

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Flujo Multifásico en Tuberías
Clave de la asignatura:	PED-1012
SATCA:	2-3-5
Carrera:	Ingeniería Petrolera

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La necesidad de entender el comportamiento de una mezcla líquido-gas dentro de una tubería se ha hecho más importante en los últimos años, debido a que la industria petrolera en particular avanza en gran medida. Las ventajas de transportar el crudo sin separarlo antes son considerables, ya que la cantidad de gas presente en el crudo tiene un efecto importante: disminuye la viscosidad y densidad del mismo, facilitando así su transporte.

Hasta ahora, se han diseñado tuberías capaces de manejar flujos multifásicos pero no se sabe con exactitud lo que sucede adentro y por ende se tiende a sobredimensionar el sistema de tuberías y accesorios que vayan a manejar el flujo. Dentro del tubo, la mezcla de fluidos puede presentar diversos arreglos que dependen de las velocidades superficiales y propiedades de cada sustancia así como de la inclinación de la tubería, arreglos que son conocidos como patrones de flujo y tienen gran influencia en la caída de presión que experimenta la mezcla, así como en el radio de volúmenes de cada fluido en el sistema; factores que afectan directamente las propiedades físicas de la mezcla.

En particular, al trabajar con flujo bifásico líquido-gas, el radio volumétrico o *holdup* representa el volumen de líquido o gas presente en una sección volumétrica de tubería. Si se conociera extensivamente el comportamiento detallado de las sustancias dentro de la tubería, sería posible manipular las condiciones de trabajo para aprovechar al máximo la presión del flujo, la cantidad de gas, y/o el patrón de flujo presente, para así economizar en equipos de transporte, red de tuberías y accesorios, medidores, equipos de separación y otros, de acuerdo con las características del sistema y la topografía de la región considerada.

Intención didáctica

Esta asignatura aporta las competencias para que el estudiante analice y aplique los principales regímenes de flujo para sistemas líquido-gas. En el tema uno y dos conoce los factores que influyen en los regímenes de flujo incluyendo la desviación del pozo y la proporción de cada fase; las diferencias relativas en las densidades de las fases, la tensión superficial y la viscosidad de cada fase; y la velocidad promedio. En sistema líquido-gas, cuando las pequeñas burbujas de gas están uniformemente distribuidas, el régimen de flujo

se denomina flujo con burbujas dispersas.

El estudiante también podrá diferenciar cuando estas burbujas se agregan para formar burbujas más grandes, lo cual conduce a tener un flujo tapón o flujo en batch. La asignatura contempla el análisis y evaluación de las características del flujo anular que es característico del flujo de gas a altas velocidades en el centro del pozo con el fluido confinado a una película delgada en las paredes del pozo.

El tema tres proporciona al el estudiante conocimientos con lo que evaluará el flujo estratificado que ocurre en pozos horizontales cuando dos o más fases se separan debido a la atracción gravitatoria. Además se propone el análisis de sistemas estratificados cuando se produce la interferencia entre dos fases que viajan a diferentes velocidades.

En el tema cuatro y cinco respectivamente, se presenta las bases necesarias para conocer los métodos para calcular la caída de presiones en flujos multifásicos verticales e inclinados.

Por último en el tema seis, se adquieren los conocimientos en caídas de presiones en flujos multifásicos, utilizando restricciones, obteniendo modelos aplicables a gas y líquidos.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta del 10 al 14 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Coatzacoalcos, Minatitlán, Poza Rica y Venustiano Carranza.	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, 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.

<p>Tecnológico Nacional de México, del 26 al 30 de agosto de 2013.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cerro Azul, Coatzacoalcos, Cosamaloapan, Huimanguillo, La Chontalpa, Poza Rica, Tantoyuca, Villa La Venta.</p>	<p>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.</p>
<p>Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.</p>	<p>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).</p>	<p>Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.</p>

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Aplica los fundamentos de flujo multifásico en tuberías en la solución de problemas de flujo de mezclas de hidrocarburos en tuberías de producción, líneas de descarga y redes de recolección, para la optimización del transporte de hidrocarburos.</p>

5. Competencias previas

<p>Determina el perfil de velocidad de flujo en una tubería para el análisis de sus propiedades Resuelve ecuaciones diferenciales aplicadas a ingeniería petrolera para medir la eficiencia de transporte. Determina las condiciones necesarias para los cambios de fases de un fluido.</p>

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Propiedades de los fluidos	1.1 Introducción 1.2 Propiedades del aceite saturado 1.3 Propiedades del aceite bajo saturado 1.4 Propiedades del gas natural 1.5 Propiedades del agua saturada 1.6 Propiedades del agua bajo saturada 1.7 Ejemplos
2	Fundamentos de flujo multifásico	2.1 Variables 2.2 Patrones de flujo
3	Flujo multifásico en tuberías horizontales	3.1 Correlaciones 3.2 Modelos mecanísticos
4	Flujo multifásico en tuberías verticales	4.1 Correlaciones 4.2 Modelos mecanísticos
5	Flujo multifásico en tuberías inclinadas	5.1 Correlaciones 5.2 Modelos mecanísticos
6	Flujo en estranguladores	6.1 Flujo crítico y subcrítico 6.2 Modelos para gas 6.3 Modelos para líquido 6.4 Modelos multifásicos 6.5 Modelos mecanísticos

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Propiedades de los fluidos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica: Conoce y aplica los fundamentos de flujo multifásico en tuberías para la solución de problemas de flujo de mezclas de hidrocarburos en tuberías de producción, líneas de descarga y redes de recolección.</p> <p>Competencias genéricas: Habilidad para búsqueda de información. Autoaprendizaje y habilidad para trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar las correlaciones de Standing, Vázquez y Oistein para determinar las propiedades del aceite, agua y gas saturado y bajo saturado

Fundamentos de flujo multifásico	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica: Conoce las características del flujo multifásico para reconocer la problemática y las variables que intervienen.</p> <p>Competencias genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. Capacidad para resolver ejercicios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la densidad y viscosidad del aceite saturado. • Mediante una investigación bibliográfica, identificar las variables que influyen en el flujo multifásico
Flujo multifásico en tuberías horizontales.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica: Conoce y aplica métodos para calcular caída de presión en flujo multifásico horizontal.</p> <p>Competencias genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Solución de Problemas. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. Capacidad para resolver ejercicios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar el método de ascenso capilar para determinar la tensión superficial del aceite saturado. • Obtener las correlaciones y modelos mecanísticos para flujo multifásico en tuberías horizontales.
Flujo multifásico en tuberías verticales	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica: Aplica los métodos para calcular caída de presión en flujo multifásico vertical.</p> <p>Competencias genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Habilidad para búsqueda de información. Capacidad para trabajar en equipo. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. Capacidad para resolver ejercicios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la densidad y viscosidad del aceite bajo saturado • Obtener las correlaciones y modelos mecanísticos para flujo multifásico en tuberías verticales

Flujo multifásico en tuberías inclinadas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica: Conoce y aplica los métodos para calcular caída de presión en flujo multifásico en tuberías inclinadas</p> <p>Competencias genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Habilidad para búsqueda de información. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. Comunicación oral y escrita.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la densidad relativa de un gas. • Determinar los patrones de flujo multifásico para tuberías verticales, horizontales e inclinadas. • Obtener las correlaciones y modelos mecánicos para flujo multifásico en tuberías inclinadas
Flujo en estranguladores	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Competencia específica: Conoce y aplica los métodos para calcular caídas de presión en flujo multifásico a través de restricciones.</p> <p>Competencias genéricas: Capacidad de análisis y síntesis. Habilidad para búsqueda de información. Habilidad en el uso de tecnologías de información y comunicación. Comunicación oral y escrita. Liderazgo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la densidad y viscosidad del agua saturada. • Obtener los modelos para gas y líquido en estranguladores

8. Práctica(s)

- Determinación de las propiedades del aceite saturado.
- Determinación de las propiedades del aceite bajo saturado.
- Determinación de la tensión superficial del aceite saturado.
- Determinación de la densidad y viscosidad de gases.
- Propiedades del agua bajo saturada.

9. Proyecto de asignatura

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:

- **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

Para evaluar las actividades de aprendizaje se recomienda solicitar: mapas conceptuales, reportes de prácticas, estudios de casos, exposiciones en clase, ensayos, problemarios, reportes de visitas, portafolio de evidencias y cuestionarios.

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. Wallis, G. B., (1969). *One dimensional two-phase flow*, New York, McGraw-Hill.
2. Govier, G. W., Aziz, K., (1972), *The flow of complex mixtures in pipes*, New York, Van Nostrand Reinhold.
3. Brown, K. E., (1975). *Gas lift. Theory and practice*, Tulsa, Petroleum.
4. Beggs, H. D., (1991). *Production optimization using nodal analysis*, Tulsa, OGCI.
5. Golan, M., Whitson, C. H., (1991). *Well performance*, New Jersey, Prentice Hall.