

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Propiedades de los Fluidos Petroleros
Clave de la asignatura:	PED-1024
SATCA¹:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Petrolera

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

El procedimiento metodológico es fundamental para resolver un problema de ingeniería y consiste en representarlo de forma tal que se pueda hacer una sustitución del sistema real (equipo, proceso, etc.) por uno más adecuado para el tratamiento formal. Por lo general, las herramientas lógico-matemáticas nos brindan un marco útil para representar mediante un sistema de símbolos y reglas, el comportamiento de los sistemas reales. Por tanto, para conformar esta asignatura se ha hecho un análisis del perfil del egresado, identificando los contenidos necesarios para su aplicación en la industria petrolera. Dado la complejidad de los fenómenos fisicoquímicos que caracterizan un yacimiento de crudo, esta materia permitirá al estudiante de ingeniería petrolera hacer modelos, que se podrán extrapolar a la realidad.

En su área de desempeño profesional el ingeniero petrolero tiene como tarea la caracterización de los fluidos de un yacimiento y para ello, debe hacer un análisis de presión-volumen-temperatura (análisis PVT). El Análisis PVT es un conjunto de pruebas, que se realizan en el laboratorio a diferentes presiones, volúmenes y temperaturas, para poder determinar las propiedades de los fluidos existentes en un yacimiento en estudio.

Entre las aplicaciones de este tipo de análisis, se pueden destacar las siguientes:

Descripción del comportamiento de cada fluido, identificación de los problemas potenciales originados por los sólidos suspendidos en el crudo, medición de la viscosidad, estimación del factor de recobro del yacimiento, planteamiento la ecuación de estado termodinámico del yacimiento y su modelación. El análisis PVT se lleva a cabo en condiciones isotérmicas, a temperatura del yacimiento. La base de datos que proporciona el análisis PVT debe construirse a principio de la vida productiva del yacimiento. Las propiedades físicas y el comportamiento de los datos PVT de cada fluido, proveen información relevante para la producción del yacimiento. Las medidas iniciales de la compresibilidad del fluido y los factores volumétricos son se requieren para cuantificar el petróleo y el gas contenido en el yacimiento, permite hacer una estimación de recuperación de los fluidos, si como el planteamiento y evolución de la ecuación de balance de materia para el yacimiento.

Dentro de este contexto, el propósito del contenido de esta materia es mostrar cómo implementar modelos para resolver problemas comunes en el campo de la ingeniería

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

petrolera.

Se relaciona con la Productividad de Pozos.

Intención didáctica

Este programa consta de siete temas.

En el tema uno se analizarán las propiedades generales de los fluidos contenidos en un yacimiento y se aplicaran los modelos matemáticos para calcular y predecir las propiedades fisicoquímicas de los fluidos existentes en un yacimiento petrolero en estudio.

El tema dos proporciona las bases para el uso de ecuaciones de estado para el cálculo de las propiedades de fluidos que tienen comportamiento ideal, el tema tres se desarrolla el análisis del comportamiento de presión-volumen-temperatura (PVT) sistemas de un solo componente hasta sistemas multicomponentes.

El tema cuatro proporciona los conocimientos para uso de ecuaciones de estado para gases sus expresiones y aplicaciones analíticas más comunes para gases reales.

En el tema cinco se analizan las características básicas en el conocimiento de los parámetros y propiedades de los fluidos petroleros, para la evaluación de la eficacia volumétrica en la producción de hidrocarburos.

En el tema seis el estudiante analiza el equilibrio existente entre liquido-vapor de soluciones en estado ideal y no ideal, así mismo analiza las composiciones y cantidades de las fases gas y líquidos en soluciones reales.

En el tema siete se proporcionan los conocimientos básicos de la clasificación de los yacimientos de crudo, considerando los tipos de fluidos que contiene y considerando las condiciones y características del yacimiento.

Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.

Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, aplicación de conocimientos y solución de problemas relacionados con la ingeniería petrolera.

El profesor deberá ser observador para verificar que el alumno comprenda la información analizada, haciendo cuestionamientos o ejercicios de evaluación al término de cada sesión y de ser necesario crear nuevas estrategias de enseñanza que le permitan lograr que la totalidad del grupo logre la obtención de las competencias planteadas en el objetivo de este programa.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
<p>Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta del 10 al 14 de agosto de 2009.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Coatzacoalcos, Minatitlán, Poza Rica y Venustiano Carranza.</p>	<p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, Ingeniería en Energías Renovables,</p>

		Ingeniería Petrolera y Gastronomía.
Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica del 22 al 26 de febrero de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Coatzacoalcos, Minatitlán, Poza Rica, Tantoyuca y Venustiano Carranza.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Ingeniería Informática e Ingeniería Petrolera.
Tecnológico Nacional de México, del 26 al 30 de agosto de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cerro Azul, Coatzacoalcos, Cosamaloapan, Huimanguillo, La Chontalpa, Poza Rica, Tantoyuca, Villa La Venta.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología, Ingeniería Petrolera, Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías, Ingeniería Naval y Gastronomía del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiaro, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Comprende el comportamiento de los diferentes fluidos que se encuentran en un yacimiento petrolero, así como sus propiedades y ecuaciones de estado que predicen el comportamiento del sistema, para elaborar modelos, que se podrán extrapolar a la realidad en la explotación de hidrocarburos.

5. Competencias previas

Aplica nomenclatura de compuestos inorgánicos.
Identifica los tipos de enlaces de los compuestos químicos, para identificar sus propiedades.
Identifica y balancea correctamente reacciones químicas, que permitan llevar a cabo los distintos cálculos estequiométricos.
Identifica y calcula las propiedades de las especies químicas puras, para identificarlos en los procesos de explotación de hidrocarburos.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conceptos Generales	1.1 Introducción. 1.2 Sistemas de unidades. 1.2.1 Unidades comunes de masa. 1.2.2 Sistema consistente de unidades. 1.2.3 Sistemas de ingeniería inglés. 1.2.4 Otras fórmulas afectadas por inconsistencias en unidades. 1.2.5 Sistema métrico de unidades. 1.3 Conceptos generales. 1.3.1 Propiedades intensivas y extensivas.
2	Ecuaciones de estado para gases naturales	2.1 Introducción. 2.2 Comportamiento de un gas ideal puro. 2.2.1 Ecuación de Boyle. 2.2.2 Ecuación de Charles. 2.2.3 Ley de Avogadro. 2.2.4 Derivación de la ecuación de estado para gases ideales. 2.2.5 Constante universal de los gases. 2.2.6 Densidad de un gas ideal. 2.2.7 Comportamiento de una mezcla de gases ideales. 2.2.8 Ley de Dalton de presiones parciales. 2.2.9 Ley de Amagat de volúmenes parciales. 2.3 Fracción volumen y fracción peso. 2.3.1 Procedimiento para convertir de fracción mol a fracción de peso. 2.3.2 Procedimiento para convertir de fracción peso a fracción mol. 2.3.3 Propiedades de mezclas de gases ideales. 2.3.4 Volumen estándar.

		<p>2.3.5 Peso molecular aparente de una mezcla de gases. 2.3.6 Densidad de una mezcla de gases. 2.3.7 Volumen específico de una mezcla de gases. 2.3.8 Densidad relativa de una mezcla de gases. 2.4 Comportamiento de gases reales. 2.4.1 Ecuación de estado de la compresibilidad. 2.4.2 Ley de los estados correspondientes. 2.4.3 Ecuación de estado de la compresibilidad para mezclas de gases. 2.4.4 Propiedades pseudocríticas de heptanos+. 2.4.5 Propiedades pseudocríticas de mezclas de gases cuando la composición no se conoce. 2.4.6 Método de Stewart. 2.4.7 Efecto de componentes no hidrocarburos sobre el factor z. 2.4.8 Método de Wichert-Aziz. 2.4.9 Método de corrección de Carr-Kobayashi-Burrogs para la corrección de las propiedades pseudocríticas de una mezcla de gases considerando gases no hidrocarburos.</p>
3	Comportamiento de fases	<p>3.1 Introducción. 3.2 Sustancias puras. 3.2.1 Diagrama de fase de sustancias puras. 3.2.2 Usos del diagrama de fases. 3.2.3 Presión de vapor de una sustancia pura. 3.2.4 Diagrama P-V-T para una sustancia pura. 3.2.5 Diagrama T- Densidad para una sustancia pura. 3.3 Mezcla de dos componentes. 3.3.1 Diagrama de fase para una mezcla de dos componentes. 3.3.2 Diagrama presión-volumen para una mezcla de dos componentes. 3.3.3 Diagramas mezcla-composición. 3.4 Diagramas para mezclas de tres componentes. 3.4.1 Diagramas ternarios. 3.4.2 Diagramas de fase para una mezcla de</p>

		<p>tres componentes.</p> <p>3.4.3 Usos de los diagramas terciarios.</p> <p>3.5 Sistemas multicomponentes de hidrocarburos.</p> <p>3.5.1 Cricondenterma.</p> <p>3.5.2 Cricondenbara.</p> <p>3.5.3 Punto crítico.</p> <p>3.5.4 Líneas de calidad.</p> <p>3.5.5 Curva de puntos de burbuja.</p> <p>3.5.6 Curva de puntos de rocío.</p>
4	Ecuaciones de estado para gases reales	<p>4.1 Introducción</p> <p>4.1 Ecuación de Van der Waals.</p> <p>4.2 Ecuaciones de estado en el punto crítico.</p> <p>4.3 Ecuación de estado cúbica de Van der Waals de dos parámetros.</p> <p>4.4 Ecuación de estado de Redlich-Kwong.</p> <p>4.5 Reglas de mezclado para la ecuación de estado de Redlich-Kwong.</p> <p>4.6 Ecuación de estado de Soave-Redlich-Kwong.</p> <p>4.7 Ecuación de estado de Peng-Robinson.</p> <p>4.8 Reglas de mezclado para las ecuaciones de estado de Soave-Redlich-Kwong y Peng-Robinson.</p>
5	Propiedades de los fluidos de yacimientos petroleros	<p>5.1 Introducción.</p> <p>5.2 Propiedades del gas seco.</p> <p>5.2.1 Revisión de definiciones de las propiedades de gases naturales.</p> <p>5.2.2 Peso molecular aparente de una mezcla de gases.</p> <p>5.2.3 Densidad específica de un gas (densidad relativa).</p> <p>5.2.4 Moles y fracción mol.</p> <p>5.2.5 Factor de desviación de gases reales (factor z).</p> <p>5.2.6 Factor de volumen del gas de formación, bg.</p> <p>5.2.7 Coeficiente de compresibilidad isotérmico del gas, cg.</p> <p>5.2.8 Cg para un gas ideal.</p> <p>5.2.9 Cg para un gas real.</p> <p>5.2.10 Compresibilidad pseudoreducida.</p> <p>5.2.11 Coeficiente de viscosidad del gas.</p> <p>5.2.12 Viscosidad de gases puros.</p> <p>5.2.13 Viscosidad de mezcla de gases.</p> <p>5.2.14 Viscosidad del gas a presión alta.</p>

		<p>5.3 Propiedades del aceite negro. Definiciones. 5.3.1 Densidad relativa de un líquido. 5.3.2 Factor de volumen de formación del aceite. 5.3.3 Relación gas en solución-aceite. 5.3.4 Factor de volumen de la formación total. 5.3.5 Coeficiente de compresibilidad isotérmica del aceite. 5.3.6 Coeficiente de viscosidad del aceite. 5.4 Propiedades del agua de yacimientos. 5.4.1 Factor de volumen del agua de formación. 5.4.2 Solubilidad del gas natural en el agua (relación gas en solución/agua). 5.4.3 Coeficiente de compresibilidad isotérmica del agua, c_w. 5.4.4 Coeficiente de viscosidad del agua de formación. 5.4.5 Densidad del agua de formación 5.4.6 Efecto de la salinidad sobre la densidad del agua de formación. 5.4.7 Composición de aguas de formación.</p>
6	Equilibrio líquido-vapor	<p>6.1 Introducción. 6.2 Soluciones ideales. 6.2.1 Ecuación de Raoult. 6.2.2 Ecuación de Dalton. 6.2.3 Composiciones y cantidades de las fases vapor y líquido en equilibrio de una solución ideal. 6.2.4 Cálculo de la presión en el punto de burbuja de una solución líquida ideal. 6.2.5 Cálculo de la presión en el punto de rocío de una solución de gases ideales. 6.3 Solución no-ideal. 6.3.1 Composiciones y cantidades de las fases gas y líquidos en equilibrio de una solución real. 6.3.2 Verificación de que la mezcla no ideal se encuentra en la región de 2 fases. 6.3.3 Cálculo de la presión en el punto de rocío de un gas real.</p>
7	Clasificación de yacimientos petroleros de acuerdo al tipo de fluidos y composición mineral	<p>7.1 Definiciones. 7.2 Clasificación de yacimientos petroleros.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Conceptos Generales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce las propiedades generales de los fluidos y las unidades y sistemas en que se miden, para utilizarse, durante el curso.</p> <p>Genéricas: Capacidad y Habilidad de Investigación, Capacidad de auto-aprendizaje, Habilidad interpersonal. Comunicación escrita y oral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar un ensayo sobre los diferentes sistemas de unidades, puntualizando la correspondencia que hay entre estos. • Identificar y determinar que son las propiedades intensivas y extensivas. • Elaborar un ensayo sobre el comportamiento de un gas ideal puro usando las diferentes ecuaciones y leyes aplicables
Ecuaciones de estado para gases naturales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analiza y define el comportamiento de los gases ideales, reales y vapor, reconoce sus principales leyes fisicoquímicas para identificar sus variaciones en los yacimientos de hidrocarburos.</p> <p>Genéricas: Capacidad y Habilidad de investigación, Capacidad de resolver problemas, Capacidad de Autoaprendizaje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar que es fracción-volumen y fracción-peso en una mezcla de gases. • Investigar e Identificar que son los sistemas de un solo componente (sustancia pura) mediante el empleo de diagramas. • Deducir las unidades y el valor de la constante universal para el sistema internacional y para el sistema inglés.
Comportamiento de fases	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Reconoce e Interpreta el comportamiento de presión-volumen-temperatura de las mezclas gaseosas, para el análisis y evaluación de yacimientos petroleros.</p> <p>Genéricas: Aplicación de conocimientos y la solución de problemas, Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de comunicación oral y escrita.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar y explicar los diagramas de composición para una mezcla de dos componentes y de tres componentes. • Elaborar un ensayo sobre los sistemas multicomponentes de hidrocarburos.

Ecuaciones de estado para gases reales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Describe ecuaciones de estado y sus expresiones analíticas más comunes, para aplicarse en la caracterización de yacimientos.</p> <p>Genéricas: Aplicación de conocimientos y la solución de problemas, Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de comunicación oral y escrita, Capacidad de trabajo en equipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar ejercicios matemáticos aplicando las ecuaciones de gases de estado para gases reales. • Realizar visitas a diferentes laboratorios para la comprobación de resultados
Propiedades de los fluidos de yacimientos petroleros	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce e identifica los parámetros más comunes de los fluidos para la evaluación de la eficiencia volumétrica en la recuperación de hidrocarburos.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad y Habilidad de Investigación, Capacidad de auto-aprendizaje, Habilidad interpersonal. Comunicación escrita y oral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y realizar un ensayo sobre las propiedades del gas seco, del aceite negro y del agua de yacimientos • Investigar y realizar un ensayo sobre las características de las soluciones ideales y no ideales. • Realizar visitas a laboratorios para la comprobación de las propiedades de los fluidos.
Equilibrio líquido-vapor	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Comprende el equilibrio líquido-vapor de soluciones ideales y no ideales para aplicarse en el análisis de yacimientos con diferentes tipos de fluidos.</p> <p>Genéricas: Capacidad y Habilidad de Investigación, Capacidad de auto-aprendizaje, Aplicación de conocimientos y la solución de problemas. Comunicación escrita y oral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar prácticas de laboratorio para comprobar las ecuaciones aplicables a las soluciones ideales y no ideales

Clasificación de yacimientos petroleros de acuerdo al tipo de fluidos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Conoce y analiza los tipos de yacimientos petroleros de acuerdo al tipo de fluidos para su clasificación.</p> <p>Genéricas: Capacidad y Habilidad de Investigación, Capacidad de auto-aprendizaje. Comunicación escrita y oral.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar y realizar un ensayo sobre los tipos de yacimientos. • Investigar y realizar un ensayo sobre los tipos de yacimientos de acuerdo al tipo de fluidos almacenados. • Elaborar una tabla comparativa de los diferentes tipos de yacimientos de acuerdo a los parámetros presentes en el yacimiento.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y cálculo de propiedades intensivas y extensivas. • Aplicación de la ley de Boyle. • Aplicación de la ley de Charles. • Construcción del diagrama de fase de presión-volumen para un componente puro. • Diagramas de fase densidad-temperatura para un componente puro • Diagrama de temperatura-composición para una mezcla de dos componentes • Comportamiento de un gas real. • Determinación del coeficiente de viscosidad del gas. • Aplicación de la ley de Raoult y de la ley de Dalton para un sistema liquido-gas • Proyecto final: Identificación del elemento representativo presente en una sustancia.
--

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fundamentación: marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
--

- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

La evaluación de la asignatura se hará con base en siguiente desempeño: reportes de prácticas, estudios de casos, exposiciones en clase, reportes de visitas, portafolio de evidencias, Reportes de investigación, portafolio de evidencias.

Para verificar el nivel del logro de las competencias del estudiante se recomienda utilizar: listas de cotejo, listas de verificación, matrices de valoración, guías de observación, coevaluación y autoevaluación.

11. Fuentes de información

1. MacCain, W. D. Jr. (1990), “The Properties of Petroleum Fluids” Second Edition, E.U.A, Penn Well.
2. Standing, M.B. (1977). Volumetric and phase behavior of oil, Dallas, SPE of AIME.
3. Dandekar, A.Y. (2006). “Petroleum reservoir rock and fluid properties” Edited by Taylor and Francis Group, USA.
4. Economides, M.J., Hill, D.A., and Ehlig-Economides, C. (2008). “Petroleum Production Systems” Ed. Prentice Hall Petroleum Engineering series, USA.
5. Crowe, C.T., Elger, D.F. Robertson. W. and John A. (2009)
6. Wiley J. and Sons Ed. 9th, Edit. “Engineering Fluid Mechanics”.USA.
7. Pedersen K.S. and Christensen, M.L. (2007). “Phase Behavior of Petroleum Reservoir Fluids” Edited by Taylor and Francis Group. USA.