

| <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 Reservoirios 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.

Reservoirios I es la base sobre la que se desarrollan posteriormente las materias de Reservoirios II y Reservoirios 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.<br>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