

SIMULADOR DE PERFORACIÓN THE WOODLANDS, TEXAS

Evaluación de Muestras de la Formación Tarija



AGENDA DE LA PRESENTACIÓN

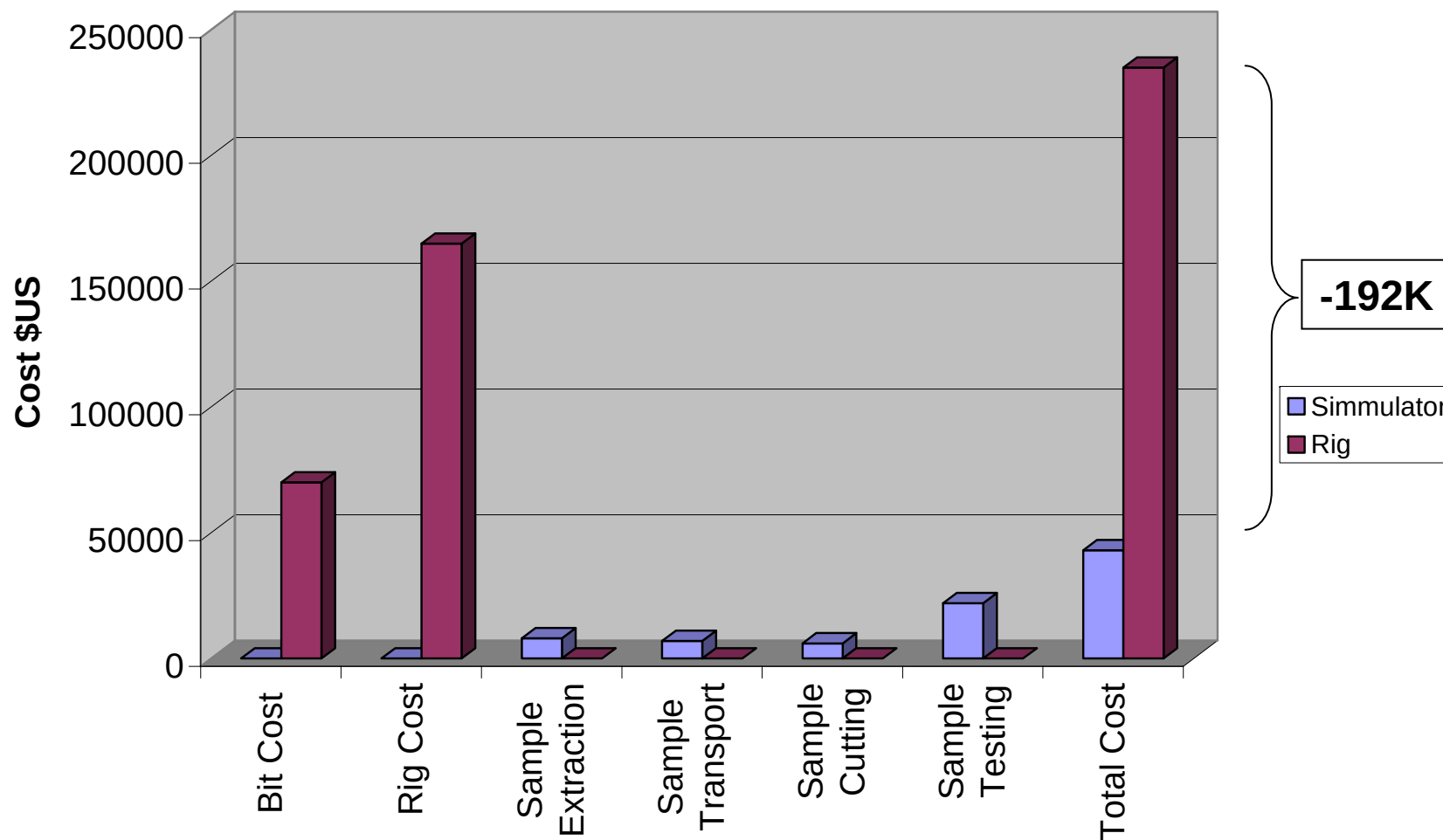
1. Objetivos de la prueba del simulador
2. Síntomas de ineficiencia de la perforación de la formación Tarija
3. Descripción del laboratorio de pruebas de Hughes Christensen
4. Descripción del simulador de compresión
5. Obtención de muestras en Bolivia
6. Propiedades mineralógicas de las muestras
7. Resultados de la pruebas bajo compresión con trépanos de insertos
8. Evaluación de Resultados
9. Conclusiones y Recomendaciones

OBJETIVOS DE LAS PRUEBAS

- Reducción de costos asociados a pruebas en el campo
- Comportamiento de diferentes estructuras de corte en diamictitas
- Energía mecánica específica (MSE) de perforación
- Perfil de huella en el fondo
- Disfunciones asociadas a las propiedades de la roca
- Conocimiento para diseñar nuevas estructuras de corte
- Proyecto ejecutado con la ayuda de REPSOL-YPF

COSTOS ASOCIADOS

Field vs. Lab Cost Comparison



COMPORTAMIENTO DE TRÉPANOS

- Baja eficiencia = Baja ROP = Costos altos de perforación
- Desgastes OC y TR
- Poca duración de horas (mayor cantidad viajes) = Costos altos de perforación
- Alto MSE (Energía Mecánica Especifica)
- Vibraciones de Trépano y BHA
- Dificultad en encontrar punto de optimización

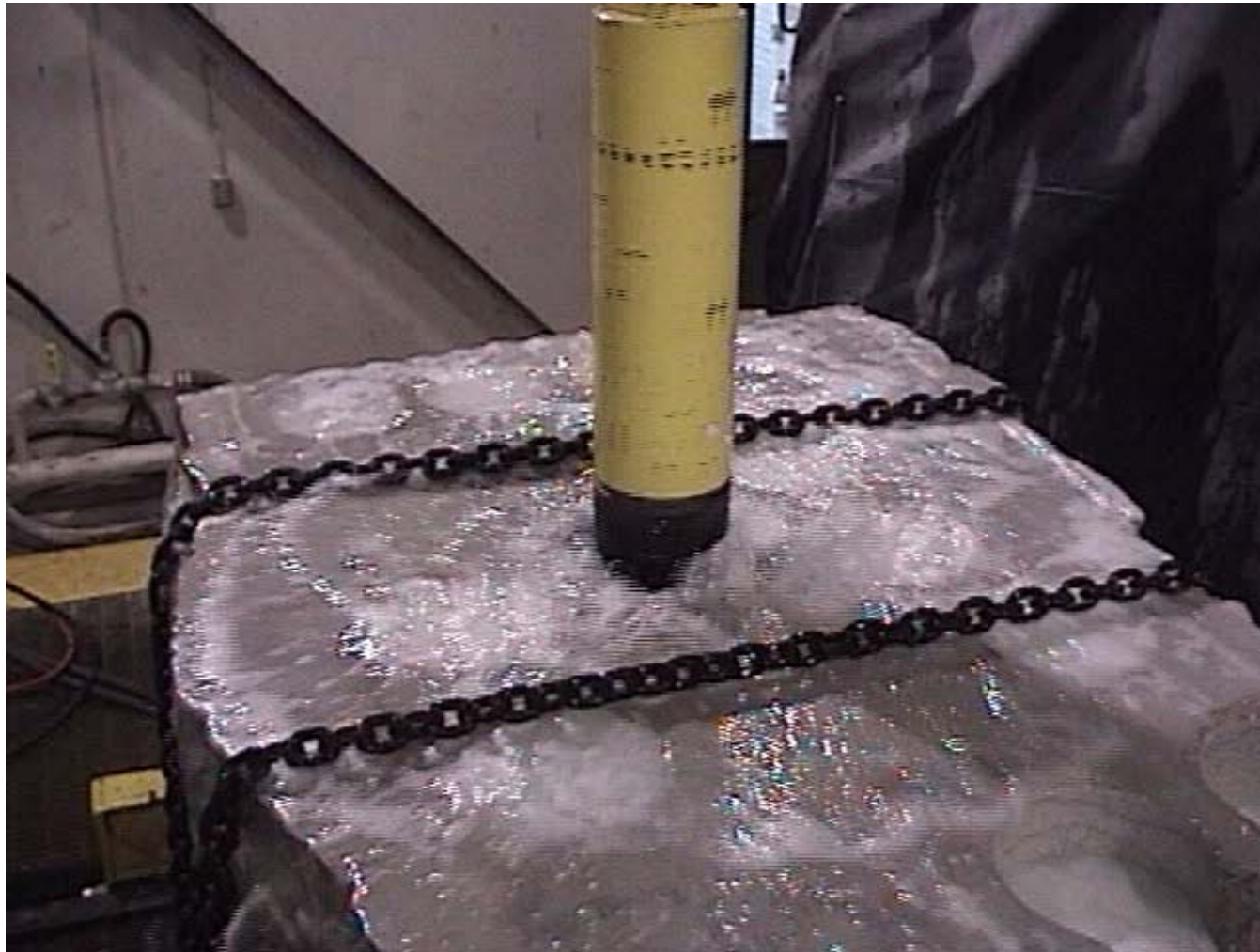
VIBRACIÓN LATERAL

- Puede ser generado por varios componentes
- Interacción de la roca-trépano-parámetros
- Desbalance de componentes del BHA
- Calibre deteriorado (pozo ensanchado)
- **Rotación fuera de centro**
- Golpes laterales en reversa o hacia delante (whirl)
- Difícil de ver en superficie



VIBRACIÓN LATERAL

- Prueba en laboratorio de perforación
- Prueba de estabilidad bajo condiciones atmosféricas



VIBRACIÓN AXIAL

- Interacción roca-trépano (común con trépanos de dientes e insertos)
- Puede ser generado a raíz de otro tipo de vibración
- Se puede detectar en superficie
- En casos extremos el trépano salta en el fondo



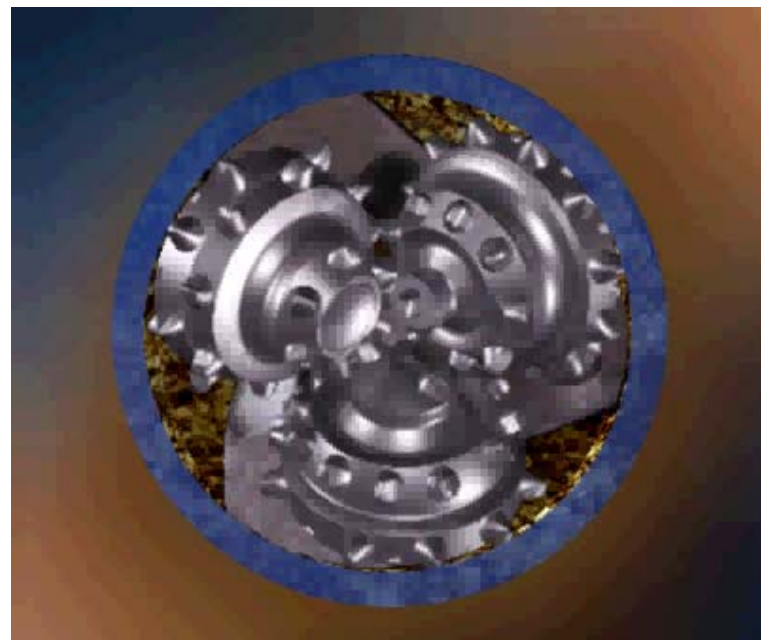
VIBRACIÓN TORSIONAL

- Intercalaciones con variación
- Parámetros de perforación (bajas RPM y alto WOB)
- En casos extremos el trépano o BHA puede desenroscarse o romperse
- Carga de energía se disipa de golpe
- Condición conocida como Stick-Slip



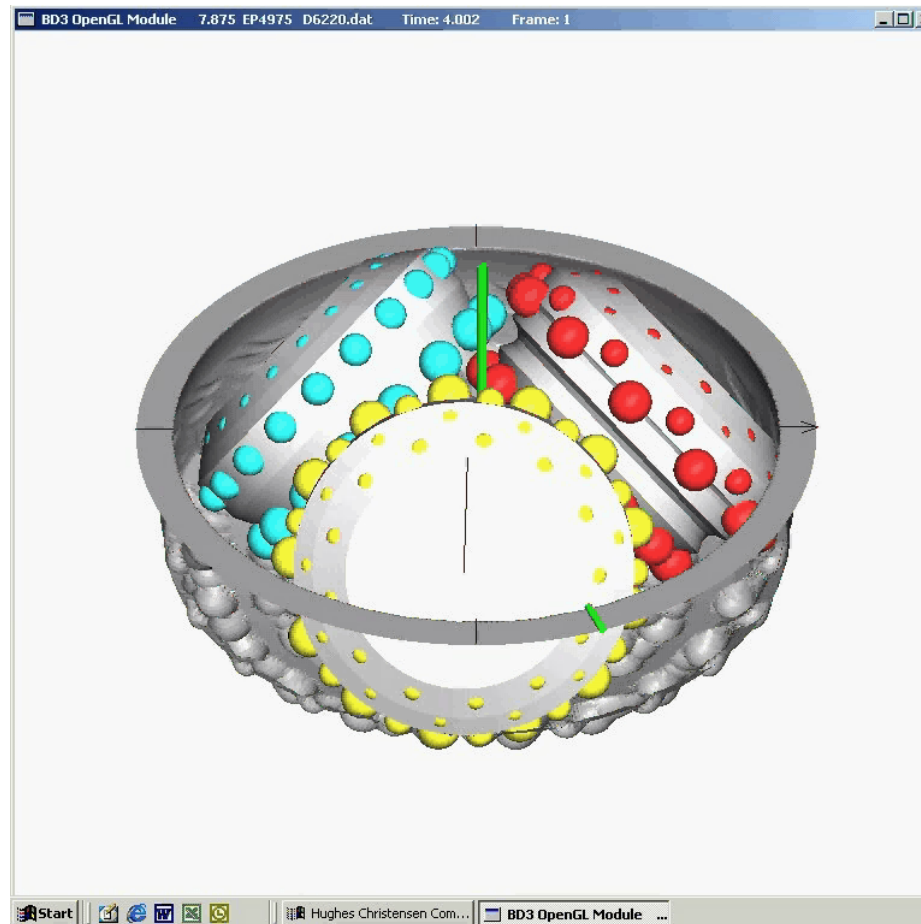
ROTACIÓN FUERA DE CENTRO

- Interacción roca-trépano
- Pobre estabilidad lateral del trépano (Diseño del BHA)
- Altas RPM
- Creación de surcos (canales) en el fondo
- Ineficiencia = Baja ROP = Carreras Cortas = Desgaste severo de los trépanos
- Puede estar asociado a vibraciones y desbalance generado por el BHA
- Diseño del trépano (estructura de corte)



ROTACIÓN FUERA DE CENTRO

- Simulación de trépano en modo OC (rotación fuera de centro)
- Movimiento es mas sutil de lo que parece
- Genera canales (carriles de apoyo) y desgasta cuerpo del cono



SINTOMAS: ROTACIÓN FUERA DE CENTRO

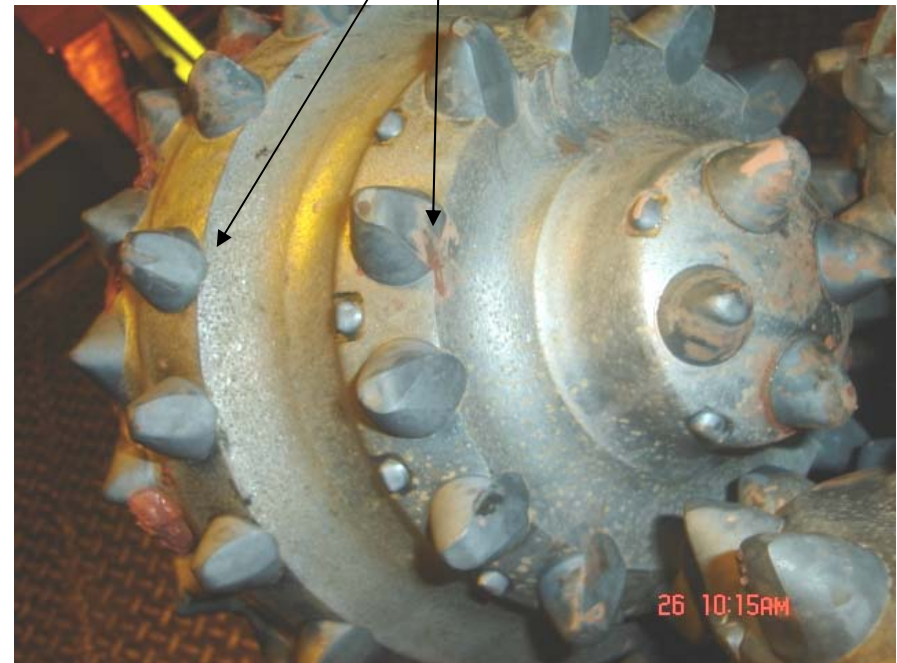
- Desgaste concentrado entre las hileras de los insertos
- Puede llevar a problemas mas serios como perdidas de conos



Nuevo

Después de la Carrera

Off-Center



SINTOMAS: ROTACIÓN FUERA DE CENTRO

- Casos mas severos en zonas de diamictita muy inestable
- El desgaste de las patas del trépano muestran el cono de mayor acción



Nuevo

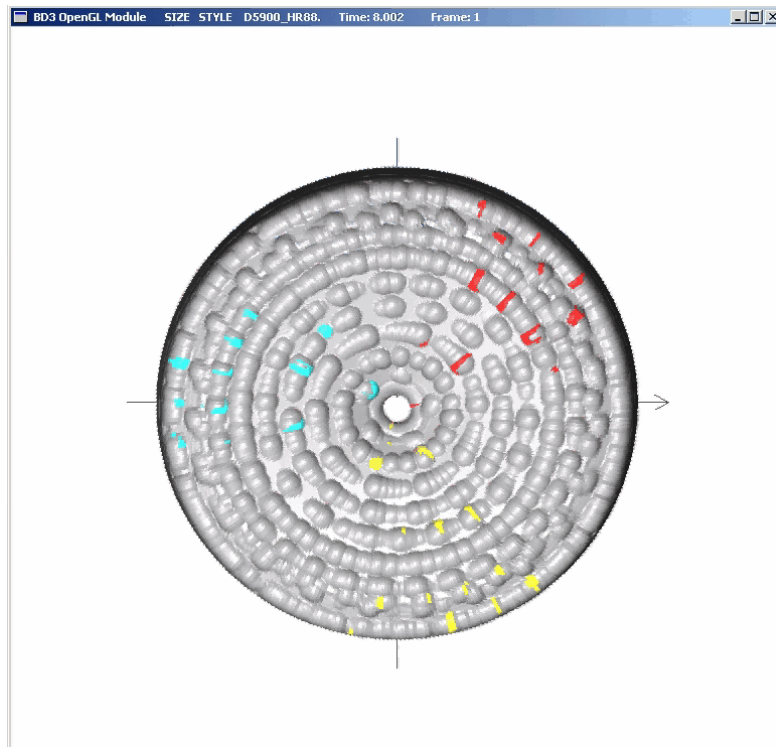
**Después de la Carrera
Off-Center = Perdida de Nariz**



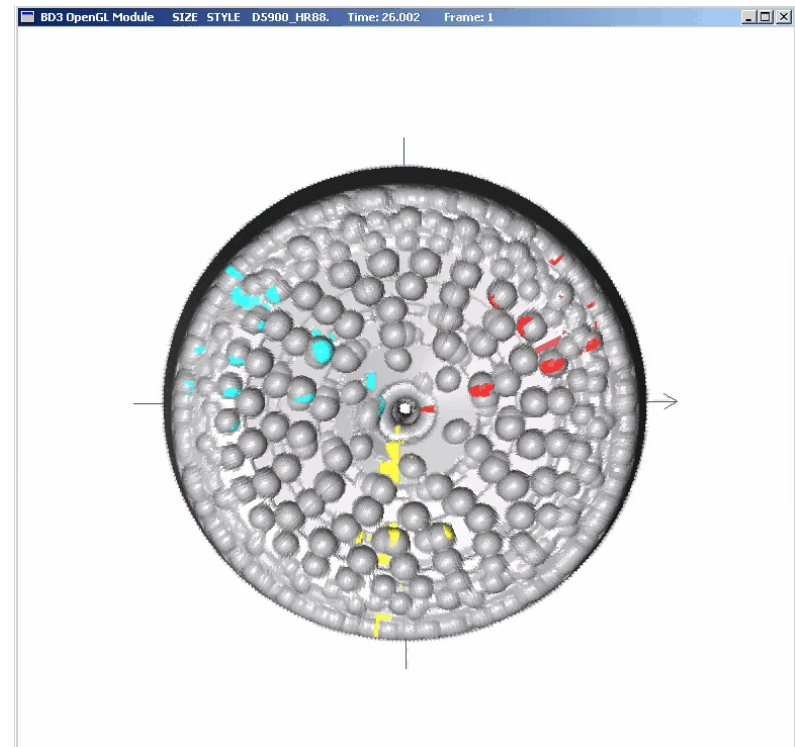
TRACKING

- Simulación de trépano en modo tracking
- No tiene cobertura total del fondo de pozo
- Insertos caen en el mismo lugar que antecesor = Ineficiencia
- Puede estar ligado a otro modo de desgaste como OC

Sin Tracking



Tracking



SINTOMAS: TRACKING

- Desgaste entre insertos con marcas visbles
- Autoafilado de insertos en punta (desgaste en los costados de los insertros)

Marcas entre insertos



MSE = ENERGÍA MECÁNICA ESPECÍFICA

- Puede ser usado como índice de Eficiencia
- Difícil de medir en el campo (control sobre condiciones de fondo)
- Requiere de instrumentos de medición cercana al trépano
- Aumenta WOB = Aumenta MSE
- Aumenta RPM = Aumenta MSE
- Aumenta TQ = Aumenta MSE
- Disminuye ROP = Aumenta MSE
- Eficiencia = $1 = \text{MSE} / \text{UCS}$

Torque (@ bit):

$$T = u * \frac{\text{WOB} * \text{Hole D.}}{36}$$

PDC: $u = 0.5 - 1.0$

Tricone: $u = 0.2$

$$\text{MSE} = \frac{1.27 \times \text{WOB (lbs)} + \frac{480 \times \text{RPM} \times \text{TRQ (ft-lbs)}}{\text{ROP (ft/hr)}}}{\text{Hole D. (in)}}$$

LABORATORIO DE PERFORACIÓN

The Woodlands, texas



LABORATORIO DE PERFORACIÓN

The Woodlands, texas



- Equipo de perforación con cámara de compresión
- Simula condiciones de fondo hasta 6700m
- Se pueden probar todo tipo de formaciones bajo condiciones controladas
- Análisis de parámetros
- Sensores miden comportamiento del trépano y formación
- Pruebas dejan un testigo con huella dejada en el fondo
- Simula condiciones de hidrostática



Hughes Christensen

LABORATORIO DE PERFORACIÓN

The Woodlands, texas



OBTENCIÓN DE MUESTRAS SUR DE BOLIVIA



- Se obtuvieron muestras para pruebas de mineralogía de Quebrada del Rio Bermejo y Quebrada del Toro (Huacaya)
- Se obtuvieron muestras para simulador de Aguaraque y la Quebrada de Isiri

MUESTRAS PARA SIMULADOR



- Muestras de ISIRI muestra mejor compactación, resistencia al golpe, mayor contenido de cuarzo (arena)

- Muestras de AGUARAGUE con contenido mas arcilloso, frágiles, micro-facturado, sensible a atmósfera

CORTE DE MUESTRAS

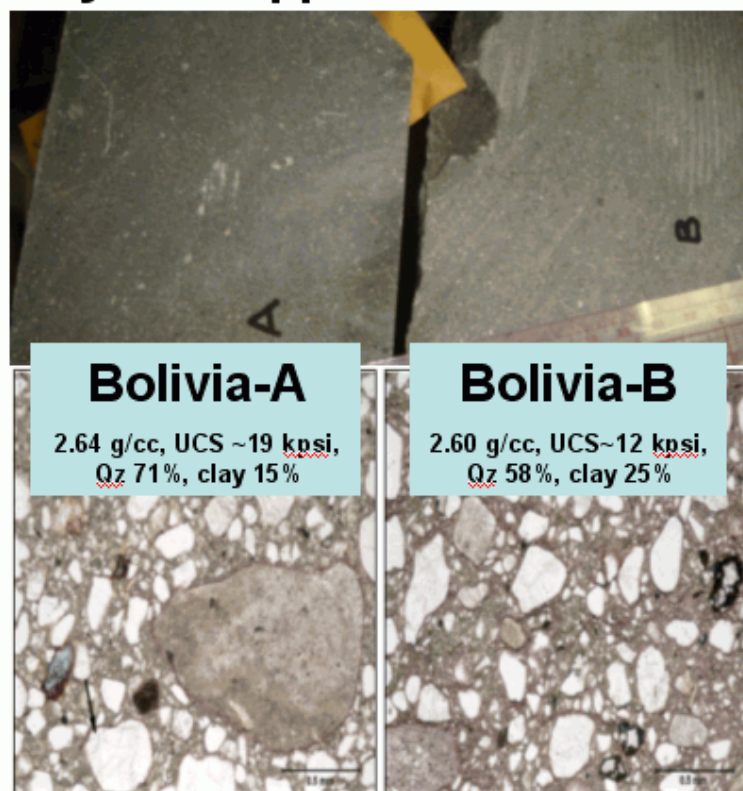


- 4 muestras grandes de ISIRI se envían para corte cilíndrico en Savannah, Georgia
- Solo 2 muestra finales sobreviven el viaje y el proceso de corte
- Revestimiento con fibra de vidrio para mantener rigidez en el transporte y pruebas finales en el simulador

Bolivia-A and -B Samples

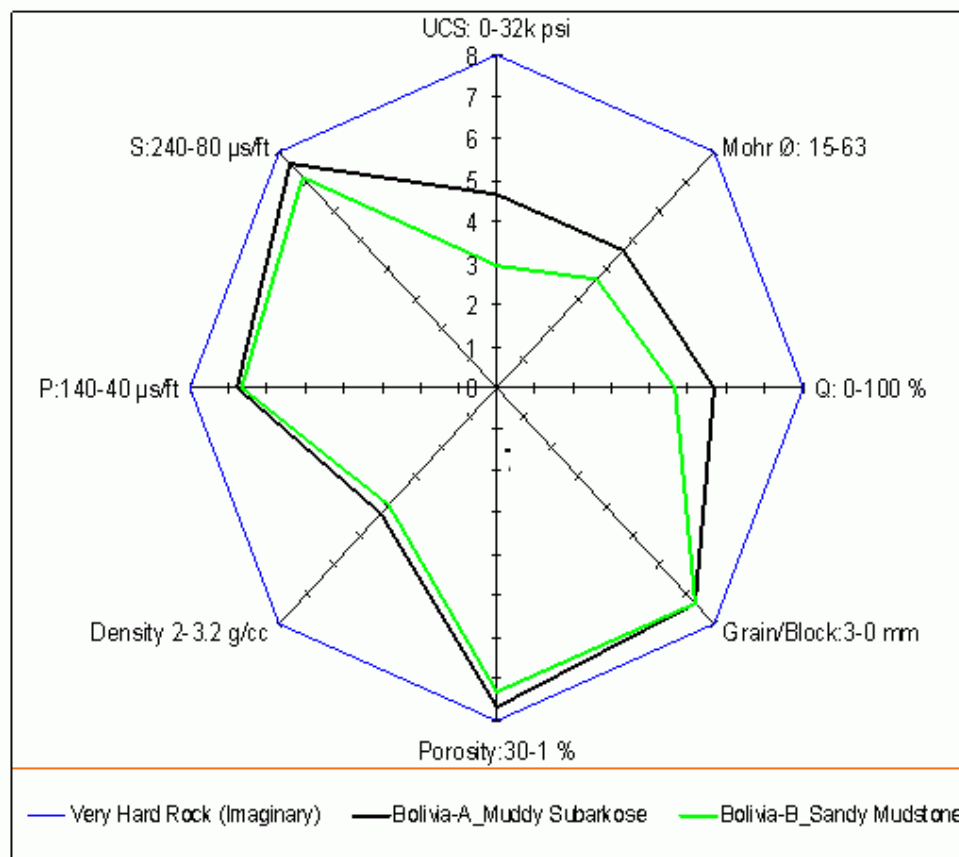
(Physical, Mechanical and Micro-structural Properties)

Physical Appearances



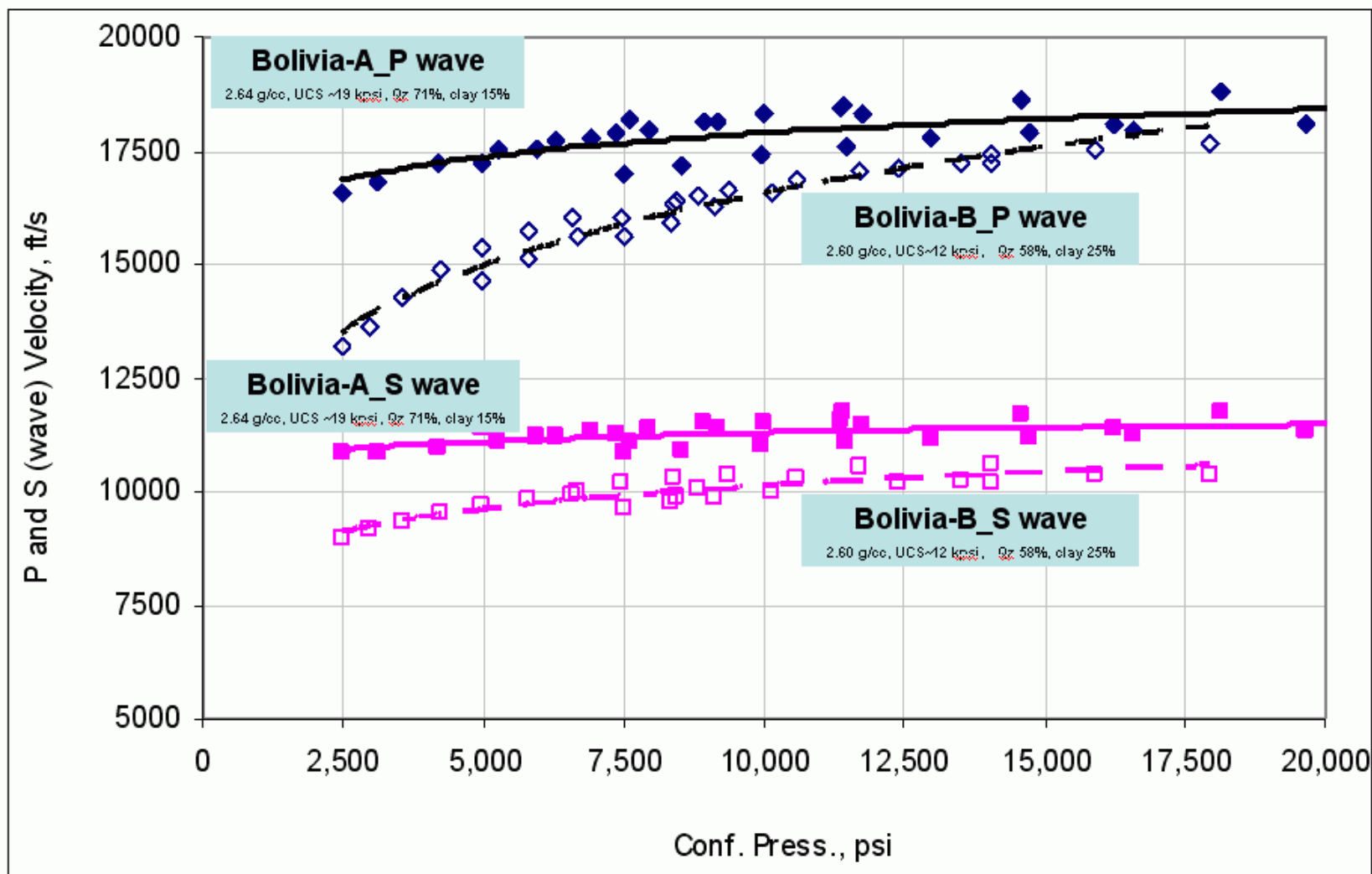
Petrographic Appearances

Spider Plot: Sample B is weaker



PRUEBAS MINERALOGÍA

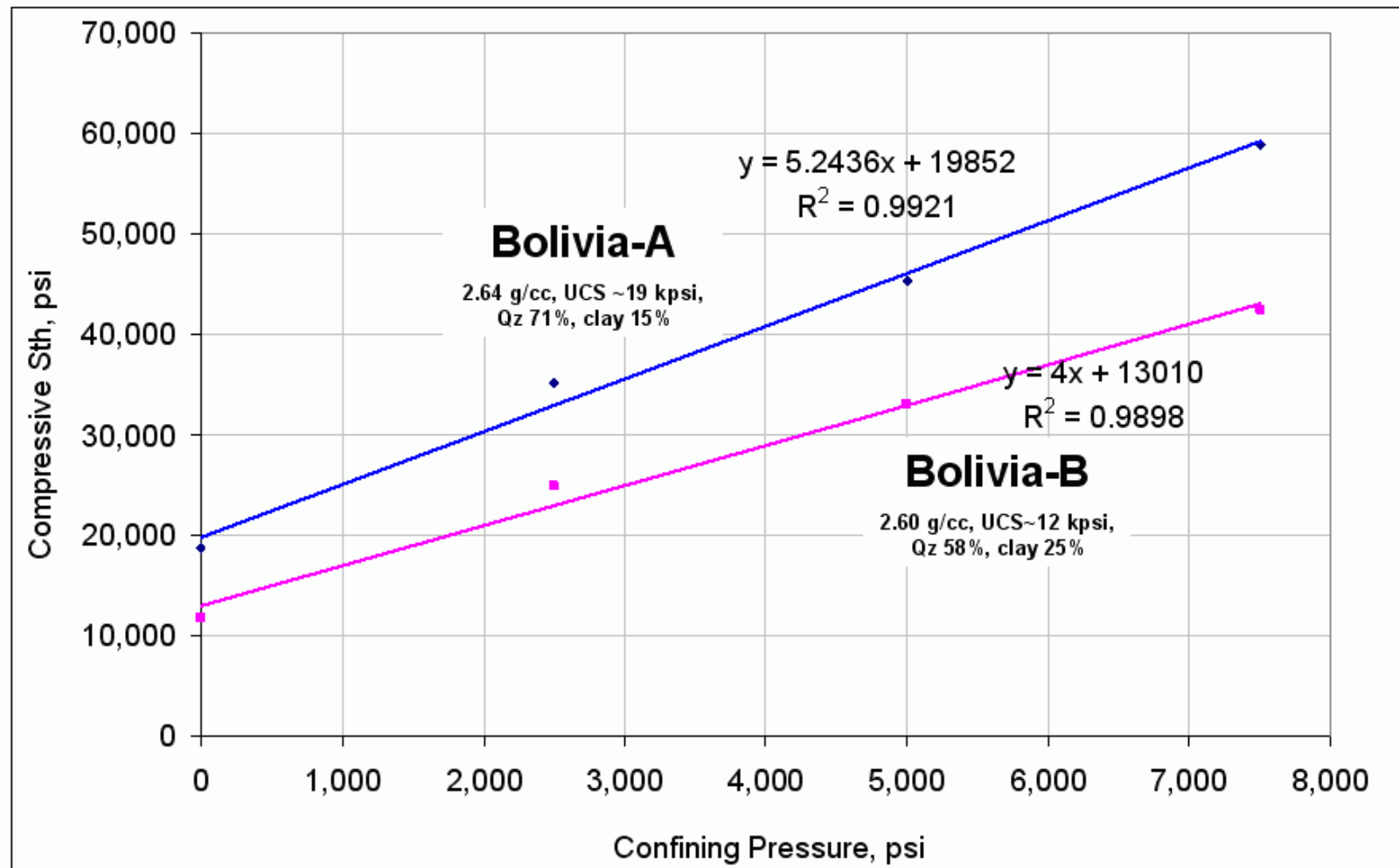
P and S wave velocity of Bolivia-A and B samples
(Compressional and shear wave increases but achieves a plateau up to 20 k psi)



PRUEBAS MINERALOGÍA

Mohr-Failure Envelope of Bolivia-A and B samples

(Compressive Strength at different confining pressure, it keeps increasing upto 8kpsi)



PRUEBAS SIMULADOR

- Prueba de dos muestras bajo las mismas condiciones
- Trépano A: 12¼" GX-09DX (IADC 437) Siete hileras de insertos internas, 3 hileras externas, 88 compactos
- Trépano B: 12¼" EP6312 (estructura de corte nueva IADC 517), Ocho hileras de insertos internas, 3 hileras externas, 133 compactos
- Ambos trépanos no sufrieron roturas o desgaste visible
- RPM: 150
- WOB: 15-20-25-30-35 Kips
- 450GPM, Lodo base agua 9.5ppg, boquillas 3x15, TFA = 0.52in²
- 1.47 HSI
- 5800 PSI de presión de fondo (confinamiento)

MUESTRA A: GX-09DX



Trépano sin desgaste ni daños
Se observa arrastre de insertos
Señales de rotación fuera de centro (gradas en las paredes)
Tracking visible en el fondo
Formación arenosa con comportamiento Plástico?

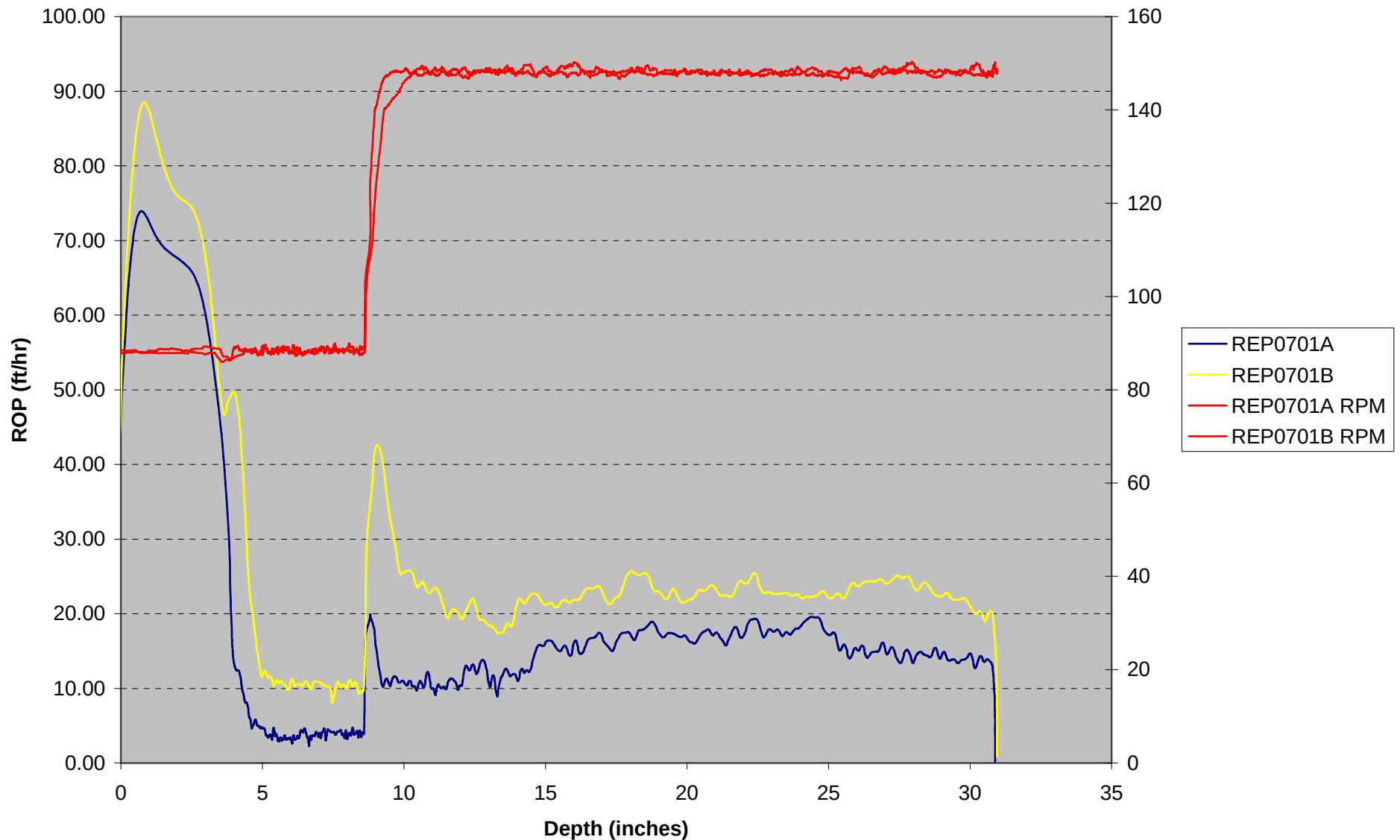
MUESTRA A: EP6312



Imagen de fondo mucho mas limpia
Muy poca rotación fuera de centro
Se observa poco arrastre de insertos
No se perciben marcas en las paredes de la muestra
Energía específica menor y mas constante

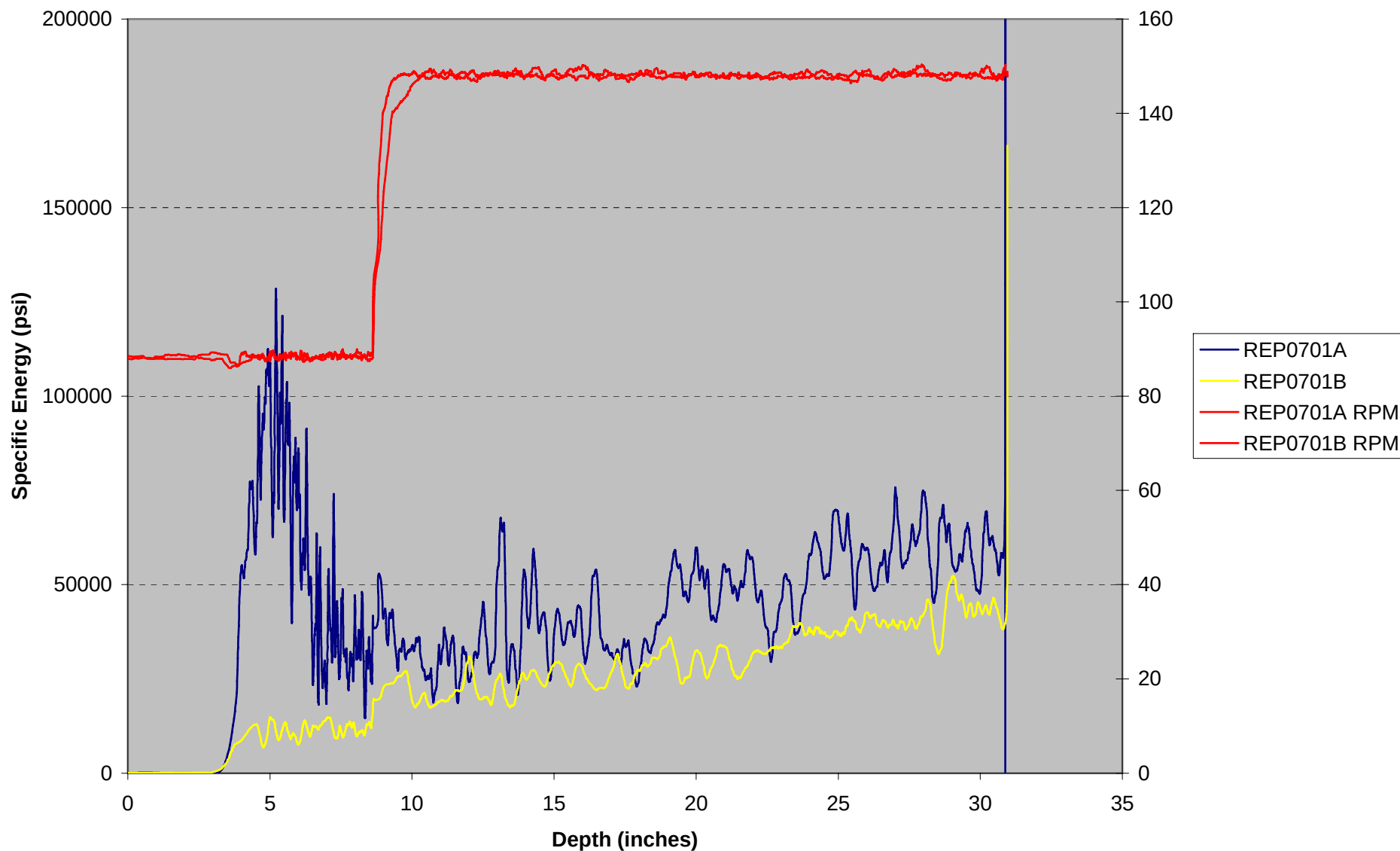
RESULTADOS Y COMPARATIVA

ROP vs Depth



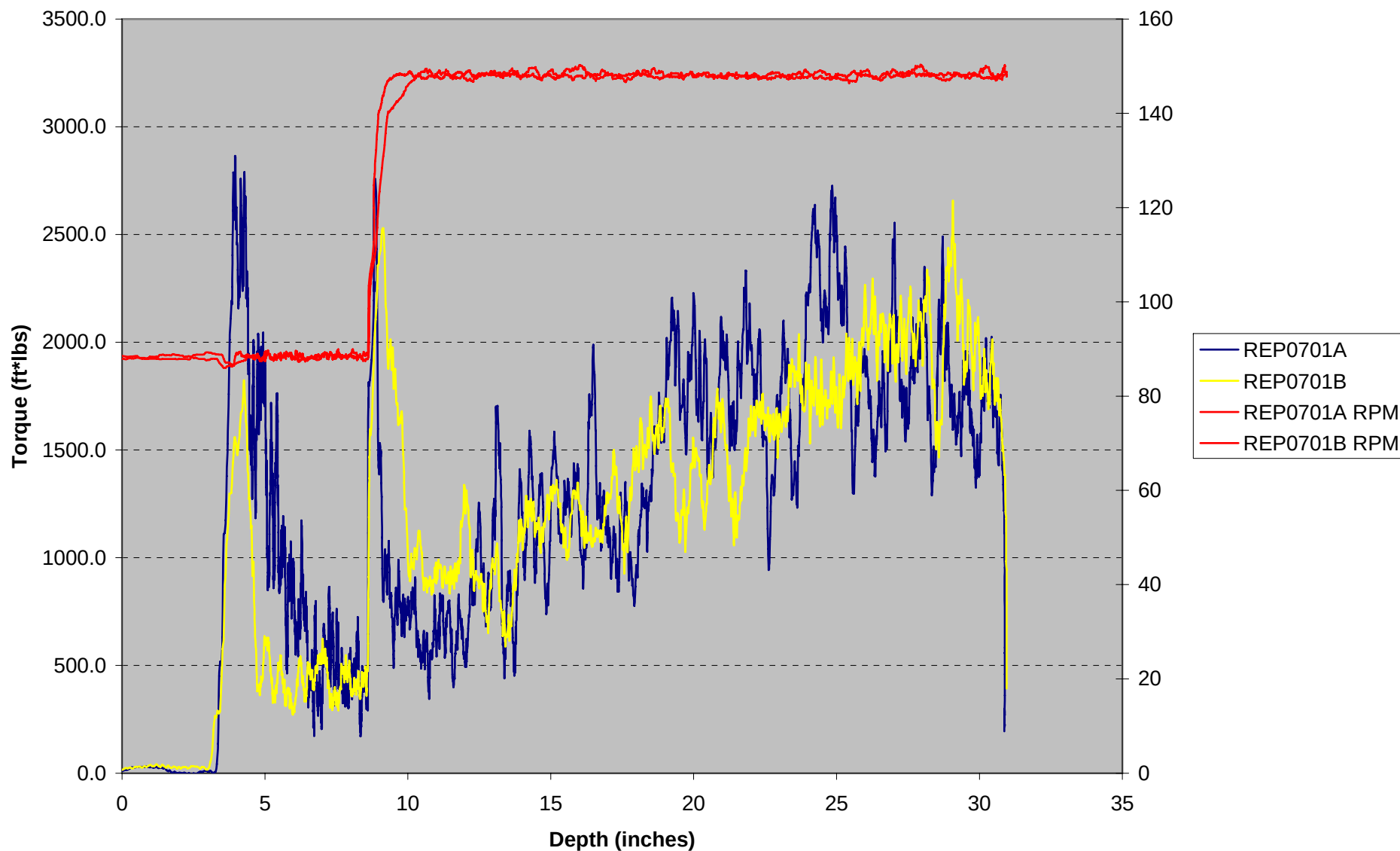
RESULTADOS Y COMPARATIVA

Specific Energy vs Depth



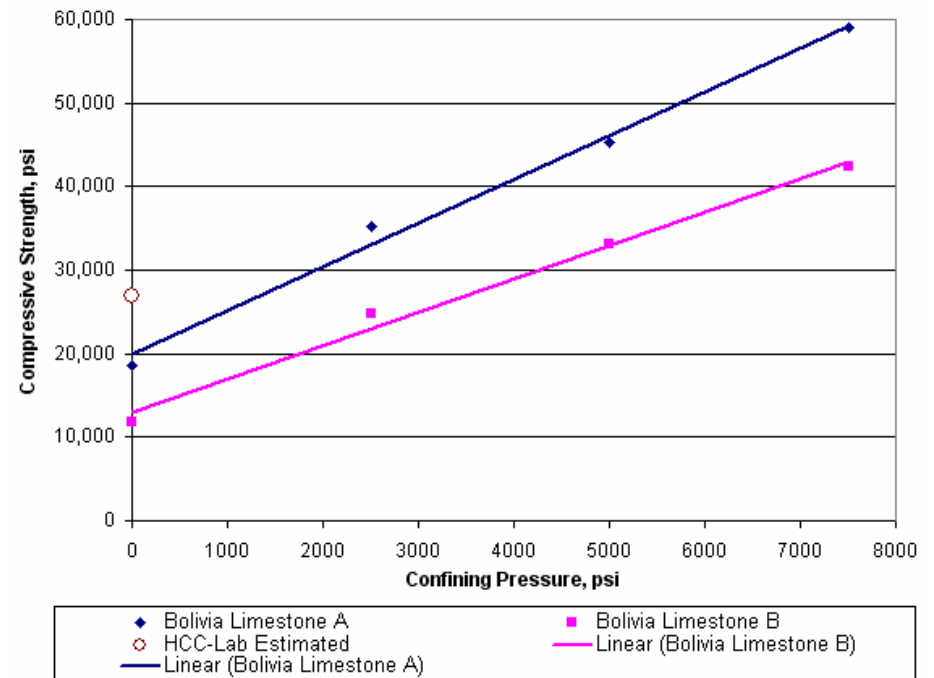
RESULTADOS Y COMPARATIVA

Torque vs Depth



RESULTADOS Y COMPARATIVA

- Pruebas de mineralogía de las muestras de ISIRI con contenido de cuarzo de 95%
- Anteriores muestras (Bermejo, Huacaya) muestran contenido de cuarzo en 71% y 58% respectivamente



- Aprisionamiento de la primera muestra dentro del simulador señala la generación de sólidos muy finos
- UCS en el orden de 26KSI (mas duro que las otras muestras)
- Comportamiento de dureza parecido al granito

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El diseño de la estructura de corte del EP6312 se adapta mejor a una diamictita arenosa
- Deben efectuarse pruebas de campo para validar resultados
- Las pruebas llamaron la atención de la gente de investigación y desarrollo debido al comportamiento atípico de la roca
- Una muestra arenosa con alta dureza tiene comportamiento plástico?
- Muestras con diferente dureza aparente se comportan de la misma manera bajo confinamiento

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La ROP en ambas pruebas se pareció mas a la de un mármol de 10,000 psi
- La primer prueba generó huellas de Tracking y Off-Center mas relacionadas a una arcilla
- Las diamictitas parecen tener una resistencia mucho mayor a lo esperado en el plano de corte
- El índice de UCS no parece ser demasiado relevante al evaluar condiciones confinadas de diamictitas
- Las propiedades de la roca parecen ser únicas (densidad de la roca vs. contenido de cuarzo vs. DTc)