

<b>Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo</b>			
<b>P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA</b>			
<b>Asignatura:</b>	<b>RESERVORIOS I</b>		
<b>Profesor Titular:</b>	<b>Ingeniera de Petróleos Mónica Liliana Carmona</b>		
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería de Petróleos</b>		
<b>Año: 2023</b>	<b>Semestre: 7</b>	<b>Horas Semestre: 60</b>	<b>Horas Semana: 4</b>

### **FUNDAMENTACIÓN**

La materia Reservorios I pertenece al área de tecnologías aplicadas y se dicta en cuarto año de la carrera de Ingeniería de Petróleos.

Presenta los fundamentos de la ingeniería de reservorios sobre petrofísica y fluidos como también las nociones básicas de las energías naturales disponibles en los reservorios. Se analizan además los conceptos de reservas y recursos.

Reservorios I es la base sobre la que se desarrollan posteriormente las materias de Reservorios II y Reservorios III.

### **EXPECTATIVAS DE LOGROS – PLAN DE ESTUDIOS ORD. 02/16-CS**

- Adquirir conocimientos sobre la física del reservorio, sus fluidos y mecanismos de drenaje, y aplicarlos a la resolución de problemas de ingeniería vinculados al ejercicio de la profesión.
- Desarrollar capacidades para realizar estudios de cálculo y evaluación de reservas hidrocarburíferas.

### **CONTENIDOS MÍNIMOS - PLAN DE ESTUDIOS ORD. 02/16-CS**

- Definición y objetivos de la ingeniería de reservorios.
- Propiedades físicas de las rocas: porosidad y permeabilidad.
- Saturación de fluidos.
- Propiedades de los fluidos del yacimiento. Análisis PVT. Agua de formación.
- Mecanismos de Drenaje.
- Cálculo de volúmenes. Factor de recuperación.

### **OBJETIVOS**

Que el alumno adquiera los conocimientos necesarios para:

- Analizar los conceptos de los parámetros básicos de la ingeniería de reservorios de petróleo y gas.
- Conocer los métodos de obtención de muestras petrofísicas y de fluidos del reservorio.
- Desarrollar las técnicas de calificación y cuantificación de reservas y recursos de petróleo y gas.

## CONTENIDOS

### UNIDAD 1: Propiedades físicas de las rocas

#### 1.A. Generalidades de la ingeniería de reservorios.

Generalidades de la ingeniería de reservorios. Definición. Objetivo y participación en las distintas etapas de la vida de un yacimiento.

#### 1.B. Propiedades físicas de las rocas.

Propiedades físicas de las rocas. Porosidad. Distintos tipos. Poros y gargantas porales. Factores que la afectan. Mediciones en Laboratorio. Permeabilidad. Factores que la afectan. Mediciones en Laboratorio. Efecto Klinkenberg. Relación entre porosidad y permeabilidad. Cálculos prácticos.

#### 1.C. Saturación de fluidos.

Saturación de fluidos. Determinaciones en una muestra de roca. Factores que la afectan. Compresibilidad de la formación. Mediciones de laboratorio y cálculo empírico. Influencia de Los fluidos presentes en la compresibilidad total.

### UNIDAD 2: Petrofísica

#### 2.A. Petrofísica.

Petrofísica. Presión capilar. Curvas. Mediciones en laboratorio. Conversión a condiciones de reservorios. Drenaje e imbibición.

#### 2.B. Cálculo de la saturación de agua.

Cálculo de la saturación de agua. Mojabilidad. Función "J". Evaluación de la distribución del tamaño poral y de la permeabilidad. Ecuación de Poiseuille y Carman – Kozeny.

#### 2.C. Permeabilidad efectiva.

Permeabilidad efectiva. Permeabilidad relativa Curvas. Mediciones en Laboratorio. Relación con curvas de presión capilar. Utilidad de las curvas de permeabilidad relativa. Curvas de "productividad". Discusión.

### UNIDAD 3: Propiedades de los fluidos

#### 3.A. Propiedades de los fluidos de un yacimiento.

Propiedades de los fluidos de un yacimiento. Regla de Gibb. Diagrama PVT: de una sustancia pura, de una mezcla binaria.

#### 3.B. Clasificación de los fluidos del reservorio.

Clasificación de los fluidos del reservorio: petróleo negro, petróleo volátil, gas retrógrado, gas húmedo, gas seco. Diagramas de fase. Composiciones molares típicas de los fluidos argentinos. Curvas de % volumen de líquido vs. presión. Tendencias de producción de cada tipo. Yacimientos con dos fases. Identificación de los fluidos en el reservorio.

#### 3.C. Gases.

Gases Ideales. Gases Reales: ecuaciones de estado. Métodos de determinación de Z. Propiedades pseudocríticas de gases naturales y fluidos condensados. Correcciones por impurezas. Hidratos de gas. Viscosidad.

### UNIDAD 4: Petróleo

#### 4.A. Ecuación de estado de líquidos.

Petróleo. Ecuación de estado de líquidos. Coeficientes de compresibilidad. Factor de volumen de formación de petróleo, de gas, de agua y total. Solubilidad del gas en el petróleo y en el agua. Viscosidad.

#### 4.B. Fuente de datos PVT.

*Fuente de datos PVT. Toma de muestras de fondo: acondicionamiento del pozo, muestreador. Toma de muestras en superficie: métodos, equipamiento requerido. Traslado de las muestras. Ensayos de laboratorio: flash, diferencial, volumen constante. Relación de los ensayos de laboratorio con los fenómenos que ocurren en el yacimiento. Utilización de correlaciones. Herramientas: MDT. Utilización de los parámetros PVT para definir las características del o los separadores de superficie.*

## **UNIDAD 5: Agua**

### **5.A. Agua de formación.**

*Composición. Determinación de la densidad por correlaciones.*

*Solubilidad del gas natural en el agua. Efecto del gas disuelto sobre la compresibilidad del agua de formación.*

### **5.B. Factor de volumen**

*Factor de volumen de formación del agua. Gráfico del factor de volumen del agua vs. La presión a temperatura constante. Cálculo del factor de volumen de formación del agua por correlaciones. Viscosidad del agua de formación. Obtención del PVT usando métodos informáticos.*

### **5.C. Hidratos de metano.**

*Importancia. Características.*

## **UNIDAD 6: Mecanismos de drenaje**

### **6.A. Mecanismos de drenaje.**

*Energía disponible. Presiones de formación.*

### **6.B. Pronósticos de producción.**

*Control y seguimiento. Pronósticos de producción.*

## **UNIDAD 7: Cálculo de volúmenes.**

### **7.A. Cálculo de volúmenes de hidrocarburos.**

*Límites de los reservorios. Estructurales. Estratigráficos y de fluidos. Mapas estructurales, isobáricos e isopáquicos. Otros. Valores de cut off.*

### **7.B. Cálculo de reservas de petróleo y gas.**

*Métodos determinísticos y probabilísticos. Cálculos volumétricos asistidos por computadora. Factor de recuperación. Estimación.*

### **7.C. Clasificación de reservas.**

*Reservas y Recursos. Categoría y "status". Definiciones SEC, WPC, SPE.*

*Cálculos de Reservas y Recursos*

## **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

Las unidades cuentan, en Aula Abierta, con presentaciones en power point y bibliografía recomendada por la cátedra. Se dispone además de audios que sirven de referencia.

Las prácticas de aprendizaje son semanales e incluyen resolución de ejercicios en planillas de cálculo, cuestionarios de completamiento, de desarrollo y/o opción múltiple. Las clases prácticas se desarrollan en el Aula de Informática. Se usan además, los recursos disponibles en el aula virtual para la generación de actividades semanales complementarias.

Se realizarán prácticas de laboratorio y una visita a campo.

Actividad	Carga horaria por semestre
Teoría y resolución de ejercicios simples	25
Formación práctica	
Formación Experimental – Laboratorio	5
Formación Experimental - Trabajo de campo	5
Resolución de problemas de ingeniería	20
Proyecto y diseño	5
<b>Total</b>	<b>60</b>

### BIBLIOGRAFÍA

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
Amyx, James W.	Petroleum reservoir engineering	McGraw- Hill	1960	4
Pirson, Sylvain J.	Ingeniería de Yacimientos Petrolíferos	Omega	1965	6
Smith C. – Tracy G.	Applied reservoir engineering I	OGGI	1992	1
Smith C. – Tracy G.	Applied reservoir engineering II	OGGI	1992	1
Dake, L.P.	Fundamentals of reservoir engineering	Elsevier	1978	12
Dake, L.P.	The practice of reservoir engineering	AmsterdamM cGraw-Hill	1994	4
Bidner, Mirtha Susana	Propiedades de la roca y los fluidos en reservorios de petróleo	EUDEBA	2001	4
Craft, Benjamin C.	Applied petroleum reservoir engineering	Hall	1990	1
Crotti, Marcelo A.	Movimiento de fluidos en reservorios de hidrocarburos	Sigma	2004	2
Crotti, Marcelo A. Rosbaco, Juan Antonio	La física de los reservorios de hidrocarburos	IAPG	2022	1
Archer, J. S.	Petroleum engineering : principles and practice	Grahan & Trotman	1986	1
Muskat, Morris	The flow of homogeneous fluids through porous media	Edwards	1946	1
Carman, P. C.	Flow of gases through porous media	Butterworth	1956	1
Cole, Frank W.	Reservoir engineering manual	Gulf Publishing	1961	1
Craft, Benjamin C.	Applied petroleum reservoir engineering	Prentice-Hall	1990	1
Ikoku, Chi U.	Natural gas reservoir engineering	Krieger	1992	1
Khan, Arshad.	Applied reservoir engineering / vol. 1.	Oklahoma: PetroSkills	2011	1
Khan, Arshad.	Applied reservoir engineering / vol. 2.	Oklahoma: PetroSkills	2011	1

Autor	Título	Editorial	Año	Ejemplares en biblioteca
<u>McCain, William D.</u>	Petroleum reservoir fluid property: correlations	Tulsa: PennWell Corporation	2011	1
Bataafse Internationale Petroleum	Reservoir engineering : formulae and graphs	Bataafse Internationale Petroleum	1963	1
<u>Caudle, Ben H.</u>	Fundamentals of reservoir engineering	New York: SPE	1968	1
Calhoun, John	Fundamentals of reservoir engineering	Oklahoma: Norman	1960	1
Ahmed, Tarek.	Reservoir engineering handbook - Parte I	Houston: Gulf Publishing,	2000	1
Ahmed, Tarek	Reservoir engineering handbook - Parte II	Houston: Gulf Publishing	2000	1
Cruz, Carlos Enrique, Editor, Fantín, Fernando y otros	Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: rompiendo paradigmas (9 : 2014, Noviembre 03-07 : Mendoza, Argentina) Tomo I	IAPG	2014	2
Cruz, Carlos Enrique, Fantín, Fernando y otros	Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos: rompiendo paradigmas (9 : 2014, Noviembre 03-07 : Mendoza, Argentina) Tomo II	IAPG	2014	2
Lake, Larry W., Holstein, Edward D.	Petroleum engineering handbook : reservoir engineering and petrophysics / vol. 5-A	Society of Petroleum Engineers	2007	2
Lake, Larry W., Holstein, Edward D.	Petroleum engineering handbook : reservoir engineering and petrophysics / vol. 5-B	Society of Petroleum Engineers	2007	2
Cronquist, Chapman	Estimation and classification of reserves of crude oil, natural gas, and condensate	Society of Petroleum Engineers	2001	2
Firoozabadi, Abbas.	Thermodynamics of hydrocarbon reservoirs	McGraw-Hill	1999	1
<u>Jahn, Frank</u>	Hydrocarbon exploration and production	Elsevier	1998	1
<u>Tiab, Djebbar. Donaldson, Erle C.</u>	Petrophysics : theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties	Texas : Gulf Publishing	1996	1
<u>Lee, John. Wattenbarger, Robert</u>	Gas reservoir engineering. SPE Textbook Series ; vol. 5	SPE	1996	2
Society of Petroleum Engineers	Oil and gas property evaluation and reserve estimates	SPE Reprint Series.	1970	1
YPF	Guía 6: drenaje	YPF	1968	4
McCain, William D.	The properties of petroleum fluids	Tulsa: PennWell Publishing Company	1990	1
<u>International Reservoir Characterization Technical Conference</u>	Reservoir characterization III : proceedings	Tulsa: PennWell Publishing Company	1993	1

### LINKS DE INTERÉS

<a href="https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-petroleum-science-and-engineering">https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-petroleum-science-and-engineering</a> Acceso a través de <a href="http://biblioteca.mincyt.gob.ar/">http://biblioteca.mincyt.gob.ar/</a>
<a href="https://www.petrotecnica.com.ar/todas-las-revistas.html">https://www.petrotecnica.com.ar/todas-las-revistas.html</a>

### RECURSOS DISPONIBLES EN AULA ABIERTA

<https://aulaabieta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/>

Biritos, Marcelo	Proyecciones de las Unidades: 1 y 2 de la Cátedra de Reservorios I
Carmona, Mónica	Proyecciones, con audios del año 2020, de las Unidades: 3, 4, 5, 6 y 7 de la Cátedra de Reservorios I -
Maturano, Silvia	Guía de Trabajos Prácticos de Unidades 1 a 7 de la Cátedra de Reservorios I

### EVALUACIONES (S/ Ord. 108-10\_CS)

Para obtener la **regularidad** los alumnos deben:

- Completar y aprobar todos los trabajos prácticos de aprendizaje propuestos en las distintas unidades del programa.
- Aprobar 2 parciales o sus correspondientes recuperatorios de corresponder. Se aprueban con resultados mayores a 60%.
- Lograr una asistencia a clases del 75%.

El **alumno regular** aprueba la materia en Mesas de Exámenes Finales (Ordinarias o Especiales)

En las mesas ordinarias y extraordinarias se permitirá rendir a **estudiantes en calidad de libres** a aquellos que:

a-Cursaron y no lograron la regularidad.

b-Perdieron la regularidad por no haber rendido la asignatura durante la vigencia de la misma.

c-Perdieron la regularidad por rendir mal 4 veces.

El examen en condición de libres consta de una instancia escrita y una instancia oral.

#### Criterios de evaluación:

En las instancias de evaluación se tendrá en cuenta la organización lógica en el desarrollo de los temas, la pertinencia en la selección de ecuación, metodología y/o método a usar de acuerdo al caso planteado, la valoración de la consistencia de resultados y la selección de la mejor alternativa técnico-económica a aplicar dentro de distintos escenarios.

#### Programa de examen

Bolilla 1: Temas: 1A-4A-7A

Bolilla 2: Temas: 1B-4B-7B

Bolilla 3: Temas: 1C-5A-7C

Bolilla 4: Temas: 2A-5B-1B

Bolilla 5: Temas: 2B-5C-6B

Bolilla 6: Temas: 3A-6A-7C

Bolilla 7: Temas: 3B-6B-1B

Bolilla 8: Temas: 2A-2C-3C

Bolilla 9: Temas: 6A-5B-3B



TITULAR DE CÁTEDRA