



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA



ASIGNATURA: PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA					
CODIGO: 3314	UNIDADES: 3		REQUISITOS: 3306 y 3309				
HORAS/SEMANA: 5	TEORÍA: 2	PRÁCTICA: 3	LABORATORIO:	SEMINARIO: -	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE: 9

1. FUNDAMENTACIÓN

Para la interpretación en términos geológicos de los datos geofísicos es muy importante el conocer la relación entre las propiedades físicas de los componentes de las rocas y sedimentos (sólidos, líquidos y gases) y las mediciones geofísicas, particularmente aquellas obtenidas en perfiles de pozos.

2. PROPÓSITOS

El objetivo general del curso es introducir a los estudiantes en los conceptos fundamentales de la Petrofísica y en las prácticas corrientes del cálculo de propiedades físicas de las rocas, partiendo de medidas realizadas en el interior de perforaciones mediante herramientas especialmente diseñadas con este fin.

El curso estará orientado principalmente a la evaluación de pozos petroleros, rama para la cual los métodos descritos han sido desarrollados, con el propósito de preparar a los profesionales de la Geofísica y la Geología en esta dirección, ya que esta es una necesidad imperiosa de nuestra industria petrolera.

3. OBJETIVOS GENERALES

3.1 Conceptos fundamentales.

El alumno será capaz de reconocer y aplicar los conceptos generales de la Petrofísica.

3.2 Propiedades eléctricas de las rocas recipientes.

El alumno será capaz de relacionar las mediciones eléctricas hechas en pozos de petróleo con los parámetros petrofísicos de las formaciones que contienen hidrocarburos y con el medio físico que los rodean dentro del pozo.

3.3 Propiedades radioactivas de las rocas.

El alumno será capaz de describir las propiedades radioactivas de las formaciones hidrocarburíferas atravesadas por un pozo petrolero y relacionarlas con las propiedades físicas de interés desde el punto de vista de producción de petróleo o gas.

3.4 Propiedades elásticas de las rocas.

El alumno será capaz de establecer la relación entre la medida de velocidad sónica hecha en el subsuelo con las porosidades de las formaciones atravesadas por un pozo petrolero.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15/06/2009	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	VIGENCIA DESDE: 15/06/2009 HASTA:	HOJA 1/9
--	----------------------------------	-----------------------------------	----------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA



ASIGNATURA:		PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA:		OBLIGATORIA	
CODIGO:		UNIDADES:		REQUISITOS:			
3314		3		3306 y 3309			
HORAS/SEMANA:	TEORÍA:	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:
5	2	3		-			9

3.5 Descripción general de una perforación petrolera.

El alumno será capaz de describir las operaciones de perforación petrolera desde un punto de vista general, haciendo hincapié en las operaciones de perfilaje de pozos.

3.6 Herramientas para obtención de resistividades.

El alumno será capaz de describir las diversas herramientas eléctricas dentro del mercado de perfilaje actual.

3.7 Herramientas de medición de propiedades radioactivas.

El alumno será capaz de describir las diversas Herramientas Radioactivas dentro del Mercado de perfilaje actual.

3.8 Aplicaciones de la combinación densidad/neutrón.

El alumno será capaz de calcular porosidades efectivas en formaciones gasíferas o delitología compleja con el uso simultáneo de las herramientas de Densidad y de Neutrones.

3.9 Herramienta Sónica BHC y LSS.

El alumno será capaz de describir las herramientas sónicas dentro del Mercado de perfilaje actual.

3.10 Combinación Densidad/Neutrón/Sónico.

El alumno será capaz de calcular los porcentajes de las diferentes litologías dentro de una matriz compleja, usando simultáneamente las herramientas de porosidad.

3.11 Métodos especiales de evaluación.

El alumno deberá ser capaz de usar técnicas especiales de evaluación petrofísica rápida y de detectar fracturas en formación que las presentan, usando perfiles convencionales y/o especiales.

3.12 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en arenas arcillosas.

El alumno deberá reconocer y usar las técnicas comunes en la evaluación petrofísica de arenas arcillosas sobre casos específicos venezolanos.

3.13 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en formaciones naturalmente fracturadas.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15/06/2009	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	VIGENCIA DESDE: 15/06/2009 HASTA:	HOJA 2/9
--	----------------------------------	-----------------------------------	----------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA



ASIGNATURA:		PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA:		OBLIGATORIA	
CODIGO:		UNIDADES:		REQUISITOS:			
3314		3		3306 y 3309			
HORAS/SEMANA:	TEORÍA:	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:
5	2	3		-			9

El alumno deberá reconocer y usar las técnicas más comunes en la detección de fracturas y evaluación de formaciones fracturadas sobre casos específicos venezolanos.

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

4.1 Conceptos fundamentales.

- 4.1.1 Enumerar los distintos tipos de roca capaces de contener hidrocarburos.
- 4.1.2 Definir los conceptos de matriz, porosidad, arcillosidad, saturación de agua y de petróleo o gas.
- 4.1.3 Definir los conceptos de permeabilidad absoluta y permeabilidades relativas al agua y al petróleo o gas.
- 4.1.4 Definir el concepto de salinidad del agua y describir su relación con respecto a su resistividad y a la resistividad de la formación que lo contiene.
- 4.1.5 Definir el concepto de presión capilar y establecer su relación con la distribución de fluidos en un yacimiento petrolífero.

4.2 Propiedades eléctricas de las rocas recipientes.

- 4.2.1 Estimar valores de resistividad de las aguas de formación.
- 4.2.2 Calcular saturación de agua en arenas limpias.
- 4.2.3 Calcular saturación de agua en arenas arcillosas.

4.3 Propiedades radioactivas de las rocas.

- 4.3.1 Calcular arcillosidades a partir de medidas de radioactividad natural.
- 4.3.2 Calcular porosidades a partir de la respuesta de las formaciones al bombardeo mediante rayos Gamma o neutrones.

4.4 Propiedades elásticas de las rocas.

- 4.4.1 Calcular porosidades a partir de lectura de tiempo de tránsito sobre formaciones permeables.

4.5 Descripción general de una perforación petrolera.

- 4.5.1 Reconocer las limitaciones operacionales del perfilaje
- 4.5.2 Reconocer el Medio Ambiente en el cual se hacen las medidas físicas dentro del pozo.

4.6 Herramientas para obtención de resistividades.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15/06/2009	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	VIGENCIA DESDE: 15/06/2009 HASTA:	HOJA 3/9
--	----------------------------------	-----------------------------------	----------



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA



ASIGNATURA:		PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA:		OBLIGATORIA	
CODIGO:		UNIDADES:		REQUISITOS:			
3314		3		3306 y 3309			
HORAS/SEMANA:	TEORÍA:	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:
5	2	3		-			9

4.6.1 Describir la herramienta de potencial natural y reconocer su presentación y enumerar sus aplicaciones.

4.6.2 Describir las herramientas de resistividad normales, los lateroperfiles, y las herramientas de inducción eléctrica, reconocer sus presentaciones y enumerar sus aplicaciones.

4.6.3 Describir las herramientas de microresistividad, reconocer sus presentaciones y enumerar sus aplicaciones.

4.7 Herramientas de medición de propiedades radioactivas.

4.7.1 Describir las herramientas de Rayos Gamma, reconocer su presentación y enumerar sus aplicaciones.

4.7.2 Describir la herramienta de Densidad compensada, reconocer su presentación y enumerar sus aplicaciones.

4.7.3 Describir la herramienta de Neutrones compensada, reconocer su presentación y enumerar sus aplicaciones.

4.8 Aplicaciones de la combinación densidad/neutrón.

4.8.1 Calcular porosidades en formaciones gasíferas.

4.8.2 Calcular porosidades y contenido litológico en formaciones de litología compleja.

4.9 Herramienta Sónica BHC y LSS.

4.9.1 Describir la herramienta sónica compensada, reconocer su presentación y enumerar sus aplicaciones.

4.10 Combinación Densidad/Neutrón/Sónico.

4.10.1 Calcular el contenido relativo de diferentes componentes mineralógicos dentro de una matriz compleja usando las últimas tecnologías para el caso.

4.11 Métodos especiales de evaluación.

4.11.1 Usar las técnicas de Rwa, de Rt/Rxo y de gráficos cruzados.

4.11.2 Detectar fracturas usando perfiles especiales tales como el de densidad variable y el de buzamiento.

4.12 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en arenas arcillosas.



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA



ASIGNATURA:		PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA:		OBLIGATORIA	
CODIGO:		UNIDADES:		REQUISITOS:			
3314		3		3306 y 3309			
HORAS/SEMANA:	TEORÍA:	PRÁCTICA:	LABORATORIO:	SEMINARIO:	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE:
5	2	3		-			9

4.12.1 Calcular los parámetros petrofísicos básicos tales como arcillosidad, porosidad, saturación de petróleo, permeabilidad e índice de productividad en casos específicos venezolanos.

4.13 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en formaciones naturalmente fracturadas.

4.13.1 Detectar zonas fracturadas usando perfiles especiales en un caso específico venezolano.

4.13.2 Evaluar los parámetros petrofísicos básicos en intervalos fracturados en un caso específico venezolano.

5. PROGRAMA SINÓPTICO

5.1 Conceptos fundamentales.

5.2 Propiedades eléctricas de las rocas recipientes.

5.3 Propiedades radioactivas de las rocas.

5.4 Propiedades elásticas de las rocas.

5.5 Descripción general de una perforación petrolera.

5.6 Herramientas para obtención de resistividades.

5.7 Herramientas de medición de propiedades radioactivas.

5.8 Aplicaciones de la combinación densidad/neutrón.

5.9 Herramienta Sónica BHC y LSS.

5.10 Combinación Densidad/Neutrón/Sónico.

5.11 Métodos especiales de evaluación.

5.12 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en arenas arcillosas.

5.13 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en formaciones naturalmente fracturadas.

6. PROGRAMA DETALLADO

6.1 Conceptos fundamentales. (11 horas)

6.1.1 Petrofísica, Petrofísica Aplicada y Evaluación de Formaciones.

6.1.2 Roca Recipiente

6.1.2.1 Definición y clasificación.

6.1.2.2 Elementos: matriz, arcilla, porosidad, fluidos sello.

6.1.2.3 Matriz: composición química, mineralogía promedio; granulometría.

6.1.2.4 Arcilla: composición mineralógica promedio; minerales de arcilla, definición y clasificación, propiedades generales, distribución en la roca recipiente.

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15/06/2009	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	VIGENCIA DESDE: 15/06/2009 HASTA:	HOJA 5/9
--	----------------------------------	-----------------------------------	----------



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA**



ASIGNATURA: PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA					
CODIGO: 3314	UNIDADES: 3		REQUISITOS: 3306 y 3309				
HORAS/SEMANA: 5	TEORÍA: 2	PRÁCTICA: 3	LABORATORIO:	SEMINARIO: -	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE: 9

6.1.2.5 Porosidad: definición y clasificación, porosidad total vs. porosidad efectiva, factores que la afectan, problemas.

6.1.2.6 Fluidos: agua de formación, petróleo y gas, origen, migración, entrapamiento, presiones, yacimientos.

6.1.2.7 Agua de formación: salinidad, equivalencia de naci, resistividad, efecto de la temperatura, viscosidad, densidad, problemas.

6.1.2.8 Petróleo: gravedad, gas en solución, viscosidad, factor volumétrico.

6.1.2.9 Gas: gravedad específica, viscosidad, factor volumétrico.

6.1.2.10 Saturaciones: saturación de agua, de petróleo y de gas, problemas.

6.1.3 Propiedades hidráulicas de la roca recipiente

6.1.3.1 Permeabilidad: definiciones, factores que la afectan, permeabilidad absoluta, permeabilidades relativas, relaciones con la porosidad, problemas.

6.1.3.2 Presión capilar: definición, mojabilidad, tensión superficial, distribución de fluidos en un yacimiento, saturación de agua irreducible, relaciones, entre sí, porosidad efectiva y K; problemas.

6.2 Propiedades eléctricas de las rocas recipientes. (7 horas)

6.2.1 Potencial espontáneo: causas del fenómeno.

6.2.2 Resistividad.

6.2.2.1 Resistividad de las rocas 100% saturadas de agua: factor de formación, definición, medidas en el laboratorio, su relación con la porosidad, fórmula de Archie, exponente de cementación, "m", fórmula de Humble, variación de F con el exponente "m", con el coeficiente "a" con la presión de carga, con la arcillosidad y la salinidad del agua, problemas.

6.2.2.2 Resistividad de las rocas parcialmente saturadas de agua: índice de resistividad, definición, mediciones en el laboratorio, su relación con Sw; ecuación de Archie modificada exponente de saturación "n", variación de "I" va "n", problemas.

6.2.2.3 Resistividad de las rocas arcillosas: modelo de arcilla laminada, modelo de Waxman-Smith, modelo de Simandoux, problemas.

6.2.2.4 Propagación de Ondas Electromagnéticas: constante dieléctrica, tiempo de propagación, atenuación.

6.3 Propiedades radioactivas de las rocas. (7 horas)



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA**



ASIGNATURA: PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA					
CODIGO: 3314	UNIDADES: 3		REQUISITOS: 3306 y 3309				
HORAS/SEMANA: 5	TEORÍA: 2	PRÁCTICA: 3	LABORATORIO:	SEMINARIO: -	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE: 9

6.3.1 Emisiones naturales: rayos gamma totales, su relación con la litología, radiaciones de Uranio, Torio y Potasio, su relación con los grupos de minerales de arcilla.

6.3.2 Emisiones inducidas.

6.3.2.1 Por bombardeo de neutrones: dispersión colisión elástica e inelástica, captura, índice de hidrógeno y su relación con la porosidad, influencia de la arcillosidad, problemas.

6.3.2.2 Por bombardeo de fotones: efecto fotoeléctrico, efecto compton, producción de pares, sección de captura fotoeléctrica y factor fotoeléctrico, su relación con la litología densidad electrónica, relación con la densidad y con la porosidad, influencia de la arcillosidad, problemas.

6.4 Propiedades elásticas de las rocas. (5 horas)

Velocidades de propagación de las ondas, tiempo de tránsito, su relación con la porosidad, influencia de la compactación, influencia de la arcillosidad, problemas.

6.5 Descripción general de una perforación petrolera. (5 horas)

Clasificación, descripción general de operaciones. Perfilaje de pozos: descripción de operaciones, condiciones ambientales de las mediciones, perfil de resistividades y saturación desde las paredes del pozo hasta la zona virgen.

6.6 Herramientas para obtención de resistividades. (5 horas)

6.6.1 Descripción de la herramienta de SP, limitaciones de las medidas, presentación, ejemplos, usos: cálculo de R_w a partir del SP, ejercicios.

6.6.2 Normal, larga y corta, lateral, lateroperfiles, enfoque esférico. Herramientas de conductividad: 6FF40; 6FF24, doble inducción. Herramientas de microresistividad: microlog, microlaterolog, proximidad, micro-esférico. Presentaciones. Ambientes óptimos. Correcciones. Factor geométrico y Pseudo-geométrico. Diseño de programa de perfilaje de resistividades.

6.7 Herramientas de medición de propiedades radioactivas. (5 horas)

Rayos Gamma, operaciones Cálculo de V_{ah} . Densidad: FOC y LDT, usos del factor foto eléctrico, compensación automática, curva DRHO, presentación. Relación densidad/porosidad. Corrección por arcillosidad. Problemas. Herramientas neutrónica: CNL, corrección, ajuste litológico, presentación. Índice de hidrógeno/porosidad, corrección por arcillosidad. Problemas.



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA**



ASIGNATURA: PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA					
CODIGO: 3314	UNIDADES: 3		REQUISITOS: 3306 y 3309				
HORAS/SEMANA: 5	TEORÍA: 2	PRÁCTICA: 3	LABORATORIO:	SEMINARIO: -	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE: 9

6.8 Aplicaciones de la combinación densidad/neutrón. (5 horas)

Determinación de arcillosidad y porosidad efectiva. Problemas. Determinación de litología y porosidad. Problemas, Detección de gas: porosidades verdaderas y Srh. Problemas.

6.9 Herramienta Sónica BHC y LSS. (5 horas)

Compensación automática, tiempo de tránsito, relación DT-porosidad; problemas, combinación sónico/FDC o LDT y sónico/CNL. Determinación litológica. Efectos de gas. Problemas.

6.10 Combinación Densidad/Neutrón/Sónico. (5 horas)

Combinación densidad/neutrón/sónico. Gráficos MN. Problemas.

6.11 Métodos especiales de evaluación. (5 horas)

Ejemplos de evaluación petrofísica en calizas fracturadas. Ejemplos con pozos de la cuenca del Lago de Maracaibo.

6.12 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en arenas arcillosas. (5 horas)

Ejemplos de pozos de la Faja Petrolífera del Orinoco.

6.13 Ejemplos de evaluaciones petrofísicas en formaciones naturalmente fracturadas. (5 horas)

Detección de fracturas, densidad, neutrón, sónico, OHVDL, HOT, calibre, DLL Estimación de porosidad y saturación de agua en las fracturas. Método de Aguilera. Problemas.

7. ESTRATEGIAS INSTRUCCIONALES

La asignatura será dictada bajo las estrategias de clases magistrales, seminarios, panel de discusión, exposición y foros, además de prácticas, problemas reales y ejercicios.

8. MEDIOS INSTRUCCIONALES

Los medios instruccionales utilizados en la asignatura son: pizarrón, diapositivas, videos, computadoras y material impreso (artículos científicos y capítulos de libros).

APROBADO EN CONSEJO DE ESCUELA: 15/06/2009	APROBADO EN CONSEJO DE FACULTAD:	VIGENCIA DESDE: 15/06/2009 HASTA:	HOJA 8/9
--	----------------------------------	-----------------------------------	----------



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE GEOLOGÍA, MINAS Y GEOFÍSICA
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA**



ASIGNATURA: PETROFÍSICA APLICADA		TIPO DE ASIGNATURA: OBLIGATORIA					
CODIGO: 3314	UNIDADES: 3		REQUISITOS: 3306 y 3309				
HORAS/SEMANA: 5	TEORÍA: 2	PRÁCTICA: 3	LABORATORIO:	SEMINARIO: -	TRABAJO SUPERVISADO:	HORAS TOTALES DE ESTUDIO:	SEMESTRE: 9

9. EVALUACIÓN

La evaluación se hará mediante dos (2) exámenes parciales, un examen final y 10 prácticas. La evaluación se realizará de acuerdo al siguiente esquema:

Primer Parcial	12,5%
Segundo Parcial	12,5%
Prácticas calificadas	25%
Examen Final	50%
Total: 100%	

10. REQUISITOS

Haber aprobado las asignaturas Métodos Eléctricos (3306) y Métodos Sísmicos (3309).

11. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

1. Darling, T. (2005) **Well Logging and Formation Evaluation**. Gulf Professional Publishing, 336 pp.
2. Donaldson, E. y D. Tiab (2003) **Petrophysics: Theory and Practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties**. Gulf Professional Publishing, 2^{da} Ed., 880 pp.
3. Ellis, D. y J. Singer (2008) **Well Logging for Earth Scientists**. Springer Verlag, 2^{da} Ed., 692 pp.
4. Kobranova, V. (1990) **Petrophysics**. Springer-Verlag, 375 pp.
5. Krygowski, D. (2004) **Basic Well Log Analysis**. American Association of Petroleum Geologists, , 2^{da} Ed., 244 pp.
6. Schon, J. (2004) **Physical Properties of Rocks: Fundamentals and Principles of Petrophysics**. Handbook of Geophysical Exploration, Vol. 18. Pergamon Press, 600 pp.
7. Zinszner, B. (2007) **A Geoscientist's Guide to Petrophysics**. Editions Technip, 384 pp.