

GeoMecánica en el Yacimiento RAMOS

Martín Paris (Baker Atlas)
Christian Hofmann (Pluspetrol)

Un estudio geomecánico comúnmente implica los siguientes pasos:

1. **Cuantificar las variables** (Propiedades Mecánicas “Estáticas”, Presión Poral, coherencia, direcciones y magnitudes del Stress actual al que esta sometida la formación).
2. Identificación del “**método de rotura o inestabilidad**”, que afecta a las paredes del pozo.
3. Generación de un **Modelo** Geomecánico.
4. **Prognosis** (en este caso hallar una ventana de lodo “segura” en función de diferentes direcciones de perforación).

Ya que la prognosis es función directa del modelo generado, dicho modelo debería “validarse” de alguna manera, para minimizar el margen de error en la misma. Esto no siempre es posible ya que esta **validación** debe realizarse **contra datos “reales”**.

El modelo geomecánico generado para la F Huamampampa en el yacimiento Ramos predice que, debido al campo de stress al que esta sometida la formación hoy en día, **un pozo horizontal es mas estable que un pozo vertical** (perforados ambos en condiciones similares).

Esta predicción, que en principio puede parecer sorprendente, fue corroborada con imágenes de un pozo piloto (vertical) y de un side track horizontal.

Otro punto clave es la identificación del **método de rotura**. Mientras que en la F Huamampampa la inestabilidad esta dada por **Breakout**, la F Los Monos muestra una gran inestabilidad durante la perforación, pero en este caso es debida a **Keyseat**. Este fue claramente identificado con calibres de pozo (seis radios independientemente articulados). En este escenario elevar la densidad de lodo no es una estrategia correcta.

F Huamampampa: La importancia de “validar” un modelo.

La F **Huamampampa** (principal reservorio de gas del **Yacimiento Ramos**) fue investigada en el POZO 1 mediante un pozo piloto (vertical) y un side track (horizontal hacia el sur).

Las imágenes acústicas del pozo piloto revelan que el mecanismo predominante de inestabilidad es el **Breakout**.

El **Breakout** es un tipo de rotura que se produce en las paredes del pozo debida a diferencias de stress in situ. La figura N° 1 muestra un ejemplo de breakout generado en

laboratorio. Observar que la dirección del breakout indica la dirección del mínimo stress horizontal actual (Sh). Esto último es valido solo para pozos verticales.

Puede observarse en la figura N° 3, en el pozo piloto un breakout continuo de un ancho que varía entre 57° y 40° (El mismo se ve en la imagen como dos franjas oscuras equidistantes, una en el centro de la imagen, la otra en los bordes).

Una forma adecuada de ver la información en Geomecánica es mediante diagramas que muestren todas las direcciones de perforación. En la figura N° 2 se consideran todas las posibles direcciones de perforación; un pozo vertical se encuentra en el centro del gráfico, mientras que en los bordes del mismo se encuentran los pozos horizontales; teniendo todas las posibles inclinaciones de pozo dentro del gráfico. En el borde exterior del gráfico se encuentran los azimut para el sondeo, representando al norte con cero grados.

El **Modelo de Stress** resultante del análisis del pozo piloto es de tipo “**Transcurrente**” en el cual **SH** (Máximo Stress Horizontal) > **SV** (Stress Vertical u Overburden) > **Sh** (Mínimo Stress Horizontal).

En la **Figura N° 3 el diagrama de Ancho de Breakout** muestra que para pozos verticales el breakout tendrá un ancho superior a 40° y a medida que los pozos tengan mayor inclinación el breakout disminuirá, siendo inexistente en pozos subhorizontales.

En otras palabras, el modelo predice que, es este campo de esfuerzos, pozos horizontales perforados con similar densidad de lodo que pozos verticales, desarrollaran un menor grado de inestabilidad por breakout. El hecho de que **pozos verticales puedan ser menos estables que pozos horizontales**, puede parecer sorprendente en principio.

Sin embargo en la imagen acústica del pozo horizontal (ver figura N° 3 / Pozo 1 –Side Track), se observa claramente que a medida que el mismo aumenta su inclinación (se consigna en las figuras inclinación y azimut del pozo), el ancho del Breakout decrece, siendo en la práctica nula la inestabilidad por breakout en la sección horizontal (la zona oscura del borde de la imagen se debe a descentralización de la herramienta).

En conclusión, la “validación” del Modelo resultó de utilidad para encarar la etapa de la prognosis (con el objetivo de final de perforar un nuevo side track), con mayor certidumbre.

F Los Monos: Definición del Método de Rotura.

La **F Los Monos** (sección de shales y limolitas suprayacente a la F Huamampampa), tradicionalmente ha sido difícil de perforar (sobrepresión en algunos yacimientos, aprisionamientos, arrastre al sacar el BHA).

En esta formación no se cuenta con imágenes de pozo. Del estudio en varios pozos de calibres orientados (provenientes del Hexdip) pudo definirse el mecanismo de inestabilidad.

La correcta geometría del pozo solo pudo ser definida a partir **de seis radios medidos por brazos independientemente articulados y orientados** (provenientes del Hexdip). En las secciones de pozo generadas se definió claramente que el mecanismo de rotura es el **Keyseat**.

El Keyseat esta definido por un hoyo generado por el trepano y otro hoyo de menor diámetro y adyacente al anterior generado por las barras de sondeo. El hoyo menor esta, lógicamente, en el lado bajo del pozo (ver figura N° 4).

Esta geometría de rotura (keyseat) es la causa probable del arrastre al sacar la sarta (ya que el trepano tiende a apoyar en el lado bajo del pozo, donde se encuentra el hoyo menor) y de aprisionamientos (del trepano en el hoyo menor).

En la figura N° 5 se observan secciones de pozo de la F Los Monos. Observar en los Pozos 2 y 3 que el Keyseat se orienta hacia el lado bajo del pozo, incluso cuando ambos pozos que van en su sección superior hacia el este, giran orientándose hacia el oeste el keyseat también rota.

La sección estudiada del Pozo 2 fue perforada con una densidad de lodo de 1450 g/l y el Pozo 3 con 1500 gr/l. El Pozo 4 muestra mejores calibres, habiendo sido perforado, paradójicamente, con una densidad menor (1340 g/l). Si bien el Pozo 4 fue perforado con VertiTrack, por lo cual no es directamente comparable a los anteriores, se concluyo que usar una densidad alta de lodo no mejora en este yacimiento la estabilidad de las paredes del pozo.

En este escenario (ver figura N° 6), elevar la densidad de lodo para mejorar los calibres de pozo es contraproducente, ya que disminuye el la tasa de avance. Para mejorar el ROP se incrementa el WOB, con lo cual se genera un mayor Keyseat.

Borehole Breakout - Observation in Lab

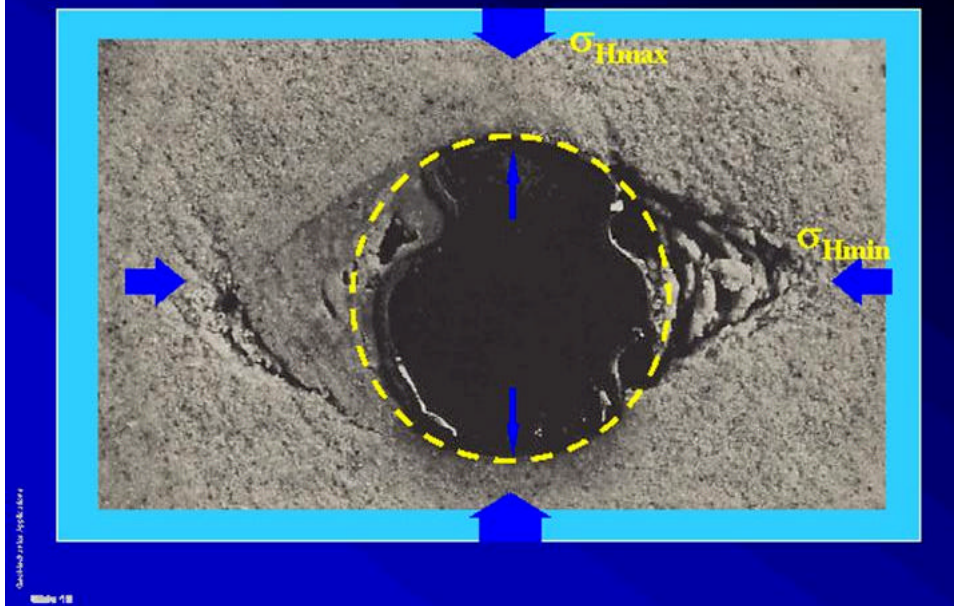


Figura N° 1

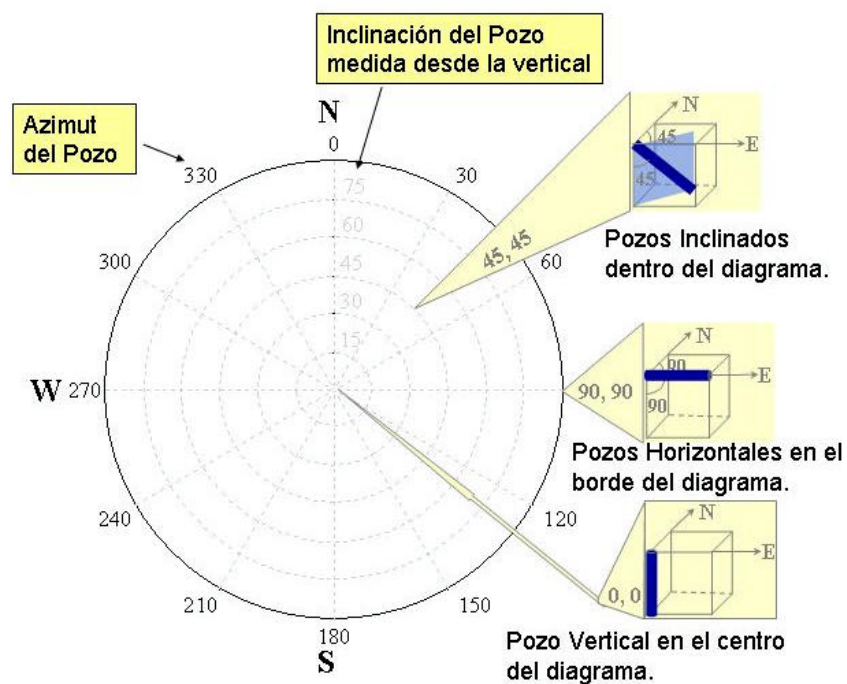


Figura N° 2

POZO 1 (Piloto)



POZO 1 (Side Track)

Tramo Inclinado

Tramo Horizontal



55°/194°

64°/190°



90°/192°

87°/195°

Ancho de Breakout

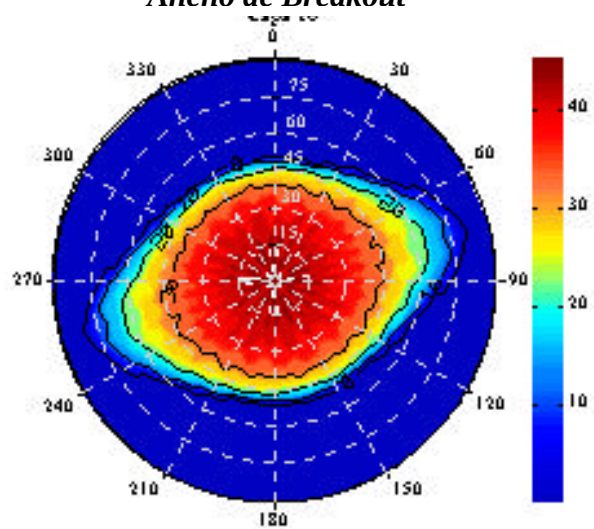


Figura N° 3

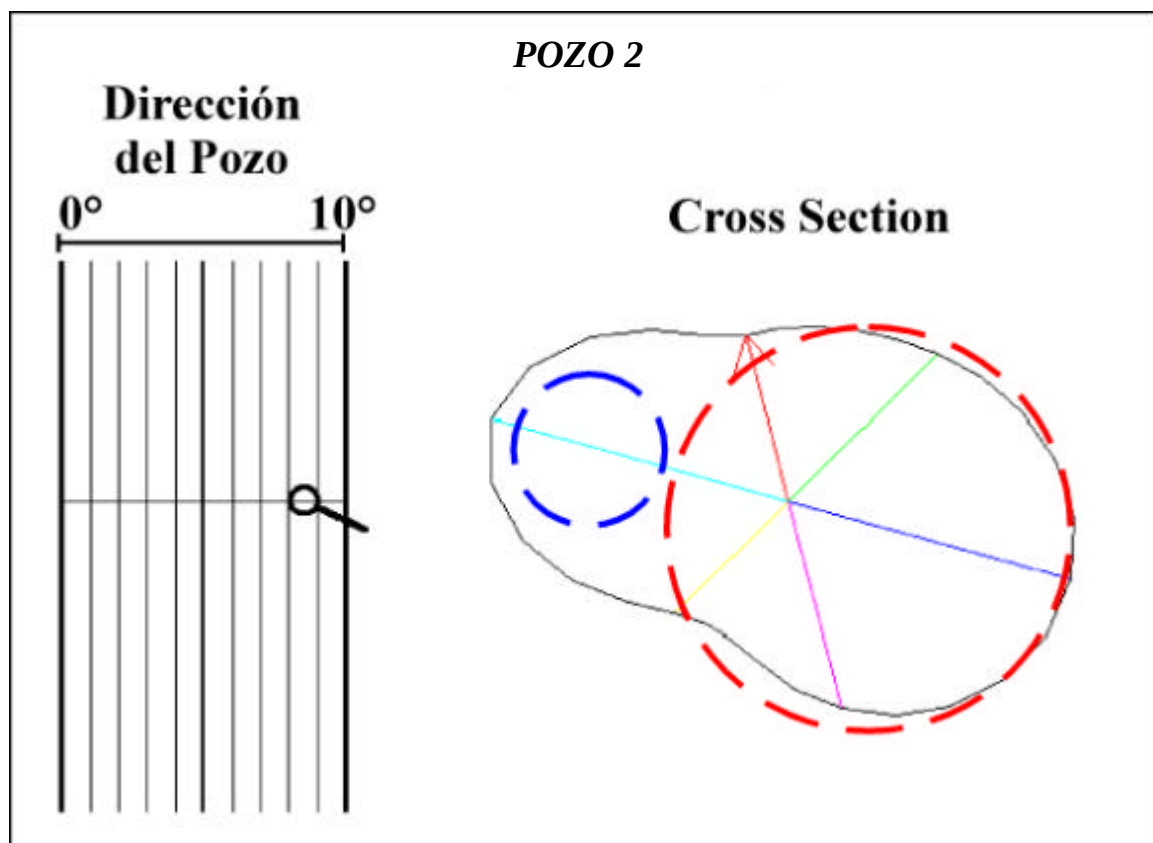


Figura N° 4



Figura N° 6

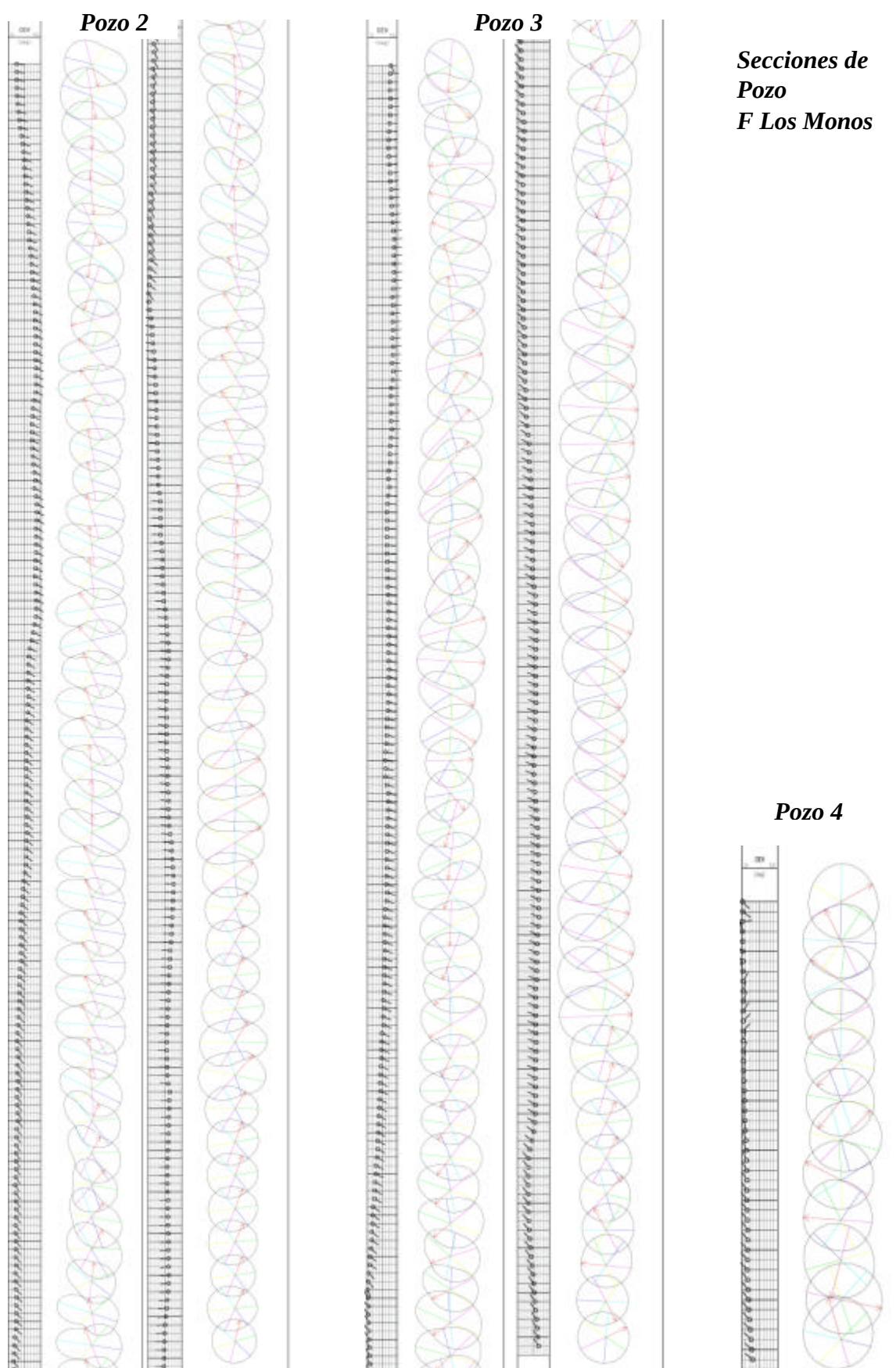


Figura N° 5