y de algunos componentes de los esfuerzos locales como datos de entrada para los modelos geomecánicos.

Los eventos tales como la sismicidad inducida, registrada en la década de 1970, en el campo Rangely, de Colorado, EUA, y la compactación y posterior subsidencia acaecidos en la década de 1980 ,en el campo Ekofisk del Mar del Norte, en el área marina de Noruega, ayudaron a los ingenieros, a percatarse del rol desempeñado por la geomecánica, a escala de yacimiento. Ahora, el examen de los cambios geomecánicos, a esta escala se ha vuelto rutinario, gracias al desarrollo de los programas de análisis por el método de elementos finitos, que han sido optimizados, para las estructuras geológicas y el comportamiento mecánico de las rocas.

Los tratamientos de estimulación por fracturamiento hidráulico, una de las primeras aplicaciones en la utilización de métodos geomecánicas, en el campo petrolero, sigue siendo un área de desarrollo importante. La explotación de los yacimientos de lutitas, ha producido un incremento del interés en la anisotropía mecánica de las rocas, que no fue ampliamente apreciada,, sino hasta hace poco

A fin de formular predicciones mejoradas de la geometría y el crecimiento de las fracturas, los modelos de esfuerzos y resistencia y las interpretaciones de las mediciones sísmicas y de resistividad ,debían ser modificados para dar cuenta de la anisotropía. Y los avances introducidos en las herramientas de adquisición de registros sísmicos y en las técnicas de interpretación lo han hecho posible.

Una característica común a todas estas áreas, es el modelo mecánico del subsuelo (MEM), que constituye una recolección de los datos necesarios, para efectuar predicciones cuantitativas y cualitativas del ambiente geomecánico del subsuelo. Estos datos incluyen los esfuerzos presentes en el subsuelo, la presión de poros, las propiedades elásticas, la resistencia y la estructura de las rocas, y datos no numéricos, tales como la presencia de un intenso fracturamiento natural. Un modelo MEM puede ser simple o complejo, grande o pequeño, y 1D, 2D, 3D o

4D —las tres dimensiones espaciales más el tiempo— según la complejidad del campo y los fenómenos de interés. El rasgo característico, más importante de un modelo MEM, es que sus datos se relacionan con las rocas, que están siendo perforadas, fracturadas o afectadas de otro modo por las operaciones de campo, más que por un pozo en particular o un conjunto de pozos. Una segunda característica, es que ha sido diseñado para ser actualizado, a medida que se dispone de nuevos datos provenientes de las operaciones en curso. Las fuentes de datos, para un modelo MEM, comprenden cualquier fuente que proporcione información sobre el comportamiento mecánico y el comportamiento de los esfuerzos e incluyen registros LWD y registros adquiridos con herramientas operadas con cable, núcleos, desmoronamientos y recortes, la geología regional y todo tipo de sismicidad.

Los desafíos actuales para la geomecánica son, entre otros, el mejoramiento de los siguientes elementos:

- las fuentes de datos para la predicción de las propiedades de las rocas y los esfuerzos locales
- la utilización de la información anisotrópica, para la predicción de la deformación durante la explotación de los recursos no convencionales
- el tratamiento de los desplazamientos de las fallas y las fracturas en los modelos numéricos.

Además de ayudar a mejorar la aplicación de la geomecánica en los diversos sectores de la industria, los ingenieros deben comprender mejor las relaciones existentes entre la falla de la roca y las fallas operacionales, para los problemas de inestabilidad de los pozos y producción de arena.

La geomecánica en el campo petrolero, ha recorrido un largo camino desde sus inicios, como un accesorio de la adquisición de registros sísmicos.

Hoy es reconocida como una parte importante, de casi todos los aspectos de la extracción de petróleo y ha sido crucial para el mejoramiento de la eficiencia y la reducción de costos. La aplicación de la geomecánica en nuevos tipos de yacimientos y en yacimientos maduros, y su integración en los flujos de trabajo de los operadores, junto con la introducción de nuevas mediciones y técnicas, garantizará la continuidad de su rol en la industria.

A partir de ahora, su impacto operacional será cada vez mayor.

La aplicación de la geomecánica, para la revitalización de los campos maduros, es imperativo e incidirá en actividades, tales como la perforación de pozos interespaciados,, la mitigación de la compactación y el refracturamiento.

❖ **Referencias**

- **La geomecánica :John Cook, Asesor Científico**

