

2014



PETROGROUP
training & consulting company

INTERPRETACIÓN PETROFÍSICA AVANZADA

Fundamentos & Aplicaciones

Ing. Andrés E. Mantilla, Ph.D.

Geo. Ricardo Bueno Silva, M.Sc.

INTERPRETACIÓN PETROFÍSICA AVANZADA

Fundamentos & Aplicaciones

Instructores: **Ing. Andrés E. Mantilla, Ph.D.**
 Geo. Ricardo Bueno Silva, M.Sc.

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Curso donde se presentan conceptos avanzados de interpretación petrofísica y metodologías de integración de información para la caracterización petrofísica (estática y dinámica) de yacimientos de petróleo y gas. Mediante ejercicios prácticos los participantes desarrollan una visión de los controles que ejercen las propiedades petrofísicas sobre la distribución estática de fluidos y el comportamiento dinámico del yacimiento, a partir de la integración de datos de análisis petrofísicos básicos y especiales; descripción de núcleos; datos petrográficos y de composición mineralógica; registros básicos y registros especiales; datos de ingeniería y geología; e información de producción.

Este curso es complementario al curso de nivel intermedio dictado por los mismos instructores, el cual se enfoca en herramientas y prácticas de interpretación convencional de registros de pozo.

VENTAJAS

El curso hace gran énfasis de los aspectos prácticos de la integración de datos de roca y registros para la construcción de modelos de diferentes tipos de yacimientos. Los ejemplos y los sets de datos abarcan diferentes ambientes de depositación, incluyendo fluviales (canales meandriformes y canales trenzados); de shoreface; de plataforma (carbonatos) y de agua profunda (turbiditas), entre otros.

Durante el curso los participantes aplican los conceptos de petrofísica avanzada cubiertos en la parte teórica, utilizando un completo set de registros y datos de núcleos (básicos y especiales), analizando con los instructores la escogencia de parámetros para el modelo petrofísico.

Los instructores discuten las técnicas de laboratorio más comunes para pruebas petrofísicas especiales como: presión capilar, propiedades eléctricas, mojabilidad, permeabilidad relativa, resonancia magnética nuclear, entre otras; al igual que el control de calidad de los datos, las suposiciones y limitaciones de los modelos, sus aplicaciones y potenciales problemas.

El curso está dirigido a profesionales vinculados con la industria del Petróleo y Gas (Petrofísicos, Geólogos, Ingenieros de Yacimientos, Sedimentólogos, Geofísicos, Ingenieros de Petróleos, Ingenieros de Producción, Ingenieros de Perforación etc.).

CONTENIDO

1. ADQUISICION, ESTABILIZACION, LIMPIEZA Y RESTAURACION DE NÚCLEOS

- Técnicas de Corazonamiento
 - ✓ Núcleos convencionales
 - ✓ Núcleos de pared
 - ✓ Pressure Core
 - ✓ Sponge Core
- Cuidados durante la adquisición y estabilización de los núcleos convencionales
- Técnicas de Laboratorio
 - ✓ Recomendaciones para un muestreo representativo
 - ✓ Muestras en estado nativo vs. muestras limpias vs. muestras con mojabilidad restaurada.
 - ✓ Determinación de saturación de agua por el método de Dean-Stark
 - ✓ Influencia de la Presión Efectiva

2. ANÁLISIS PETROFÍSICOS BÁSICOS

- Propiedades Petrofísicas Básicas
 - ✓ Porosidad: tipos y factores que la afectan.
 - ✓ Impacto de los procesos Diagenéticos en la porosidad
 - ✓ Modelos de Permeabilidad (Kozeny-Carman, Timur, Tixier, etc.)
 - ✓ Permeabilidad en medios anisotrópicos
 - ✓ Índice de heterogeneidad del Yacimiento (Dykstra-Parsons/Coeficiente de Lorenz)
 - ✓ Efectos de compactación y/o depleción
 - ✓ Gráficos de Lorenz

3. PETROGRAFÍA Y COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

- Mineralogía
- Técnicas de laboratorio
 - ✓ Difracción de Rayos X
 - ✓ Secciones Delgadas
- Geometría poral y tipos de roca
 - ✓ SEM y FIB-SEM
 - ✓ Rocas digitales
- Identificación de Litología y Calidad de Roca
 - ✓ Registro Espectral de Rayos Gamma y Tipos de Arcilla
 - ✓ Crossplot UMAA vs RHOMA
- Registro Mineralógico
- Limitaciones de las técnicas de registros
- EJERCICIO: Modelo litológico a partir de registros

4. ANÁLISIS ESPECIALES: PRESION CAPILAR Y MOJABILIDAD

- Presión Capilar y relación con Geometría Poral
- Métodos de medida (Plato Poroso, Centrífuga, Ultracentrífuga, Inyección de Mercurio)
- Comparación de técnicas de laboratorio y limitaciones
- Escalamiento de datos de laboratorio a condiciones de yacimiento
- Registro Multiprobador de Formaciones (MDT, RDT, RCI, MFT)
- Equilibrio Capilar-Gravitacional (Presión Capilar vs. Boyanza)
- Función Universal J de Leverett para agrupar tipos de roca
- Presión Capilar y su relación con Altura sobre el nivel de agua libre

- Conversión de presión capilar a altura sobre el nivel de agua libre
- Presión Capilar y Equilibrio en el Modelo Estático: Estimación de Saturaciones a partir de Presión Capilar
- Presión Capilar y procesos de desplazamiento (imbibición vs. drenaje) en yacimientos fracturados.
- EJERCICIO: Escalamiento de curvas de Pc de laboratorio a yacimiento
- EJERCICIO: Conversión de curvas de Pc a altura sobre el nivel de agua libre

5. HERRAMIENTAS AVANZADAS: Resonancia Magnética Nuclear

- Resonancia Magnética Nuclear
 - ✓ Técnicas de laboratorio
 - ✓ Constante de Tiempo de Relajación Longitudinal, T1
 - ✓ Distribución de Tiempo de Relajación Transversal, T2
 - ✓ Mecanismos de Relajación
 - ✓ Relación de T2 y Tamaño de Poro
 - ✓ Pseudo-curvas de Pc a partir de T2
- EJERCICIO: Identificación de tipos de roca a partir de histogramas de T2

6. ANÁLISIS ESPECIALES: PROPIEDADES ELÉCTRICAS

- Factor de Formación, Índice de Resistividad
- Técnicas de laboratorio
- Factores que afectan las propiedades eléctricas
- Determinación de parámetros m y n.
- EJERCICIO: Calculo de parámetros de Archie a partir de pruebas especiales de núcleos

7. HERRAMIENTAS AVANZADAS: Registro Dieléctrico

- Registro de Propagación Electromagnética (HFDT, DEL2, EPT y ADT)
 - ✓ Identificación de zonas petrolíferas en yacimientos con agua de formación de baja salinidad
 - ✓ Estimación de Cation Exchange Capacity (CEC)
 - ✓ Estimación de parámetros de Archie
- EJERCICIO: Identificación de OWC a partir del registro dieléctrico

8. CARACTERIZACIÓN Y MODELOS DE PETROFÍSICA AVANZADA

- Modelo de Procesos de Integración Petrofísica
- Modelo de Tipo de Roca & Poro y Relación con unidades de Flujo
 - ✓ Conceptos de tipo de roca
 - ✓ Conceptos de unidades de flujo
 - Gráfico de Winland, Pittman R20-R50, Definición de R35
 - Conversión de curvas de Pc a radio de garganta de poro
- Determinación de RQI, FZI
- Identificación y Caracterización de Unidades de Flujo a partir de registros
- Arquitectura Estratigráfica del Yacimiento
- Modelo de Saturación de agua
 - ✓ Con petrofísica convencional
 - ✓ Con geometría de poro
 - ✓ En función de la altura en la columna de hidrocarburos
- Perfil de Saturación de Agua Vs Profundidad
- Net Pay por Tipos de Poro y Unidades de Flujo
- EJERCICIO: Calibración del modelo de saturación a partir de datos de pozo (núcleos y registro)

9. ANÁLISIS ESPECIALES: PERMEABILIDADES RELATIVAS

- Técnicas de laboratorio
 - ✓ Estado Estable
 - ✓ Estado Inestable
- Modelos analíticos
- Permeabilidades relativas y relación con curvas de presión capilar.
- Flujo fraccional y estimación de corte de agua

10. EVALUACION DE FORMACIONES EN ARENISCAS ARCILLOSAS

- Definiciones de Arcilla (clay) y Lutita (shale)
 - ✓ Arcilla como mineral y como tamaño de grano característico
 - ✓ Roca vs. Mineral
- Distribución de arcillas en medios porosos
 - ✓ Arcillas detríticas vs. Autigénicas
 - ✓ Arcilla estructural, laminar, dispersa
 - ✓ Influencia de la distribución de arcilla sobre la porosidad
 - ✓ Relación entre tipos de arcilla
- Efectos de la presencia de arcillas sobre la lectura de los registros
- Cálculo de V_{wcl} y V_{dcl}
- Errores más comunes en la evaluación de areniscas arcillosas

- EJERCICIO: Calculo de volumen de arcilla hidratada, arcilla seca y definición de la distribución de arcilla.

11. FISICA DE ROCAS Y CARACTERIZACIÓN SÍSMICA DE YACIMIENTOS

- Importancia de la sísmica para la construcción de modelos de yacimiento variación espacial de propiedades petrofísicas.
- Propiedades elásticas y relación con propiedades acústicas
 - ✓ Compresibilidad de la Roca (Volumen Poral)
 - ✓ Pruebas de Laboratorio
- Modelos de Física de Rocas
- Generación de Sismogramas Sintéticos y Ajustes Registro-Sísmica.
- Escalamiento de propiedades elásticas: de la escala de registros a la escala de la sísmica.
- Caracterización sísmica de yacimientos
- Arquitectura Estratigráfica del Yacimiento: Utilización de análogos y datos de afloramiento para la construcción de modelos estáticos de yacimiento.
- Ejemplo de Turbiditas (offshore)
- Sonic Scanner & Sónico Dipolar
- EJERCICIO: Modelamiento de AVO
- EJERCICIO: Sismogramas sintéticos: Cálculo del índice de reflectividad a partir de registros

PERFIL DE LOS INSTRUCTORES

ANDRES E. MANTILLA ZÁRATE, PH.D. Ingeniero de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander y recibió títulos de Maestría en Ingeniería de Petróleos y Doctorado en Geofísica de Stanford University, ambos con énfasis en Petrofísica y Caracterización de Yacimientos. Andrés trabajó por más de 11 años para Ecopetrol S.A., donde se desempeñó como ingeniero de yacimientos en áreas de desarrollo

y exploración, y lideró el Grupo de Ingeniería de la Vicepresidencia de Exploración, encargado de la evaluación petrofísica y pruebas de formación de pozos exploratorios en diferentes cuencas colombianas. Posteriormente trabajó con BP, donde estuvo a cargo de la evaluación geomecánica y de yacimientos para pozos candidatos a perforación thru-tubing con coiled tubing en los campos Cusiana y Cupiagua. Trabajó para Marathon Oil, donde estuvo involucrado con proyectos exploratorios y de desarrollo costa afuera en el Golfo de México y el Mar del Norte; y en la caracterización y modelamiento de yacimientos fracturados no convencionales (Bakken oil shale). Actualmente trabaja con Maersk Oil en la delimitación y desarrollo de yacimientos de carbonatos en la sección pre-salt de la Cuenca Campos en Brasil.

Andrés es especialista en modelamiento estático y dinámico de yacimientos y cuenta con vasta experiencia en evaluación de formaciones para aplicaciones de petrofísica convencional, modelamiento sísmico, y estimación de propiedades mecánicas. Durante sus 19 años de experiencia en la industria Andrés ha utilizado registros de hueco abierto y entubado para la evaluación de pozos exploratorios y de desarrollo en diferentes cuencas de Colombia, el Golfo de México, el Mar del Norte, África, el Medio Oriente y Brasil. Andrés ha dictado cursos y conferencias sobre petrofísica e interpretación de registros; pruebas de formación; e integración de información estática y dinámica de yacimientos en claustros como Stanford University, University of Texas, Oklahoma University, la Universidad Autónoma de México, la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Industrial de Santander, y la Fundación Universidad de América. Andrés ha sido director y/o miembro de comités técnicos de eventos de la SPE, AAPG y SEG sobre Yacimientos Naturalmente Fracturados, Recobro Secundario, y Sísmica 4D; ha servido como Director del Comité Técnico del Congreso Colombiano del Petróleo en 2 ocasiones; y como miembro del comité técnico de LACPEC.

RICARDO BUENO SILVA, M.Sc. Profesional en Geología de la Universidad Industrial de Santander y recibió título de Maestría en Geología de la Universidad Nacional de Bogotá. Con más de 20 años de experiencia en la industria del petróleo adquirida mediante la interpretación de más de 4000 pozos con registros de hueco abierto, hueco entubado y LWD en cuencas de Colombia, Argentina, Golfo de México y Brasil. Ricardo ha trabajado en Ecopetrol S.A. por más de 12 años, en la evaluación petrofísica de campos directos y asociados, y actualmente en la evaluación de pozos Exploratorios. Ha trabajado con Occidental de Colombia, donde realizó técnicas de integración registro-roca en etapas de desarrollo de Campos maduros. Así como para Repsol YPF como referente en petrofísica para campos del Área de Mendoza Norte (Argentina)

Ricardo es actualmente catedrático universitario para las Maestrías de Geología & Geofísica de la Universidad Nacional de Bogotá, y estuvo vinculado por cinco años como catedrático de la Universidad América de Bogotá para temas como Geología y Registros Eléctricos. Ricardo ha dictado cursos nacionales, internacionales e in-house para compañías como: ECOPETROL S.A., OXY Colombia y Repsol-YPF en Argentina y en claustros como la Universidad Nacional del Comahue en Neuquén-Argentina, la Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga y la Universidad América en Bogotá. Así mismo durante más de 8 años ha realizado cursos abiertos a la industria petrolera en general con participación de profesionales de diferentes especialidades y diferentes países y de compañías como: Ecopetrol S.A., Petrobras, Lukoil, OXY, Hocol, Petrominerales, Mansarovar, Metapetroleum, Hupecol, Compañía mexicana de Geofísica, Ministerio de Minas, Kappa, Halliburton, Schulumberger, PGS onshore, Drummond y Datalog entre otras.

Ricardo ha dictado numerosas conferencias sobre Petrofísica e interpretación de registros con énfasis en la integración registro-roca en ciudades como Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Villavicencio y Barranca (Colombia) y Mendoza y Neuquén (Argentina).