

LA INGENIERÍA DE PETRÓLEOS DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FRENTE A OTROS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS DEL
MUNDO Y UNA MIRADA HACIA LOS HIDROCARBUROS
"NO CONVENCIONALES"

PRESENTADO POR:

CAMILO ROJAS RAMÍREZ
CÓD: 2009180362

JUAN SEBASTIAN CAMPOS PLAZAS
CÓD: 2007269997

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA-HUILA
2013

LA INGENIERÍA DE PETRÓLEOS DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FRENTE A OTROS PROGRAMAS DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS DEL
MUNDO Y UNA MIRADA HACIA LOS HIDROCARBUROS
"NO CONVENCIONALES"

Proyecto de grado presentado como requisito parcial
para optar al título de Ingenieros de Petróleos

Director:
Profesor Alfonso Ortiz Sánchez
Ingeniero Químico
Mcs en Alta Gerencia

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA-HUILA
2013

Nota de aceptación

Firma del Director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Neiva, 21 Octubre de 2013

Este trabajo lo dedico en especial a mi madre quien fue mi motivación diaria en este proceso, brindándome su apoyo y amor en los momentos más difíciles, al igual que mi padre, hermanos y el nuevo integrante de la familia Juan Diego Campos Muñoz mi sobrino. También a James Vega (OEPD) quien fue un compañero incondicional durante toda la carrera y ejemplo de superación.

Juan Sebastián Campos Plazas

"Es una gran oportunidad para agradecer a mi papa por su dedicación y ayuda a lo largo de mi vida universitaria"

Camilo Rojas Ramirez

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo, expresan sus agradecimientos a:

Dios todopoderoso, por concedernos llevar a feliz término nuestros estudios.

La Universidad, por la enseñanza impartida, peldaño importante en el desarrollo de nuestro proyecto de vida.

Nuestro director Alfonso Ortiz Sánchez por encaminarnos en este proceso.

Las directivas, jefes de programas, coordinadores, docentes, asesores y catedráticos de la Facultad de Ingeniería, por compartir sus valiosos conocimientos, su sabiduría sin reserva y calidad humana, proporcionándonos múltiples herramientas necesarias para nuestra vida cotidiana y profesional.

Nuestros jurados profesor Guiber Olaya Marín, profesor Luis Humberto Orduz Pérez por sus valiosas observaciones.

CONTENIDO

	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1.	
1. Panorama mundial y nacional del sector de los hidrocarburos convencionales y no convencionales	3
1.1 shale gas & shale oil.....	11
1.1.1 shale gas.....	12
1.1.2 Explotación de shale oil.....	18
1.1.3 Perforación y fracturamiento hidráulica un pozo para exploración-producción de hidrocarburos no convencionales.....	20
1.2 Crudos pesados	24
1.2.1 Recuperación primaria	26
1.2.2 Recuperación mejorada.....	25
1.2.2.1 Inyección de agua	26
1.2.2.2 Inyección de vapor	27
1.2.2.3 Procesos químicos y miscelaneos	29
1.2.2.4 Reservas mundiales y Colombianas de crudos pesados.....	29
Capítulo 2.	
2. Impacto ambiental en la explotación de hidrocarburos no convencionales.....	34
Capítulo 3.	
3. El programa de ingeniería de petróleos de la universidad Surcolombiana.....	37
3.1. La Universidad Surcolombiana	37
3.2. El Progra de Ingeniería de Petroleos de la Universidad Surcolombiana.....	38
3.2.1 Información general.....	38
3.2.2 Contexto de la ingeniería de petroleos.....	40
3.2.3 Plan de estudios	43
3.2.4 Objetivos y otras características del programa.....	50
Capítulo 4.	
4. Estado del programa frente a otros programas de petroleos en el mundo	52
4.1 Análisis de objetivos.....	60
4.2 Duración de la carrera	65
4.3 Indicadores de comparación.....	66
4.4 Similitudes, diferencias y tendencias en procesos de enseñanza del programa de ingeniería de petróleos de las universidades acreditadas por ABET con relación a la Universidad Surcolombiana.....	66
4.4.1 Cálculo.....	68
4.4.2 Física.....	69
4.4.3 Química.....	71
4.4.4 Geología.....	72

4.4.5 Perforación.....	74
4.4.6 Yacimientos.....	75
4.4.7 Gas.....	77
4.4.8 Producción.....	78
4.4.9 Administración y economía.....	80
4.4.10 Practicas en la industria.....	81
4.4.11 Capstone.....	83
4.5. Modelos Educativos.....	85
4.6 Análisis comparativo de asignaturas.....	86

Capítulo 5

5. Propuesta de adición a la malla curricular area de hidrocarburos no convencionales....	88
5.1 Proceso pedagógico.....	89
5.2. Propuesta reforma plan curricular.....	90

Capítulo 6.

6. Aspectos relacionados a la investigación y aprendizaje de tecnologías en hidrocarburos no convencionales.....	94
6.1 Estrategia pedagógica.....	95

Conclusiones.....	100
Bibliografía.....	102

ANEXOS

Anexo 1: Objetivos universidades del mundo

Anexo 2. Cursos electivos. Universidades ABET

Anexo 3. Planes de estudio de programas de ingeniería de petroleos de universidades ABET

Anexo 4: Criterios de los modelos educativos por ABET

Anexo 5: Materias de las universidades acreditadas por ABET

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Tipos de yacimientos desde convencionales hasta no convencionales	3
Figura 2 Triangulo de recursos Steve Holditch.	4
Figura 3 Representación esquemática de los recursos y reservas de hidrocarburos.....	6
Figura 3' Hidrocarburos no convencionales en Colombia	11
Figura 4 Presencia de shale gas en Colombia con relación al mundo	14
Figura 5 Presencia de shale gas en Colombia.....	15
Figura 6 Pozo de gas no convencional perforado horizontalmente	16
Figura 7 Explotación de shale gas	19
Figura 8 Como funciona la fracturación hidráulica	17
Figura 9 Explotación de shale oil pozos horizontales	18
Figura 10 Explotación de shale oil pozos horizontales.....	19
Figura 11 Fracturamiento hidráulico	21
Figura 12 Permeabilidades de diferentes tipos de formaciones	22
Figura 13 Fracturamiento en pozo horizontal.....	22
Figura 14 Clases de crudo pesado basada en la viscosidad de fondo de pozo	24
Figura 15 Etapas de inyección de vapor.....	28
Figura 16 Cincuenta años de experiencia en trabajo térmico	28
Figura 17 Método de SAGD	29
Figura 18 Reservas de crudo pesado vs crudo liviano.....	30
Figura 19 Recursos globales- crudos pesados	30
Figura 20 Principales campos petroleros en Colombia	31
Figura 21 Producción de los principales campos petroleros en Colombia.....	31
Figura 22 Mapa de campos petroleros en Colombia.....	32
Figura 23 Universidades objeto de estudio	53
Figura 24 Duración en semestres.....	65
Figura 25 Créditos.....	65

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Reservas de crudo probadas (total convencional y no convencional)	6
Tabla 2 Reservas no convencionales (sin medio oriente).....	7
Tabla 3 Calendario de la industria de intención de perforación exploratoria en yacimientos no convencionales.....	10
Tabla 4 Reservas mundiales de Shale Gas	13
Tabla 5 Reservas de gas shale en Colombia.....	15
Tabla 6 Información general del programa.....	39
Tabla 7 Plan de estudios en credito. Acuerdo 006 de 2012.....	44
Tabla 8 Peso relativo de las cuatro áreas curriculares del plan de estudios.....	48
Tabla 9 Cursos del área de ingeniería aplicada agrupados por subáreas	49
Tabla 10 Información de semestres materias y créditos	58
Tabla 11 Universidades acreditadas por ABET	59
Tabla 12 Objetivos trazados por el Programa de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.....	60
Tabla 13 Objetivos Universidades.....	62
Tabla 14 Porcentaje de los objetivos Vs # de Universidades acreditadas por ABET.....	63
Tabla 15 Comparación de objetivos.....	64
Tabla 16 Medio Oriente	67
Tabla 17 Estados Unidos.....	67
Tabla 18 Materias de Cálculo.....	68
Tabla 19 Porcentaje materias de Cálculo.....	69
Tabla 20 Materias de Física.....	69
Tabla 21 Porcentaje materias de Física.....	70
Tabla 22 Materias de Química.....	71
Tabla 23 Porcentaje de materias de química.....	72
Tabla 21 Materias de Geología.....	72
Tabla 25 Porcentaje materias de Geología.....	73
Tabla 26 Materias de Perforación.....	74
Tabla 27 Porcentaje de materias de Perforación.....	75
Tabla 28 Materias de Yacimientos.....	75
Tabla 29 Porcentaje de materias de Yacimiento.....	76
Tabla 30 Materias de Gas.....	77
Tabla 31 Porcentaje de materias de Gas.....	78
Tabla 32 Materias de Producción.....	78
Tabla 33 Porcentaje de materias de Producción.....	79
Tabla 34 Materias de Administración y Economía.....	81
Tabla 35 Porcentajes de Administración y Economía.....	81
Tabla 36 Practicas.....	81
Tabla 37 Materias de Capstone.....	83
Tabla 38 Porcentaje de Universidades con materias de Capstone.....	84
Tabla 39 Promedio de cursos de Capstone.....	84
Tabla 40 Comparativo con la USCO.....	86
Tabla 41 Componentes común de Universidades estudiadas.....	87
Tabla 42 Propuestas asignaturas.....	92

LISTADO DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1 Reservas de crudo probadas (total convencional y no convencional).....	7
Grafica 2 Reservas no convencionales (sin medio oriente).....	8
Grafica 3 Materias de Cálculo	68
Grafica 4 Materias de Física.....	70
Grafica 5 Materias de Química	71
Grafica 6 Materias de Geología	73
Grafica 7 Materias de Perforación	74
Grafica 8 Materias de Yacimientos.....	76
Grafica 9 Materias de Gas.....	77
Grafica 10 Materias en Producción.....	79
Grafica 11 Materias de practicas de campo.....	82
Grafica 12 Materias de Capstone.....	84

RESUMEN

Este trabajo está orientado a dar una mirada del estado del arte de los hidrocarburos no convencionales y al aumento del factor de recobro de los campos convencionales, así como de la enseñanza de la ingeniería de petróleos en el mundo y cómo ésta puede suplir la necesidad de la industria en cuanto las competencias y habilidades que los ingenieros recién egresados deben tener para un buen desempeño en el campo de petróleos y gas.

Todo esto con el fin de que el programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana se ajuste a las necesidades de la industria global de hidrocarburos con miras de que sea más competitivo.

Se llevó a cabo además una revisión de la estructura curricular del programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana y de otros programas del mundo, con el fin de detectar si existen características comunes y establecer sus diferencias. Con base en lo anterior se puede establecer la pertinencia del programa de petróleos de la Universidad Surcolombiana con relación no solo a los demás programas sino también con las altas exigencias tecnológicas y científicas de la industria de los hidrocarburos.

El estudio deja consignado en un documento el nivel en que se encuentra el programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana con relación a otros para, de esta manera, contribuir con quienes tiene la responsabilidad de dirigir académicamente el destino del programa de petróleos de la universidad Surcolombiana. De esta forma la propuesta aquí realizada aspira ubicar al programa dentro del marco de los demás programas y en cierta forma, detectar si se cumple con algunos estándares mundiales de calidad.

ABSTRACT

This work aims to give a look of the state of the art of unconventional hydrocarbons and the increase of recovery factor of conventional fields, as well as teaching petroleum engineering around the world and how it can meet the need of the industry in skills and abilities that recently graduated engineers must have to perform well in the field of petroleum and gas.

All this with the purpose that the petroleum engineering program at the Universidad Surcolombiana meets the needs of the global oil industry in order to make it more competitive.

It also conducted a review of the curricular structure of the petroleum engineering program at the Universidad Surcolombiana and other programs in the world, in order to detect if there are common features and set their differences. Based on this review we can establish the relevance of the Universidad Surcolombiana program in relation not only to others programs but also with the high technological and scientific requirements of the hydrocarbon industry.

The study leaves contained in a document the level at which is the petroleum engineering program at the Universidad Surcolombiana compared with others, in this way, contribute to who has the responsibility of directing the destiny of the program. Thus the proposal made here aspires to locate the program within the framework of other programs and in a way, detect if it meets the international quality standards.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de la población mundial y el cambio en el estilo de vida y tecnología que esta población requiere hace que cada día sea mayor la demanda energética.

El crecimiento de la economía en las sociedades emergentes demanda cada vez más energía. Para suplir esta necesidad, una de las fuentes importantes es el petróleo y el gas natural sobre quienes recae el mayor peso como recurso energético; pues es bien sabido que otras fuentes son más costosas y menos eficientes. En este sentido, la academia tiene una importancia enorme para contribuir con el desarrollo tecnológico que posibilite la producción de hidrocarburos de la manera más eficiente posible.

Los programas de ingeniería de petróleos del mundo son los encargados de formar técnica y científicamente a los ingenieros que van a enfrentar el desafío energético futuro; son ellos quienes tienen una altísima responsabilidad porque con sus conocimientos adecuados están llamados a contribuir a hacer eficaces los recursos energéticos, en particular los hidrocarburos. La industria petrolera es una de las actividades económicas de mayor globalización y por lo tanto los programas de ingeniería de petróleos están obligados a formar ingenieros con las competencias propias de un mundo globalizado. Se puede decir que la ingeniería de petróleos requiere de puntos comunes en todas las universidades del mundo por las características antes señaladas.

La industria Petrolera mundial se encuentra en un periodo de transición de los llamados hidrocarburos convencionales hacia los no convencionales, estos son los encargados de proveer la energía que el mundo necesita en los próximos 50 años.

De esta manera la academia tiene que contribuir formando ingenieros con las competencias necesarias para resolver los problemas que esta transición lleve para el desarrollo de estos recursos no convencionales.

El programa de ingeniería de petróleos de la universidad debe ser altamente flexible y dinámico de tal forma que su estructura curricular se adapte a las necesidades cambiantes de una industria petrolera globalizada y en donde la aplicación de alta tecnología se vincula con mucha rapidez a los procesos productivos.

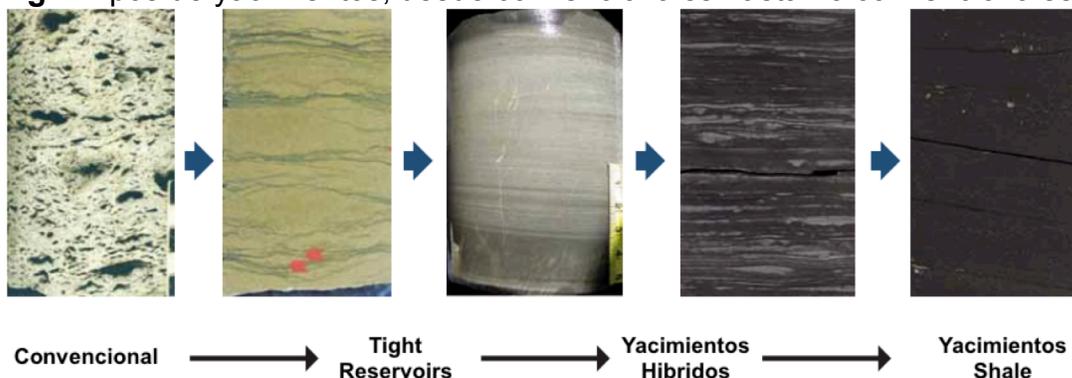
Por lo señalado anteriormente se pretende hacer un estudio comparativo del programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana con los 25 programas de ingeniería de petróleos acreditados por la ABET, con el propósito de que las recomendaciones y propuestas sirvan de guía para

futuros rediseños de la estructura curricular del programa de petróleos de acuerdo con las exigencias de una industria globalizada y altamente cambiante.

1. PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL DEL SECTOR DE LOS HIDROCARBUROS CONVENCIONALES Y NO CONVENCIONALES

Al hablar de hidrocarburos no convencionales, se hace referencia al petróleo y gas que se encuentran en yacimientos no convencionales, estos yacimientos pueden ser profundos o someros, de alta o baja presión, homogéneos o naturalmente fracturados, con una o más fases presentes, es decir no existe un yacimiento típico no convencional pero todos tienen una condición en común: no permiten el movimiento del fluido, bien por estar atrapados en rocas de baja permeabilidad, o por tratarse de petróleos alta viscosidad. Por esta razón necesitan de mayor tecnología para su extracción. Lo importante de los recursos no convencionales es que se encuentran en mayores volúmenes y alrededor del mundo se tienen reservas importantes de estos. En la Fig 1 se aprecia la diferencia de porosidad desde un yacimiento convencional de arenisca hasta un yacimiento de gas shale (gas de esquisto).

Fig.1 Tipos de yacimientos, desde convencionales hasta no convencionales.



Fuente: <http://www.woodmacresearch.com/images/portal/energy/multiclients/unconventionals/unconventionals.jpg>

En el presente documento se hace una revisión bibliográfica sobre los hidrocarburos no convencionales, hablando de su pasado, presente y futuro, con la finalidad de encontrar su importancia en la trascendencia de la industria petrolera colombiana y global, también se tiene como objetivo encontrar las competencias requeridas por los ingenieros de petróleos para poder afrontar este desafío de producir hidrocarburos de este tipo de yacimientos de manera rentable.

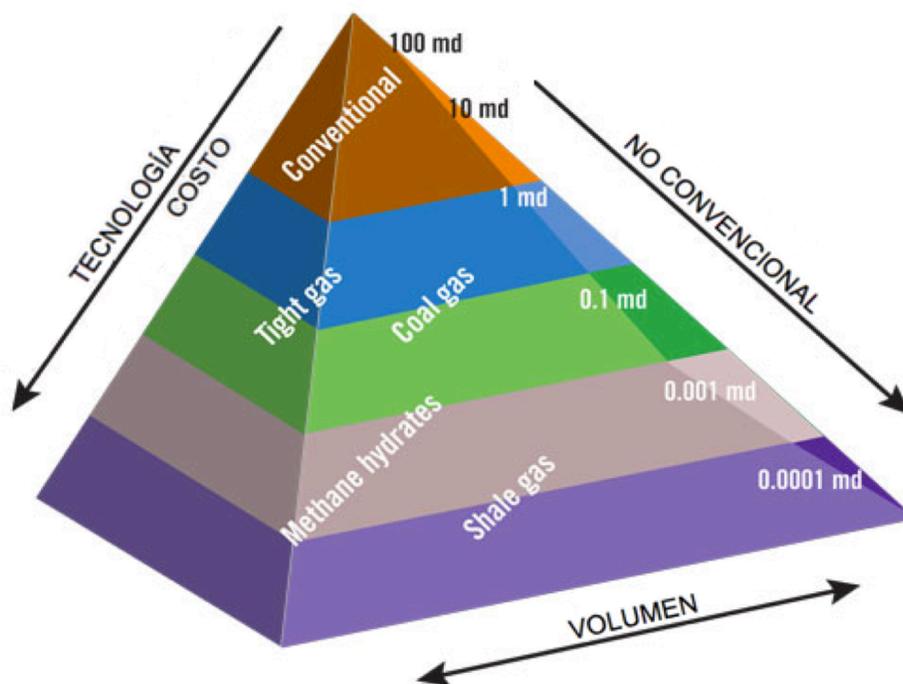
Los siguientes tipos de hidrocarburos o yacimientos convencionales y no convencionales son objeto de revisión en este documento por su gran potencial a nivel de la industria mundial y Colombiana:

1. Crudos Pesados
2. Shale Gas & Tight Oils
3. EOR & IOR (Campos Maduros)

4. Off Shore

Para hablar de reservas de hidrocarburos, se utiliza el concepto llamado triángulo de los recursos propuesto por Steve Holditch (figura 2) en el cual se establece que se ha producido la mayor parte de los hidrocarburos convencionales y éstos han sido relativamente fáciles de extraer, pero en volúmenes pequeños comparados con los grandes volúmenes de hidrocarburos no convencionales (petróleo y gas) los cuales son difíciles de producir, ya que requieren mayor tecnología e inversión.

Figura 2. Triángulo de Recursos de Steve Holditch



Fuente: <http://gailtheactuary.files.wordpress.com/2010/12/a-huge-amount-of-oil-is-available-rev.png>

En un modelo de libre mercado se podría esperar que estos recursos energéticos globales se hubieran desarrollado de una manera eficiente, es decir se produciría en primer lugar los recursos convencionales que se pueden extraer a un menor costo y a medida que se agotan estos recursos, la producción se continuaría con los recursos no convencionales más costosos.

Sin embargo, barreras geopolíticas e ineficiencias burocráticas promovidas por las políticas de la OPEP y las prácticas no competitivas de las compañías nacionales de petróleo (NOC) han hecho que reservas convencionales baratas aún no se hayan desarrollado, Obligando así a capitales privados a buscar otras opciones, por lo que ya hay importantes inversiones en recursos no convencionales.

“Tendencias geopolíticas en el desarrollo de los recursos convencionales, en combinación con otros factores, como las políticas restrictivas de producción de

petróleo de la OPEP, permitieron que los precios mundiales del petróleo y el gas natural llegaran a niveles por encima de los promedios históricos, esto alentó la inversión en los recursos no convencionales.”¹

Para hablar de volúmenes de hidrocarburos convencionales y no convencionales globales es necesario especificar que son recursos y reservas para esto se requiere definir:

- **Resource in place** - Recurso en lugar - “Recurso total con gran incertidumbre. Pero nunca se podrá ir más allá de este último número.”²
- **Technically recoverable resource** - Recurso técnicamente recuperable- “Este es el número que se está evaluando. mucha incertidumbre, pero la experiencia ha demostrado que este número generalmente crece con el tiempo.”³
- **Economically recoverable resource** - Recurso económicamente recuperable - “Este va a crecer con la disminución de los costos y aumento de los precios, pero está limitado por la tecnología.”⁴
- **Proved reserved** - Reservas probadas –“Conectadas y listas para producir.”⁵

En la figura 3 se muestra un esquema con las definiciones anteriores, en donde se observa como las reservas probadas son un subconjunto de los recursos económicamente recuperables, los recursos que son económicamente recuperables son un subconjunto de los recursos técnicamente recuperables, que son a su vez un subconjunto de todos los recursos en el lugar.

Un aumento de los precios y / o disminución de los costos de producción de los hidrocarburos hará que el recurso económicamente recuperables sea mayor, al igual que las innovaciones pueden causar que los recursos técnicamente recuperables aumenten. Un ejemplo claro de esto es el shale gas donde las innovaciones han aumentado notablemente tanto el recurso técnicamente recuperable y el económicamente recuperable.

¹ Myers, A., Medlock III, K., & Soligo, R. (Mayo de 2011). The status of world oil reserves: conventional and unconventional resources in the future supply mix. 21p.

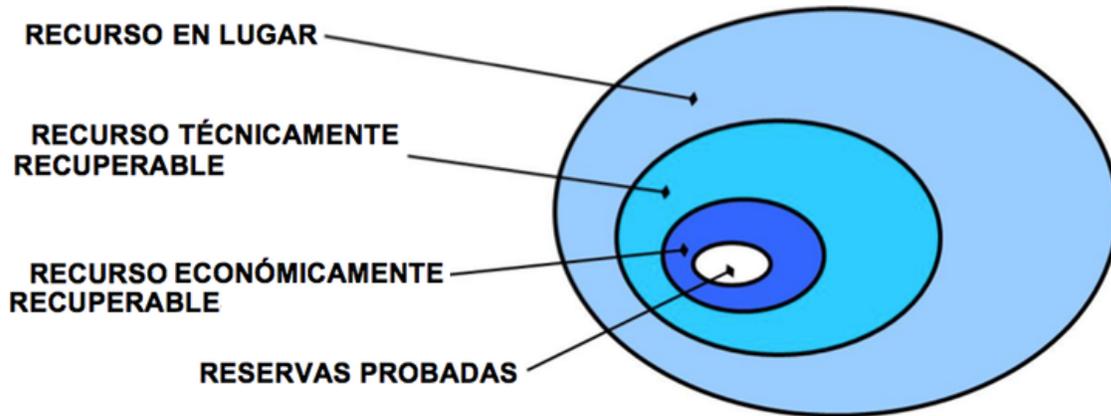
² Ibid. 1

³ Ibid. 1

⁴ Ibid. 1

⁵ Ibid. 1

Figura 3'. Represión Esquemática de los recursos y reservas de hidrocarburos



Fuente: The Status Of World Oil Reserves: Conventional And Unconventional Resources In The Future Supply Mix.

La tabla 1 y grafica 1 se muestra las reservas probadas de hidrocarburos convencionales globales que suman alrededor 1354.2 billones de barriles y según la U.S. Geological Survey (USGS) el recurso técnicamente recuperable es aproximadamente 3.4 trillones de barriles, que es casi el triple de las reservas probadas.

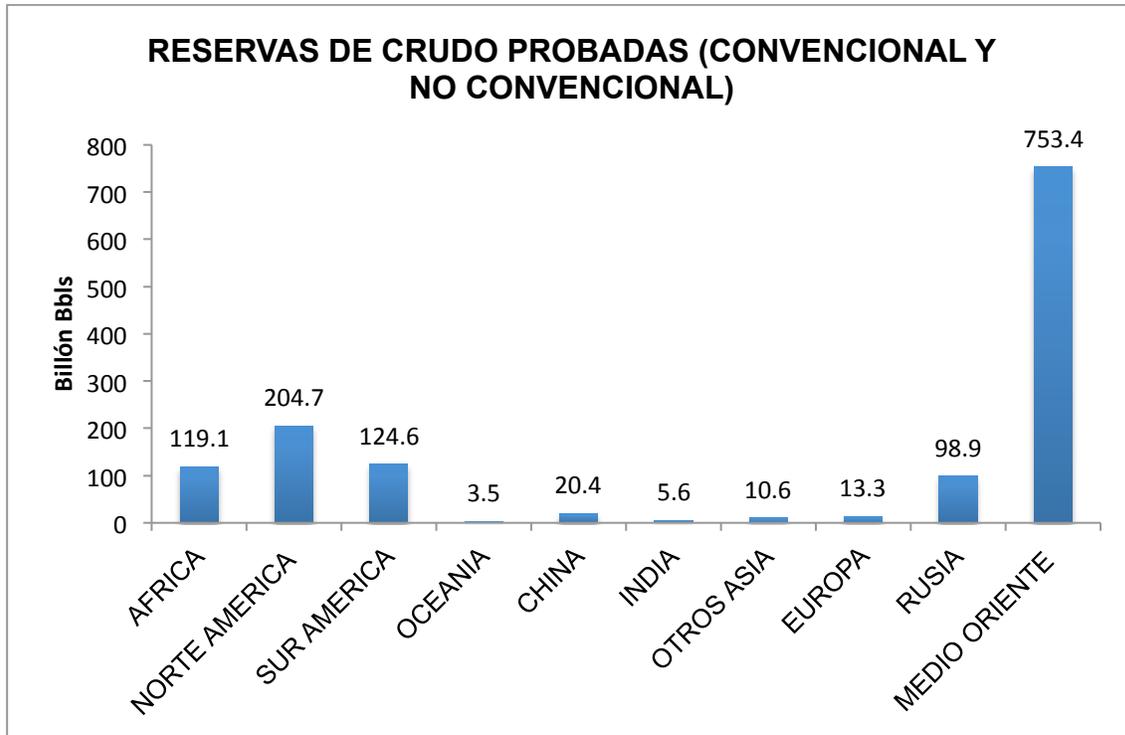
Un 56 %de estas reservas convencionales se encuentran en Medio Oriente y un porcentaje aún mayor de los recursos evaluados como técnicamente recuperables también se encuentran en el Medio Oriente.

Tabla1. Reservas de crudo probadas (total convencional y no convencional)

RESERVAS DE CRUDO PROBADAS (TOTAL CONVENCIONAL Y NO CONVENCIONAL)	
PAIS	UNIDAD: Billón Bbls
AFRICA	119.1
NORTE AMERICA	204.7
SUR AMERICA	124.6
OCEANIA	3.5
CHINA	20.4
INDIA	5.6
OTROS ASIA	10.6
EUROPA	13.3
RUSIA	98.9
MEDIO ORIENTE	753.4
MUNDO	1354.1

Fuente: The Status Of World Oil Reserves: Conventional And Unconventional Resources In The Future Supply Mix.

Grafica 1. Reservas de crudo probadas (total convencional y no convencional)



Fuente: Autores.

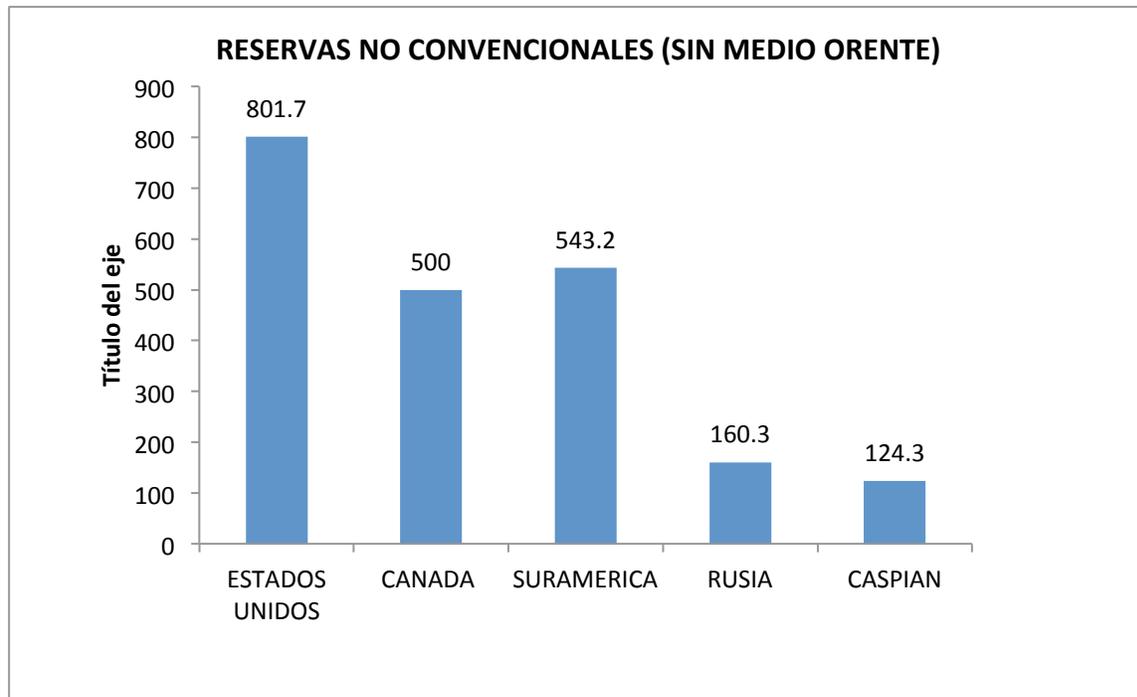
Si bien las estimaciones de recursos convencionales de petróleo son considerables, a medida que estos se vayan produciendo la contabilización de las reservas de los recursos no convencionales debe ser indispensable en la tabla 2 y grafica 2 se muestra los recursos petroleros no convencionales identificados, de los cuales gran parte de estos se encuentran en Canadá, Estados Unidos y Venezuela.

Tabla 2. Reservas no convencionales (sin medio oriente)

RESERVAS NO CONVENCIONALES (SIN MEDIO ORIENTE)	
PAIS	UNIDAD: Billón Bbls
ESTADOS UNIDOS	801.7
CANADA	500
OTROS/SUR AMERICA	543.2
RUSIA	160.3
CASPIAN	124.3
MUNDO	2129.5

Fuente: The Status Of World Oil Reserves: Conventional And Unconventional Resources In The Future Supply Mix.

Grafica 2. Reservas no convencionales (sin medio oriente)



Fuente: Autores.

Hasta ahora, ha sido menos costoso desarrollar los recursos convencionales de petróleo. Sin embargo, si los precios del petróleo siguen estando por encima de \$ 75/bbl, y los costos relativos de desarrollo de petróleo no convencional por las innovaciones continúan cayendo, es razonable esperar que el interés en el desarrollo de otros recursos no convencionales de petróleo se acelerará de manera similar.

El éxito reciente de los productores de shale en Estados Unidos así como el acceso restringido a los recursos petroleros convencionales en los principales países productores, ha despertado un interés global en el descubrimiento de recursos no convencionales, empujando a las compañías petroleras privadas para explorar y desarrollar estos en una escala más amplia.

“El shale gas y shale oil de EE.UU. podría ser un rompe paradigma para el mundo del petróleo, ya que podría alterar sus características no sólo por que permitiría el desarrollo del todavía virgen shale gas y shale oil mundial sino también para la recuperación de más petróleo convencional en campos petroleros

ya establecidos, cuya tasa de recuperación media es actualmente de no más de 35 por ciento.”⁶

Nadie se esperaba que el shale gas se convirtiera en una parte tan importante de la matriz energética hasta hace 10 años, Con abundancia relativa del gas al petróleo, el gas natural probablemente va a competir en los usos tradicionales finales del crudo. En la medida en que se alcance el éxito en Europa, Asia y Sur América, el gas no convencional se convertirá en una parte cada vez mayor de la matriz energética global.

En Colombia recientemente se cumplió la meta del gobierno nacional de producir 1 millón de barriles diarios, lo que es muy gratificante para la industria petrolera Colombiana, pero a la vez es un gran desafío puesto que las reservas de hidrocarburos no son lo suficientes para soportar este nivel de producción por mucho tiempo en un país que el 50 % de los 51 mil millones de dólares anuales que valen las exportaciones de bienes proviene del Petróleo.

La preocupación de la industria petrolera es aumentar la relación reservas-producción, es decir la autosuficiencia petrolera. Las reservas de petróleo en Colombia finalizando 2011 fueron de 2259 millones de barriles, dando una relación reservas-producción de 6,8 años que es notablemente baja lo ideal para un país petrolero es mínimo de 10 años.*⁷

En el caso del gas, según la ANH, las reservas recuperables se situaron en 7.1 Terapiés cúbicos (TPC) en 2011, y las comerciales en 5.4 TPC. Estas últimas alcanzarían hasta 2018 con la producción actual que a finales de 2012 fue de 1245 M de pies cúbicos diarios (Mpd/d), según la vicepresidencia de Suministro y Mercadeo de Ecopetrol.

Para aumentar estas reservas probadas es necesario tener nuevos descubrimientos de hidrocarburos (Convencionales y no convencionales) o aumentar el factor de recobro en los campos ya existentes.

Según Ronald Patín ex presidente de Pacific Rubiales “Colombia es un país cada vez más explorado, conseguir otro gran descubrimiento como Caño Limón o Cusiana es cada vez más difícil, la gran solución para Colombia, más que por la vía de la exploración, que sí hay la estará en la recuperación secundaria, especialmente en los crudos pesados por ejemplo el campo Rubiales tiene 4.600 Mb de petróleo in situ, la producción primaria apenas permite recuperar un 15%. Por esto hay que “moverse” ya a la recuperación secundaria, donde varios tipos de tecnologías de recuperación térmica podrían llevar estos recobros sobre el 50% ,Si yo recupero el 50%, son 2.300 Mb: se duplican las reservas de Colombia.”

⁶ Maugeri, L. (Junio de 2012). Oil: The Next Revolution. *Belfer Center for Science and International Affairs-Harvard* . 3p

⁷ Según la Asociación Colombiana del Petróleo

Según Alejandro Martínez, presidente de la ACP “en el largo plazo las posibilidades de adicionar nuevas reservas están en el mar, también en crudos pesados y en los no convencionales como una de las estrellas para alcanzar las metas, allí el país tiene un potencial muy interesante, donde está el futuro del sector petrolero”.

Colombia tiene un gran potencial de hidrocarburos no convencionales, tanto que es considerado el tercer país en Suramérica después de Argentina y Brasil con mayores reservas debido a la favorabilidad en el clima de inversión. La información relacionada con compañías, cuencas y bloques se presenta en la tabla 3 y figura 3.

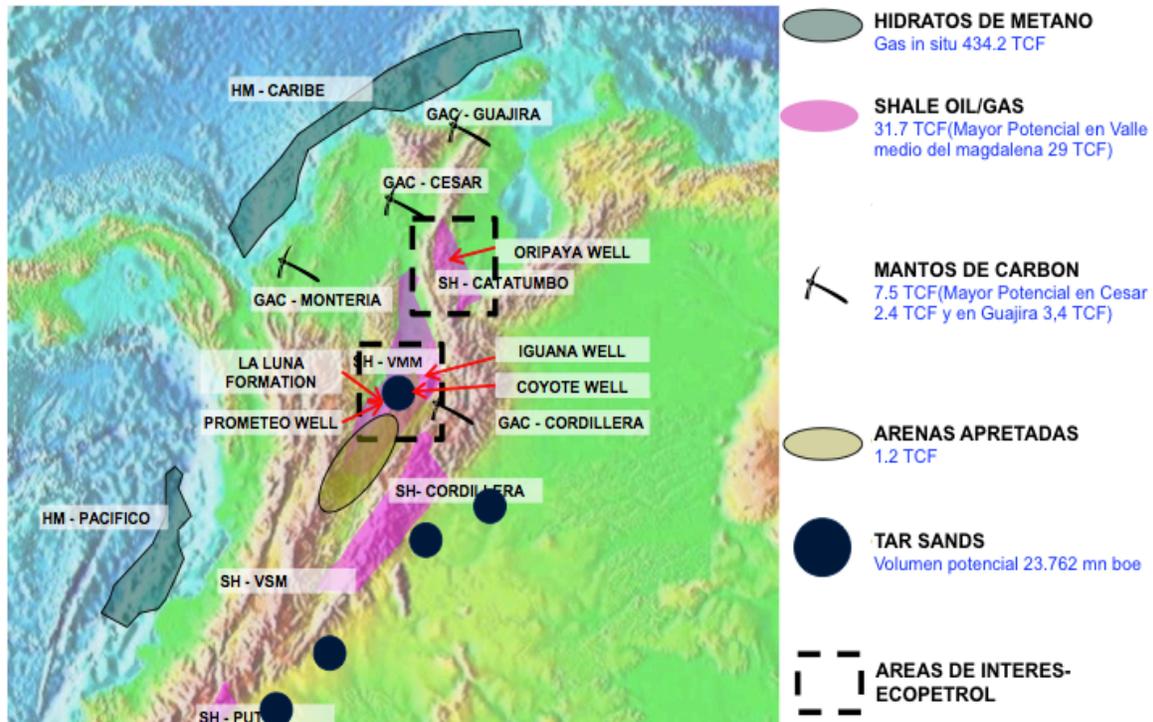
Tabla 3 Calendario de la industria de intención de perforación exploratoria en yacimientos no convencionales

COMPAÑÍA	BLOQUE	2013	2014	2015	2016
VETRA (derechos de procesos de transferencia de Exxon mobile)	VMM 2	3Q			
PATRIOR (derechos de procesos de transferencia de Exxon mobile)	VMM 37	3Q	1Q y 2Q		
ECOPETROL - EXXON MOBIL	COR 62		1Q o 2Q		
	VMM 29		1Q o 2Q		
	COR 46				1Q
SHELL	VMM 27	Stand by			
	VMM 3	3Q	1Q		
	VMM 28		1Q	2Q	3Q
NEXEN	Barbosa		1Q		
	Chiquinquirá	4Q	3Q		
CANACOL	Santa Isabel	1Q			
DRUMMOND	La Loma	2Q	2Q		

Fuente ANH “Emerging Shale & Tight Oil Basins”

En la figura 3 se observan las áreas con potencial y reservas de hidrocarburos no convencionales en Colombia, según un estudio hecho por Ecopetrol a comienzo del presente año.

Figura 3. Hidrocarburos no convencionales en Colombia



Fuente Ecopetrol S.A. Investor Presentation- march 2013

A continuación se hará una revisión de los diferentes tipos de hidrocarburos o yacimientos no convencionales, tendiente a resolver inquietudes como qué son, el porqué de su importancia a nivel nacional y mundial, reservas, métodos de extracción y su impacto en el medio ambiente.

1.1 SHALE GAS & SHALE OIL

En la actualidad a nivel mundial existe un incremento en el interés de explotación de gas e hidrocarburos no convencionales, debido a que en todo el mundo la explotación de los recursos de fácil producción está cediéndole el protagonismo a otra más compleja, que precisa de tecnología de última generación para extraer hidrocarburos menos accesibles.

Puesto que ya a no se trata sólo de extraer el crudo y el gas de los grandes yacimientos que, en su mayoría, atraviesan una fase de elevada maduración, sino también de ir por los yacimientos de menor envergadura, los que están encapsulados en estructuras sedimentarias menos permeables, que

demandan de un mayor esfuerzo productivo para llegar hasta la superficie. A esos recursos se los conoce en la industria como no convencionales. Los mismos se agrupan en los siguientes subtipos: *tight gas*, para el fluido que se obtiene de las arenas compactas; *shale gas*, para el hidrocarburo que fluye directamente de la zona de roca madre; y *shale oil*, para el crudo que se encuentra escondido en depósitos de baja permeabilidad y muy profundos.

1.1.1 Shale gas.

Dentro de los gases no convencionales se encuentra el *shale gas*, que simplemente es gas natural contenido en lutitas (rocas sedimentarias de grano fino compuestas por arcilla, lodo y limo, ricas en materia orgánica), que tienen una buena porosidad pero una permeabilidad casi nula⁸.

El gas natural normalmente está atrapado en rocas porosas a alta presión. Para extraerlo basta con perforar hasta llegar a la roca fuente. Cuando esta es pinchada el gas fluye hacia superficie por diferencia de presión.

Los gases no convencionales, se caracterizan por estar en rocas de baja porosidad y baja permeabilidad, lo que hace que estén en mucha menos concentración y se haga más difícil su extracción.

Los gases no convencionales se clasifican en:

- Gases en areniscas de baja permeabilidad (*tight gas*)
- Gas en esquistos (*shale gas*)
- Metano en capas de carbón (*coal bed methane*)
- Hidratos de metano (moléculas de metano a muy baja temperatura)⁹

Principales características del shale gas

- Lutitas ricas en contenido orgánico
- Rocas madre
- Gas libre y adsorbido
- Nano Darcy (muy baja permeabilidad)

Así mismo, este tipo de gas natural se extrae de zonas profundas en terrenos donde abunda el esquisto, las lutitas o las argilitas ricas en materia orgánica. El interior rocoso del esquisto presenta baja permeabilidad, lo que impide su ascenso a la superficie. Por ende, para la extracción comercial de dicho gas, es necesario fracturar la roca hidráulicamente¹⁰.

⁸BOLUFER, P«Extracción de petróleo y gas de rocas sedimentarias». Ingeniería Química. 2011 p. 63

⁹FRACTURACIÓN HIDRAÚLICA PARA LA EXTRACCIÓN DE GAS NO CONVENCIONAL

¹⁰LÓPEZ Geta Juan Antonio. Investigación y gestión de los recursos del subsuelo. IGME, 2008 - 917 p.

El shale gas se encuentra atrapado en estratos o capas de esquistos a mucha profundidad (desde los 1300 a los 16000 pies). Dado que el shale tiene una permeabilidad muy baja, el gas está distribuido en pequeños poros, no conectadas entre sí, lo que hace necesario romper las capas del *shale* para conseguir reunir el gas y que fluya hacia la superficie.

Para el caso del *Shale gas*, James G Speight, indica que algunos depósitos subterráneos contienen grandes volúmenes de petróleo y gas que fluyen con facilidad a través de las rocas permeables.

Explica este ingeniero que a veces los fluidos quedan atrapados en estructuras rocosas con pequeños poros y baja permeabilidad. «A este tipo de gas natural se le conoce como gas no convencional, el cual se encuentra en yacimientos no comunes de depósitos de hidrocarburos y cuya explotación requiere alta tecnología y grandes inversiones»¹¹.

- Reservas de Shale Gas

Según la Administración de Información de Energía de Estados Unidos (*EIA*) estima que este gas es mucho más abundante en el planeta que las reservas de gas convencional. Un estudio de esta organización, publicado en abril del 2011, encontró prácticamente el mismo volumen de gas convencional en reservas de shale gas recuperable en sólo 32 países, lo que duplica la disponibilidad de gas para el consumo. La gran diferencia reside en que los mayores productores del *shale gas* serían: China, Estados Unidos, Argentina, México, Sudáfrica y Australia, en orden de mayor a menor.

Tabla 4 Reservas mundiales de shale gas

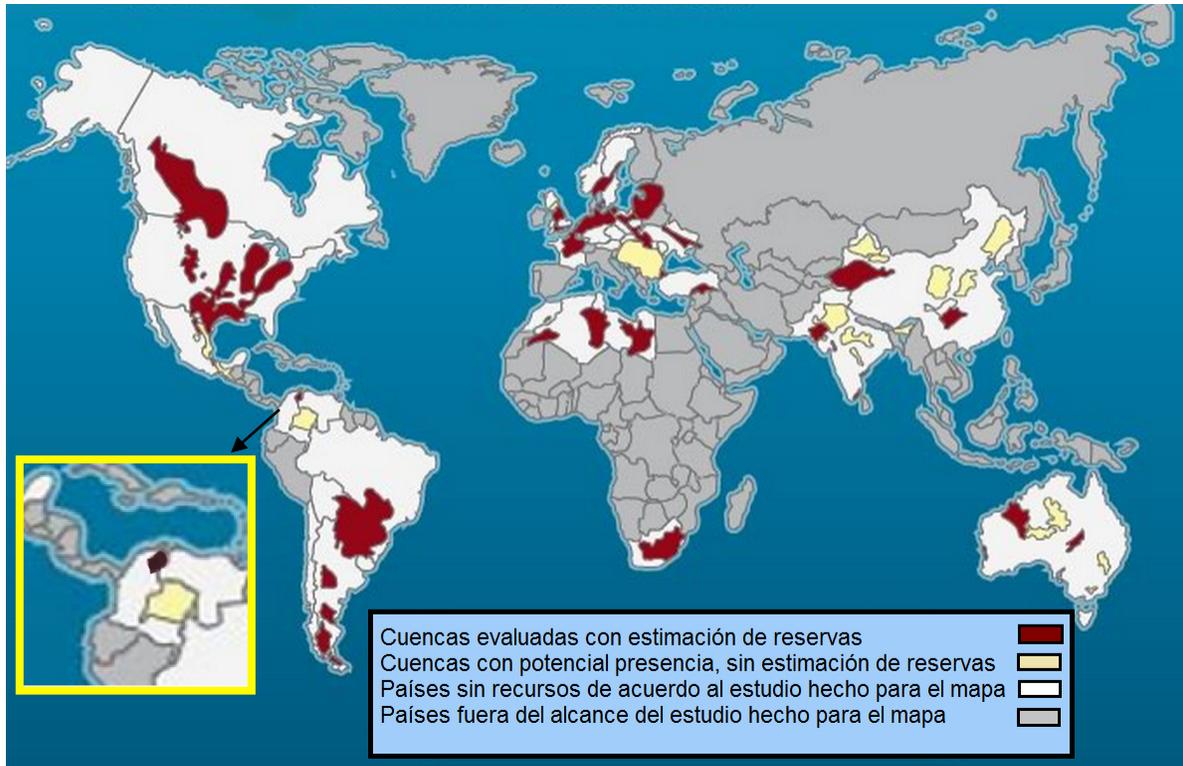
Puesto	País	Reserva (TFC)
1	China	1275
2	Estados Unidos	862
3	Argentina	774
4	México	681
5	Sudáfrica	485
6	Australia	396
7	Canadá	388
8	Libia	290
9	Argelia	231
10	Brasil	226

Fuente: Agencia de Energía de Estados Unidos

¹¹SPEIGHT James G. Shale Gas Production Processes. Gulf Professional Publishing, Jun 11, 2013 - 170 pages

En lo que respecta a Colombia tal como se puede observar en la figura 1, la Oficina de Información de Energía de Estados Unidos (EIA) ya reporta en su mapa 2011 presencia de shale gas en este país

Figura 4 Presencia de shale gas en Colombia con relación al mundo.



Fuente: Agencia de Energía de Estados Unidos

Además según Ecopetrol Colombia aún no ha empezado con la producción de *shale gas*, pero gracias a un avance tecnológico desarrollado por Ecopetrol es posible saber cómo se comportan los yacimientos de este hidrocarburo no convencional en distintos escenarios de producción¹².

El Instituto Colombiano del Petróleo dispone de un laboratorio para los hidrocarburos no convencionales. De momento, la prioridad de Ecopetrol en materia de gases apunta hacia el *shale*. En la región central de Colombia la empresa perforó un pozo estratigráfico para disponer de muestras de roca, así como de otros datos básicos del yacimiento¹³.

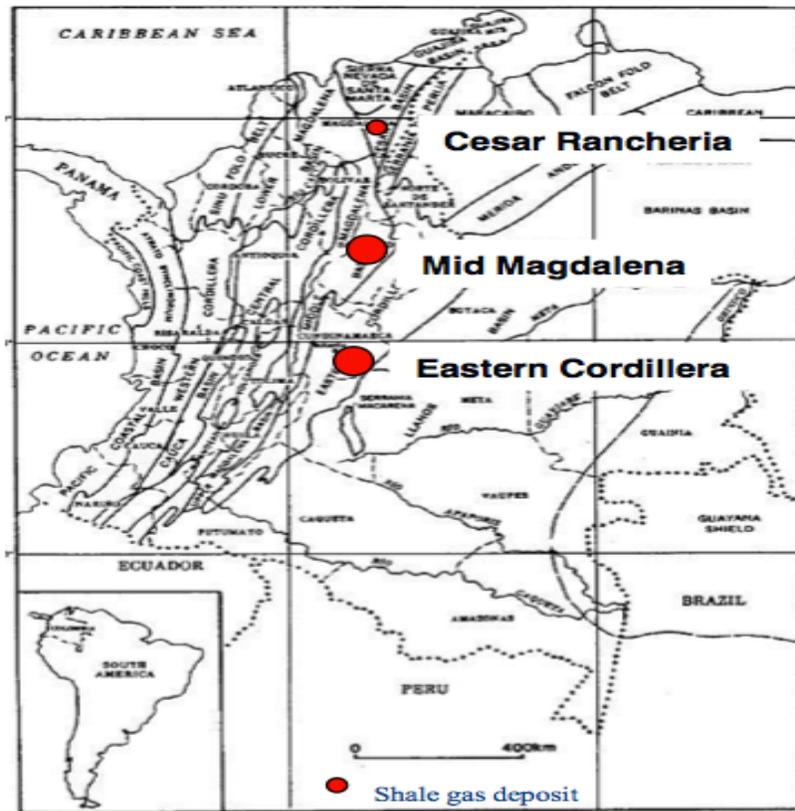
¹²REVISTA INNOVA. .{En línea}. Disponible en:

<http://www.ecopetrol.com.co/especiales/RevistaInnovaDiciembre/innovaDiciembre/nuevas2.html>

¹³Ibid.

Según Arthur D Little las reservas técnicamente recuperables de shale gas en Colombia son de aproximadamente 30 TCF y las tres cuencas más prometedoras son Valle medio del Magdalena, Cordillera Oriental y Cesar Ranchería. Ver figura 5 y tabla 5

Figura 5 Presencia de shale gas en Colombia.



Fuente: Potential Resources of Unconventional Hydrocarbons in Colombia

Tabla 5 Reservas de shale gas en Colombia

CUENCA	AREA (Km2)	NET PAY (mt2)	GAS IN PLACE(Tcf)	RESERVAS EN EL LUGAR(Tcf)
Valle Medio del Magdalena	7500	100	289.5	29
Cordillera Oriental	500	100	19.3	1.9
Cesar Rancheria	200	100	7.12	0.8
GAS SHALE TOTAL	8200		316.5	31.7

Fuente: Potential Resources of Unconventional Hydrocarbons in Colombia

– Explotación del Shale gas

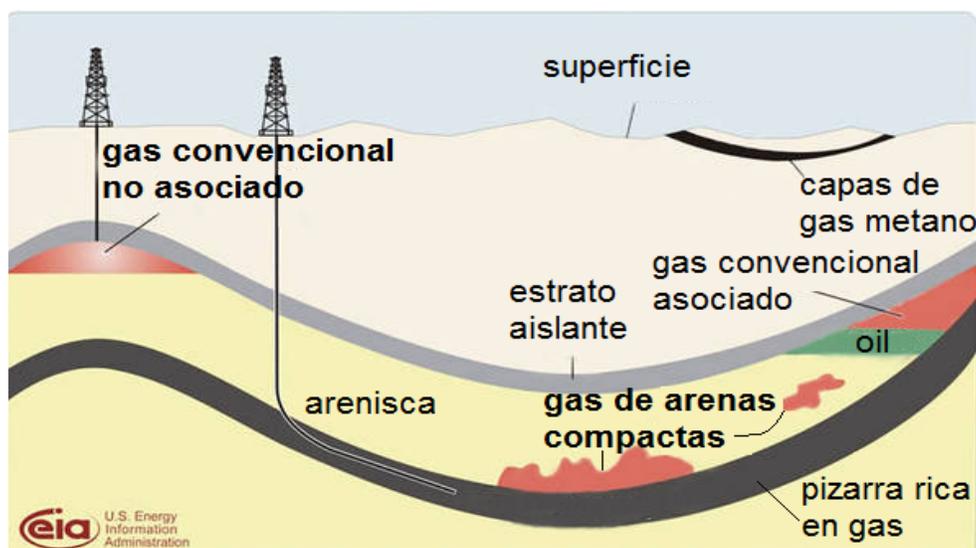
En lo que respecta a la explotación de *shale gas*, la fractura hidráulica conocida en inglés como fracking es una técnica de estimulación de yacimientos que consiste en el bombeo de fluido y un agente de apuntalamiento -por lo general arena a elevada presión, con el propósito de producir microfisuras en la roca almacenadora de hidrocarburos.

Las fisuras se producen desde el pozo de inyección y se extienden por cientos de metros hasta la roca de reserva, manteniéndose abiertas por acción del agente de apuntalamiento, permitiendo así la fluencia y recuperación del hidrocarburo. A su vez, la técnica de perforación horizontal permite maximizar el área rocosa que, una vez fisurada, entra en contacto con el pozo, y por consiguiente, incrementar la extracción en términos de la fluencia y el volumen de gas que puede ser obtenido del mismo¹⁴.

La misma fuente (Ecopetrol) establece que la utilización de ambas técnicas genera diferencias con las explotaciones convencionales respecto de la cantidad y la distribución de pozos sobre los yacimientos.

Una de las formas más comunes consiste en la construcción de una “plataforma de pozos” (well pad en inglés), en el centro de lo que, por lo general, son formaciones de entre 6 y 8 pozos horizontales perforados secuencialmente en hileras paralelas. Un único pozo, perforando verticalmente hasta 6500 pies, y horizontalmente hasta 4000 pies. Un ejemplo de explotación de dos tipos se muestra en la figura 6.

Figura 6 Pozo de gas no convencional perforado horizontalmente.

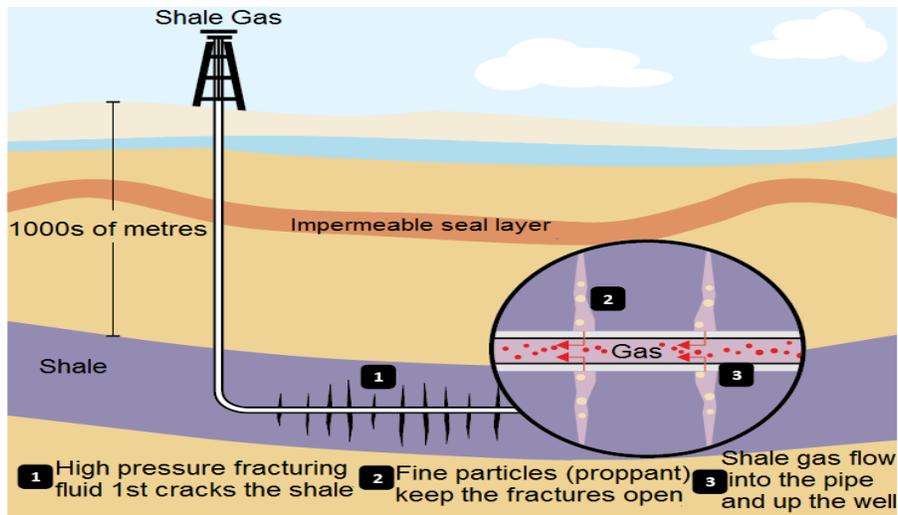


¹⁴PRADA Méndez Rolando. Apuntes sobre el sector de hidrocarburos. R. Prada Méndez, 1995.

Fuente: U.S. Energy Information Administration

Cada plataforma puede acceder únicamente a una pequeña área del yacimiento que se pretende explotar, por lo que es común que se dispongan múltiples plataformas sobre el mismo, y que se requiera una superficie lo suficientemente grande como para permitir el despliegue y almacenaje de los fluidos y el equipo necesario para las operaciones de fractura y las perforaciones horizontales.

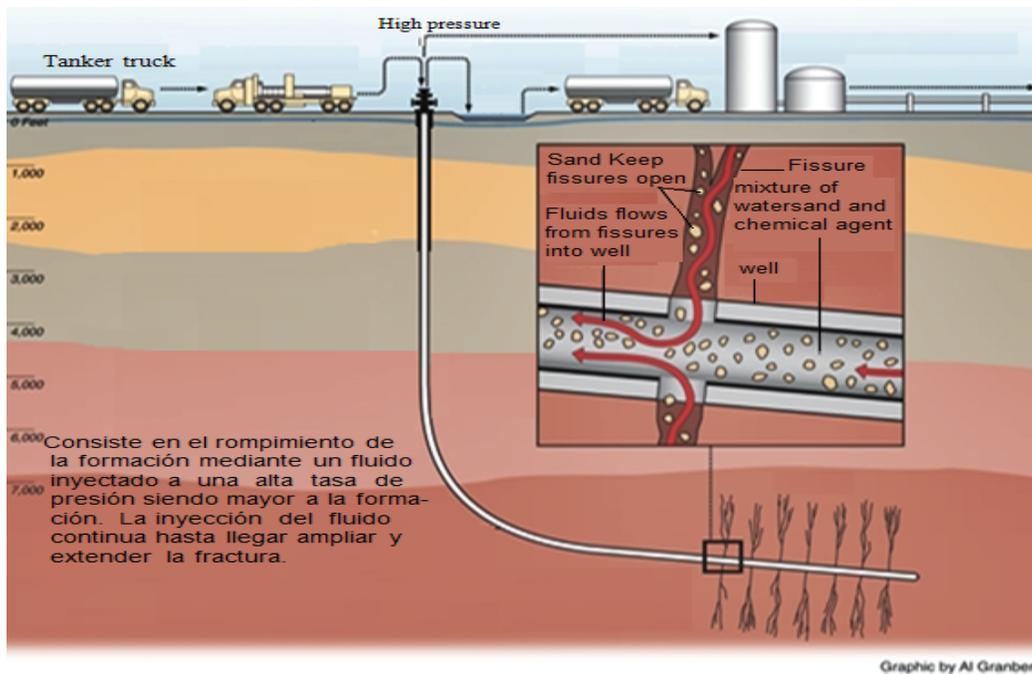
Figura 7 Explotación de shale gas



Fuente: U.S. Energy Information Administration

Finalmente es importante destacar que la fractura hidráulica o fracking se utiliza principalmente para la extracción del *shale gas*, aunque también se puede utilizar para la extracción de otro tipo de gas no convencional. Como se puede observar en las figuras 7 y 8.

Figura 8 Cómo funciona la fracturación hidráulica



Fuente: <http://savethewater.org/2012/07/maryland-pennsylvania-fracking-news-fracking-is-neither-safe-nor-harmless-to-the-environment/>

1.1.2 Explotación de Shale Oil.

La explotación del *shale gas* y el *shale oil* es un proceso mucho más intensivo y costoso que la perforación subterránea tradicional, estos son hidrocarburos (petróleo y gas) que se encuentran en unas condiciones que no permiten el movimiento del fluido, bien por estar atrapados en rocas poco permeables, o por tratarse de petróleos de muy alta viscosidad. Requieren, el empleo de tecnología especial para su extracción, ya sea por las propiedades del propio hidrocarburo o por las características de la roca que lo contiene.

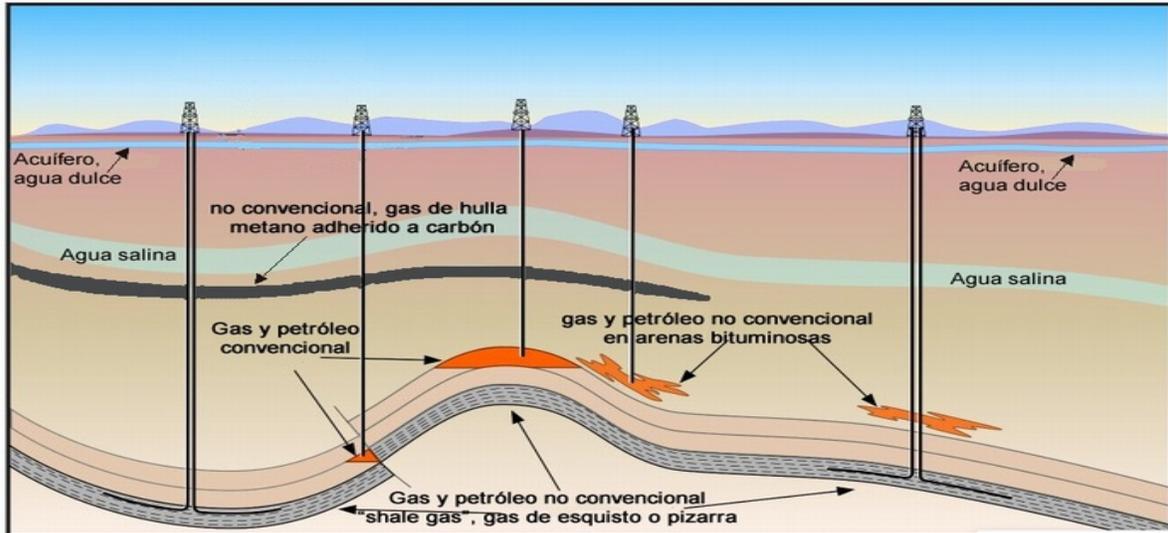
En la actualidad representan una interesante fuente de recursos, puesto que muchos de ellos se encuentran en yacimientos que se daban por agotados y además se estima que se encuentran en grandes volúmenes. Además del shale oil que es el petróleo producido directamente de la roca madre (shale rica en materia orgánica) existen otros tipos de crudos no convencionales que se mencionan a continuación:

- Heavy Oil: Petróleo en estado líquido de alta densidad. Se extrae de la roca mediante la inyección de vapor o polímeros.
- Oil Sands o arenas bituminosas: Arenas impregnadas en bitumen, que es un hidrocarburo de muy alta densidad y viscosidad. Este bitumen en su estado natural no tiene la capacidad de fluir al pozo.

- Tight Oil: Petróleo proveniente de reservorios con baja porosidad y permeabilidad.

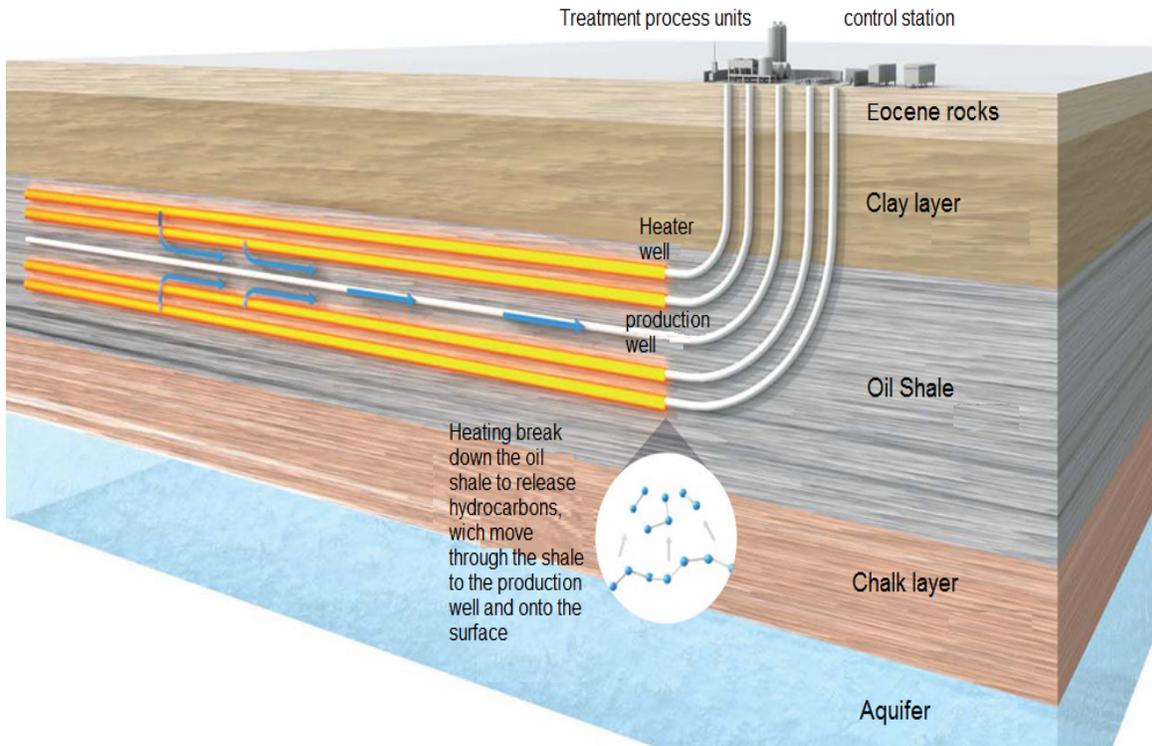
En lo que respecta al *shale oil*, se realiza a través de pozos horizontales y fractura, tal como se muestra en las figuras 9 y 10:

Figura 9 Explotación de shale oil pozos horizontales



Fuente: infographics.fastcompany.com

Figura 10 Explotación de shale oil pozos horizontales



Fuente: infographics.fastcompany.com

Actualmente, el *shale oil*, ha tenido una importante participación en la producción de EE.UU. y se estima que en Colombia existe un alto potencial que conllevaría a la mayor consecución de reservas.

El *shale oil* se diferencia del crudo convencional debido a que se encuentra en rocas, las cuales tienen hidrocarburos. Su extracción es más costosa y compleja porque este material debe ser triturado, se debe someter a una alta temperatura y como resultado se pueda extraer el crudo.

En EE.UU., desde 1985 hasta 2009, se venía presentando una caída en la producción, acercándose a los 5 millones de barriles, desde los casi 9 millones. Debido a las grandes extensiones de *shale oil*, el país ha comenzado una nueva etapa de aumento en producción, situándose actualmente sobre los 7 millones¹⁵.

En Colombia, compañías como Ecopetrol, Exxon, Shell y Conoco Philips, entre otras, se encuentran interesadas en el potencial que pueda tener este recurso en el desarrollo y generación de valor, acompañado de la mayor generación de regalías. Hasta ahora en Colombia se está presentando una fase de exploración y aún no hay cifras de campos productores de *shale oil*. Inicialmente, el potencial de recursos estaría en la cuenca del Magdalena Medio¹⁶.

1.1.3 Perforación y fracturamiento hidráulico de pozos para exploración y producción de hidrocarburos no convencionales.

El proceso de fracturación hidráulica es completamente independiente del de perforación del pozo, y necesariamente posterior. La fracturación hidráulica se realiza siempre una vez que el pozo está ya terminado y completado.

Con objeto de entender cómo se realizan ambos procesos, lo mejor, lo más didáctico, es describir cada uno de ellos por separado, en orden cronológico, tal y como acontecen en la exploración-producción de hidrocarburos no convencionales como el *shale oil*. Es importante aclarar que existen variadas formas de diseñar, construir y fracturar (estimular) un pozo para exploración-explotación de hidrocarburos. La que se resume a continuación puede considerarse una manera habitual de proceder.

¹⁵DATIFIX. Shale oil, ¿el futuro?. Disponible en: <http://www.elespectador.com/opinion/columna-409230-shale-oil-el-futuro>. (Citado 15, julio, 2013)

¹⁶ECOPETROL. Disponible en: Shale oil. www.ecopetrol.com.co/especiales/carta127/entorno.htm. (Citado 15, julio, 2013)

– **Estimulación mediante fracturación hidráulica**

En un yacimiento no convencional, se cañonea igualmente el liner de producción y el cemento (utilizando el mismo tipo de cargas explosivas, la misma tecnología), pero antes de producir hay que estimular (fracturar) la formación reservorio porque el hidrocarburo, debido a los bajos o muy bajos valores de permeabilidad de la roca almacén, no sería capaz de fluir por sí mismo en volúmenes suficientes para hacer rentable su extracción.

La fracturación hidráulica se realiza inyectando un fluido a presión. La presión a la que se inyecta el fluido deberá ser mayor que la presión de rotura de la formación para que el fluido consiga romper, crear microfracturas, en la roca.

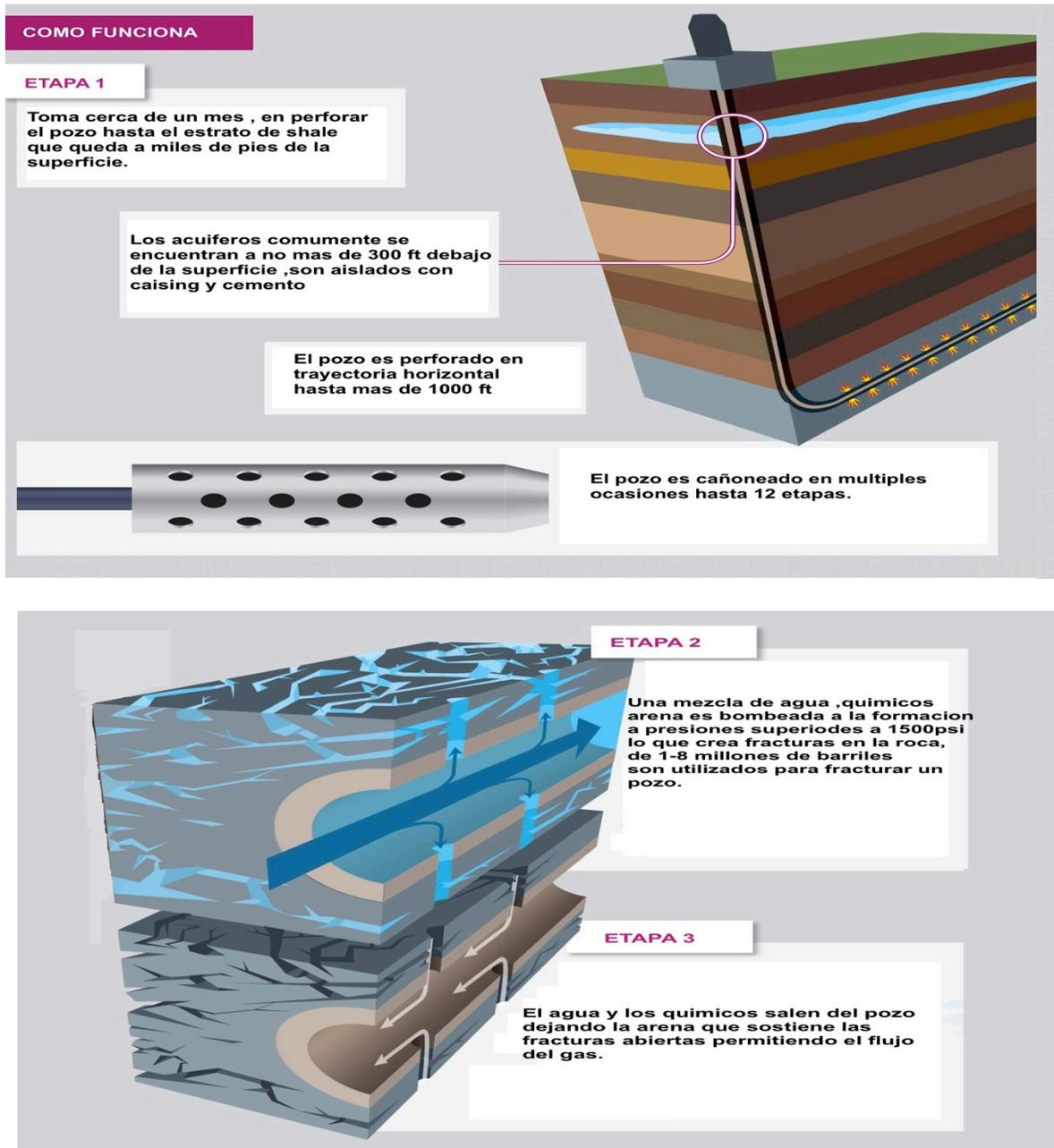
Una vez estimulada (fracturada) la roca almacén, la forma de producir es similar a la de un yacimiento convencional. El hidrocarburo fluye solamente a través de las perforaciones, el resto del pozo permanece completamente aislado de las formaciones geológicas¹⁷.

– **Fracturamiento hidráulico o ‘fracking’**

En esta tecnología lo que se generan son microfracturas en las rocas que contienen los hidrocarburos no convencionales (almacenes no convencionales: rocas que presentan siempre valores de permeabilidad y porosidad muy bajos). Esto se consigue mediante la inyección de un fluido a presión algo mayor que la presión de rotura de la formación como lo explica la figura 11.

¹⁷Hidrocarburos no convencionales (II). {En línea}. Disponible en: Hidrocarburos no convencionales (II). (citado julio 16 2013)

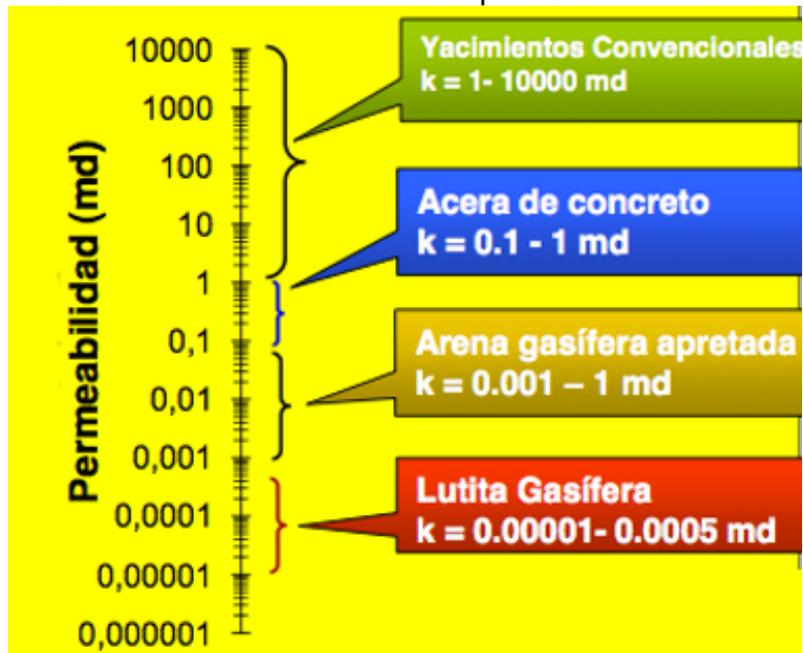
Figura 11 Fracturamiento hidráulico (*hydraulic fracking*)



Fuente: infographics.fastcompany.com

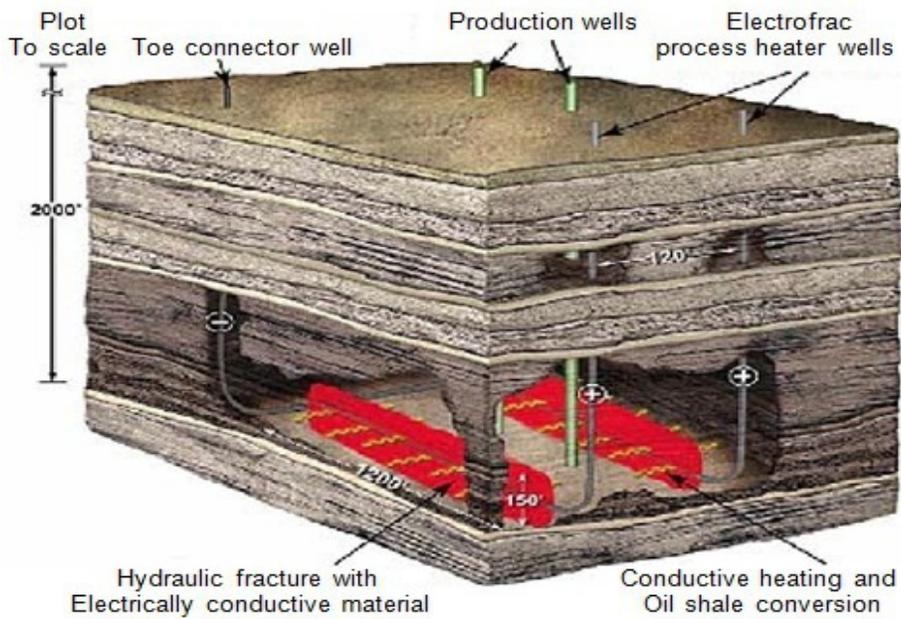
El objeto de esta fracturación es crear permeabilidad artificial en la roca con el fin de que los hidrocarburos contenidos consigan fluir, en mayor volumen. Ver figura 12.

Figura 12. Permeabilidades de diferentes tipos de formaciones.



Fuente: Kris J. Nygaard. Estimulación hidráulica, diciembre 2012.

Figura 13 Fracturamiento en pozo horizontal



Fuente: infographics fastcompany.com

El resultado es la extensión lateral de las microfisuras ya existentes y/o creación de otras nuevas. La red de microfisuras creadas se atenúa a

cortas distancias. Suelen tener extensiones del orden de 1000 pies, tal vez 1600pies, a lo largo de los planos de estratificación, y alturas que rondan los 300 – 1000 pies, perpendicular a los planos de estratificación. Normalmente no más allá de esas magnitudes. Figura 13.

Esta limitación en la extensión lateral de las microfracturas creadas y/o reabiertas tiene una consecuencia importante puesto que esas distancias marcan el límite externo del volumen de roca al cual se ha conseguido aumentar sus valores de permeabilidad en esa operación de fracking. Si se analiza con detenimiento este fenómeno se llega a concluir que, tiene en realidad dos implicaciones:

Una claramente negativa: la explotación integral del reservorio necesitará repetir la operación cuantas veces sea necesaria para aumentar la permeabilidad y poder drenar todo el volumen rocoso del almacén no convencional.

Otra positiva: si las microfracturas no se extienden más allá de unos centenares de pies, 1000 a 1600 pies como máximo, será imposible que el fluido que se inyecte pueda alcanzar otras formaciones geológicas que se encuentren a mayores distancias¹⁸.

1.2 CRUDOS PESADOS

El petróleo pesado se define como un aceite que tiene una viscosidad de petróleo muerto (dead oil viscosity), a la temperatura original del yacimiento, mayor a 100 centipoise (cP), o (a falta de datos de viscosidad) una gravedad API menor a 20°. Cotiza a un menor precio que los crudos livianos, especialmente cuando presenta un alto contenido de azufre y metales pesados. Así mismo, la productividad de los pozos es menor y puede dificultar el transporte para su comercialización; por lo tanto, la producción exitosa del petróleo pesado requiere actividades de planeación y ejecución de mucho cuidado.

En este contexto hay que resaltar que la mayor parte de los recursos de petróleo del mundo corresponde a hidrocarburos viscosos y pesados, que son difíciles y caros de producir y refinar. Por lo general, mientras más pesado o denso es el petróleo, menor es su valor económico. Las fracciones de crudo más livianas y menos densas, derivadas del proceso de destilación simple, son las más valiosas. El petróleo pesado se define como petróleo con 20°API o menor densidad. Los petróleos de 10°API o menor densidad se conocen como extrapesados, ultrapesados o superpesados porque son más densos que el agua. Comparativamente, los petróleos convencionales, tales

¹⁸FISHER, K. and WARPINSKI, N. (2012). Hydraulic- Fracture- Height- Growth: Real Data. SPE, Pinnacle. En SPE Production & Operations, February 2012.

como el crudo Brent o West Texas Intermediate, poseen densidades que oscilan entre 38° y 40°API¹⁹. Ver figura 14

Figura 14: 4 clases de crudo pesado basadas principalmente en la viscosidad de fondo de pozo

4 Classes based mainly on downhole viscosity :

- A Class : Medium Heavy Oil** **25° > d°API > 18°**
100 cPo > μ > 10 cPo, mobile at reservoir conditions
 - B Class : Extra Heavy Oil** **20° > d°API > 7°**
10 000 cPo > μ > 100 cPo, mobile at reservoir conditions
 - C Class : Tar Sands and Bitumen** **12° > d°API > 7°**
 μ > 10 000 cPo, non mobile at reservoir conditions
 - D Class : Oil Shales**
*Reservoir = Source Rock, no permeability
Mining Extraction only*
-

Fuente: François CUPCIC. Los retos de la recuperación mejorada.

Son varios los elementos a tener en cuenta para una operación exitosa con crudo pesado son varios. Se debe considerar la cadena de valor completa desde el campo productor hasta el transporte, la comercialización, el mejoramiento y la refinación de este petróleo. Para lograr una recuperación óptima y éxito económico, el operador debe tener la experiencia organizacional y la capacidad para implementar y dirigir la operación eficientemente, además de mejorar y optimizar las operaciones de manera constante. Todas estas tareas deben ser dirigidas en una forma tal que cumplan con los estándares y expectativas ambientales.

Una caracterización confiable de los recursos de crudo pesado es vital, sin importar la opción de desarrollo que se escoja. Un buen conocimiento geológico resulta esencial. Tratándose de petróleo pesado se deben estimar cuidadosamente los parámetros importantes de roca y roca/fluido, que afectan la productividad –especialmente la viscosidad del petróleo y su permeabilidad relativa–. Las mediciones adecuadas son difíciles y por ello los laboratorios donde estas se lleven a cabo deben tener experiencia con crudos pesados y deben ser seleccionados meticulosamente.

¹⁹La importancia del petróleo pesado. {En línea}. Disponible En: <http://balance-de-materiales.lacomunidadpetrolera.com/2007/12/la-importancia-del-petrleo-pesado.html>

1.2.1 Recuperación primaria

La recuperación primaria se puede aplicar para petróleo de gravedad API muy baja. Por lo general, es el método preferido, si resulta económico. Los factores clave para tener una producción primaria exitosa son la energía del reservorio (presión del reservorio y cantidad de gas disuelto) y la movilidad del petróleo (permeabilidad/viscosidad del aceite). Un ejemplo de producción primaria exitosa es el campo gigante Boscán en la región occidental de Venezuela²⁰. Este campo ha producido más de 1300 millones de barriles de petróleo de 10 °API en más de 50 años de operación.

La aplicación de tecnología moderna ha incrementado las opciones para la producción primaria de crudos pesados. Un ejemplo es el campo Bare, localizado en la región del Orinoco en Venezuela. El yacimiento principal contiene petróleo de 9 °API, tiene una profundidad de 3500 pies, una presión inicial de 1220 psi y una viscosidad mayor a 1000 cP. El desarrollo inicial del campo, a principios de la década de 1980, se basaba en pozos verticales²¹. Para alcanzar la productividad deseada del pozo se usó estimulación cíclica con vapor.

1.2.2 Recuperación Mejorada

Colombia debido a que es un país en vía de desarrollo con dificultades económicas, políticas y tecnológicas, es común encontrar campos en la industria petrolera con procesos para la recuperación del petróleo que aún no se han implementado a diferencia de otros países como Estados Unidos y Canadá donde es común encontrar procesos de EOR las cuales se han implementado al comienzo de la producción de un campo²².

La necesidad de reconocer los procesos de recuperación mejorada en Colombia ha logrado que se realicen estudios a nivel de laboratorio y posteriormente una simulación numérica para ser implementados en pruebas piloto.

Las principales razones de implementar procesos de recuperación mejorada son mantener la presión del yacimiento e incluir métodos para suplir fuerzas y energía natural al yacimiento logrando aumentar la producción del fluido ya sea petróleo o gas. Es importante resaltar que los procesos de EOR son implementados al comienzo de la producción del campo o cuando una parte de la energía del yacimiento se ha agotado notoriamente.

En general, para que un proceso de este tipo sea óptimo y eficiente se requiere conocer la información suministrada por la data histórica del yacimiento, registros

²⁰HANZLIK Edward. Yacimientos de crudo pesado. {En línea}. Disponible en: <http://www.opsur.org.ar/blog/2009/09/12/tecnologias-para-desarrollar-yacimientos-de-crudo-pesado/>

²¹Ibid. HANZLIK

²² Fuente Disponible en 56129508 -1-Factores-Que-Afectan-Eor

eléctricos e información adicional obtenida durante la exploración y producción del yacimiento tales como: Información geológica y petrofísica, comportamiento de la producción, condiciones del fluido, calidad del reservorio y la tecnología con la que se cuentan en determinado momento²³.

Los procesos de recuperación mejorada han sido ampliamente usados debido al aumento del precio del barril de petróleo, que desde comienzos del 2007 ha estado alrededor de \$78.00 por barril y que actualmente se encuentra por encima de este valor. Los métodos de recuperación mejorada más conocidos son: Inyección de agua, inyección de vapor, inyección de gas natural, inyección de gas inerte (CO₂ o N₂), inyección polímeros, combustión in-situ e inyección de mezcla agua y gases. Algunos de estos métodos se describen a continuación:

1.2.2.1 Inyección de agua

Corresponde al desplazamiento de petróleo por agua mejorando el recobro de petróleo y puede ser aplicada en algunos yacimientos de crudo pesado donde los procesos de recuperación primaria de petróleo no son técnica o económicamente posibles. La inyección de agua para la extracción de crudo pesado mejora marginalmente la recuperación final (de 2% a 20%, con respecto a la recuperación primaria). Para considerar su aplicación, los factores clave son la viscosidad del crudo, la heterogeneidad de la permeabilidad, así como la continuidad de estratos de alta permeabilidad dentro del yacimiento²⁴.

La viscosidad afecta fuertemente el escape de burbujas de agua (water fingering) por causa de inestabilidades viscosas y, a su vez, la recuperación final. De forma similar, si un yacimiento tiene un alto grado de variación en la permeabilidad, así como continuidad de estratos de alta permeabilidad entre pozos, la recuperación será afectada de forma adversa y la inyección de agua podría no ser factible.

Un resultado de producción alto e ideal estaría en un tipo de reservorio que posea un mecanismo de producción por gas en solución y capa de gas. Además de acuerdo a los patrones de inyección se crea una guía para predecir el máximo recobro esperado de un determinado patrón durante la inyección de agua en un campo, debido a que el agua es un fluido menos costoso que el petróleo este puede ser obtenido fácilmente en pozos que producen este fluido junto con el petróleo y pozos que se encuentran produciendo justamente para el proceso de inyección.

²³ Fuente, disponible en ESTATUS DE LA RECUPERACION MEJORADA DE PETROLEO EN COLOMBIA, Gustavo Maya, Rubén Castro, Adriano Lobo, Anibal Ordoñez, y otros. ECOPETROL S.A

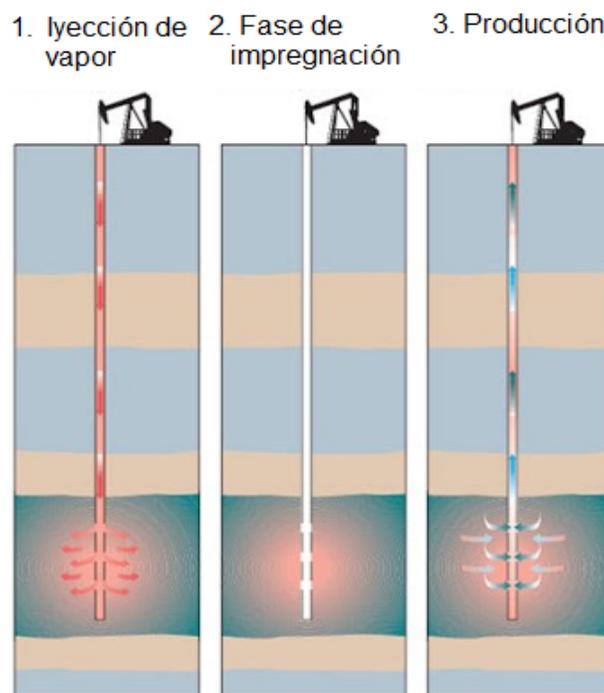
²⁴ ECOPETROL. Tecnologías para desarrollar yacimientos de crudo pesado. {En línea}. Disponible en: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera119

Por último, como requerimiento el agua inyectada debe cumplir con los estándares de calidad como muy baja turbiedad y estable, no debe reaccionar con el agua de la formación para no originar posibles formaciones de scale, no debe ser corrosivo y debe estar libre de materiales que taponen la formación.

1.2.2.2 Inyección de vapor

Las técnicas de recuperación mejorada pueden aumentar significativamente la recuperación final. En algunos casos, como las arenas bituminosas en Athabasca, Canadá, este método puede ser utilizado cuando la producción primaria no es factible. Sin embargo, la recuperación mejorada involucra inversiones y gastos operativos muy superiores a los requeridos por la producción primaria o la inyección de agua. La figura 15 muestra como ingresa el vapor

Figura 15 Etapas de inyección de vapor

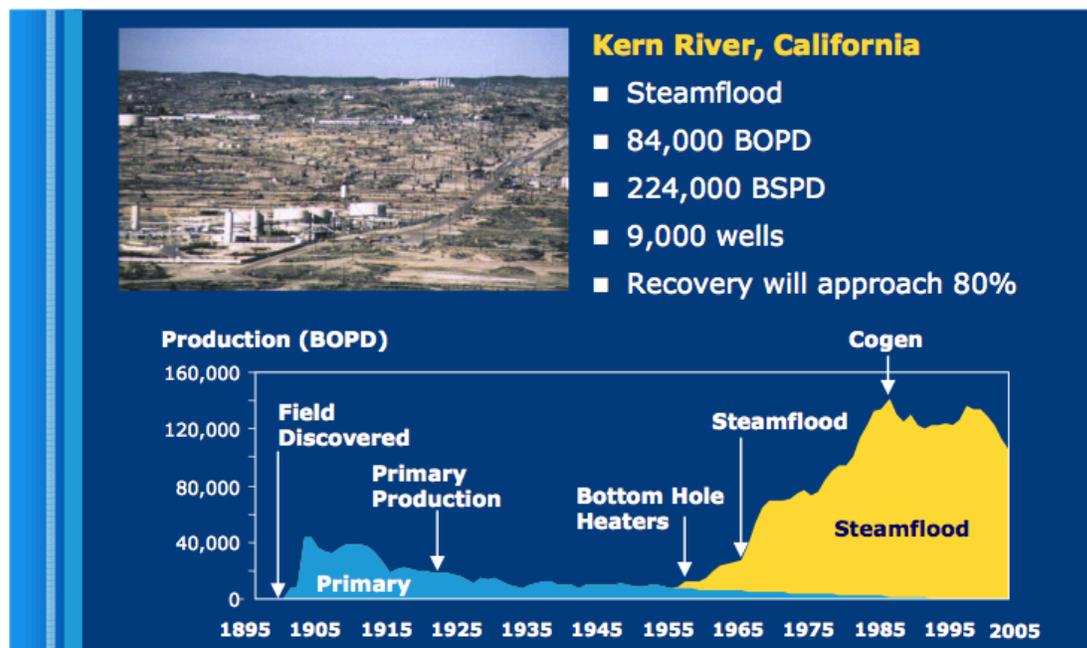


Fuente: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera119

El proceso de inyección de vapor es una de las técnicas dominantes en la recuperación mejorada de la extracción de petróleo pesado. El campo Kern River, en California, el cual muestra que el impacto de la inyección de vapor sobre la producción de este campo ha sido dramático. El pico de producción con inyección de vapor fue de aproximadamente 120.000 barriles por día – tres veces la producción máxima alcanzada mediante recuperación primaria. Ver figura 16.

Figura 16 50 años de experiencia en trabajo térmico

50 Years of Thermal Experience at Work



Fuente: Kevin Kimber Manager - Unconventional Depósitos Chevron Energy

Hay cuatro factores clave para una operación efectiva y eficiente de recuperación mejorada utilizando vapor:

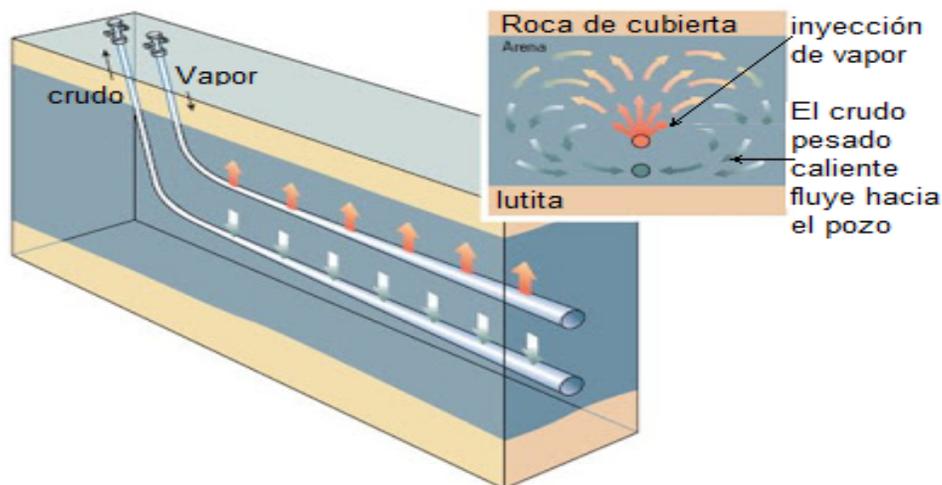
- Generación eficiente de vapor.
- Distribución efectiva de vapor, en la superficie y en el subsuelo.
- Monitoreo efectivo de la producción.
- Monitoreo efectivo del calor y la saturación en el yacimiento²⁵.

En lo que respecta al método de drenaje gravitacional asistido por vapor (SAGD), este funciona para los petróleos extrapesados. Se perfora un par de pozos horizontales paralelos, situándose un pozo unos 5 a 7 m [16 a 23 pies] por encima del otro. El vapor inyectado en el pozo superior calienta el

²⁵BARANDIARÁN Carrillo, Lucio. Esquistos Bituminosos “Oil Shale”. Oficina de Estudios Económicos Osinergmin. 2011

petróleo pesado, reduciendo su viscosidad. La gravedad hace que el petróleo movilizado fluya en sentido descendente, hacia el productor horizontal inferior. La comunicación inicial se establece entre el inyector y el productor mediante inyección de vapor, vapor cíclico o inyección de solvente. El factor de recuperación estimado para este método oscila entre 50 y 70%. No obstante, la estratificación de la formación puede incidir significativamente en la recuperación SAGD como se ve en la figura 17. El método SAGD se utiliza en muchos campos de Canadá²⁶.

Figura 17 El método SAGD



Fuente: <http://balance-de-materiales.lacomunidadpetrolera.com>

1.2.2.3 Procesos químicos y misceláneos

Los factores principales para lograr y mantener la miscibilidad son: Composición del petróleo, las propiedades de la roca, agua connata encontrada en el reservorio, fluidos inyectados, temperatura del yacimiento, presión del yacimiento, facilidades de superficie y los procesos usados para inyectar fluidos.

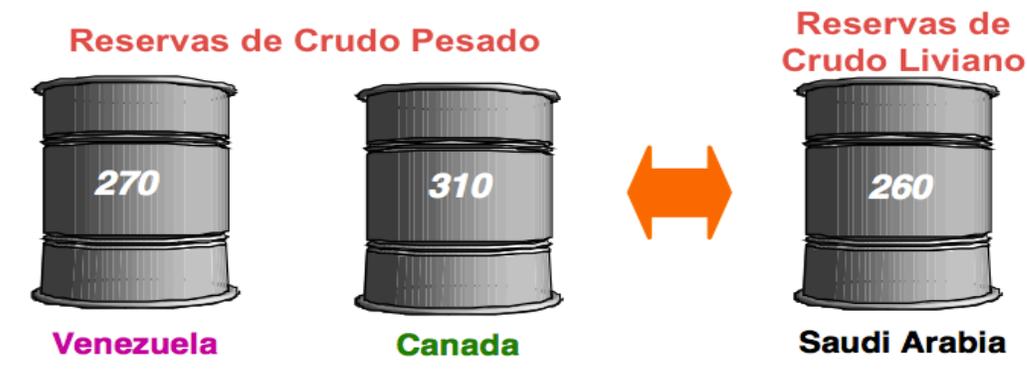
Debido a los altos costos que tienen los usos de los químicos, comúnmente se inyectan un bache del químico deseado y adecuado con las propiedades del yacimiento y posteriormente es inyectado agua u otro fluido para desplazar el bache y mejorar el desplazamiento del petróleo hacia los pozos productores.

²⁶CURTIS Carl, KOPPE Robert. ExxonMobil. Houston, Texas, EUA. 2012

1.2.2.4 Reservas Mundiales y Colombianas de Crudos Pesados

Se cuenta con reservas mundiales considerables de crudos pesados las cuales oscilan entre 500 a 1000 Gb siendo de 5 a 10 veces las reservas de crudo offshore, donde el 80 % de estas reservas están en América y menos del 1 % has sido producidas o se encuentran en desarrollo (Extra Heavy Oil and Bitumen Impact of Technologies on the Recovery Factor « The Challenges of Enhanced Recovery » **TOTAL**) ver figura 18 y figura 19.

Figura 18 Reservas de crudo peso vs crudo liviano



Fuente: François CUPCIC. Los retos de la recuperación mejorada

Figura 19 Recursos globales – crudos pesados



Fuente: Kevin Kimber Manager - Unconventional Depósitos Chevron Energy

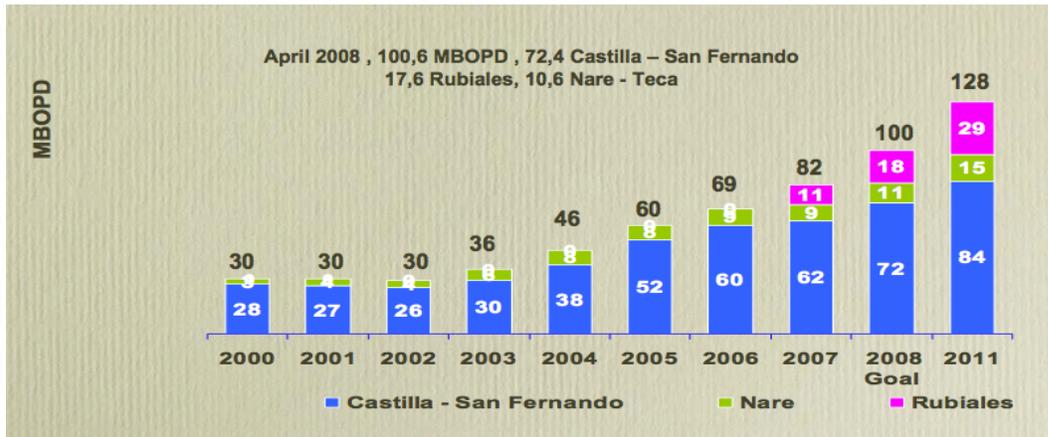
En Colombia la producción de crudos pesados se concentra en los campos, teca, quifa, castilla y rubiales y representa más del 20 % de la producción total de petróleo en Colombia que se ha duplicado en los últimos 4 años, ver figura 20, figura 21 y figura 22

Figura 20 Principales campos petroleros en Colombia



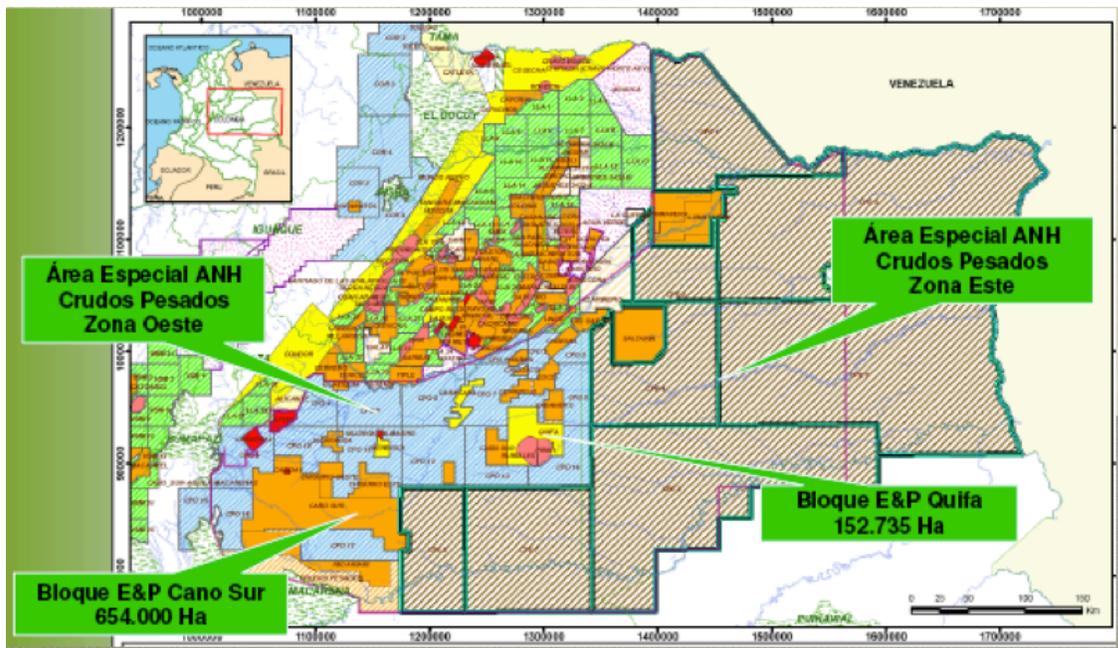
Fuente: Petróleo pesado y madura de aceite Campos de desarrollo en Colombia Ecopetrol - Gabriel Osorio.

Figura 21 Producción de los principales campos petroleros en Colombia



Fuente: Petróleo pesado y madura de aceite Campos de desarrollo en Colombia Ecopetrol - Gabriel Osorio.

Figura 22 Mapa de campos petroleros en Colombia



Fuente: Petróleo pesado y madura de aceite Campos de desarrollo en Colombia Ecopetrol - Gabriel Osorio.

2. IMPACTO AMBIENTAL EN LA EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES

Estudios de exploración a nivel mundial establecen que los recursos de hidrocarburos no convencionales están mejor distribuidos geográficamente que el petróleo y el gas convencional, lo que contribuye a reducir los desequilibrios globales de los países energéticamente dependientes y a disminuir la tensión mundial por el control de los hidrocarburos.

Muchos países incluyendo Colombia quieren copiar el éxito que ha tenido Estados Unidos con el Shale gas donde se ha demostrado que este puede ser económicamente rentable pero hay gobiernos que dudan y hasta se oponen a la explotación de estos recursos no convencionales, debido a la preocupación pública porque su producción podría suponer daños irreparables al medio ambiental y sociales.

En este capítulo se habla de los riesgos asociados a la producción de los hidrocarburos no convencionales y se hace referencia a las Reglas de Oro propuestas por la AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA donde se adoptan los más altos estándares posibles para materializar los beneficios económicos y de seguridad energética, cumpliendo satisfactoriamente las preocupaciones sociales.

La producción de los recursos no convencionales como el shale gas o los crudos pesados son proceso industrial intensivo de economía de escala, donde la huella ambiental es mucho mayor que con la explotación de recursos convencionales, para su producción se requiere un mayor número de pozos y del llamado fracturamiento hidráulico para estimular los pozos.

En el desarrollo de estos recursos donde se ven afectados el uso de la tierra y de los recursos hídricos y también se pueden llegar a tener grandes implicaciones en las comunidades locales, Por este motivo se deben abordar importantes amenazas que pueden llegar a contaminar el aire, el agua y el suelo.

Se requiere de un esfuerzo continuo por parte del gobierno y de la industria para hacer que con la tecnología ya existente se produzcan los recursos no convencionales cumpliendo satisfactoriamente los retos medioambientales y sociales que estos aquejan. Es deber del gobierno definir un marco regulatorio apropiado que este sustentado por datos científicos así como de ser un interventor para que se cumpla, por su parte debe ser un compromiso de la industria aplicar los más altos estándares en todas las etapas de desarrollo de estos proyectos.

Son 7 las reglas de oro donde se describen los procesos críticos para el medio ambiente desde la perforación del potencial pozo hasta su posible abandono y su aplicación puede llevar a la industria a obtener buenos resultados medioambientales y de esta manera la aceptación pública que les haga acreedores de una “licencia social para operar”. Las reglas de oro son las siguientes:

1. Mide, divulga y comprométete

Es compromiso del gobierno como de la industria tener un dialogo continuo con las comunidades locales en todas las fases del proceso (exploración, perforación, estimulación y desarrollo del campo) donde se escuchen todas las preocupaciones, quejas y se responda a estas adecuadamente y con prontitud.

Para esto se deben establecer indicadores ambientales como medir la calidad del agua subterránea, de las aguas residuales, los volúmenes de agua utilizados, características y volúmenes de gases venteados en cada fase del proyecto.

Además se deben mostrar todos los químicos inyectados en el proceso de fractura.

2. Ten cuidado dónde perforas y fracturas

Se debe elegir un sitio adecuado donde perforar los pozos teniendo en cuenta el minimizar los impactos en las comunidades locales, además estudiar adecuadamente la geología a perforar para minimizar el riesgo de terremotos asociados con fallas profundas, también se debe monitorear las fracturas para que estas no pasen de los estratos con hidrocarburos.

3. Aísla los pozos y evita fugas

Con el fin de proteger los estratos de aguas subterráneas se deben tener reglas claras para el diseño, construcción, cementación y pruebas de integridad del pozo para que todas las operaciones de fractura realizadas en las zonas de interés no afecten nuestros recursos hídricos. Por ejemplo se deben fijar una profundidad mínima para realizar fracturas esto con el fin de dar confianza al público de que estas actividades estarán debajo del nivel freático.

4. Usa el agua de manera responsable

Es importante tener en cuenta que siempre se debe tratar de reducir el uso de agua dulce en cualquier operación ya sea con eficiencia operativa, reusándola o reciclándola, además de tratar y disponer de las aguas residuales de manera adecuada. También es de importancia minimizar el uso de aditivos químicos, promover el desarrollo y uso de alternativas más amigables con el medio ambiente.

5. Elimina el venteo, minimiza la quema y otras emisiones

Las emisiones al aire tales como las producidas por autos, maquinaria de perforación, compresores y motores de bombeo se deben de tratar de minimizar.

Además debe ser un objetivo tener cero venteo de gas natural y quema mínima de este en las operaciones de prueba y terminación del pozo.

6. Piensa en grande

Dado que la explotación de los recursos no convencionales es un evento masivo, se deben buscar oportunidades de economías de escala para reducir el impacto ambiental, en actividades como perforación, producción y distribución.

7. Garantiza una actuación consistente y de alto nivel en materia medioambiental

Con el fin de garantizar altos estándares de operación en la producción de hidrocarburos no convencionales se debe encontrar un equilibrio en la formulación de políticas públicas entre una regulación normativa y la basada en resultados, de esta manera promover la innovación y la mejora tecnológica.

Se debe asegurar que el nivel estimado de la producción sea acorde al respaldo político y de los recursos necesarios para establecer una regulación sólida, para tener el personal suficiente que permita su cumplimiento, e información pública y confiable. Además de buscar la mejora continua de las normas y prácticas operativas.

La producción de hidrocarburos no convencionales es un proceso riesgoso para el medio ambiente y las comunidades pero como todo riesgo se pueden tomar medidas para minimizarlo o acabarlo, es un compromiso del estado y de la industria petrolera asumir este desafío y hacer todo lo posible para tener una producción limpia de gas y petróleo no convencional.

3. EL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA.

3.1. LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

“La vida nos enseña que está compuesta de momentos, existen algunos para crear, otros para construir, otros para pensar, otros para cuidar y también los hay para sufrir y volver a comenzar. El aprender de cada situación y el buscar soluciones que brindan bienestar son la razón de ser de la humanidad.”¹

La historia de la Universidad Surcolombiana está dividida en cinco momentos. El primero está relacionado con sus orígenes que envuelve un sentimiento del pueblo huilense que le llevo incluso a las calles para luchar por su creación. Es así que el 17 de Diciembre de 1968 mediante la Ley 55 se crea El Instituto Técnico Surcolombiano ITUSCO, quien tendría como misión la preparación, calificación y formación de profesionales para el departamento y la región. El inicio de las labores académicas se dio en 1970 con tres Programas Académicos: Tecnología en Administración de Empresas, Administración Educativa y Contaduría Pública. El segundo momento está relacionado con los procesos de cooperación Institucional entre la Universidad Nacional de Colombia y el naciente ITUSCO que desde 1975 han jugado un papel fundamental para la organización y consolidación institucional a través de un sin número de convenios académicos. El tercer momento tiene que ver con la transformación de ITUSCO en Universidad Surcolombiana (USCO), mediante la Ley 13 de 1976, en este momento la competencia de la USCO se limita al ofrecimiento de programas académicos establecidos por la Universidad Nacional de Colombia, sin embargo la Universidad Surcolombiana creó en 1980 otros programas, oficializados ante el ICFES como Medicina, Petróleos y Tecnologías Agropecuaria y educativa. El cuarto momento se expresa con el surgimiento de sedes en Garzón, Pitalito y La Plata y firma de convenios con las Universidades del Tolima y Quindío y con la Escuela de Administración Pública ESAP. Un quinto momento tiene que ver con la consolidación de la Calidad de la Educación de la Universidad a través de la acreditación sustentadas en normas como la Ley 30 de 1992, decreto 792 de mayo de 2001 y el decreto 808 de 2002 entre otros relacionados con la Educación Superior, estándares de calidad en programas de Ingeniería y créditos académicos respectivamente. Como parte final de esta reseña deben destacarse los cinco planes de desarrollo institucional que han sido guía y timonel para el

1.Universidad Surcolombiana, Informe de Gestión 18 meses Diciembre de 2005.

cumplimiento de sus funciones misionales. Los tres últimos:

1997-2001 - “Hacia la acreditación social” Neiva 1996.

2003-2007 – “Para la construcción del futuro” con prorrogas hasta marzo del 2009. Acuerdos 057/2002, 045/2008, 059/2008 (Consejo Superior).

2009-2012 - “Por la Acreditación académica y social de la Universidad Surcolombiana”. Acuerdo 016 de 2009.

El objetivo básico de este último Plan de Desarrollo es alcanzar la acreditación social y académica de la Universidad, que significa, desde el punto de vista académico posicionar la USCO como una de las mejores de Colombia y de América Latina y desde el punto de vista social ser reconocida por la comunidad Surcolombiana, como una Institución Universitaria que, gracias a la transformación de conocimiento pertinente e incluyente contribuye al mejoramiento de la calidad de vida de sus integrantes en un contexto de pertinencia y equidad.²

La estructura de este plan se desagrega en cinco (5) áreas estratégicas puntuales así: gobernabilidad, proyección social, formación e investigación, desarrollo administrativo financiero y de infraestructura física y sostenibilidad ambiental. Y dos estrategias transversales a saber: desarrollo humano y desarrollo tecnológico. Con este Plan la Universidad Surcolombiana trabajará para fortalecer sus ejes misionales formando líderes que la región y el país necesitan y convertirse en más factor de desarrollo integral, equitativo y sostenible.

3.2 EL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA.

3.2.1 Información general.

El Programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana fue creado por la Institución en el año 1980 y aprobado su funcionamiento por el ICFES el 22 de julio de 1982. Inicio labores el 14 de Febrero de 1983 y a la fecha (Septiembre de 2013) a graduado 1.030 Ingenieros de Petróleos. La tabla 6 muestra información básica del programa desde su creación, hasta lo más reciente como lo es la reacreditación de alta calidad.

2. Plan de Desarrollo de la Universidad Surcolombiana 2009-2012.

Tabla 6. Información general del Programa:

Fecha de diligenciamiento:		Octubre de 2013
INFORMACION GENERAL		
Institución:		Universidad Surcolombiana
Carácter Académico:		Pregrado
Ciudad:		Neiva
INFORMACION DEL PROGRAMA		
NOMBRE DEL PROGRAMA:		Ingeniería de Petróleos
Unidad Académica a la que está adscrito el Programa:		Facultad de Ingeniería
Titulo Otorgado:		Ingeniero de Petróleos
Año de creación:		1982
Fecha Iniciación de actividad docente:		14 de Febrero de 1983
No. Semestres:		10
Jornada:		Diurna
No. De Graduados:		1013
No. De Créditos:		163
Registro del Programa : 23 Mayo del 2000. Decreto 2662 de 1999		Código ICFES: 111446220334100111100
Registro Calificado. Vigencia 7 años		Resolución 2724 11 de Julio de 2005
Acreditación o Reacreditación:	A:	
	R:	X
Resolución Registro Calificado:		11230 de Diciembre 02 de 2011
Acreditación	Resolución:	7448 del 14 Junio de 2013.
Reacreditación Acuerdo 4829 del 30 de Abril de 2013. Vigencia 8 años.		

Fuente: Comité de Acreditación

3.2.2. Contexto de la Ingeniería de Petróleos.

- **Contexto internacional:**

En el ámbito internacional, existen organizaciones de carácter científico como la Society of Petroleum Engineers SPE, que agrupa a más de 90 mil ingenieros de petróleo a nivel mundial y es filial de otra organización internacional del campo de la ingeniería llamada AIME, American Institute of Mechanical and Mining Engineering.

La SPE organiza reuniones, simposios, talleres y conferencias en todo el mundo para dar a conocer los desarrollos tecnológicos de la ingeniería de petróleo. Algunos profesores del Programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana han publicado artículos y presentado ponencias en varios de los eventos de la SPE, hecho que le ha dado reconocimiento internacional al Programa de la universidad. De otro lado, la SPE reconoce el programa de ingeniería de petróleo de nuestra universidad pues este figura en su base de datos como una de las escuelas de ingeniería de petróleo que existe a nivel internacional.

En la Universidad Surcolombiana existe también el Capítulo Estudiantil de la SPE creado en 2001 y en la actualidad cuenta con 110 socios.

Según la Society of Petroleum Engineers, SPE, existen 95 programas de ingeniería de petróleo reconocidos bajo la misma denominación genérica de Ingeniería de Petróleos, distribuidos en todos los continentes: América, Asia, Europa, África y Oceanía. En el continente americano existen programas de ingeniería de petróleo en los siguientes países: Canadá, Estados Unidos, México, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil y Argentina.

De igual manera, la American Board for Engineering and Technology (ABET) es una organización de gran importancia reconocida en los Estados Unidos de América como la única entidad responsable de la acreditación de programas de educación que conducen a la obtención de un grado cualquiera en ingeniería y específicamente en ingeniería de petróleo. La ABET estableció los criterios de acreditación para los programas de ingeniería a partir del año 2000 en un documento llamado ENGINEERING CRITERIA 2000. Para Ingeniería de Petróleos la ABET propone los siguientes criterios: el currículo de ingeniería de petróleo tendrá que ver con el uso de pozos del subsuelo y sistemas de pozos para

producir petróleo, gas y otros recursos de la tierra, como también con la conducción de los fluidos hacia y desde el subsuelo para propósitos científicos e industriales.

La ingeniería de petróleos debe incluir la integración de las siguientes áreas para el óptimo manejo y desarrollo de los yacimientos de petróleo y gas: perforación y completamiento de sistemas de pozos en el subsuelo, métodos de ingeniería y de geociencias para caracterizar y evaluar formaciones geológicas del subsuelo y sus recursos, producción, inyección y manejo de fluidos en superficie, aplicación de los principios y prácticas de ingeniería de yacimientos, economía de proyectos y evaluación de reservas reconociendo los factores de riesgo y la incertidumbre.

- **Contexto nacional:**

En el país funcionan 4 programas de ingeniería de petróleos en: Universidad Surcolombiana de Neiva, Universidad Nacional de Medellín, Universidad Industrial de Santander en Bucaramanga y Fundación Universidad de América de Bogotá.

Según el CPIP, al término del primer semestre del año 2010, en los 4 programas de ingeniería de petróleos del país, se ha graduado un total de 6.304 ingenieros de petróleos, distribuidos así: 2.890 egresados de la universidad Fundación América que representan el 46%; 1.786 de la Universidad Industrial de Santander que representa el 28%; 863 de la Universidad Nacional de Medellín cifra que representa el 14% y 765 ingenieros de petróleos egresados de la Universidad Surcolombiana, que representan el 12% del total.

En el país, la Universidad Industrial de Santander ha incursionado en la formación postgradual mediante la oferta de unas especializaciones y una maestría en ingeniería de petróleos, al igual que la universidad Nacional con una maestría en ingeniería de petróleos; los otros 2 programas forman ingenieros de petróleos a nivel de pregrado.

La Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería, ACOFI, a la cual está afiliada la Universidad Surcolombiana, reconoce la profesión de ingeniero de petróleos y a los 4 programas académicos que existen en las universidades colombianas que conducen a la obtención de dicho título. El currículo de los programas de ingeniería de petróleos que se ofrecen en Colombia ha sido tema de estudio por parte de ACOFI y del ICFES según consta en el documento publicado por las dos instituciones llamado “Actualización y Modernización del Currículo en Ciencias de la Tierra” en 1998.

La asociación gremial que agrupa a los ingenieros de petróleo es la Asociación Colombiana de Ingenieros de Petróleos, ACIPET, con personería jurídica 02357, fue creada en Tibú en 1962 (Norte de Santander) y reconocida por el Ministerio de Trabajo el 05 de agosto de 1974.

El ejercicio de la profesión de Ingeniería de Petróleos está reglamentado por la Ley 20 de 1984, en la cual se reconoce a la Asociación Colombiana de Ingeniería de Petróleos (ACIPET) como cuerpo técnico consultivo del gobierno nacional. El Consejo Profesional de Ingeniería de Petróleos CPIP ejerce inspección y control académico permanente en las cuatro facultades de Ingeniería de Petróleos del país, con el objetivo de velar porque se cumplan los lineamientos necesarios para el desarrollo de la profesión.

En la Universidad Surcolombiana existe un capítulo estudiantil de la ACIPET creada en septiembre del 2009 y en la actualidad cuenta con más de 100 socios; el capítulo organiza la Semana Técnica del Programa de Ingeniería de Petróleos que se realiza cada dos años y que se ha convertido en un importante evento que promueve el acercamiento universidad-industria.

- **Contexto regional:**

Las reservas totales descubiertas en el Huila, según ECOPETROL, son del orden de 631 millones de barriles de crudo, de los cuales aún falta por extraer cerca del 36%. No obstante, las reservas potenciales aún por descubrir se acercan a los 1.400 millones de barriles de crudo lo que significa que el Huila se encuentra ante un gran reto exploratorio consistente en descubrir un volumen que podría quintuplicar las actuales reservas remanentes.

El pasado el 4 de noviembre de 2010 se adjudicó por la Agencia Nacional de Hidrocarburos. ANH, mediante contrato de exploración, 8 nuevos bloques en el Valle Superior del Magdalena que aseguran una inversión de U\$ 115,7 millones.

Los pronósticos para el periodo 2010-2015, realizados con información de Ecopetrol y de otros productores de crudo nacionales para calcular las dimensiones de la infraestructura de transporte necesaria, muestran que la producción total del país continuará aumentando rápidamente hasta alcanzar cifras cercanas a 1'300.000 barriles por día en el 2013.

La formación en ingeniería de petróleo en Colombia está comprometida en satisfacer la demanda nacional de recurso humano calificado para asegurar el autoabastecimiento de hidrocarburos, y disponer de remanentes exportables como un renglón de primera importancia en la economía nacional

3.2.3. Plan de estudios

El Acuerdo 0018 de Mayo 13 de 2003 del Consejo Superior, reformó el sistema curricular de los programas de pregrado y estructuró los créditos académicos en la Universidad Surcolombiana; según este acuerdo los cursos del plan de estudios se clasifican en dos componentes denominados básico y flexible y estableció que los cursos del componente básico y los cursos del componente complementario flexible deben representar entre el 70%-85% y 15%-30 % del total de cursos del plan de estudios respectivamente. Posteriormente el Acuerdo 048 de Mayo 18 de 2005 del Consejo de Facultad de Ingeniería estableció un formato oficial de microdiseño curricular por competencias.

El Programa de Ingeniería de Petróleos se ofrece en la modalidad presencial en horario diurno y tiene una duración de 10 semestres. De conformidad con el artículo 2 de la resolución 2773 de 2003 “Condiciones de Calidad de Programas de Ingeniería”, el plan de estudios consta de 163 créditos académicos, distribuidos en 4 áreas de formación: área de ciencias básicas con 41 créditos (25%), área de ciencias básicas de ingeniería con 40 créditos (25%), área de ingeniería aplicada con 64 créditos (39%) y área de formación complementaria con 18 créditos (11%).

El plan de estudios del Programa, elaborado en créditos académicos, fue adoptado mediante el Acuerdo 044 del Consejo de Facultad de Ingeniería en abril de 2005, de conformidad con las exigencias del Decreto 2566 de Septiembre de 2003. Según el artículo 18 del Decreto anterior “un crédito equivale a 48 horas de trabajo académico del estudiante, que comprende las horas con acompañamiento directo del docente y demás horas que el estudiante deba emplear en actividades independientes de estudio, prácticas, u otros que sean necesarias para alcanzar las metas de aprendizaje, sin incluir las destinadas a la presentación de las pruebas finales de evaluación”. En los microdiseños curriculares de los cursos de ingeniería aplicada, el tiempo asignado a actividades independientes realizadas por los estudiantes, generalmente es el doble del tiempo asignado al trabajo presencial, como se sugiere en el artículo 19 del Decreto 2566. Aunque este decreto fue derogado por el 1295 de 2010, el concepto de crédito académico no sufrió ninguna modificación.

En Abril 12 de 2012, durante la vigencia de la Acreditación, el Consejo Académico adoptó el actual plan de estudios, mediante el Acuerdo 006 de 2012 el cual derogó el Acuerdo CFI 017 de 2008. Dicho acuerdo cambió el nombre y los requisitos de algunos cursos del plan de estudios aprobados con el Acuerdo 044 de 2005. Ver tabla 7.

Tabla 7. Plan de Estudios en Créditos. Acuerdo 006 de 2012:

AREAS EN CIENCIAS BÁSICAS				
No	NOMBRE	No. CRÉDITOS	CARÁCTER	REQUISITO
1	Álgebra lineal	3	Teórico	
2	Biología general	3	Teórico-Práctico	
3	Cálculo diferencial	4	Teórico	
4	Cálculo integral	4	Teórico	Cálculo diferencial
5	Cálculo vectorial	3	Teórico	Cálculo integral
6	Ecuaciones diferenciales	3	Teórico	Cálculo integral
7	Electiva en ciencias básicas	3	Teórico	
8	Física electromagnética	4	Teórico-Práctico	Física mecánica
9	Física mecánica	4	Teórico-Práctico	
10	Geología General	3	Teórico	Química general
11	Matemáticas especiales	3	Teórico	Ecuaciones diferenciales

AREAS EN CIENCIAS BÁSICAS				
No	NOMBRE	No. CRÉDITOS	CARÁCTER	REQUISITO
12	Química general	3	Teórico-Práctico	
13	Química general II	4	Teórico-Práctico	Química general
SUBTOTAL DE CRÉDITOS:		44	27%	
ÁREA DE CIENCIAS BÁSICAS DE INGENIERÍA				
No	NOMBRE	No. CRÉDITOS	CARÁCTER	REQUISITO
1	Dibujo ingeniería	2	Teórico-Práctico	
2	Dinámica	3	Teórico	Estática
3	Electiva I en básicas de ingeniería	3		
4	Electiva II en básicas de ingeniería	3		
5	Estática	3	Teórico	Física mecánica
6	Estequiometría	3	Teórico	Química general II
7	Fisicoquímica	3	Teórico	Termodinámica
8	Introducción a la ingeniería	2	Teórico	
9	Introducción a la programación	3	Teórico-Práctico	
10	Mecánica de fluidos	3	Teórico-Práctico	Cálculo integral
11	Métodos numéricos	3	Teórico	Cálculo vectorial
12	Probabilidad y estadística	3	Teórico	
13	Termodinámica	3	Teórico	Cálculo integral
14	Transferencia de calor	3	Teórico	Termodinámica
SUBTOTAL DE CRÉDITOS		40	25%	

ÁREA DE INGENIERÍA APLICADA				
No	NOMBRE	No. CRÉDITOS	CARÁCTER	REQUISITO
1	Análisis de núcleos	2	Teórico-Práctico	Propiedades de los fluidos de yacimientos
2	Análisis de presiones	3	Teórico	Ingeniería de yacimientos
3	Completamiento y estimulación	3	Teórico	Registro de pozos
4	Crudos y derivados	3	Teórico-Práctico	Tener aprobados todos los cursos de Ciencias Básicas y Ciencias Básicas de Ingeniería
5	Electiva I en ingeniería aplicada	3		
6	Electiva II en ingeniería aplicada	3		
7	Electiva III en ingeniería aplicada	3		
8	Electiva IV en ingeniería aplicada	3		
9	Fluidos de perforación y completamiento	3	Teórico-práctico	Tener aprobados todos los cursos de Ciencias Básicas y Ciencias Básicas de Ingeniería
10	Geología estructural	3	Teórico	Tener aprobados todos los cursos de Ciencias Básicas y Ciencias Básicas de Ingeniería
11	Ingeniería de gas	3	Teórico	Manejo de producción

ÁREA DE INGENIERÍA APLICADA				
No	NOMBRE	No. CRÉDITOS	CARÁCTER	REQUISITO
12	Ingeniería de yacimientos	3	Teórico	Propiedades de los fluidos de yacimientos
13	Manejo de producción	3	Teórico	Crudos y derivados
14	Métodos de producción	3	Teórico	Ingeniería de yacimientos
15	Métodos de recobro	3	Teórico	Ingeniería de yacimientos
16	Perforación	3	Teórico	Tener aprobados todos los cursos de Ciencias Básicas y Ciencias Básicas de Ingeniería
17	Práctica investigativa	1	Teórico	Tener aprobados 98 créditos
18	Práctica social	1	Teórico	Tener aprobados 98 créditos
19	Propiedades de los fluidos de yacimientos	3	Teórico	Tener aprobados todos los cursos de Ciencias Básicas y Ciencias Básicas de Ingeniería
20	Registro de pozos	3	Teórico	Análisis de núcleos
21	Sedimentología y geología del petróleo	3	Teórico	Geología estructural
22	Simulación de yacimientos	3	Teórico	Análisis de presiones
SUBTOTAL DE CRÉDITOS		61	37%	
ÁREA DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA				
No	NOMBRE	No. CRÉDITOS	CARÁCTER	REQUISITO
1	Comunicación lingüística I	2	Teórico	
2	Constitución política	1	Teórico	

ÁREA DE FORMACIÓN COMPLEMENTARIA				
No	NOMBRE	No. CRÉDITOS	CARÁCTER	REQUISITO
3	Electiva en administración	2	Teórico	
4	Electiva en economía	2		
5	Electiva I en socio humanística	2	Teórico	
6	Electiva II en socio humanística	2	Teórico	
7	Ética	1	Teórico	
8	Fundamentos de administración	2	Teórico	Tener aprobados 80 créditos
9	Fundamentos de economía	2	Teórico	Tener aprobados 80 créditos
10	Medio ambiente	1	Teórico	
11	Seminario modalidades de grado	1	Teórico	Tener aprobados 120 créditos
SUBTOTAL DE CRÉDITOS		18	11%	

La Tabla 8 muestra el peso relativo de cada una de las 4 áreas curriculares, en términos de número de cursos y número de créditos del actual plan de estudio.

Tabla 8. Peso relativo de las 4 áreas curriculares del plan de estudios:

ÁREA	No. CURSOS	CRÉDITOS	
		No.	%
Ciencias Básicas	13	44	27
Ciencias Básicas de Ingeniería	14	40	25
Ingeniería Aplicada	22	61	37
Formación Complementaria	11	18	11
TOTAL	60	163	100

Del anterior cuadro se puede concluir que el actual currículo privilegia la formación en las áreas de ciencias básicas y básicas de ingeniería, que en conjunto suman 84 créditos que representan el 52 % del total de los 163 créditos del plan de estudios. El currículo promueve además la formación integral de los estudiantes toda vez que el área de formación complementaria que consiste de 11 cursos con 18 créditos que incluye 4 cursos con 6 créditos (ver tabla 7 área de formación complementaria) que específicamente aportan a la formación socio-humanista de los estudiantes.

La Tabla 9 muestra los cursos del plan de estudios que hacen parte de cada una de las 4 sub-áreas en que se divide el Área de Ingeniería Aplicada a la ingeniería de petróleos

Tabla 9. Cursos del Área de Ingeniería Aplicada agrupados por subáreas:

SUBÁREA DE PERFORACIÓN	9 CRÉDITOS
• Perforación de pozos	3
• Completamiento y estimulación	3
• Fluidos de perforación y completamiento	3
SUBÁREA DE PRODUCCIÓN	9 CRÉDITOS
• Manejo de producción	3
• Métodos de producción	3
• Ingeniería de gas	3
SUBÁREA DE YACIMIENTOS	18 CRÉDITOS
• Crudos y derivados	3
• Propiedades de los fluidos de yacimientos	3
• Métodos de recobro	3
• Ingeniería de yacimientos	3
• Simulación de yacimientos	3
• Análisis de presiones	3

SUBÁREA DE EVALUACIÓN DE FORMACIONES	11 CRÉDITOS
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de núcleos 	2
<ul style="list-style-type: none"> • Geología estructural 	3
<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentología y geología del petróleo 	3
<ul style="list-style-type: none"> • Registro de pozos 	3

Fuente Autores

3.2.4 OBJETIVO Y OTRAS CARACTERISITICAS DEL PROGRAMA

La ingeniería de Petróleos desarrolla actividades en las áreas de perforación de pozos, producción de hidrocarburos, caracterización de yacimientos y de evaluación de formaciones de petróleo y gas, aplicando tecnologías amigables con el medio ambiente. Para esto requiere de conocimientos de matemática, física, química y geología para lograr un aprovechamiento racional y manejo sostenible de estos recursos no renovables.

El programa también cumple un objetivo social como es ofrecer formación profesional integral, de alto grado de calidad académica y pertinencia social, a cientos de jóvenes de todos los estratos sociales de la región surcolombiana y del país. El Proyecto Educativo Universitario PEU y el Plan de Desarrollo Institucional establecen que la Universidad se articulará a la sociedad mediante el desarrollo de proyectos de cooperación interinstitucional, intersectorial, nacional e internacional.

- **Currículo**

El currículo propuesto promueve una formación integral del Ingeniero de Petróleos con una sólida fundamentación en ciencias básicas, que le permitan responder satisfactoriamente a los avances científicos y tecnológicos y a los retos que imponen la apertura y la internacionalización de la economía. A continuación se resume los principales aspectos del currículo:

- **Propósitos de formación:**

Los propósitos de formación son coherentes con la misión y con el PEU y garantizan una formación científica, técnica y humanística del ingeniero de petróleos.(Estatuto general CSU 075 de 1994-PEU. CSU 020 del 2003) Los propósitos de formación son los siguientes:

- Preparar ingenieros de petróleos competentes y con conocimientos idóneos en exploración, explotación y transporte de hidrocarburos.
- Formar cultural, humanística y éticamente a los ingenieros de petróleos para abordar con rigurosidad y responsabilidad los problemas relacionados con su profesión.
- Participar activamente en el progreso y mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades ubicadas en áreas de influencia de operaciones de empresas petroleras, aliviando las tensiones sociales, económicas y ambientales que genera esta industria en las regiones productoras de hidrocarburos.
- Asimilar, producir aplicar y difundir conocimiento científico, humanístico y tecnológico, para atender eficazmente los problemas relevantes del desarrollo de la industria petrolera regional y nacional.

- **Perfiles y competencias:**

El perfil de nuestro egresado es el de un profesional idóneo en toda la gama de actividades propias de este campo (perforación, producción, yacimientos y evaluación de formaciones), con énfasis en yacimientos (caracterización de fluidos y pruebas de presión), con amplia visión en el campo del negocio de los hidrocarburos, conocedor de la tecnología moderna utilizada en la industria petrolera, capaz de aplicar, diseñar, gestionar y complementar técnicas, metodologías y procesos teóricos de exploración, exportación, transporte y comercialización de hidrocarburos²⁷. En un marco de desarrollo sostenible.

²⁷ <http://usco.edu.co/pagina/ingenieria-de-petroles>

4. ESTADO DEL PROGRAMA FRENTE A OTROS PROGRAMAS DE PETRÓLEO DEL MUNDO

Hoy por hoy el ingeniero petroleros requiere de un perfil profesional que garantice la solución de los problemas que se presentan en la extracción, conducción y procesamiento de los fluidos producidos y que cada vez son más complejos. Es el profesional capacitado para programar, organizar, dirigir, ejecutar y controlar, mediante su supervisión, todas aquellas actividades relacionadas con la explotación del petróleo y gas del subsuelo. Adicionalmente, tiene la responsabilidad de planear el desarrollo óptimo de los yacimientos petrolíferos, que asegure su explotación racional mediante la determinación del espaciamiento óptimo entre pozos, su perforación, la terminación y si es el caso, la reparación de los mismos; tomando en consideración la seguridad de las instalaciones y del personal encargado, así como el impacto ecológico de las operaciones, a fin de preservar el medio ambiente.

La sociedad mundial percibe esta profesión de ingeniero de petróleo como una carrera de vanguardia pero que necesita ser actualizada a las nuevas tecnologías que van surgiendo. Si se tiene en cuenta que nada cambia más que la tecnología y los avances en el desarrollo profesional de esta ingeniería, es cierto que en muchos programas de pregrado, especialmente en países en vías de desarrollo, no se han efectuado cambios significativos a través del tiempo. Esta afirmación es especialmente válida para el caso colombiano, en donde las materias y contenidos de los programas de pregrado no han sufrido transformaciones importantes en los últimos 40 años.²⁸

Con el fin de establecer un análisis comparativo de los currículos de las diferentes Universidades con facultades de ingeniería de petróleo del mundo y el programa de Petróleos de la Universidad Surcolombiana se determinó una población de 25 de las más importantes universidades a nivel mundial y que cuentan con acreditación de la *AMERICAN BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY – ABET-*, teniendo en cuenta para ello los siguientes aspectos:

- Objetivos del programa
- Materias básicas, obligatorias
- Materias básicas electivas
- Materias de petróleo obligatorias
- Materias de petróleo electivas
- Numero de créditos y tiempo de estudio (Años – Semestres)

28

<http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Reporte%20de%20sostenibilidad%202011/pdf/InformeEcopetrolResponsabilidad.pdf> - Reporte se sostenibilidad

La tendencia curricular de cada una de las universidades objeto de estudio se muestra a continuación, resaltando el país de origen, objetivos, números de cursos, créditos y duración en semestres.

La figura 23 incluye el nombre de la institución, la ciudad de ubicación y su identificación mediante su distintivo con su logo correspondiente.

La Tabla 10 y figuras 32, 33, 34 se enlistan para cada universidad incluida la Universidad Surcolombiana el número de créditos, semestres y cursos que deben aprobar los aspirantes ingenieros de petróleos para su titulación.

Por su parte en la tabla 11 y anexo 1 se hace una descripción de los objetivos trazados por cada institución que le permitirán al futuro profesional de la ingeniería de petróleos una vez desarrollados durante su carrera afrontar los retos cada vez más exigentes de la industria del petróleo.

Los documentos que contienen los semáforos los cursos de petróleos obligatorios, los cursos básicos electivos, los cursos electivos de petróleos y otra información que es la base de posterior discusión e interpretación se incluye en los anexos 2 y 3 que se encuentran referenciados al final del presente estudio (sección de anexos).

Figura 23. Universidades objeto de estudio

#	Universidad	Locación	Logo
1	<i>Colorado School of Mines</i>	Golden, CO, US	
2	<i>Istanbul Technical University (ITU)</i>	Maslak, Turkey	
3	<i>King Fahd University of Petroleum and Minerals</i>	Saudi Arabia	

Continuación figura 23. Universidades objeto de estudio

#	Universidad	Locación	Logo
4	<i>King Saud University (KSU)</i>	Saudi Arabia	
5	<i>Kuwait University</i>	Kuwait	
6	<i>Louisiana State University and A&M College</i>	Baton Rouge, LA, US	
7	<i>Marietta College</i>	Marietta, OH, US	
8	<i>Middle East Technical University</i>	Turkey	
9	<i>Missouri University of Science and Technology</i>	Rolla, MO, US	

Continuación figura 23. Universidades objeto de estudio

#	Universidad	Locación	Logo
10	<i>Montana Tech of the University of Montana</i>	Butte, MT, US	
11	<i>New Mexico Institute of Mining and Technology</i>	Socorro, NM, US	
12	<i>Pennsylvania State University</i>	University Park, PA, US	
13	<i>Texas A&M University</i>	CollegeStation, TX, US	
14	<i>Texas A&M University at Qatar</i>	Qatar, Qatar	
15	<i>Texas Tech University</i>	Lubbock, TX, US	

Continuación figura 23. Universidades objeto de estudio

#	Universidad	Locación	Logo
16	<i>The Petroleum Institute</i>	UnitedArabEmirates	
17	<i>The University of Kansas</i>	Lawrence, KS, US	
18	<i>The University of Tulsa</i>	Tulsa, OK, US	
19	<i>United Arab Emirates University</i>	UnitedArabEmirates	
20	<i>University of Alaska Fairbanks</i>	Fairbanks, AK, US	
21	<i>University of Louisiana at Lafayette</i>	Lafayette, LA, US	
22	<i>University of Oklahoma</i>	Norman, OK, US	

Continuación figura 23. Universidades objeto de estudio

#	Universidad	Locación	Logo
23	<i>University of Texas at Austin</i>	Austin, TX, US	
24	<i>University of Wyoming</i>	Laramie, WY, US	
25	<i>West Virginia University</i>	Morgantown, WV, US	
26	<i>Universidad Surcolombiana</i>	Colombia, Neiva-Huila	

Fuente: Autores

Tabla 10. Información de semestres materias y créditos

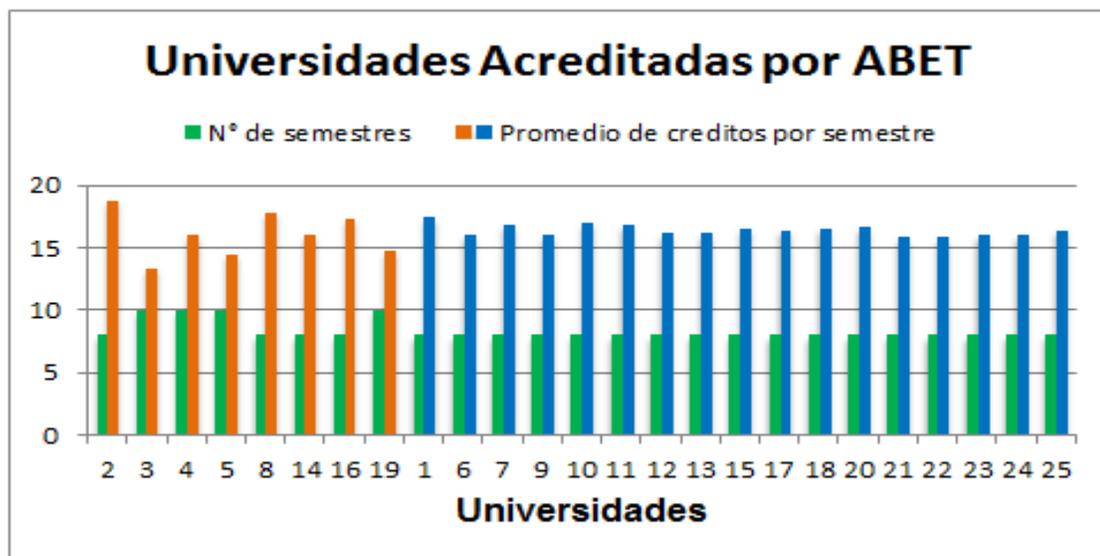
#	Universidad	# Semestres	# Materias	# Créditos	Promedio Por Semestre
1	Colorado School of Mines	8	50	139,5	17,4
2	Istanbul Technical University (ITU)	8	56	151	18,8
3	King Fahd University of Petroleum and Minerals	10	48	133	13,3
4	King Saud University (KSU)	10	62	160	16
5	Kuwait University	10	49	144	14,4
6	Louisiana State University and A&M College	8	50	128	16
7	Marietta College	8	40	135	16,8
8	Middle East Technical University	8	56	143	17,8
9	Missouri University of Science and Technology	8	44	128	16
10	Montana Tech of the University of Montana	8	52	136	17
11	New Mexico Institute of Mining and Technology	8	48	134	16,8
12	Pennsylvania State University	8	46	129	16,1
13	Texas A&M University	8	45	129	16,1
14	Texas A&M University at Qatar	8	45	129	16,1
15	Texas Tech University	8	47	132	16,5
16	The Petroleum Institute	8	48	138	17,3
17	The University of Kansas	8	43	131	16,4
18	The University of Tulsa	8	44	132	16,5
19	United Arab Emirates University	10	47	147	14,7
20	University of Alaska Fairbanks	8	45	133	16,6

Cont. Tabla 10. Información de semestres materias y créditos

#	Universidad	# Semestres	# Materias	# Créditos	Promedio Por Semestre
21	University of Louisiana at Lafayette	8	48	127	15,8
22	University of Oklahoma	8	43	127	15,8
23	University of Texas at Austin	8	42	128	16
24	University of Wyoming	8	42	128	16
25	West Virginia University	8	44	131	16,4
26	University Surcolombiana	10	60	163	16,3

Fuente: Autores

Tabla 11 Universidades acreditadas por ABET



Fuente Autores

Las 8 Universidades del Medio Oriente (color naranja, ver tabla 11) acreditadas por ABET (Istanbul Technical University, King Fahd University Of Petroleum And Minerals, King Sauduniversity, Kuwait University, Middle East Technical University, Texas A&M University At Qatar, The Petroleum Institute, United Arab Emirates University) tienen en promedio 9 semestres, 52 materias dentro del plan de estudios y 16 créditos por semestre; lo cual se asimila más a la duración y número de créditos del Programa de Ingeniería de Petróleos de la USCO; a diferencia de los programas de Estados Unidos acreditados por ABET (color azul ver tabla 11) donde todos cuentan con 8 semestres, 45 materias promedio de ciclo académico y 16,4 créditos promedio por semestre, evidenciando un amplio contraste, en duración (2 semestres), numero de materias (15 materias) y cantidad de créditos por semestre (35 créditos) frente al presente del plan de estudio de la USCO (10 semestres, 60 materias y 163 créditos).

4.1 ANALISIS OBJETIVOS

En este capítulo se hace una comparación entre los objetivos de los programas de ingeniería de petróleos seleccionados, en aras de encontrar similitudes o tendencias mundiales y de esta manera ver como encuentran los objetivos del programa de ingeniería de petróleos de la universidad Surcolombiana con relación a estas tendencias.

Los objetivos del programa de ingeniería de petróleos de la universidad Surcolombiana se encuentran consignados en la tabla 12

Tabla 12 Objetivos trazados por el Programa de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.

No	OBJETIVOS
1	Preparar ingenieros de petróleos competentes y con conocimientos idóneos en exploración, explotación y transporte de hidrocarburos.
2	Formar cultural, humanística y éticamente a los ingenieros de petróleos para abordar con rigurosidad y responsabilidad los problemas relacionados con su profesión.
3	Participar activamente en el progreso y mejoramiento de la calidad de vida de las comunidades ubicadas en áreas de influencia de operaciones de empresas petroleras, aliviando las tensiones sociales, económicas y ambientales que genera esta industria en las regiones productoras de hidrocarburos.
4	Asimilar, producir aplicar y difundir conocimiento científico, humanístico y tecnológico, para atender eficazmente los problemas relevantes del desarrollo de la industria petrolera regional y nacional.
5	Nuestro egresado será un profesional idóneo en toda la gama de actividades propias de este campo (perforación, producción, yacimientos y evaluación de formaciones), con énfasis en yacimientos (caracterización de fluidos y pruebas de presión), en un marco de desarrollo sostenible.

En el anexo 1 se encuentran los objetivos de los programas de ingeniería de petróleos de las universidades consultadas excluyendo los de las siguientes dos que no fueron encontrados King Fahd University of Petroleum and Minerals y University of Louisiana at Lafayette.

Después de analizar los objetivos se encontró que estos son 12 diferentes, en la tabla 13 se encuentra tabulada la presencia de estos doce objetivos en las

universidades seleccionadas, En dicha tabla están de color rosa dos (2) Universidades (King Fahd University Of Petroleum And Minerals Y University Of Louisiana At Lafayette) que no se obtuvo la información

La tabla 14 muestra los porcentajes de la frecuencia en que aparecen estos objetivos en relación con los diferentes objetivos de las universidades consultadas. Cada uno de estos objetivos se compara tomando como referencia el 100%.

Tabla 13 OBJETIVOS UNIVERSIDADES

Objetivo/Universidad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Práctica de la profesión con valores éticos y responsablemente	Si	Si	0	Si	0	Si	Si	Si	Si	0	0	Si	0	0	0	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicio a la sociedad (Responsabilidad social)	Si	Si	0	Si	0	Si	0	Si	Si	Si	0	Si	0	0	0	Si	0	Si	Si	Si	0	Si	Si	Si	0	0
Competencia Técnica de alto nivel	Si	0	0	Si	Si	0	0	Si	Si	Si	0	Si	Si	Si	0	Si	0	0	Si	Si	0	0	Si	0	Si	0
Posibilidad de seguir estudios en el extranjero (educación superior)	Si	0	0	0	Si	Si	0	0	0	0	0	0	Si	0	0	Si	Si	0	Si	0	0	0	0	Si	0	0
Trabajo en equipo multidisciplinario	Si	0	0	0	0	0	Si	Si	Si	Si	0	Si	0	Si	0	0	0	0	Si	Si	0	Si	Si	0	0	0
Desarrollar habilidades de comunicación efectiva	Si	Si	0	0	0	0	Si	Si	Si	Si	0	0	0	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Si	0	0
Practica de Ingeniería e investigación	0	Si	0	Si	Si	Si	Si	0	Si	0	0	0	0	0	0	Si	Si	Si	0	Si	0	0	0	Si	0	0
Formación académica de alto nivel	0	0	0	Si	Si	0	0	0	Si	Si	0	Si	Si	Si	0	0	0	0	Si	Si	0	0	0	0	0	0
Aprendizaje de una segunda lengua	0	0	0	0	0	0	0	0	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adaptación a los cambios	0	Si	0	0	Si	0	0	0	0	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Si	0	0	0
Relación y participación con organizaciones internacionales	0	0	0	0	0	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	Si	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Formación de lideres	0	0	0	0	0	Si	Si	0	0	0	0	Si	0	Si	Si	0	0	0	0	0	Si	0	Si	0	0	0

Fuente de los Autores

Tabla 14 PORCENTAJE DE OBJETIVOS VS NÚMERO DE UNIVERSIDADES ACREDITADAS POR ABET

Objetivo	# Universidades	Porcentaje %
Servicio a la sociedad (Responsabilidad social)	15	60
Competencia Técnica de alto nivel	14	56
Practica de Ingeniería e investigación	11	44
Trabajo en equipo multidisciplinario	11	44
Formación académica de alto nivel	9	36
Práctica de la profesión con valores éticos y responsablemente	9	36
Posibilidad de seguir estudios en el extranjero (educación superior)	8	32
Desarrollar habilidades de comunicación efectiva	8	32
Formación de lideres	7	28
Adaptación a los cambios	4	16
Relación y participación con organizaciones internacionales	2	8
Aprendizaje de una segunda lengua	1	4

Después de revisar los objetivos de las diferentes universidades se puede identificar que el enfoque principal de estas es la formación de un profesional con altos conocimientos, competencia de alto nivel (**56 %**) y que a su vez sea un ciudadano que sirva a la sociedad (**60%**).

Además de ingenieros con habilidades para trabajar en equipos multidisciplinarios (**44%**) con habilidades de ingeniería y desarrollo de la investigación (**44%**).

La formación académica de alto nivel junto y de un ingeniero integro para que ejerza su título de forma responsable con aplicación de valores éticos y tomando una relación amigable con el medio ambiente con un 36 %

Aunque hay objetivos que no son muy comunes, ciertas universidades resaltan su importancia; destacándose aspectos como el aprendizaje de una segunda lengua (**4%**), adaptación a los cambios (**16%**) y la relación y participación con organizaciones internacionales (**8%**) como la SPE.

Finalmente en la tabla 15 se compara los objetivos comunes de las 25 universidades con los objetivos de la Universidad Surcolombiana se puede inferir que se abarcan los objetivos comunes principales y se excluye otros objetivos que son de gran importancia, como por ejemplo la habilidad para trabajar en equipo, el aprendizaje de una segunda lengua y el fomento de estudios de posgrado.

Tabla 15 Comparación de Objetivos

Objetivos presentes USCO	Objetivos no presentes USCO
Servicio a la sociedad (Responsabilidad social) – 60 %	Trabajo en equipo multidisciplinario- 44 %
Competencia Técnica de alto nivel- 56 %	Posibilidad de seguir estudios en el extranjero (educación superior)- 32 %
Practica de Ingeniería e investigación- 44%	Desarrollar habilidades de comunicación efectiva- 32 %
Formación académica de alto nivel- 36 %	Formación de líderes- 28 %
Práctica de la profesión con valores éticos y responsablemente – 36 %	Adaptación a los cambios- 16%
	Relación y participación con organizaciones internacionales- 8 %
	Aprendizaje de una segunda lengua – 4 %

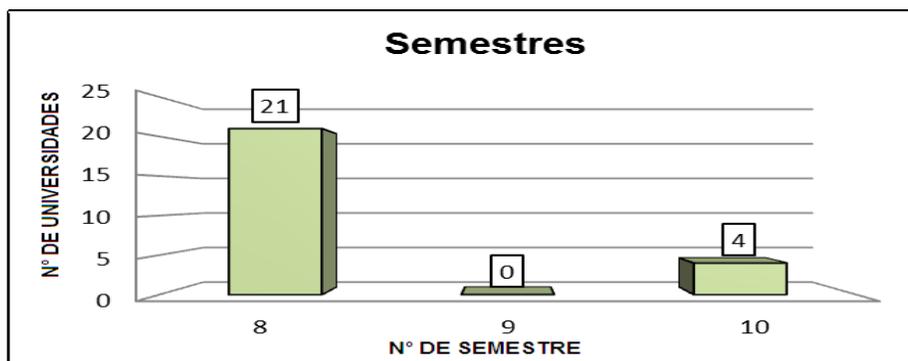
Se difiere de las universidades acreditadas por ABET en que no tienen como objetivo algún énfasis a la enseñanza de un área en específico como se presenta en el quinto objetivo de la Universidad Surcolombiana, que muestra un enfoque hacia el área de yacimientos (caracterización de fluidos y pruebas de presión).

4.2 DURACIÓN DE LA CARRERA

En lo que respecta al 95% de las universidades estudiadas, el número total de horas necesarias para la obtención del título de ingeniero oscila entre 2.535 y 1.870. La distribución porcentual de horas en asignaturas elementales, especializadas, electivas y proyecto es similar en la gran mayoría de las universidades.

Los planes de estudio vigentes suponen que la formación del Ingeniero de petróleos: es 4 años (8 semestres) equivalente a 133 créditos en promedio. Ver figuras 24 y 25.

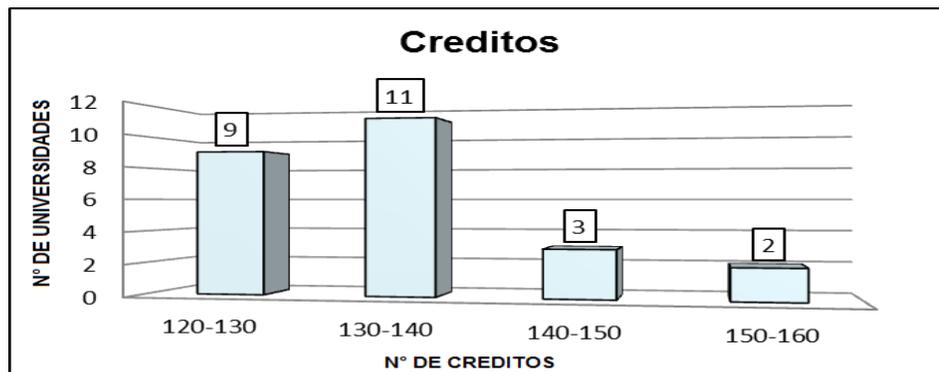
Figura 24. Duración en Semestres



Fuente Autores

Teniendo en cuenta la figura 33, el 84% de las universidades acreditadas por ABET ejecutan el plan de estudio del programa de ingeniería de petróleos en 4 años (8semestres) mientras el 16% restante realizan en 5 años (10 semestres).

Figura 25. Créditos



Fuente Autores

De acuerdo con la figura 25, se evidencia que el 44% de las universidades estudiadas, tienen créditos que fluctúan entre 130-140; el 36% cuentan

entre 120-130 créditos dentro de su plan de estudio; el 12% oscila entre 140-150 y el 8% restante se encuentra entre 150-160 créditos.

Si se compara la Universidad Surcolombiana con el estudio hecho se puede observar que ésta se encuentra ubicada en el último grupo y es el programa con más créditos académicos (163) con relación a las universidades acreditadas por la ABET, para optar el título de ingeniero de petróleos.

4.3 INDICADORES DE COMPARACIÓN

Los indicadores establecidos para realizar la comparación de los programas de ingeniería de petróleos acreditados por la ABET frente al de la Universidad Surcolombiana, fueron tomados del plan de estudio académico de dichos programas teniendo en cuenta las siguientes áreas:

- **Materias Básicas:** Cálculo, Física, Química.
- **Materias de Ingeniería Aplicada:** Geología, Perforación, Yacimientos, Gas, Producción.
- **Materias complementarias:** Fundamentos de administración, fundamentos de economía

De acuerdo con las áreas descritas se realizó la tabulación, comparación e interpretación de la información recopilada en cada una de las universidades acreditadas por la ABET.

4.4 SIMILITUDES, DIFERENCIAS Y TENDENCIAS EN PROCESOS DE ENSEÑANZA DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS DE LAS UNIVERSIDADES ACREDITADAS POR ABET CON RELACIÓN A LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

En este capítulo se toma las materias básicas y obligatorias del programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana para compararlas con las universidades acreditadas por ABET, las cuales se agrupan en dos (2) grandes regiones, así:

Tabla 16. Medio Oriente:

CLASIFICACIÓN ABET	UNIVERSIDAD
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)
5	KUWAIT UNIVERSITY

Fuente Autores

CLASIFICACIÓN ABET	UNIVERSIDAD
8	MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY
14	TEXAS A&M UNIVERSITY AT QATAR
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY

Tabla 17. Estados Unidos:

CLASIFICACIÓN ABET	UNIVERSIDAD
1	COLORADO SCHOOL OF MINES
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE
7	MARIETTA COLLEGE
9	MISSOURI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
10	MONTANA TECH OF UNIVERSITY OF MONTANA
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY
13	TEXAS A&M UNIVERSITY

CLASIFICACIÓN ABET	UNIVERSIDAD
15	TEXAS TECH UNIVERSITY
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS
18	THE UNIVERSITY OF TULSA
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN
24	UNIVERSITY OF WYOMING
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY

Fuente Autores

A continuación se realizará una visión de la tendencia, similitud y diferencias en las materias que inscritas en los pensum de las Universidad de estos 2 grupos de comparándolos con el programa Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana.

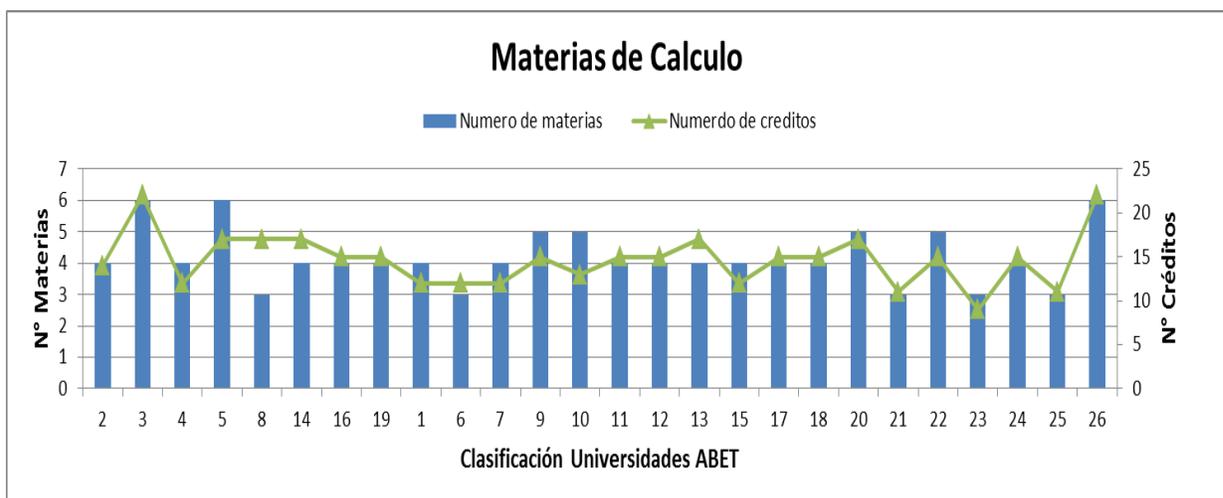
4.4.1 CÁLCULO

Tabla 18 Materias de Cálculo

CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS CÁLCULO	Nº CREDITOS	CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS CÁLCULO	Nº CREDITOS
2	4	14	11	4	15
3	6	22	12	4	15
4	4	12	13	4	17
5	6	17	15	4	12
8	3	17	17	4	15
14	4	17	18	4	15
16	4	15	20	5	17
19	4	15	21	3	11
1	4	12	22	5	15
6	3	12	23	3	9
7	4	12	24	4	15
9	5	15	25	3	11
10	5	13	26	6	22

Fuente Autores

Gráfica 3 Materias de Cálculo



Fuente Autores

Tabla 19 porcentaje de las materias de Cálculo

N° de Materias de calculo	N° de Universidades	%
3	5	20
4	14	56
5	4	16
6	2	8

Fuente Autores

La universidad Surcolombiana cuenta con 6 materias que suman 22 créditos en total la cual la hace que esté por encima de la media de las universidades acreditadas por ABET ya que estas tiene en promedio 4 materias de cálculo la cual da con el 56% (ver tabla 19) de las universidades tengan este número de materias que acarrear con 14 créditos en promedio. Las materias de cálculo que tienen similitud con el programa de petróleos de la USCO son, calculo 1, calculo 2, calculo 3 y ecuaciones diferenciales. Materias como Algebra lineal y métodos numéricos, son las que difieren de las materias de cálculo por la Universidades acreditadas por ABET, esta es una tendencia que marca una importante pauta al momento de la duración de la carrera. Tan solo una Universidad del medio oriente (KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM) cuenta con el mismo número de materias y créditos pero no es representativo al momento de comprarla con el resto de Universidades.

4.4.2 FÍSICA

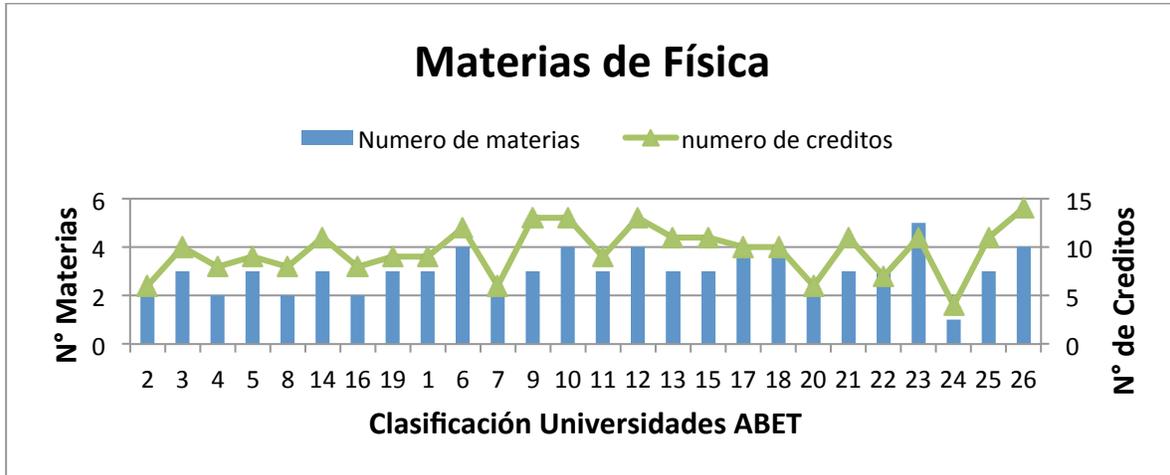
Tabla 20 Materias de Física

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS FÍSICA	N° CREDITOS
2	2	6
3	3	10
4	2	8
5	3	9
8	2	8
14	3	11
16	2	8
19	3	9
1	3	9
6	4	12
7	2	6
9	3	13
10	4	13

Fuente Autores

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS FÍSICA	N° CREDITOS
11	3	9
12	4	13
13	3	11
15	3	11
17	4	10
18	4	10
20	2	6
21	3	11
22	3	7
23	5	11
24	1	4
25	3	11
26	4	14

Gráfica 4 Materias de Física



Fuente Autores

Tabla 21 porcentaje de las materias de Física

Nº de Materias de Física	Nº de Universidades	%
1	1	4
2	7	28
3	11	44
4	5	20

Fuente Autores

En el área de física del programa de ingeniería de petróleos de la universidad Surcolombiana cuenta con 4 materias (física mecánica, electromagnética, estática y dinámica) con 14 créditos, la cual está arriba del promedio de numero de materias de las universidades acreditadas por ABET que está en 3 materias promedio que tienen el 44% (Ver tabla 21)de las Universidades acreditadas por ABET con 9,4 créditos promedio (física general 1, física general 2 y estática), nos diferencia en 1 materia promedio que es dinámica que es común en 4 universidades (Louisiana State University, Montana Tech of University, Pennsylvania State University y Missouri University) es de aclarar que las 3 primeras universidades están arriba del promedio de materias en 1 materia, al igual que University of Kansas, University of Tulsa y University of Texas at Austin que cuenta con 1 materia de más que el promedio a excepción de esta última que está por encima del promedio en 2 materias; precisamente no quiere decir que tienen 1 o 2 materias distintas a las comunes del promedio ya que estas materias de más, son laboratorios de las materias de física general 1 y física general 2 y que son tomadas a diferencia de la USCO dándoles créditos.

4.4.3. QUÍMICA

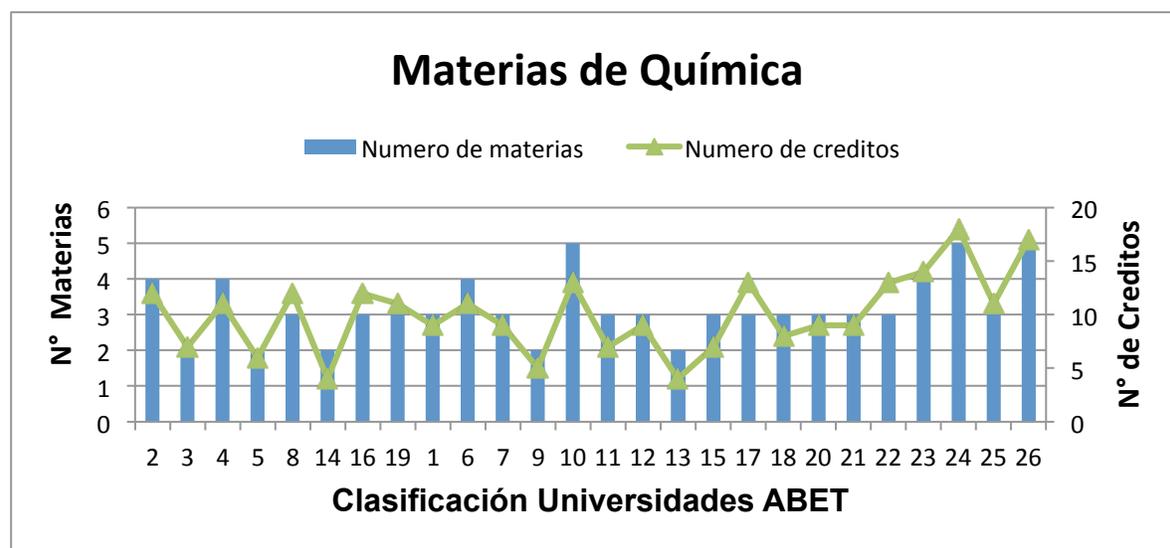
Tabla 22 Materias de Química

CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS QUÍMICA	Nº CREDITOS
2	4	12
3	2	7
4	4	11
5	2	6
8	3	12
14	2	4
16	3	12
19	3	11
1	3	9
6	4	11
7	3	9
9	2	5
10	5	13

CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS QUÍMICA	Nº CREDITOS
11	3	7
12	3	9
13	2	4
15	3	7
17	3	13
18	3	8
20	3	9
21	3	9
22	3	13
23	4	14
24	5	18
25	3	11
26	5	17

Fuente Autores

Gráfica 5 Materias de química



Fuente Autores

Tabla 23 Porcentaje de las materias de Química

N° de materias de Química	N° de Universidades	%
2	5	20
3	14	56
4	4	16
5	2	8

Fuente Autores

Para el área de Química el programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana cuenta con 5 materias con un total de 17 créditos, la cual la arroja muy por encima del promedio de 3 materias que son química 1, química 2 y termodinámica que el 56% (ver tabla 23) de las Universidades acreditadas por ABET registran este dato, las universidades que cuentan con el mismo número de materias de química de la USCO son 2 (Montana Tech of University y UNIVERSITY OF WYOMING) que es representativo con el 8% del total de universidades acreditadas por ABET, estas materias que difieren de las media son, introducciones a la química y laboratorio de química que son tomadas aparte asignándole créditos, esto ratifica que la tendencia en las universidades acreditadas por ABET del número de materias para el área de química esta en 3.

4.4.4 GEOLOGÍA

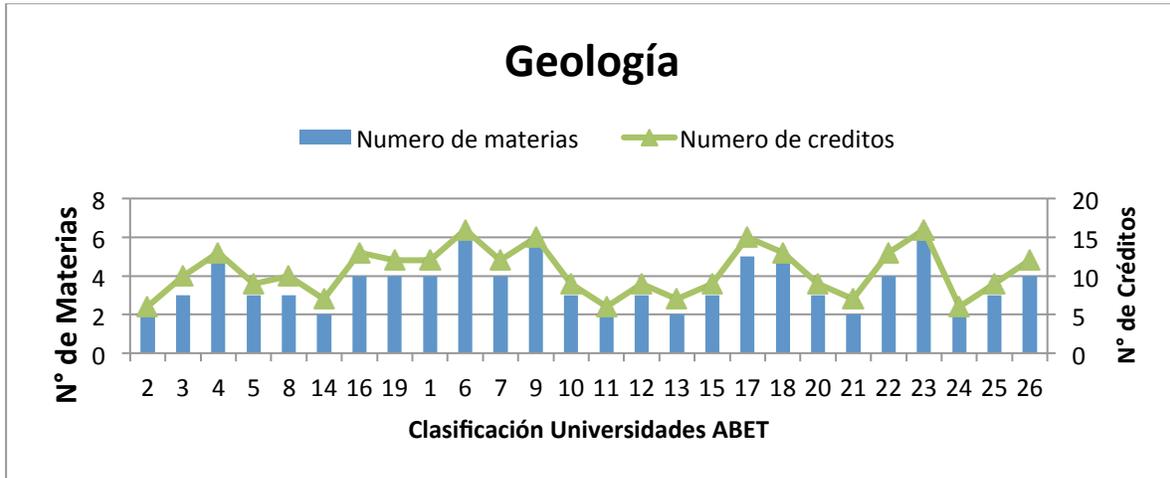
Tabla 24. Materias de Geología

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS GEOLOGÍA	N° CREDITOS
2	2	6
3	3	10
4	5	13
5	3	9
8	3	10
14	2	7
16	4	13
19	4	12
1	4	12
6	6	16
7	4	12
9	6	15
10	3	9

Fuente Autores

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS GEOLOGÍA	N° CREDITOS
11	2	6
12	3	9
13	2	7
15	3	9
17	5	15
18	5	13
20	3	9
21	2	7
22	4	13
23	6	16
24	2	6
25	3	9
26	4	12

Grafica 6 Materias de Geología



Fuente Autores

Tabla 25 porcentaje de las materias de Geología

Nº de materias de Geología	Nº de Universidades	%
2	6	24
3	8	32
4	5	20
5	3	12
6	3	12

Fuente Autores

En el área de la Geología el programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana consta de 4 materias equivalentes a 12 créditos, lo que la posiciona muy cerca al promedio del número de materias en el área de la Geología que esta en 3 materias con el 32 % (ver tabla 25) de las Universidades acreditadas por ABET comparte mucha similitud con 5 que respresentan el 20% de Universidades acreditadas por ABET (The Petroleum Institute - United Arab Emirates, United Arab Emirates University, Colorado School Of Mines, Marietta College y University Of Oklahoma). Tienen similitud con la USCO en materias que son dictadas en estas Universidades como lo son, Geología general, sedimentología y registro de pozo; difieren en, introducción a la geología, geofísica, geomecánica y geología de yacimientos.

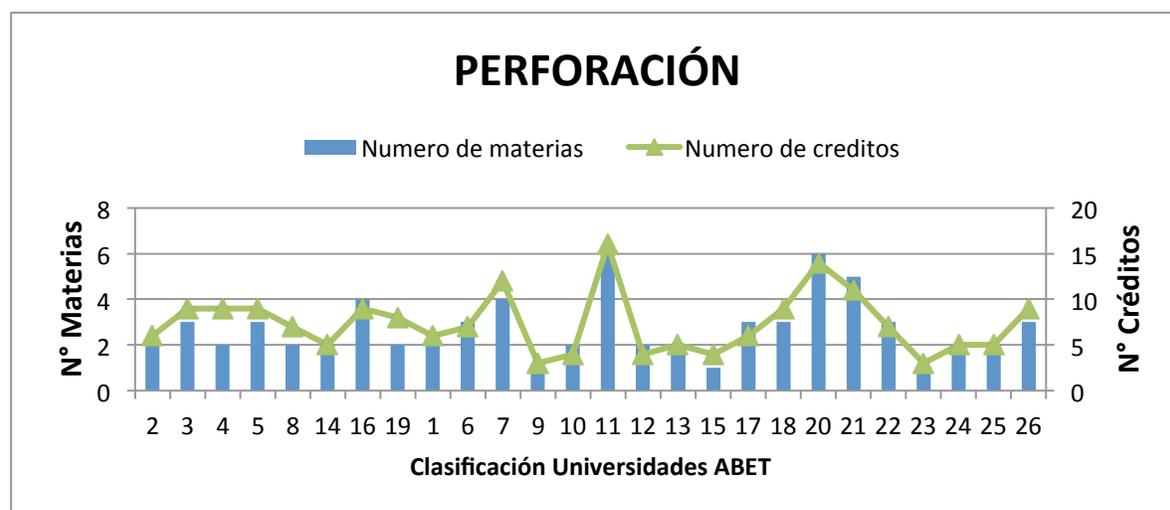
4.4.5 PERFORACIÓN

Tabla 26 Materias de perforación

CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS PERFORACIÓN	Nº CREDITOS	CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS PERFORACIÓN	Nº CREDITOS
2	2	6	11	6	16
3	3	9	12	2	4
4	2	9	13	2	5
5	3	9	15	1	4
8	2	7	17	3	6
14	2	5	18	3	9
16	4	9	20	6	14
19	2	8	21	5	11
1	2	6	22	3	7
6	3	7	23	1	3
7	4	12	24	2	5
9	1	3	25	2	5
10	2	4	26	3	9

Fuente Autores

Grafica7 Materias de Perforación



Fuente Autores

Tabla 27 porcentaje de las materias de Perforación

N° de materias de Perforación	N° de Universidades	%
1	3	12
2	11	44
3	6	24
4	2	8
5	1	4
6	2	8

Fuente Autores

El programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana tiene 3 materias aplicadas obligatorias en el área de perforación que corresponden a 9 créditos, y se acerca al promedio de 2 materias que son el 44% (ver tabla 27) de las universidades acreditadas por ABET en el área de perforación, estas materias tienen similitud con las que se dictan en la USCO como son Ingeniería de perforación – completamiento y fluidos de perforación, las materias que difieren están enfocadas a los yacimientos no convencionales, como perforación direccional, completamiento y workover, prevención de amagos de reventón de petróleo y gas, sistemas de perforación y balance de perforación y completamiento. Presentadas en 9 universidades acreditadas por ABET (Istanbul Technical University, King Fahd University Of Petroleum, Middle East Technical University, Texas A&M University At Qatar, The Petroleum Institute - United Arab Emirates, United Arab Emirates University, Louisiana State University And A&M College, New Mexico Institute Of Mining And Technology Y Texas A&M University).

4.4.6 YACIMIENTOS

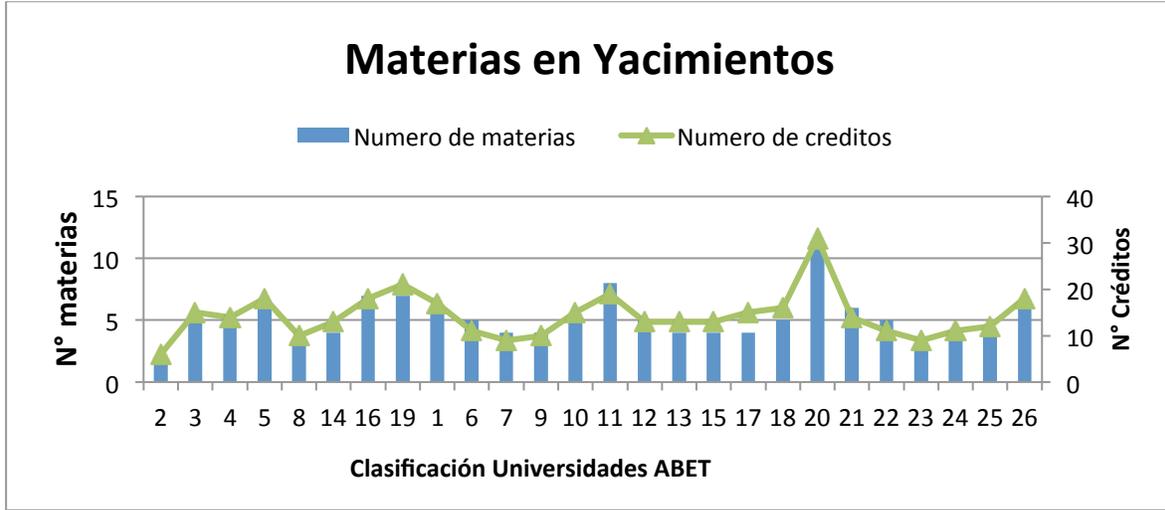
Tabla 28 Materias de Yacimientos

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS YACIMIENTOS	N° CREDITOS
2	2	6
3	5	15
4	5	14
5	6	18
8	3	10
14	4	13
16	7	18
19	7	21
1	6	17
6	5	11
7	4	9
9	4	10
10	5	15

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS YACIMIENTOS	N° CREDITOS
11	8	19
12	5	13
13	4	13
15	4	13
17	4	15
18	5	16
20	11	31
21	6	14
22	5	11
23	3	9
24	4	11
25	4	12
26	6	18

Fuente Autores

Gráfica 8 Materias en Yacimientos



Fuente Autores

Tabla 29 porcentaje de las materias de yacimientos

Nº de Materias de Yacimientos	Nº de Universidades	%
2	1	4%
3	2	8%
4	8	32%
5	7	28%
6	3	12%
7	2	8%
8	1	4%
11	1	4%

Fuente Autores

Dentro del área Yacimientos del programa de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Surcolombiana cuenta con 6 materias (Propiedades de los fluidos, Ing. de yacimientos, análisis de núcleos, análisis de presiones, recobro, simulación) con 18 créditos, la cual está por encima del promedio de número de materias de las Universidades acreditadas por ABET que está entre 4 y 5 materias de las cuales tiene el 60% de las Universidades (Ver tabla 29) con 14 créditos promedio (Propiedades de los fluidos de yacimiento, Ingeniería de yacimientos, descripción yacimiento, pruebas de presiones, simulación de yacimientos). Estos valores indican que la Universidad Surcolombiana, tiene una buena base sobre el área de yacimientos diferenciándose de las 10 primeras Universidades clasificadas por ABET, las cuales cuentan con un número igual e inferior de materias que estudian los yacimientos.

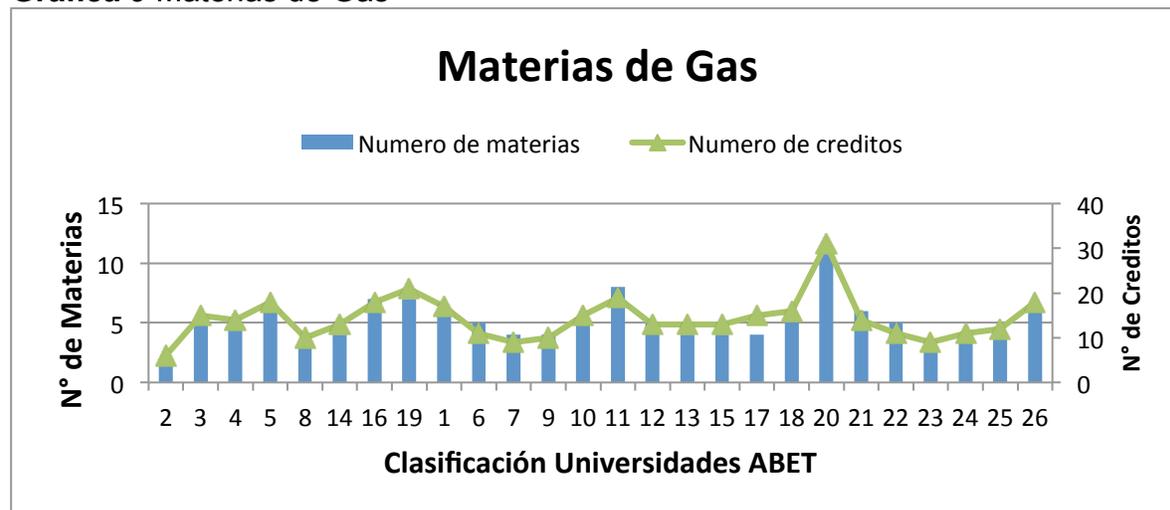
4.4.7 Gas

Tabla 30 Materias de Gas

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS GAS	N° CREDITOS	CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS GAS	N° CREDITOS
2	2	6	11	1	3
3	1	3	12	0	0
4	3	8	13	0	0
5	1	3	15	1	3
8	1	3	17	0	0
14	0	0	18	1	3
16	0	0	20	2	5
19	1	3	21	1	3
1	0	0	22	0	0
6	0	0	23	0	0
7	1	3	24	0	0
9	0	0	25	1	3
10	2	4	26	1	3

Fuente Autores

Gráfica 9 Materias de Gas



Fuente Autores

Tabla 31 de las materias de Gas

N° de Materias de Gas	N° de Universidades	%
0	11	44
1	10	40
2	3	12
3	1	4

Fuente Autores

El programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana tiene incluido dentro de su plan de estudio, la materia de Ingeniería de Gas con una carga de 3 créditos, ubicando a la USCO en el mismo nivel del 40% de las Universidades acreditadas por la ABET (King Fahd University Of Petroleum, Kuwait University, Middle East Technical University, United Arab Emirates University, Marietta College, New Mexico Institute Of Mining And Technology, Texas Tech University, The University Of Tulsa, University Of Louisiana At Lafayette Y West Virginia University) que cuentan con una materia de estudio de Gas en su currículo. Es importante resaltar que el 44% de estas universidades acreditadas por ABET (ver tabla 31) no cuentan con una materia específica de estudio de Gas asociado a la producción de hidrocarburos en su plan de estudio, resaltando al programa de Ingeniería de Petróleos de la USCO entre las universidades que incluyen esta importante área de estudio. No obstante, cuatro (4) universidades (King Saud University, Istanbul Technical University, Montana Tech Of University Y University Of Alaska Fairbanks) están por arriba del promedio, las cuales cuentan con más de una materia de estudio de Gas incluyendo materias como introducción de ingeniería de gas, laboratorio de gas natural, ingeniería de reservas del subsuelo de gas natural, transporte y almacenamiento de gas natural.

4.4.8 PRODUCCIÓN

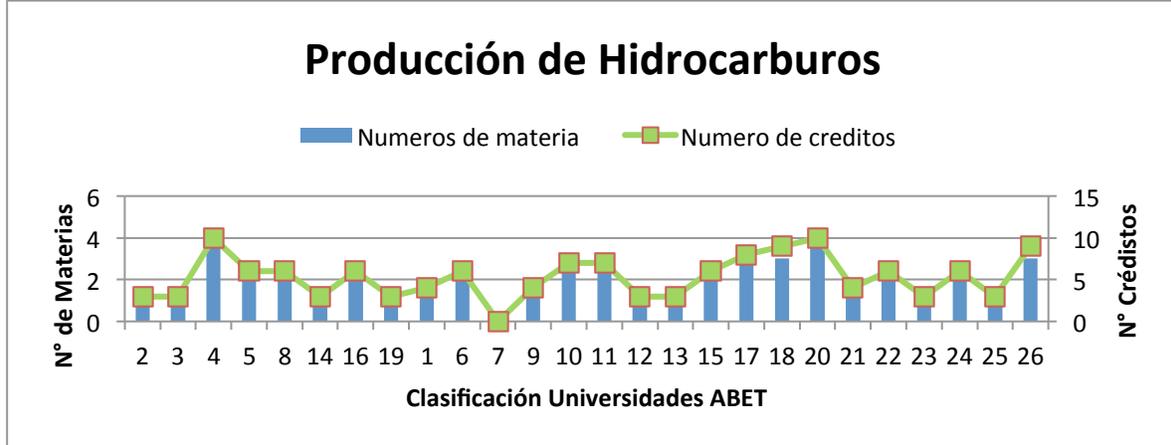
Tabla 32 Materias de producción

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS PRODUCCIÓN	N° CREDITOS
2	1	3
3	1	3
4	4	10
5	2	6
8	2	6
14	1	3
16	2	6
19	1	3
1	2	4
6	2	6
7	0	
9	2	4
10	3	7

Fuente Autores

CLASIFICACIÓN ABET	N° MATERIAS PRODUCCIÓN	N° CREDITOS
11	3	7
12	1	3
13	1	3
15	2	6
17	3	8
18	3	9
20	4	10
21	2	4
22	2	6
23	1	3
24	2	6
25	1	3
26	3	9

Gráfica 10 Producción



Fuente Autores

Tabla 33 Porcentajes de las materias de producción

Nº de Materias de Yacimientos	Nº de Universidades	%
1	9	36
2	10	40
3	4	16
4	2	8

Fuente Autores

El programa de ingeniería de petróleos de la universidad Surcolombiana cuenta con 3 materias en el área de producción (Crudos, manejo de producción y métodos de producción) con 9 créditos, el promedio en las universidades acreditadas por la ABET de las materias en esta área tiende a dos (2) que representa el 40% (ver tabla 33) en las materias de las universidades estudiadas, lo cual demuestra que la Universidad Surcolombiana está arriba del promedio. La USCO tienen similitud con las materias del promedio (Ingeniería de producción, producción II, laboratorio de ingeniería de producción) pero difieren en dos (2) universidades de las acreditadas por ABET (King Saud University Y University Of Alaska Fairbanks) que cuentan con materias como, introducción a la producción, ingeniería de producción avanzada, almacenamiento y transporte de petróleo y tópicos especiales en ingeniería de producción.

Administración y economía

Tabla 34 Materias de Administración y Economía

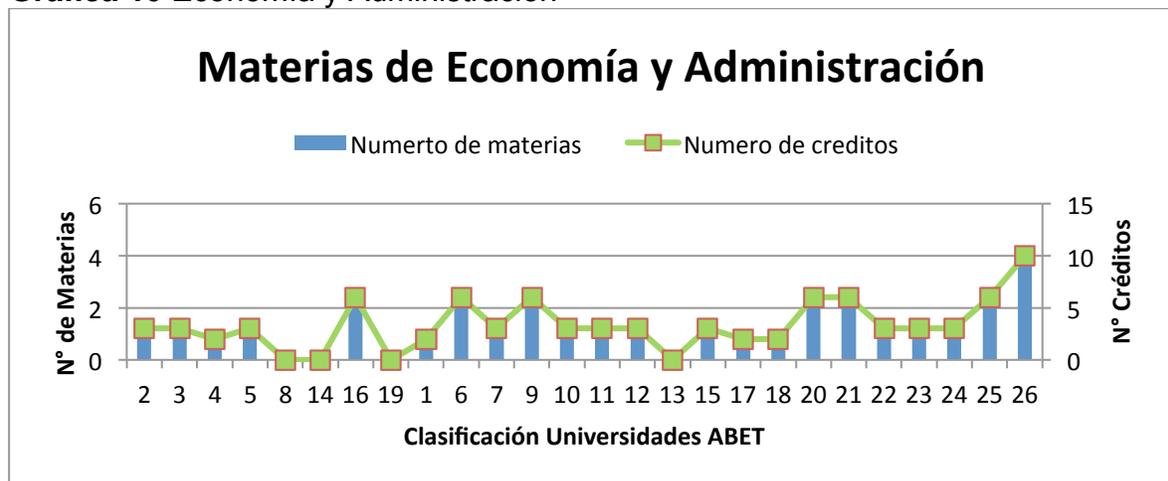
UNIVERSIDAD	# materias de Fundamento admon y economía	Créditos
2	1	3
3	1	3
4	1	2
5	1	3
8	0	
14	0	
16	2	6
19	0	
1	1	2
6	2	6
7	1	3
9	2	6
10	1	3

UNIVERSIDAD	# materias de Fundamento admon y economía	Créditos
11	1	3
12	1	3
13	0	
15	1	3
17	1	2
18	1	2
20	2	6
21	2	6
22	1	3
23	1	3
24	1	3
25	2	6
26	4	10

Fuente Autores

Las materias del área de administración y economía, son las llamadas a dar los fundamentos teóricos a los ingenieros para hacer análisis de riesgos, gestión de recursos y manejo de inversiones. En la tabla 34 se encuentran consignadas las materias para estas áreas.

Grafica 10 Economía y Administración



Fuente Autores

De las Universidades estudiadas 15 de estas equivalentes al 60% (ver tabla 35) cuentan en su plan de estudio con una materia de Administración o Economía con una carga máxima de 3 créditos, el 24% tienen 2 materias en estas áreas y el 16 % restante (4 Universidades) no contemplan en su currículo las materias de Administración y/o Economía.

Tabla 35 Porcentaje materias en administración y economía

# Materia Administración y Economía	Universidades	% Universidades	Promedio Créditos
0	4	16	0
1	15	60	3
2	6	24	6

Fuente Autores

El currículo del programa de ingeniería de petróleo de la Universidad Surcolombiana tiene incluido 4 asignaturas (2 son electivas) en estas áreas con 10 créditos, lo cual deja a la USCO con amplio margen de diferencia en el promedio (1 materias) de estas áreas y es un importante factor a tener en cuenta en la duración de la carrera.

4.4.10 Prácticas en la industria

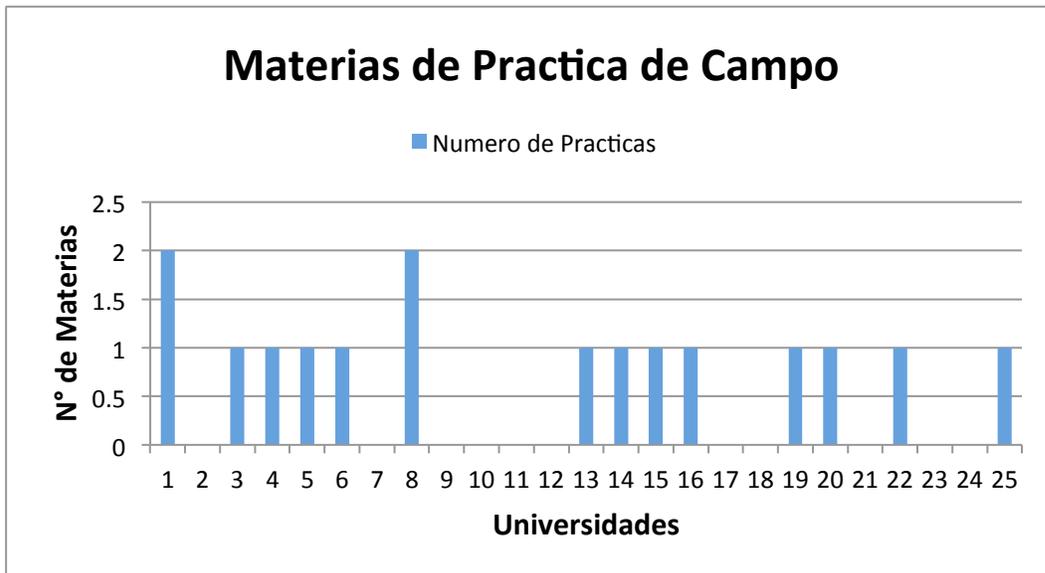
Tabla 36 Prácticas

UNIVERSIDAD	# Materias de Practica
1	2
2	0
3	1
4	1
5	1
6	1
7	0
8	2
9	0
10	0
11	0
12	0

Fuente Autores

UNIVERSIDAD	# Materias de Practica
13	1
14	1
15	1
16	1
17	0
18	0
19	1
20	1
21	0
22	1
23	0
24	0
25	1

Grafica 11 Materias de Practica de Campo



Fuente Autores

Las prácticas de campo son cursos diseñados para introducir al alumno operaciones de ingeniería en el campo de petróleo y gas, resolviendo problemas de diseño de ingeniería. Temas cubiertos en estas sesiones de campo incluyen perforación, completamiento, estimulaciones, instalaciones de superficie, producción, levantamiento artificial, yacimientos, geología y geofísica. Estas sesiones son hechas por los estudiantes durante las vacaciones. (Ver Anexo 3)

En la tabla 36 están tabuladas las universidades con el número de las prácticas. De las 25 Universidades estudiadas, 13 cuentan con práctica obligatoria 2 de estas con dos prácticas inter semestrales. (Ver anexo 5)

Lo cual demuestra que en su mayoría las universidades cuentan con la práctica como parte del proceso de enseñanza, Diferenciando al programa de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana en esta materia extramuro.

4.4.11 Capstone (Materias de Culminación)

Tabla 37 Materias Capstone

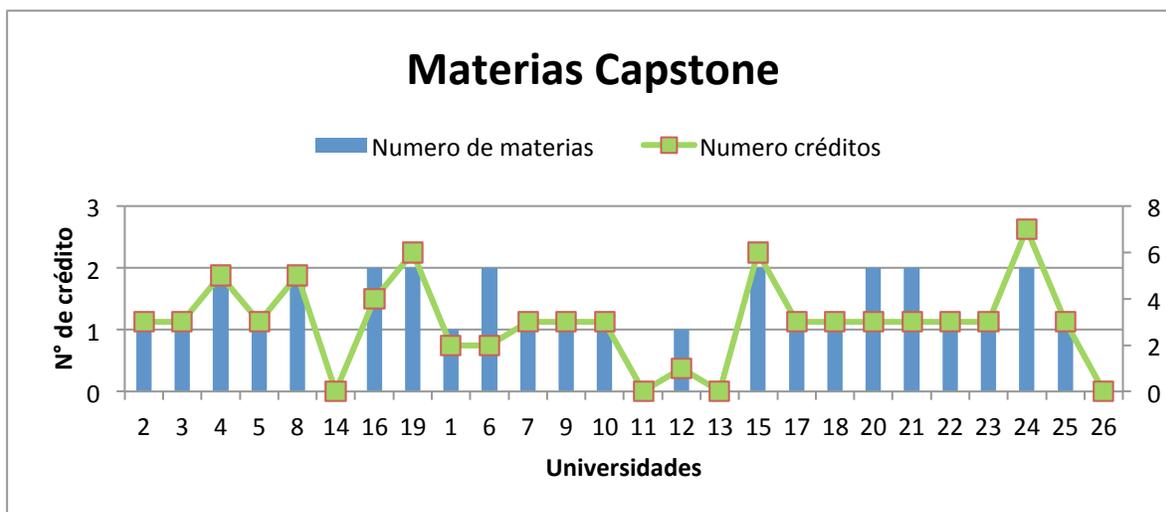
CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS PERFORACION	Nº CREDITOS
2	1	3
3	1	3
4	2	5
5	1	3
8	2	5
14	0	0
16	2	4
19	2	6
1	1	2
6	2	2
7	1	3
9	1	3
10	1	3

CLASIFICACIÓN ABET	Nº MATERIAS PERFORACION	Nº CREDITOS
11	0	0
12	1	1
13	0	0
15	2	6
17	1	3
18	1	3
20	2	3
21	2	3
22	1	3
23	1	3
24	2	7
25	1	3
26	0	0

Fuente Autores

Los cursos curso tipo Capstone son materias de culminación de la carrera, donde los estudiantes por equipos de trabajo aplican sus conocimientos en áreas específicas (geología, ingeniería de yacimientos, producción, perforación y completamiento de pozos) a problemas prácticos de diseño de ingeniería de petróleos basados en datos reales en campo con todas las limitaciones e incertidumbres asociadas. Presentaciones escritas y orales se realizan durante todo el semestre donde se proponen estrategias económicamente viables y ambientalmente razonables para la optimización de la producción y / o las condiciones de operación. Al igual que es parte integral el análisis de riesgo.

Grafica 1 Materias Capstone



En la gráfica 12 se muestra que los cursos tipo Capstone están presentes en 22 universidades que corresponde a un 88 % (Ver tabla 38), lo cual es muy significativo, esto se atribuye a que en la metodología de enseñanza de la ABET estos cursos son incluidos.

Tabla 38 Porcentaje Universidades con materias Capstone

Universidades con materias Capstone	%
22	88

Fuente Autores

Tabla 39 Promedio de cursos Capstone

# De Cursos	# Universidades	Promedio De Créditos
1	13	2.8
2	9	4.3

Además los cursos tipo Capstone varían en 1 o 2 materias (ver tabla 39) que se toman en los dos últimos semestres respectivamente. En 13 universidades está presente la materia y su carga en 2.8 créditos promedio.

4.5 MODELOS EDUCATIVOS

A continuación se realiza una comparativa entre los modelos de planes de estudios más significativos, donde se analizan, por un lado, los planes de estudios vigentes, el tipo de titulación impartida, las especialidades, la duración, los períodos de prácticas o proyecto de fin de carrera así como las propuestas de cada país.

En EEUU y en los países árabes la Universidad esta mucho menos regulada desde el gobierno nacional y cada estado ejerce su propia política universitaria de modo casi autónomo. Las universidades son libres de elaborar las titulaciones impartidas, lo que genera una gran oferta académica, sin embargo el resultado final es que casi todos funcionan de forma similar. Estos sistemas educativos están caracterizados por la flexibilidad, la enorme selectividad de los alumnos, una carga de horas presenciales menor, mayor carga de horas de trabajos individuales y colectivos y un costo económico mayor para las familias comparado con el sistema educativo en los países Árabes.

En general, los estudiantes tienen mayor libertad y flexibilidad para elegir las materias, de acuerdo con el enfoque que le quieren dar a su carrera. En algunos casos el estudiante puede elegir las materias que puede tomar en función del perfil profesional al cual aspira (investigador, consultor, docente, etc.) y no en función del área del conocimiento que más le atrae (geotecnia, yacimientos, nuevos tipos de explotación, hidrocarburos no convencionales etc.).

En este sentido, el programa de ingeniería de petróleos en la Universidad Surcolombiana conlleva a la formación en valores, conocimientos y habilidades en tres áreas de formación: área básica investigativa, área de formación específica y área social y humanística. El trabajo interdisciplinario, que propone el currículo de programa de petróleos se centra en la formación de profesionales integrales, como personas que entienden y resuelven con actitud y competencia necesidades y problemas de la industria petrolera. Así mismo, muchas universidades han decidido implementar cursos de diseño tipo “capstone” en la fase terminal de carrera. Estos cursos se denominan “integradores” y buscan que a través de un proyecto con características reales, el estudiante integre y aplique los conocimientos que ha adquirido en las diferentes áreas. Estos cursos, que enfrentan a los estudiantes a una situación real, son cada vez más abundantes dentro de los programas de ingeniería de petróleos de estas universidades y han tenido una gran acogida por parte de los estudiantes.

La ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) ha descrito que los programas de ingeniería de petróleos norteamericanos deben satisfacer los siguientes criterios para el periodo 2011-2012 (desarrollado por la ASCE):

- Criterio 1. Estudiantes
- Criterio 2. Programa de Objetivos Educativos
- Criterio 3. Resultados de los Alumnos
- Criterio 4. Mejora Continua
- Criterio 5. Plan de estudios
- Criterio 6. Profesorado
- Criterio 7. Comodidades
- Criterio 8. Apoyo Institucional

De los anteriores criterios dados por la ABET el eje central de estudio para este trabajo es el criterio 5. Plan de estudios, debido a que la situación actual en la industria, se puede evidenciar que no se están formando profesionales competentes con las nuevas tecnologías incorporadas para extracción de *shale* gas y crudos pesados. Para mayor información del contenido de los criterios de acreditación de la ABET, a continuación se resaltan los aspectos más relevantes de cada uno de estos, sugeridos por tan importante institución:

4.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DE ASIGNATURAS*

Comparando la distribución de asignaturas de la Universidad Surcolombiana (USCO) con respecto a la síntesis de las universidades del mundo certificadas por la ABET y que fueron estudiadas, se puede observar que en el componente de básicas (ciencias básicas y básicas de ingeniería para la USCO), la USCO tiene mayor énfasis y cantidad de asignaturas que las demás lo cual indica que la formación básica en ésta es mayor comparada con las otras universidades acreditadas por la ABET. Ver tabla 14.

Tabla 40. Comparativo con la USCO

Componente	Universidades	USCO	Diferencia
Básicas	37%	44%	7%
Básicas Electivas	12%	6%	-6%
De petróleos Obligatorias	38%	32%	-6%
De petróleos Electivas	13%	7%	-6%
Complementario	5%	11%	6%

Fuente autores

Si se compara el componente específico de asignaturas de ingeniería de petróleo propiamente incluyendo las electivas se puede observar que se tiene 12% menos y que en contenido es general debido a que las otras universidades tienen asignaturas de temas específicos con bastante profundización como se muestra en el referido cuadro.

Por otra parte el 50% de las universidades ofrecen a los estudiantes 2 asignaturas algunas llamadas campo de verano y otras como practica de campo en la cual ellos tienen la oportunidad de relacionar paralelamente los conceptos aprendidos con las experiencias de campo.

La tabla 41 enlista las materias comunes tanto obligatorias como electivas que cursan los estudiantes matriculados en las universidades consultadas, acreditadas por la ABET.

Tabla 41. Componente Común de Universidades estudiadas

<i>Obligatorias</i>	<i>Electivas</i>
Campo de Verano 1	Perforación avanzada
Campo de Verano 2	Geomecanica de Yacimientos
Métodos Computacionales Ingeniería de Petróleos	Energía Sostenible
Geoestatica	Perforación direccional
Evaluación de proyectos de petróleo y gas	Mecánica de Rocas
Economía petrolera	Sismología Petrolera
Modelamiento mecánico de la tierra	Análisis Nodal y Optimización de Pozos
Petrofísica de yacimientos	Fracturamiento hidráulico
Proceso EOR	Operaciones de Workover
Técnicas Avanzadas de perforación	Inyección de agua
Recobro secundario	Tecnología de Pozos Horizontales
Diseño Capstone	Mecánica de Fluidos No newtonianos
Legislación ambiental en petróleo y gas.	Prácticas de Desarrollo offshore
	Daño de formación
	Control de contaminación de aire
	Producción gas No convencional
	Comercialización de crudo y gas natural.

Fuente autores

En cuanto al componente complementario que presenta el Programa de Petróleos de la Universidad Surcolombiana es bastante general y nada relacionado directamente con la ingeniería de petróleos, pues asignaturas como economía, administración y constitución política deberían enfocarse hacia la economía petrolera, evaluación de proyectos, comercialización y

legislación ambiental que los demás programas en el mundo las tienen incluidas dentro de su componente básico.

Finalmente si se compara el programa de Ingeniería de Petróleo con respecto a la formación básica está muy bien, con respecto a la formación específica de petróleo tiene algunos vacíos con relación a lo que se mencionó anteriormente y con respecto a la actualización relacionada a la incorporación del aprendizaje de nuevas tecnologías es nulo en cuestión de asignaturas con relación al 10% de las universidades estudiadas que tienen dentro de su sistema curricular asignaturas relacionadas con las tecnologías de explotación y producción del *Shale gas* y métodos de recobro para la extracción de crudos pesados.

5. PROPUESTA DE ADICIÓN A LA MALLA CURRICULAR. ÁREA DE HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES

Teniendo en cuenta el análisis de las tendencias curriculares observadas en las 25 universidades con facultades de ingeniería de petróleos a nivel mundial y certificadas por la ABET, se puede establecer que el futuro de la educación en ingeniería de petróleos es un tema complejo de tratar no solamente a nivel local sino también a nivel global debido a las nuevas tecnologías y métodos que vienen apareciendo en cuanto a investigación, diseño, exploración, explotación petrolífera, transformación y derivados entre otros.

Para hacer una perspectiva, de la proyección curricular se ha tenido que observar cómo ha sido la evolución de los currículos de las diferentes universidades en el mundo y así poder establecer las prioridades educativas que se requieren para lograr formar ingenieros que estén acordes con las nuevas tecnologías de exploración explotación y producción de hidrocarburos y sus derivados.

Además, se espera que cuando haya una reestructuración del currículo de materias en el futuro los ingenieros de petróleos de la Universidad Surcolombiana puedan participar de programas nacionales y organizaciones mundiales.

5.1 PROCESO PEDAGÓGICO

– Referentes del proceso pedagógico

Para una futura reforma del Programa curricular de Ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana, se deben tener en cuenta algunos puntos tales como: estimular la iniciativa, la creatividad y el criterio, mejorar la relación entre teoría y práctica, fomentar las aplicaciones que giren en torno de la solución de problemas reales, establecer relaciones estrechas con la industria a través de visitas técnicas, pasantías, prácticas de vacaciones y desarrollo de trabajos de grado; según el estudio realizado con las materias de las Universidades acreditadas por ABET. Ver Anexo 5.

Por otra parte el currículo debe estar orientado al desarrollo del conocimiento teórico práctico en nuevas tecnologías de exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales pues ahí es a donde apunta la industria petrolera en la actualidad y hacia futuro.

– Modalidades pedagógicas

Teniendo en cuenta las tendencias existentes en las 25 universidades analizadas a continuación se indican los lineamientos curriculares:

Cambio conceptual: modalidad pedagógica que está inmersa en la pedagogía autónoma y contempla las etapas de inducción, activación de saberes, introducción de conceptos científicos, aplicación e integración, valoración y cierre cognitivo.

Exposición magistral: El docente presenta todos los temas motivando discusión, recomienda lectura previa, desarrolla métodos para resolver ejercicios, asigna trabajos, asesora fuera del aula. Evalúa el curso otorgando calificación a exámenes escritos individuales y a los trabajos asignados.

Exposición magistral 1: El docente presenta algunos temas, resuelve ejercicios, asigna trabajos que los estudiantes deben exponer, apoya las exposiciones y reafirma conceptos. Evalúa calificando exámenes escritos y la exposición de los trabajos.

Asignaturas prácticas. En el Departamento de Ingeniería de petróleos, las asignaturas prácticas se desarrollan empleando el mismo método que comprende: información previa sobre disponibilidad de equipos, análisis y

sustentación de una propuesta experimental, realización asistida de la experimentación, análisis y sustentación del informe. Se diferencian los cursos por: cantidad de estudiantes, cantidad de subgrupos de trabajo, cantidad de prácticas, flexibilidad de contenido. Las diferencias que existen, surgen principalmente por la disponibilidad de recursos. Por lo general las prácticas se realizan en jornadas de dos horas por semana.

Asignaturas teórico-prácticas. Combinar las características de los cursos teóricos y las de los prácticos. Estas asignaturas se programan por lo general con intensidad de cuatro horas semana. El trabajo experimental se realiza en los horarios programados, o en horas diferentes de acuerdo con la disponibilidad del grupo de estudiantes y de los puestos de trabajo en los laboratorios.

- Políticas de Investigación

Aunque existen orientaciones establecidas en el Plan de Acción del Programa de Ingeniería de petróleos de la universidad, estas han sido explícitas solo recientemente.

Por lo tanto el desarrollo de proyectos de investigación que trasciendan los límites disciplinarios de la carrera debe ser una de las fortalezas de la carrera y se deberían tener en cuenta las siguientes áreas:

- Área Ambiental
- Área Explotación de yacimientos hidrocarburos no convencionales
- Área Investigación y desarrollo tecnológico
- Área de Modelamiento y Simulación

5.2 PROPUESTA REFORMA PLAN CURRICULAR.

Con base en el estudio realizado y el análisis del currículo de la carrera de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana y los aspectos evaluados en las 25 universidades objeto de estudio, se ha podido establecer que la coherencia entre los objetivos del programa y las necesidades nacionales e internacionales en el campo de la Ingeniería de petróleos; el programa de Ingeniería debe tener como objetivo fundamental la formación de profesionales autónomos con una gran capacidad de investigación, caracterizados por una solidez académica y un recio fundamento científico, todo esto con base a los objetivos estudiados de los programas de ingeniería de petróleos acreditados por ABET.

Por otra parte, la coherencia entre los objetivos del programa académico, el plan de estudios y la pedagogía empleada, dan la capacidad al profesional de abordar el desarrollo de tecnologías propias orientadas a la solución de

problemas con amplio beneficio social y a la adaptación y apropiación de tecnologías externas, en busca dar respuesta a necesidades actuales de la industria del petróleo en Colombia.

Dentro del panorama del sector productivo colombiano, enfrentado al reto de las economías globales y al libre comercio regional se hace necesario la identificación de las necesidades propias del país con el fin de buscar su solución y a partir de estas lograr sostenibilidad a largo plazo. Igualmente, se hace imprescindible comprometerse con proyectos que permitan la explotación industrial de los recursos petroleros hasta lograr productos de alto valor agregado.

Teniendo en cuenta la estructura curricular de ingeniería de petróleos de la Universidad Surcolombiana, se propone integrar como estrategia en el Área de Formación Complementaria, una estructura de un nivel de generalidad intermedio, estableciendo lazos de relaciones entre las áreas existentes, los niveles, las áreas y las disciplinas, cuyos Núcleos Temáticos y Problemáticos, que se introducen como parte complementaria del proceso de formación en el área de hidrocarburos no convencionales, pero que tienen un carácter altamente flexible y pueden ser introducidos o modificados de acuerdo con las necesidades y problemáticas cambiantes en lo que respecta a los cambios científicos y tecnológicos para la exploración y explotación de estos recursos.

Con esta adición propuesta se hace posible la generación de un currículo integrado, el cual ofrece con esta formación opcional un radio de acción más amplio para los egresados de la facultad.

Por lo tanto la adición de materias opcionales electivas propuesta no se pretende que sean materias en sí, sino por proyectos con base en ideas integradoras en el área de hidrocarburos no convencionales. Teniendo en cuenta los anteriores aspectos a continuación se proponen los siguientes temas para el área en hidrocarburos no convencionales. Basados en el estudio de las materias de ingeniería aplicada (ver Anexo 5)

- Perspectivas de los petróleos no convencionales en Colombia
- Producción en yacimientos no convencionales.
- Recuperación adicional de hidrocarburos (*IOR*).
- Recuperación mejorada de hidrocarburos (*EOR*).
- Exploración y explotación de yacimientos de petróleo y gas de esquistos (*shaleoil, shale gas*).
- Tecnología explotación Crudos pesados
- Impacto ambiental hidrocarburos no convencionales

Los anteriores temas se consideran de gran importancia, si se tiene en cuenta los retos que plantea el desarrollo de hidrocarburos no convencionales puesto que Colombia cuenta con estos recursos y en otros países ya van más adelantados. Ejemplo de ellos es Estados Unidos, que lleva algunos años desarrollando yacimientos, por lo tanto se considera una prioridad para los ingenieros colombianos tener conocimiento acerca de estas tecnologías.

De acuerdo al plan de estudios actual tabla 7 y el estudio realizado se tiene la siguiente propuesta curricular con relación a las asignaturas:

Tabla 42. Propuesta en asignaturas

ACTUAL	PROPUESTA
AREA EN CIENCIAS BASICAS DE INGENIERIA	
ELECTIVAS	Geoestatica
	Modelamiento mecánico de la tierra
	Mecánica de Fluidos No newtonianos
	Energía Sostenible
	Mecánica de Rocas
	Control de contaminación de aire
AREA DE INGENIERIA APLICADA (NUEVAS ASIGNATURAS)	
Practica de campo	
Métodos Computacionales Ingeniería de Petróleos	
Tecnología de Pozos Horizontales*	
Recobro secundario y procesos EOR-IOR*	
Sismología Petrolera	
AREA DE INGENIERIA APLICADA ELECTIVAS	
ELECTIVA I EN INGENIERIA APLICADA	Perforación avanzada
ELECTIVA II EN INGENIERIA APLICADA	Análisis Nodal y Optimización de Pozos
ELECTIVA III EN INGENIERIA APLICADA	Fracturamiento hidráulico
ELECTIVA IV EN INGENIERIA APLICADA	Operaciones de Workover
	Inyección de agua
	Prácticas de Desarrollo offshore
	Producción gas No convencional

AREA DE FORMACION COMPLEMENTARIA	
ELECTIVA EN ADMINISTRACION	Legislación ambiental en petróleo y gas**
ELECTIVA EN ECONOMIA	Comercialización de crudo y gas natural**
ELECTIVA I EN SOCIOHUMANISTICA	Suprimir del plan de estudios
ELECTIVA II EN SOCIOHUMANISTICA	Suprimir del plan de estudios
FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACION	Evaluación de proyectos de petróleo y gas**
FUNDAMENTOS DE ECONOMIA	Economía petrolera**
SEMINARIO DE MODALIDADES DE GRADO	Seminario de grado ***

Fuente: autores.

* Estas tres implementadas como actualización en las tecnologías de crudos pesados y shale gas.

** Incluidas para situar al estudiante en contexto.

*** De esta asignatura debe obtenerse el tema de investigación de trabajo de grado.

En el cuadro anterior se proponen la adición de materias con el fin de darle al programa una actualización con relación a los que están ofreciendo las otras universidades del mundo y con miras a que con la investigación se puedan obtener nuevos logros en este campo. Adicionalmente se debe crear nuevos semilleros de investigación en estas áreas para darle soporte a la actualización que se pretende.

Además de las adiciones de las asignaturas, también se propone que en el contenido de cada una de las materias ya estipuladas del componente específico de petróleos se incluya temas relacionados con las tecnologías para extracción de *shale gas* y crudos pesados que más adelante serán especificados, ya sea en el área de perforación, yacimientos, producción y facilidades.

6. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN Y APRENDIZAJE DE TECNOLOGÍAS EN HIDROCARBUROS NO CONVENCIONALES

Ante la irreversible declinación de las fuentes tradicionales es decir, alcanzado el peakoil o cénit del petróleo, que estancará la extracción en 68-69 mb/d hacia 2020, la frontera petrolera continuará su avance hacia las aguas profundas y los confines del globo, y habrá un sólido crecimiento de la participación de condensados y petróleo no convencional. Si bien se cree que estas reservas son varias veces superiores a las de petróleo convencional, sus rendimientos energéticos son muchos menores, y su extracción sumamente contaminante y costosa.

Por lo tanto el contar por parte de los ingenieros de petróleos con una formación sólida en lo referente a las tecnologías de exploración y explotación hidrocarburos no convencionales.

Por lo tanto, los objetivos de Formación deben estar orientados a la formulación de propósitos referidos al conjunto de las actividades académicas contenidas en el programa curricular y encaminado a logros en la formación de un estudiante con competencias específica en lo que respecta al conocimiento de tecnologías de diseño exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos no convencionales.

- Pertinencia.

El desarrollo del país ha dependido y depende en alto grado de los hidrocarburos y el papel del Ingeniero Petrolero está directamente ligado a la industria petrolera, con cargo de responsable, por lo que la contribución social de la carrera es en gran medida la contribución social de la industria mencionada, la cual constituye uno de los más importantes agentes del bienestar social y del desarrollo económico del país.

Además, el crecimiento de la industria petrolera ha permitido un desarrollo multiplicador de la industria privada con la consecuente generación de empleos y de riqueza económica. Asimismo, ha sido fuente de empleo y derrama de recursos económicos vía impuestos al gobierno federal, ha construido carreteras y ejecutado una serie de obras civiles, entre las cuales se puede mencionar la construcción de hospitales, escuelas, guarderías y unidades habitacionales.

La obtención de recursos derivados del petróleo ha requerido de fuertes inversiones, utilizadas para la perforación de pozos petroleros, instalaciones

de producción, proyectos de exploración, explotación y refinación, esto es, todas las actividades asociadas a la extracción y comercialización.

6.1 ESTRATEGIA PEDAGÓGICA

El desarrollo de proyectos de investigación en el área de hidrocarburos no convencionales dirigidos por docentes especializados en el área debe ser uno de los aspectos fundamentales para el manejo de las materias opcionales que se proponen para los estudiantes que deseen profundizar en el conocimiento en esta área. Por lo tanto se propone que al iniciar el periodo se propongan temas de investigación por grupos y estos sean desarrollados durante el semestre bajo la guía y supervisión del docente, estos temas deben estar enlazados con las otras materias para poder estructurar un módulo que tanto a nivel teórico como practico dote al estudiante de los conocimientos necesarios para afrontar retos en el mundo laboral, relacionados con el diseño, exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos no convencionales.

Como parte la estrategia se propone los siguientes temas de profundización en diversas áreas:

- Tecnologías en exploración.

Debido a que en la actualidad la exploración para la localización de yacimientos de hidrocarburos se realiza en lugares más remotos, de difícil acceso y bajo condiciones de trabajo más complejas, o bien, se enfrenta el reto de intentar localizar yacimientos más pequeños y dispersos. Por ejemplo, aguas profundas y ultraprofundas, yacimientos compartimentalizados, yacimientos altamente heterogéneos, yacimientos subsalinos o yacimientos no convencionales, entre otros.

Por lo tanto para poder participar en este tipo de proyectos los ingenieros deben tener una buena formación en esta área y haber desarrollado proyectos y simulaciones de lo que podría suceder en la realidad en la exploración de dichos yacimientos.

Además con relación a este aspecto los docentes deben estimular el manejo de software de simulación para explotación para lo cual se deben tener en cuenta los siguientes temas:

- Integración de tecnologías de geociencias
- Caracterización y descripción de yacimientos
- Gerenciamiento y pruebas de yacimientos

- Planeación de yacimientos
- Desarrollos en aguas profundas
- Construcción y simulación de pozos
- Tecnologías nuevas
- Recuperación mejorada de crudos (EOR), (IOR), y campos maduros
- Tecnologías de gas
- Crudo pesado
- Salud, seguridad y medio ambiente (HSE), y recursos humanos
- Producción e instalaciones
- Análisis y evaluación de riesgo de los desarrollos de petróleo y gas
- Recursos no convencionales
- Manejo de agua y CO2
- Manejo de control y producción de arena
- De recursos a reservas a producción (R2R2P)
- Yacimientos naturalmente fracturados
- Reservas petroleras y estimación de recursos
- Valoración de cuencas productivas (plays) en la región de Latinoamérica

Conjuntamente, en lo que respecta a los desarrollos en aguas profundas, se deben tocar temas relacionados con:

- Avances en producción de equipos de aguas profundas
- Nuevas tecnologías para la exploración y producción en aguas profundas
- Flujo multi-fase en desarrollos en aguas profundas
- Peligrosidad geológica en desarrollos en aguas profundas

En cuanto a la construcción y simulación de pozos:

- Nuevos desarrollos en perforaciones y perforaciones de alcance ampliado
- Manejo de presión en perforación y perforación desbalanceada
- Nuevos desarrollos en completación de pozos
- Retos geomecánicos en perforación y completación de pozos
- Mejores prácticas y lecciones aprendidas en perforación y completación de pozos
- Pozos multi-etapas fracturados horizontalmente
- Ambiente sulfuroso y corrosivo

Tecnologías de gas:

- Modelamiento y simulación para yacimientos de gas
- Comportamiento del flujo viscoso y difuso en yacimientos de gas

- Protocolos de análisis central para yacimientos convencionales y de lutitas de gas
- Manejo de yacimientos de gas
- Yacimientos de gas condensado
- Procedimientos de maestro y análisis PVT para yacimientos de gas
- Maximizando la producción de natural gas licuado (GNL)
- Recuperación del natural gas licuado (GNL)
- Compresión de superficie
- Tecnologías de rechazo N₂
- Hidratos de gas
- Almacenamiento de gas

Crudo pesado:

- Recuperación de crudo pesado—mecanismos térmicos y no-térmicos
- Desafíos en la producción de crudo pesado en operaciones de aguas profundas
- Diseño de pozos y sistemas de infraestructura de superficie para crudo pesado (incluyendo sistemas de levantamiento artificial)
- Producción manual de crudo pesado con gases peligrosos (CO₂, H₂S)
- Recuperación térmica (*steamflood*, *SAGD*, *in-situ combustion*)
- Recuperación mezclable (*miscible gas*, *huff and puff*, *diluent injection*)
- Análisis de incertidumbre y riesgo para filtrado y selección de tecnologías EOR para crudo pesado
- Proyectos piloto en crudo pesado—lecciones aprendidas, casos históricos, tendencias

Estos temas deben tener un contenido teórico y práctico y con la posibilidad que los estudiantes desarrollen proyectos y prácticas de simulación que sean comparadas con situaciones de la vida real en el área de exploración y explotación de hidrocarburos no convencionales, para lo cual se pueden analizar a través del curso lo siguiente:

- Estudio de casos
- Estudio de casos yacimientos naturalmente fracturados
- Nuevas tecnologías para detección de fracturas en yacimientos naturalmente fracturados
- Manejo de gas y canalización de agua en yacimientos naturalmente fracturados
- Efecto de estado de estrés en yacimientos naturalmente fracturados
- Desempeño de producción en pozos de yacimientos naturalmente fracturados
- *EOR e IOR* en yacimientos naturalmente fracturados

- Petrofísica en yacimientos naturalmente fracturados
- Perforación y completación en yacimientos naturalmente fracturados

Reservas petroleras y estimación de recursos:

- Aplicaciones de sísmica
- Métodos determinísticos y probabilísticos
- Agregación de reservas
- Consideraciones comerciales
- Recursos no convencionales
- Autenticación de reservas

Fracturamiento Hidráulico

- Fundamentos de mecánica de rocas y el diseño de fractura
- Métodos de fracturamiento
- Métodos de selección de los candidatos para fracturamiento
- Predicción del desempeño del pozo después del fracturamiento
- Selección de los fluidos de fracturamiento, propanes, breakers y aditivos
- Propiedades de las rocas y la mecánica de la fractura relacionados con el proceso de fractura
- Mecánica de los fluidos de fractura
- Transporte de propanes
- Prueba de análisis de inyección: Pre-frac
- Monitoreo y medición de fractura
- Consideraciones de Re-fracturamiento
- Revisión de software de modelado de fractura
- Evaluación del desempeño de los pozos después de la fractura
- Propiedades esenciales de fractura para un aumento óptimo de la producción
- Las diferentes etapas de un tratamiento de fracturamiento y su propósito
- Mecánica del inicio y extensión de la fractura
- Propiedades reológicas y químicas de los fluidos utilizados para fracturar
- Tipos comunes de propanes industriales y su uso
- Diferentes tipos de fractura y dónde se deben aplicar
- Aspecto económico del fracturamiento hidráulico

Perforación Direccional

- Representación Pozo
- Aplicaciones de la perforación direccional

- Herramientas y técnicas de desviación de pozos
- Motores de hidráulicos de fondo
- Planeación de pozos direccionales
- Motores de desplazamiento positivo
- Turbodrill
- MWD
- Problemas de perforación en pozos direccionales
- Survey Tools
- Control de trayecto con sistemas rotativos
- Monitoreo anticolidión
- Aplicaciones de la perforación direccional²⁹

²⁹ Planes de estudio de programas de ingeniería de petróleos de las universidades acreditadas por ABET (Anexo 3)

CONCLUSIONES

- La Universidad Surcolombiana, especialmente el programa de ingeniería de petróleos no tiene un plan estratégico que incluya entre otros un rediseño curricular, capacitación de personal docente y administrativo entre otros, que le permita afrontar los nuevos retos de la industria petrolera debido a la inminente futura explotación de recursos no convencionales como son el gas shale, oil shale.
- A través del presente estudio se ha podido establecer la importancia que tiene para el programa de petróleos ampliar los conocimientos de los futuros ingenieros en lo que respecta a la producción de yacimientos de hidrocarburos no convencionales, crudos pesados y métodos de recobro, pilares fundamentales para la industria del petróleo en Colombia.
- Los Hidrocarburos no convencionales se encuentran en volúmenes mayores que los convencionales pero demandan mayor tecnología para su extracción, lo cual constituye un desafío y oportunidad para Colombia, esto requiere esfuerzos conjuntos de la industria, la academia y los entes gubernamentales.
- Con la tecnología existente en Colombia se puedan necesitar alrededor de 5 años para poder producir los hidrocarburos no convencionales provenientes del Shale, es decir que hay un tiempo prudente de adaptación de las entidades gubernamentales, la industria y la academia.
- En el mundo y en Colombia, hay grandes volúmenes de hidrocarburos convencionales y no convencionales que aún no se han desarrollado, esto significa que no van a escasear en un futuro próximo, sin embargo los problemas reales relacionados con la producción de hidrocarburos están en superficie, existen desafíos tecnológicos, políticos, sociales y ambientales que se deben afrontar, es deber de la academia apoyar a la industria en este proceso.
- Colombia cuenta con reservas probadas de hidrocarburos convencionales(petróleo y gas) de 2,2 Mbbl y 5,5 Tcf suficientes para los próximos 7 años . las reservas estimadas técnicamente recuperables de hidrocarburos provenientes de shale son de 31.7 Tcf y 14 Mbbl estas pueden jugar un papel esencial en la matriz energética futura del país.

- El Fracturamiento Hidráulico y la Perforación Horizontal han permitido un salto en cuanto a la producción de hidrocarburos (gas y petróleo) existentes en lutitas (shale), lo cual ha originado un reposicionamiento de los distintos actores dentro del esquema energético mundial.
- En Colombia las cuencas Valle Medio del Magdalena ,Cordillera Oriental y Cesar Rancheria tienen el mayor potencial de reservas en hidrocarburos provenientes de shale.
- En cuanto a las características de formación profesional del programa de petróleos de la universidad Surcolombiana frente a 25 programas de ingeniería de petróleos acreditados por la ABET se puede concluir:
 - El tiempo de duración del programa de la universidad Surcolombiana es el mas largo de todos con 60 cursos , 163 créditos mas trabajo de grado , programados para ser cursados y aprobados en un periodo de 10 semestres , por su parte el 84% de los programas ABET forman ingenieros en 8 semestres con un promedio de 47 cursos y 133 créditos.
 - Las universidades con menor cursos y créditos para la formación de ingenieros de petróleos son la universidad de Oklahoma y la universidad de Texas con 43 cursos y 127 créditos y 42 cursos y 218 créditos respectivamente, así mismo la universidad KSU es la que representa mayor intensidad con 62 cursos y 160 créditos.
 - Los objetivos del programa de la universidad Surcolombiana siguen la tendencia de los programas ABET, sin embargo en ninguna de estas aparecen objetivos que direccionen los programas hacia un área especifica , como si ocurre con el programa de la Surcolombiana que tiene un enfoque hacia el área de yacimientos .
 - Los cursos de formación del área básica como cálculos , químicas y físicas en el programa de la universidad Surcolombiana exceden la tendencia de los programas estudiados tanto en numero de cursos como de su intensidad.
 - Los cursos de culminación tipo Capstone donde el estudiante aplica lo aprendido en el transcurso de la carrera, mediante el desarrollo de un proyecto para ser sustentado ante un panel académico , están presentes en el 88% de las universidades estudiadas.
 - El área de ingeniería aplicada del programa de la universidad Surcolombiana sigue la tendencia de las universidades estudiadas.

- Cursos como perforación direccional , estimulación de yacimientos y métodos térmicos de recobro , son electivas técnicas comunes en los programas ABET , las cuales presentan contenidos relacionados con la producción de hidrocarburos no convencionales.

RECOMENDACIONES

- El programa de petróleos de la universidad Surcolombiana debe tener en cuenta en próximas reformas del pensum de estudio la posibilidad de incluir cursos con temas afines a hidrocarburos no convencionales , crudos pesados y recobro mejorado , puesto que a mediano plazo la industria del petróleo va requerir profesionales con un perfil profesional en estas temáticas.
- Incluir de manera gradual en los cursos del área de ingeniería aplicada contenidos relacionados con estos temas tan importantes en la formación de futuro ingeniero de petróleos.
- Incluir cursos de integración tipo Capstone en el plan de estudios.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARANDIARÁN Carrillo, Lucio. Esquistos Bituminosos "OilShale". Oficina de Estudios Económicos Osinergmin. 2011
2. BOLUFER, P «Extracción de petróleo y gas de rocas sedimentarias». Ingeniería Química. 2011 p. 63
3. CURTIS Carl, KOPPE Robert. ExxonMobil. Houston, Texas, EUA. 2012
4. ESCOBAR Macualo Freddy Humberto Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos., Ph.D. Editorial Universidad Sur Colombiana. Primera Edición 2007.
5. LÓPEZ Geta Juan Antonio. Investigación y gestión de los recursos del subsuelo. IGME, 2008 - 917 p.
6. ROBERT W. Howarth, Renee Santero, Anthony Ingraffea, "Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations". Springer. Marzo de 2011.
7. SPEIGHT James G. Shale Gas Production Processes. Gulf Professional Publishing, Jun 11, 2013 - 170 pages
8. TYNDALL CENTRE. para la investigación del cambio climático es una organización de Reino Unido formada por las Universidades de Oxford, Cambridge, Newcastle, Manchester, Sussex, EastAnglia y Southampton. 2011
9. REVISTA INNOVA. .{En línea}. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/RevistaInnovaDiciembre/innovadiciembre/nuevas2.html>
10. FERNANDEZ De la Hoz. Impacto ambiental del sistema de fracturación hidráulica para la extracción de gas no convencional.).{En línea}. Disponible en: http://www.ccoo.com/comunes/recursos/1/doc88246_Informe_fractura_hidraulica.pdf
11. REVISTA INNOVA.).{En línea}. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/RevistaInnovaDiciembre/innovadiciembre/nuevas2.html>. (Citado 13 julio 2013)
12. Tyndall Centre for Climate Change Research. A provisional assessment of climate change and environmental impacts. 2011
13. DATIFIX. Shaleoil, ¿el futuro?. Disponible en: <http://www.elespectador.com/opinion/columna-409230-shale-oil-el-futuro>. (Citado 15, julio, 2013)
14. ECOPETROL. Disponible en: Shaleoil. www.ecopetrol.com.co/especiales/carta127/entorno.htm. (Citado 15, julio, 2013)
15. FISHER, K. and WARPINSKI, N. (2012). Hydraulic- Fracture- Height-

- Growth: Real Data. SPE, Pinnacle. En SPE Production&Operations, February 2012.
16. La importancia del petróleo pesado. {En línea}. Disponible En: <http://balance-de-materiales.lacomunidadpetrolera.com/2007/12/la-importancia-del-petrleo-pesado.html>
 17. HANZLIK Edward. Yacimientos de crudo pesado. {En línea}. Disponible en: <http://www.opsur.org.ar/blog/2009/09/12/tecnologias-para-desarrollar-yacimientos-de-crudo-pesado/>
 18. ECOPETROL. Tecnologías para desarrollar yacimientos de crudo pesado. {En línea}. Disponible en: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera119
 19. COMUNIDAD PETROLERA. La importancia del petróleo pesado. {En línea} Disponible en: <http://balance-de-materiales.lacomunidadpetrolera.com/2007/12/la-importancia-del-petrleo-pesado.html>
 20. El Futuro del Petróleo. {En línea} Disponible en: <http://laotraopinion.net/recursos-naturales/futuro-del-petroleo/>
 21. HERNANDEZ Ramón, DELGADO José. El futuro del petróleo pesado. {En línea} Disponible en: inyecciondeaguacalienteii.blogspot.com/2011/01/el-futuro-del-petroleo-pesado.html
 22. ECOPETROL. Ecopetrol aprenderá técnicas de la India para extraer crudo pesado. {En línea} Disponible en: www.ecopetrol.com.co/especiales/carta127/exploracion.htm
 23. COLOMBIA ENERGIA. Crudos pesados, la gran apuesta del sector. {En línea} Disponible en: <http://www.colombiaenergia.com/node/75>
 24. IX Congreso Del Instituto Iberoamericano De Derecho Marítimo. Plataformas Costa Afuera (Offshore), Perspectiva Canadiense. Disponible en internet: <http://www.angelfire.com/mt2/nostrum/plataforma.html>
 25. EL PETRÓLEO. Plataformas De Perforación. Disponible en internet: <http://elpetroleo192.blogspot.com/>
 26. PEMEX. Perforación Exploratoria y de Producción Costa Afuera. {En línea} Disponible en: <http://www.pemex.com/index.cfm?action>
 27. IX Congreso Del Instituto Iberoamericano De Derecho Marítimo. Plataformas Costa Afuera (Offshore), Perspectiva Canadiense. Disponible en internet: <http://www.angelfire.com/mt2/nostrum/plataforma.html>
 28. PARRA Iglesias Enrique. Petróleo y gas natural. Ediciones AKAL, Mar 14, 2003 ., p. 52 pages
 29. PRADA Méndez Rolando. Apuntes sobre el sector de hidrocarburos. R. Prada Méndez, 1995 ., p. 78
 30. ECOPETROL. {En línea} Disponible en: http://www.ecopetrol.com.co/especiales/carta_petrolera_115/rev_exploracion.htm

31. TIERRA Y TECNOLOGIA. Hidrocarburos no convencionales (II). Revista de información geología. {En línea} Disponible en. <http://www.icog.es/TyT/index.php/2013/03/hidrocarburos-no-convencionales-ii/>
32. Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts. Tyndall Centre for
33. Climate
34. Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts. Tyndall Centre for Climate Change Research.
35. <http://petroleum.mines.edu/>
36. http://petroleum.mines.edu/undergraduate_program.html
37. http://petroleum.mines.edu/Documents/PEGN_UndergraduateFlowchart_07_11_13.pdf
38. http://web.itu.edu.tr/~pdgmb/e/index_e.html
39. http://web.itu.edu.tr/~pdgmb/e/dept/undergraduate_e.html
40. <http://www1.kfupm.edu.sa/pet/>
41. <http://www1.kfupm.edu.sa/pet/academic/undergraduate/old-curriculum.php>
42. <http://www1.kfupm.edu.sa/pet/academic/undergraduate/educational-objectives.php>
43. <http://colleges.ksu.edu.sa/Engineering/faculty-research/our-faculty/department/petroleum-natural-gas-engineering.htm>
44. <http://www.eng.kuniv.edu/petroleum/>
45. <http://www.eng.kuniv.edu/petroleum/?com=courses>
46. <http://www.eng.kuniv.edu/petroleum/?com=content&act=view&id=220>
47. <http://www.pete.lsu.edu/>
48. <http://www.eng.lsu.edu/students/current/flowcharts>
49. http://www.marietta.edu/departments/Petroleum_Engineering/index.html
50. http://www.marietta.edu/departments/Petroleum_Engineering/courses.html
51. <http://pete.metu.edu.tr/>
52. http://pete.metu.edu.tr/index.php?sect=u_curriculum
53. http://pete.metu.edu.tr/index.php?sect=u_courses
54. http://pete.metu.edu.tr/index.php?sect=u_tech
55. <http://petroleum.mst.edu/>
56. <http://petroleum.mst.edu/prospectivestudents/academicprograms/>
57. <http://www.mtech.edu/academics/mines/petroleum/>
58. http://www.mtech.edu/academics/mines/petroleum/BS_Pet.asp
59. <http://infohost.nmt.edu/~petro/>
60. <http://infohost.nmt.edu/~petro/undergraduate/Flow%20Chart%202013-14.pdf>
61. <http://www.eme.psu.edu/pnge/career>
62. <http://www.eme.psu.edu/pnge/courses>
63. <http://www.pe.tamu.edu/>
64. http://www.pe.tamu.edu/Current-Students/Undergraduate//PETE_undergrad_courses.pdf
65. <http://pete.qatar.tamu.edu/Pages/Home.aspx>

66. <http://pete.qatar.tamu.edu/Academics/Pages/Curriculum.aspx>
67. <http://www.depts.ttu.edu/pe/>
68. <http://www.depts.ttu.edu/pe/undergrad/curriculum.php>
69. http://www.pi.ac.ae/PI_ACA/pe/
70. http://www.pi.ac.ae/PI_ACA/pe/undergraduate/curriculum.php
71. <http://www.cpe.engr.ku.edu/petro.html>
72. <http://www.utulsa.edu/academics/colleges/college-of-engineering-and-natural-sciences/departments-and-schools/mcdougall-school-of-petroleum-engineering/Programs-of-Study/Undergraduate-Majors-and-Minors/BS-Petroleum-ChE.aspx>
73. <http://www.utulsa.edu/academics/colleges/college-of-engineering-and-natural-sciences/departments-and-schools/mcdougall-school-of-petroleum-engineering/Program%20Educational%20Objectives.aspx>
74. <http://www.engg.uaeu.ac.ae/departments/cpe/>
75. http://www.engg.uaeu.ac.ae/departments/cpe/cur_cem.shtml
76. http://www.engg.uaeu.ac.ae/departments/cpe/obj_ce.shtml
77. <http://cem.uaf.edu/pete.aspx>
78. <http://www.uaf.edu/courses/courses-detail/index.xml?name=Petroleum%20Engineering%20-%20PETE&abbrev=PETE>
79. <http://petroleum.louisiana.edu/>
80. http://petroleum.louisiana.edu/UL_PetEng_Curriculum13-15%20Final.pdf
81. <http://mpge.ou.edu/>
82. <http://mpge.ou.edu/undergraduate/objective.html>
83. <http://checksheets.ou.edu/12checksheets/earth-energy/petrengr.pdf>
84. <http://www.pge.utexas.edu/>
85. <http://www.pge.utexas.edu/future/undergraduate>
86. http://www.uwyo.edu/chemical/department_programs/petroleum/program%20Objectives.html
87. <http://www.uwyo.edu/chemical/undergraduate/curriculum/petecurriculum2012-2013.pdf>
88. <http://www.pnge.cemr.wvu.edu/>
89. http://www.pnge.cemr.wvu.edu/ugrad/curriculum/Flow_Chart.pdf

ANEXOS

ANEXO 1

Objetivos universidades del mundo.

ANEXO: 1

Anexo 1. Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
1	<i>Colorado School of Mines</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Nuestros alumnos practicarán su profesión de una manera ética, social y ambientalmente responsable.2. Nuestros alumnos servirán a la sociedad y personas a través de las sociedades profesionales, instituciones educativas y organizaciones gubernamentales.3. Nuestros alumnos tendrán una competencia de alto nivel en los principios y prácticas de ingeniería.4. Nuestros alumnos tendrán seguir carreras profesionales de éxito y diversa, o continuarán la educación en los EE.UU. o en el extranjero.5. Nuestros alumnos trabajarán en equipos multidisciplinarios en toda multitud de culturas.6. Nuestros alumnos serán comunicadores efectivos.
2	<i>Istanbul Technical University (ITU)</i>	<ol style="list-style-type: none">1. Los graduados serán ingenieros de éxito y / o investigadores de la petrolera local e internacional, el gas natural, y las industrias relacionadas geotérmicas y / o de la universidad.2. Los graduados estarán continuamente desarrollar habilidades para evolucionar en sus puestos de trabajo.3. Los graduados demuestran un alto nivel de conciencia ética, ambiental y social, con excelentes habilidades de comunicación.
3	<i>King Fahd University of Petroleum and Minerals(KSU)</i>	-

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
4	<p style="text-align: center;"><i>King SaudUniversity(KSU)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser un ingeniero petrolero que está calificado para lograr una carrera exitosa en la industria petrolera. 2. Tener una buena comprensión de los fundamentos científicos, matemáticos y técnicos de ingeniería de petróleo para facilitar el autoaprendizaje y el desarrollo profesional. 3. Emplear el pensamiento práctico con compromiso de uso económico, innovador y uso el óptimo de los recursos. 4. Promover el profesionalismo, la ética del trabajo, los valores sociales y los asuntos de HSE.
5	<p style="text-align: center;"><i>Kuwait University</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los graduados que se realicen como ingenieros altamente cualificados en la industria petrolera local e internacional y la industria de gas natural. 2. Los graduados continuarán aprendiendo, mejorar y evolucionar en sus puestos de trabajo. 3. Los graduados pueden seguir una educación superior a participar en el mundo académico y la participación en la investigación.
6	<p style="text-align: center;"><i>Louisiana State University and A&M College</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Participar en carreras productivas en ingeniería del petróleo en los sectores públicos o privados, o seguir con éxito estudios y carreras en universidades o centros de investigación de postgrado. 2. Avance en la responsabilidad y el liderazgo en sus carreras, y participar en el desarrollo profesional continuo para afrontar los retos del rápido crecimiento tecnológico. 3. Contribuir al bienestar de la sociedad y el medio ambiente y el desarrollo de la profesión a través de la práctica responsable de la ingeniería del petróleo y la participación en actividades y organizaciones profesionales.

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
7	<i>Marietta College</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar como profesionales de la ingeniería en la industria de petróleo y gas, incluyendo la academia y el gobierno, y tener éxito en el liderazgo, la investigación, las funciones operativas y técnicas. 2. Identificar oportunidades, resolver problemas de ingeniería extremos abiertos y tomar decisiones y planes en presencia de incertidumbre utilizando ingeniería apropiada y principios de diseño. 3. Efectivamente transmitir información, incluyendo conceptos técnicos, riesgos y recomendaciones, desde y hacia los compañeros, los empleadores y los empleados, y el público. 4. Demostrar un alto nivel de ética profesional a lo largo de sus carreras.
8	<i>Middle East Technical University</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Competencia técnica en el ámbito de la ingeniería del petróleo y la comprensión de la geología, la geofísica, la tierra, la comercialización, y de los principios que se relacionan con el negocio. 2. La capacidad para llevar a cabo tareas con una orientación limitada. 3. La integridad y el profesionalismo en la práctica de la ingeniería y el compromiso con la responsabilidad social. 4. Las habilidades de trabajo en equipo necesario para promover el avance de la visión de la empresa, su misión y objetivos. 5. La capacidad de comunicarse con eficacia ideas técnicas a los compañeros y supervisores.

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
9	<i>Missouri University of Science and Technology</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Educar a los estudiantes para que su capacidad de innovación está motivada por enseñarles cómo aprender, identificar, formular problemas, proponer soluciones alternativas y desarrollar la capacidad de resolver este tipo de problemas en la práctica de la ingeniería del petróleo. 2. Dar oportunidades a los estudiantes para que aprendan cómo comunicarse eficazmente, trabajar en equipo, y compartir conocimientos. 3. Educar a los estudiantes para que desarrollen capacidades de diseño y habilidades de toma de decisiones. 4. Proporcionar un plan de estudios de ciencia básica y la ingeniería para que los fundamentos de las matemáticas, se le da la física, química y ciencias de la computación. Animarles a aprender una segunda lengua además de su lengua materna. 5. Dar oportunidades a los estudiantes para que sean sensibles a la ética de la ingeniería, tomar conciencia de temas relevantes para la sociedad y su carrera, los problemas ambientales, de salud y seguridad.
10	<i>Montana Tech of the University of Montana</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quién tiene las habilidades para utilizar herramientas modernas de ingeniería y técnicas para identificar y resolver los problemas técnicos relacionados con la producción y gestión de los recursos de petróleo y gas. 2. Quién va a estar bien informados acerca de las técnicas y herramientas de modelado mecánico del subsuelo para resolver problemas de ingeniería de petróleo. 3. Quién es capaz de apreciar y funcionar dentro de las limitaciones económicas, ambientales, sociales y éticos. 4. Quién es capaz de crear, asimilar, sintetizar y comunicar conocimientos. 5. Quién puede trabajar eficazmente en equipos multidisciplinarios en entornos diversos y que exhiben habilidades de comunicación efectivas. 6. Quién puede adaptarse a los cambios a través de la formación continua.

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
11	<i>New Mexico Institute of Mining and Technology</i>	1. El objetivo del programa de Ingeniería de Petróleo es producir graduados que lograron la práctica de la profesión de Ingeniería de Petróleos, como lo demuestra: <ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento del empleo profesional • Trabajo de promoción • Carrera ampliando la responsabilidad • La sociedad membresía y participación
12	<i>Pennsylvania State University</i>	1. Nuestros graduados se integran principios clave de ciencia e ingeniería para hacer frente a los retos tecnológicos de la industria del petróleo y gas natural. 2. Nuestros egresados realizarán prácticas en una amplia gama de campos de la ingeniería del petróleo en los equipos de trabajo que crean soluciones innovadoras a los problemas más apremiantes de la industria del petróleo y gas natural mediante la aplicación de los ideales de la conducta ética, el profesionalismo y la sensibilidad ambiental y la sensibilización social. 3. Nuestros graduados serán reconocidos como pensadores críticos e independientes y asumir posiciones de liderazgo en la definición de las dimensiones sociales, intelectuales, técnicos y de negocio de las organizaciones profesionales que pertenecen. 4. Nuestros graduados continúan su permanente proceso de aprendizaje y participar en la educación de postgrado para permanecer como profesionales eficaces en el lugar de trabajo del futuro.
13	<i>Texas A&M University</i>	1. Los principales objetivos del programa son los de producir 100 a 130 estudiantes estadounidenses e internacionales altamente cualificados cada año, La colocación de estos estudiantes en puestos de nivel en programas de la industria o de postgrado, y para mantener un programa acreditado por ABET en la ingeniería de petróleos.

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
14	<i>Texas A&M University at Qatar</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los graduados tendrán la profundidad técnica y amplitud a ser profesionales de éxito temprano en sus carreras. 2. Los graduados tendrán el amplio conocimiento técnico y las habilidades comunicativas e interpersonales necesarias para ascender a posiciones de liderazgo profesional.
15	<i>Texas Tech University</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tener éxito en las trayectorias profesionales diversas en la industria petrolera. 2. Continuar el desarrollo profesional a través de la participación y el liderazgo en las organizaciones profesionales (SPE, ASEE, API, AADE, SPWLA). 3. Progreso hasta la matrícula profesional por lo que algunas personas se gradúan de un plan de estudios acreditado por ABET, pasar los exámenes Fundamentos de Ingeniería, el trabajo en puestos de ingeniería cada vez más responsables y aprobar el examen profesional.
16	<i>The Petroleum Institute</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demostrar más altos niveles de competencias técnicas, éticas y de conducta. 2. Desarrollar y establecer a sí mismos como ingenieros y supervisores. 3. Convertido en una fuente importante de ingenieros competentes para servir a los objetivos del país. 4. Llevar a cabo estudios de postgrado y de participar en la investigación y el desarrollo.
17	<i>The University of Kansas</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El objetivo principal de nuestro programa es preparar a los graduados para la práctica profesional en la industria, el gobierno, o la formación de post-grado en ingeniería de petróleo, y otras disciplinas relacionadas

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
18	<i>TheUniversityof Tulsa</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El propósito de la Química y de Petróleo del Departamento de Ingeniería es graduar a ingenieros competentes en beneficio de la sociedad, promover la investigación en ingeniería química y del petróleo, y disciplinas afines, mediante la colaboración a través de la disciplina, la institución y los límites del sector, servir a la sociedad Emiratos Árabes Unidos.
19	<i>UnitedArab Emirates University</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Proporcionar a los estudiantes un amplio conocimiento de los principios de la ingeniería del petróleo y su aplicación. 2. Proporcionar a los estudiantes los conocimientos y habilidades necesarias para diseñar y analizar los problemas de ingeniería de petróleo, teniendo en cuenta, la seguridad, los impactos ambientales y sociales. 3. Proporcionar a los estudiantes las habilidades necesarias para llevar a cabo en el entorno multidisciplinario del siglo 21. 4. Proveer a los estudiantes con reconocimiento por el valor de continuar el desarrollo profesional en el mantenimiento de su competencia profesional. 5. Asegurar que los graduados del programa están bien preparados para tener éxito en sus carreras profesionales, ya realizar estudios de posgrado o incorporarse a la fuerza de trabajo en la industria, la academia o el gobierno.
20	<i>University of Alaska Fairbanks</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los graduados demostrar su capacidad para trabajar con éxito como miembro de un equipo profesional. 2. Los graduados se muestran como la práctica de los profesionales con conocimientos modernos o participar en estudios avanzados en ingeniería petrolera. 3. Los graduados que demuestren su capacidad de asumir el liderazgo profesional, incluyendo la participación en las sociedades comunitarias y profesionales.

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
21	<i>University of Louisiana at Lafayette</i>	-
22	<i>University of Oklahoma</i>	<p>Área de Habilidades Técnicas:</p> <p>1. Nuestros Alumnos tendrán exitosas carreras profesionales en ingeniería petrolera.</p> <p>Área de visión para los negocios:</p> <p>2. Nuestros Alumnos serán emergentes o establecidos líderes entre sus pares demostrados por los principales proyectos o equipos y la creación de valor para el negocio.</p> <p>Zona de Aprendizaje Continuo:</p> <p>3. Nuestros ex alumnos se dedicarán a la mejora continua de sus competencias profesionales de ingeniería y competencias en temas de salud, seguridad y medio ambiente a través de la formación continua y la educación.</p> <p>Área de servicio:</p> <p>4. Nuestros Alumnos serán emergentes líderes en el servicio a profesionales, organizaciones educativas, gubernamentales y comunitarias.</p>

Cont. Anexo 1: Objetivos Universidades del Mundo

No	Universidad	Objetivos
23	<i>University of Texas at Austin</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nuestros alumnos se convierten en profesionales de la ingeniería de petróleo competentes. 2. Nuestros alumnos son capaces de analizar y diseñar sistemas de ingeniería, comprender las incertidumbres asociadas, y evaluar los impactos económicos, ambientales y sociales. 3. Nuestros alumnos son capaces de sintetizar las aportaciones de diversas fuentes, aplicar los fundamentos multidisciplinarios y articular conceptos técnicos.
24	<i>University of Wyoming</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los graduados tendrán éxito en sus carreras profesionales como ingenieros de petróleo en la industria energética, agencias gubernamentales, y / o la educación de postgrado. 2. Los graduados tendrán éxito en la formulación efectiva, la comunicación y la implementación de soluciones a los problemas de ingeniería en una variedad de entornos profesionales. 3. Los graduados tendrán éxito en la demostración de sus obligaciones para con la profesión, a sus empleadores, y para la sociedad.
25	<i>West Virginia University</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ABET Definición: objetivos educativos del programa son declaraciones generales que describen los logros en su carrera profesional y que el programa se prepara a los graduados para lograr. 2. De tres a seis años después de la graduación, los graduados que opten por ejercer en Ingeniería del petróleo debería: <ul style="list-style-type: none"> • (PETE-OB1) practicar con éxito la profesión de la ingeniería petrolera. • (PETE-OB2) Demostrar crecimiento exitosa carrera.

ANEXO 2

Cursos electivos.
Universidades ABET

ANEXO: 2

Anexo 2. Cursos Electivos. Universidades ABET.

Universidad	Electivas a cursar	Opciones	ELECTIVAS PETROLEOS
1	3	6	Introducción a la industria petrolera Ingeniería de perforación avanzada Ingeniería de energía Geotécnica de yacimientos Temas especiales en ingeniería de petróleos Sistemas de energía sostenibles
2	4	15	Ingeniería de energía geotérmica Petrografía de rocas sedimentarias Completamiento de pozos Tecnología y sector del glp Tecnología del procesamiento del natural gas Estudio individual Seguridad y protección del medio ambiente Combustibles del petróleo mercado y segmentación Ingeniería de yacimientos II Ingeniería de producción II Ingeniería de perforación II Análisis de pruebas de presión Registros de pozos Simulación de geosistemas Diseño de líneas de tubería
3	2	6	Temas especiales en ingeniería de petróleos Descripción del yacimiento Diseño de facilidades de producción Water flooding Recuperación mejorada de petróleo (ior) Levantamiento artificial
5	3	21	Flujo de fluidos en medio poroso Ingeniería de yacimientos II Evaluación de formaciones Completamiento de pozos avanzado Seguridad industrial para operaciones en campos Petroleros tecnología costa afuera(offshore) Almacenamiento y transporte de petróleo y gas Corrosión en campos petroleros y control de corrosión Modelamiento de yacimientos Termodinámica y comportamiento de fases en hidrocarburos Caracterización de yacimientos fracturados Fenómenos de transporte en geosistemas Mecánica de rocas en la industria petrolera

Continuación Anexo 2. Cursos Electivos. Universidades ABET.

			<p>Perforación direccional Tecnología de pozos horizontales Perforación en zonas de presión anormal Operaciones avanzadas de control de pozos Avances prácticos en ingeniería de perforación Endulzamiento y deshidratación de gas natural Estimulación de pozos Introducción a la geoestática</p>
6	1	16	<p>Caracterización de yacimientos Flujo de fluidos y transferencia de calor en pared de pozo Manejo en superficie de los fluidos producidos Diseño de perforación de pozos Control ambiental en ingeniería de petróleos Flujo de fluidos en medio poroso Yacimientos no convencionales Ingeniería de gas natural Evaluación de formaciones Recobro secundario de petróleo Temas especiales en diseño de ingeniería de petróleos Teoría y análisis de pruebas de presión avanzadas Geomecánica petrolera Simulación matemática del desempeño de yacimientos de petróleo Modelamiento estadístico de yacimientos Métodos térmicos de recobro de petróleo</p>
8	5	25	<p>Legislación petrolera Economía y política internacional petrolera Control de presión Operaciones especiales en perforación Ingeniería de fluidos de perforación Optimización de producción por análisis nodal Estimulación de pozos Caracterización de yacimientos Análisis de pruebas de presión Métodos de eor Modelamiento matemático de yacimientos de hidrocarburos Fenómeno de transporte en geosistemas Métodos de recobro termal Proceso de miscibles en eor Introducción a la ingeniería de yacimientos geotérmicos Química de sistemas geotérmicos Tecnología de gas natural Almacenamiento de gas bajo tierra Investigación en ingeniería de petróleos Control ambiental en operaciones de ingeniería de petróleos Temas especiales en ingeniería de petróleos Tecnologías emergentes en ingeniería de perforación Recurso de gas desde la fuente hasta el usuario</p>

Continuación Anexo 2. Cursos Electivos. Universidades ABET.

			final Sistemas de transporte en tuberías Flujo de dos fases en tuberías
9	2	6	Problemas especiales Estimulación de pozos Levantamiento artificial Ingeniería de yacimientos de petróleo aplicada Recobro secundario de petróleo Estudio de los procesos de ior
10	2	13	Perforación avanzada Diseño de levantamiento artificial Operaciones de recobro termal Investigación de pregrado Temas especiales Facilidades de producción Diseño avanzado de perforación Simulación y diseño de operaciones de producción Ingeniería de yacimientos avanzada Análisis de gradiente de presión Métodos de recobro termal Simulación de yacimientos avanzada Eor avanzado
11	1	17	Perforación avanzada Perforación direccional y métodos innovadores de perforación Perforación y completamiento underbalance ior Simulación numérica Seminario de petróleos Problemas especiales en ingeniería de petróleos y gas Natural Flujo de fluidos en medio poroso Estimulación de pozos avanzada Mecánica de perforación avanzada Mecánica de rocas en ingeniería de petróleos Ingeniería de yacimientos de gas natural Ingeniería de yacimientos avanzada Evaluación de formaciones avanzada Geomecánica de yacimientos Comportamiento de fases en hidrocarburos Prueba de pozos avanzada
12	2	8	Estudios independientes Preparación para el petrobowl spe Curso de bombas harbison-fisher Baker Hughes curso de estimación de reservas Simulación numérica de yacimientos Diseño de proyectos de recobro miscible Estudios individuales Estimulación de pozos
13	1	7	Ingeniería de perforación avanzada Perforación de pozos

Continuación Anexo 2. Cursos Electivos. Universidades ABET.

			Mejora de la producción Estudios dirigidos Temas especiales en.... Sismología petrolera Geología estructural y tectónica
14	1	7	Ingeniería de perforación avanzada Perforación de pozos Mejora de la producción Estudios dirigidos Temas especiales en.... Sismología petrolera Geología estructural y tectónica
15	4	14	Proceso de eor Eor Geoestática para ingenieros de yacimientos Ingeniería de perforación Técnicas avanzadas de perforación Análisis nodal y optimización de pozos Simulación de yacimientos de hidrocarburos Ingeniería avanzada de yacimientos Análisis de gradiente de presión Ingeniería de gas natural Ingeniería de producción de gas Completamientos de pozos, facilidades de producción y estimulación Completamiento de pozos y estimulación Energía multinacional, medio ambiente, tecnología y ética
16	2	13	HSE Tecnología de pozos horizontal y multilateral Tecnología de perforación underbalance Control de presión Ingeniería de gas natural Levantamiento artificial Mejoramiento de la producción Fracturamiento hidráulico Mecánica de rocas en ingeniería de petróleos Introducción a las aplicaciones de inteligencia artificial Temas especiales en ingeniería de yacimientos Temas de investigación en ingeniería de yacimientos Estudio independiente en ingeniería de yacimientos
18	1	6	Aseguramiento del flujo Perforación direccional y horizontal Estimulación de pozos Temas especiales en ingeniería de petróleos Investigación en ingeniería de petróleos Estudio independiente
19	4	8	Transporte y almacenamiento de petróleo Separación y tratamiento de hidrocarburos Simulación de yacimientos aplicada Eor Temas especiales en ingeniería de petróleos

Continuación Anexo 2. Cursos Electivos. Universidades ABET.

			<p>Estudio independiente Corrosión Seguridad e impacto ambiental</p>
20	1	17	<p>Ingeniería de producción avanzada Aseguramiento del flujo en la industria petrolera Ingeniería de yacimientos avanzada Caracterización de yacimientos aplicada Water flooding Geología petrolera Análisis económico petrolero avanzado Pruebas de pozos aplicadas Eor Simulación de yacimientos aplicada Comportamiento de fases avanzado Optimización de la perforación Flujo de fluidos a través de medio poroso Tecnología de pozos horizontales Procesamiento e ingeniería de gas natural Mecánica de fluidos no newtonianos Flujo multifásico en tuberías</p>
21	1	5	<p>Aplicaciones computacionales en ingeniería de petróleo Procesamiento en campo de hidrocarburos Diseño en problemas especiales Prácticas de desarrollo offshore Ley de conservación y economía en petróleo y gas</p>
22	2	18	<p>Economía petrolera Legislación ambiental en petróleo y gas Desarrollo de campos petroleros Ingeniería de subsuelo y tunneling Técnicas de recobro mejorado(ior) Análisis de pruebas de presión Evaluación de proyectos petroleros Mecánica de fluidos no newtonianos Introducción a la mecánica de rocas Perforación avanzada Estimulación avanzada Tecnología de pozos horizontales Daño de formación Desarrollo de yacimientos petroleros Modelos de simulación matemática Ingeniería de gas natural Procesamiento de gas natural Introducción a la geoestática</p>
24	4	18	<p>Fenómeno de transporte Operación de unidades Propiedades de roca y fluido Flujo a través de medio poroso Ingeniería de gas natural Mecánica de rocas Ingeniería de perforación Temas en ingeniería de petróleo Recobro secundario Flujo multifásico</p>

Continuación Anexo 2. Cursos Electivos. Universidades ABET.

			Mecánica de rocas Ingeniería avanzada de perforación Simulación de yacimientos Fundamentos de eor Control de contaminación de aire Producción de gas no convencional Recobro termal Proceso miscible
25	1	6	Fenómeno de transporte en ingeniería de petróleos Temas especiales a-z Diseño de estimulación de pozos Producción y almacenamiento de gas natural Introducción a la simulación de yacimientos Problemas de ingeniería de petróleos

ANEXO 3

Planes de estudio de programas
de ingeniería de petróleo de
universidades ABET.

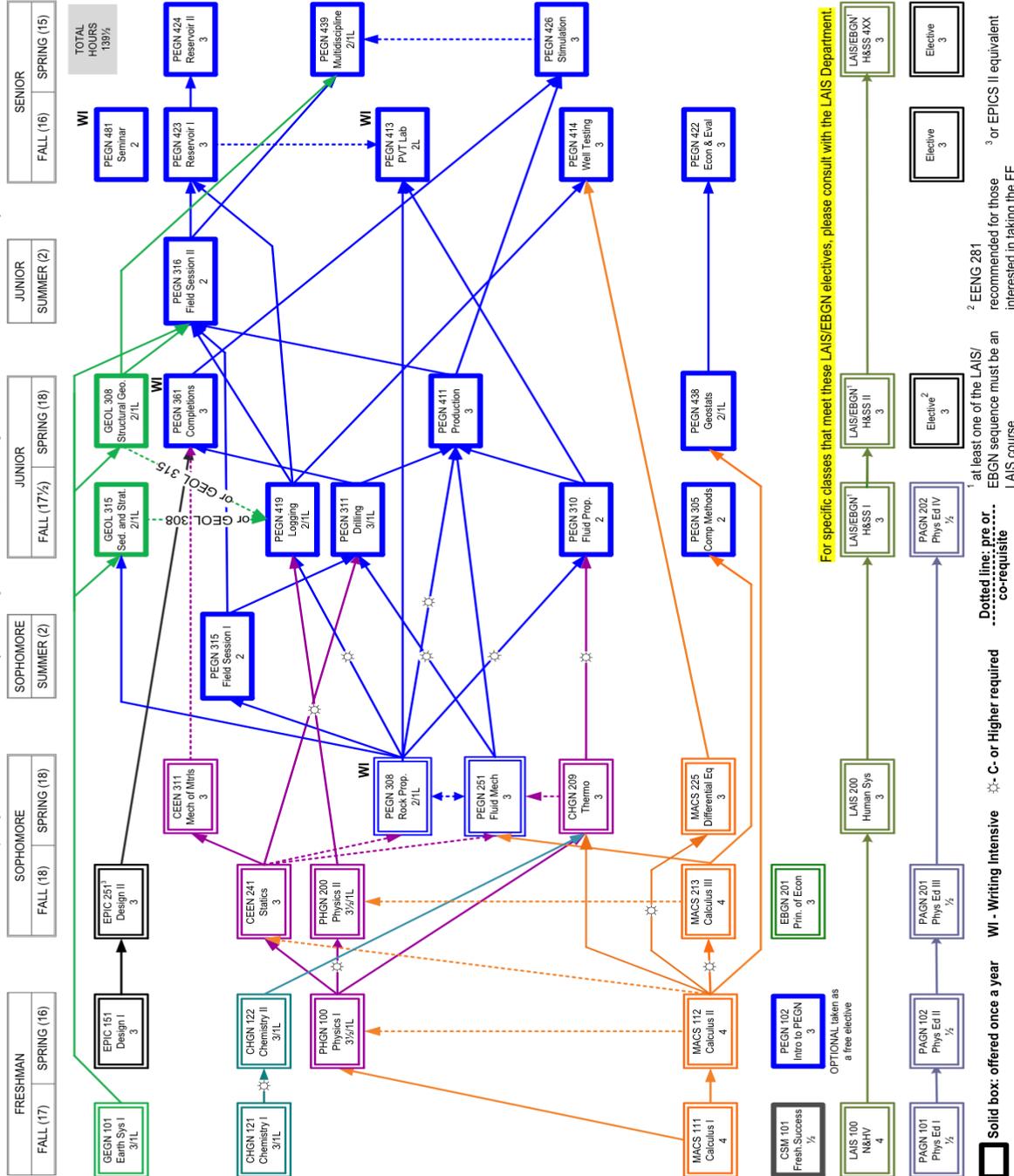
ANEXO 3

Anexo 3. Planes de estudio de programas de ingenieria de petroleos de universidades ABET.

1. COLORADO SCHOOL OF MINES

Colorado School of Mines Petroleum Engineering Department Undergraduate Flow Chart (Revised: 11 Jul. 2013)

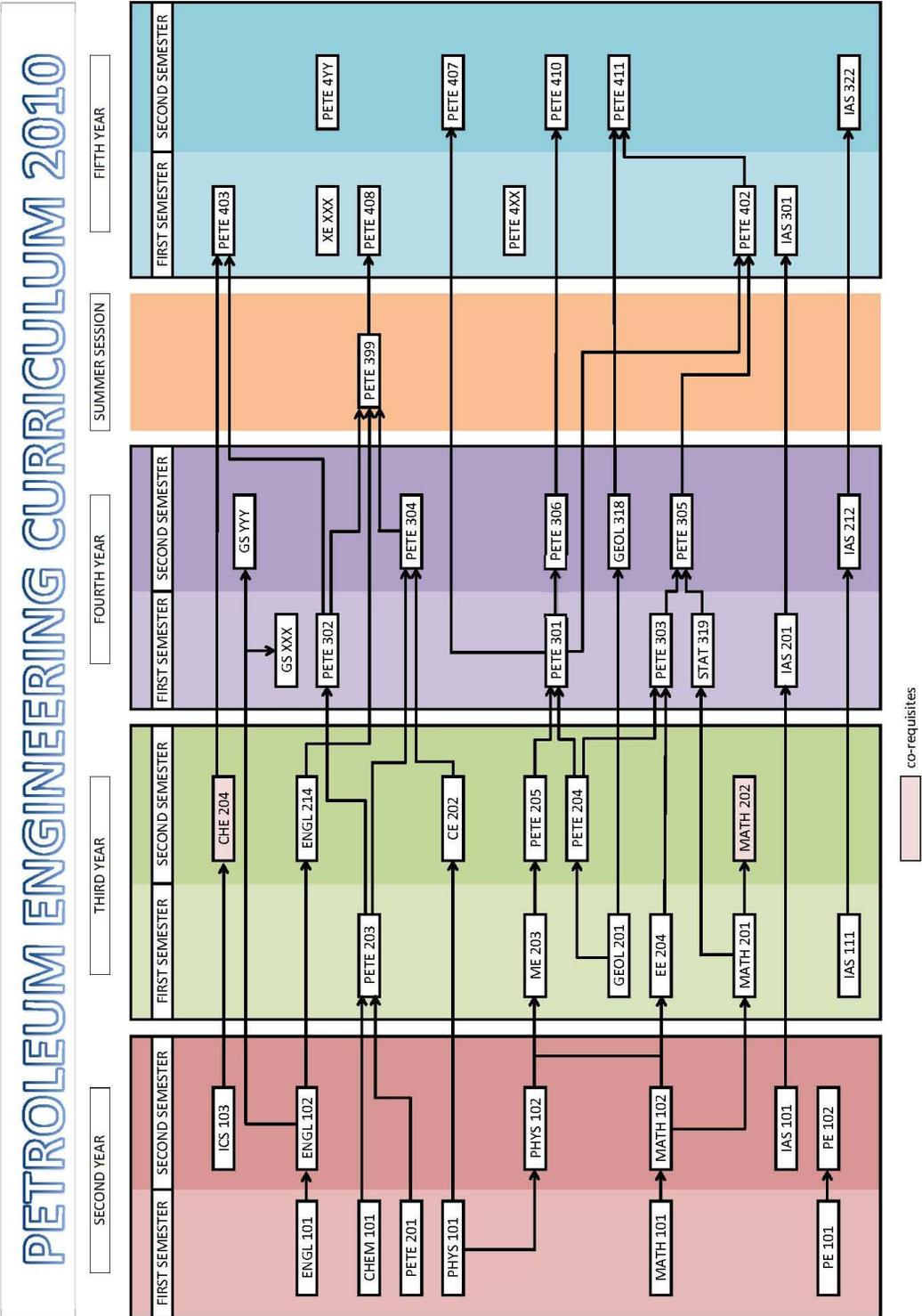
In the event of a discrepancy between this flowchart and your Undergraduate Bulletin, the Undergraduate Bulletin will be the final authority.



2.ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)

Petroleum and Natural Gas Engineering Undergraduate Program							
1. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
MAT 101	Mathematics I	5	4	2	TB	Z	1
FIZ 101E	Physics I *	4	3	2	TB	Z	1
FIZ 101EL	Physics I Lab *				TB	Z	1
KIM 101	General Chemistry I	4	3	2	TB	Z	1
KIM 101L	General Chemistry I Lab				TB	Z	1
BIL 101E	Int.to Comp.&Inf. Sys. *	2	1	2	TM	Z	1
PET 111E	Int.to Pet.& Natural Gas Eng. *	1	1	0	MT	Z	1
	English Course *	3	3	0	ITB	Z	1
2. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
MAT 102	Mathematics II	5	4	2	TB	Z	2
FIZ 102E	Physics II *	4	3	2	TB	Z	2
FIZ 102EL	Physics II Lab *				TB	Z	2
KIM 102	General Chemistry II	4	3	2	TB	Z	2
KIM 102L	General Chemistry II Lab				TB	Z	2
BIL 106E	Intr to Sci&Eng Comp (Fortran) *	3	2	2	TM	Z	2
PET 112	Physical Education	1	0	2	ITB	Z	2
	English Course	3	3	0	ITB	Z	2
3. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
MAT 201	Differential Equations	4	4	0	TB	Z	3
KIM 201	Physical Chemistry	4	3	2	TB	Z	3
MEK 205	Engineering Mechanics	3	3	0	TM	Z	3
JEO 112E	General Geology *	3	3	0	TM	Z	3
TUR 101	Turkish I	2	2	0	ITB	Z	3
EKO 201	Economics	3	3	0	ITB	Z	3
4. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
MAT 202	Numerical Methods	3	3	0	TB	Z	4
STA 204	Strength of Materials	3	3	0	TM	Z	4
AKM 204	Fluid Mechanics	3	3	0	TM	Z	4
PET 212E	Rock Properties *	3	3	0	MT	Z	4
ING 201	English Course	3	3	0	ITB	Z	4
TUR 102	Turkish II	2	2	0	ITB	Z	4
	Elective Course (TB)	3	3	0	TB	S	4
5. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
MAT 271	Probability and Statistics	3	3	0	TB	Z	5
TER 201	Thermodynamics	3	3	0	TM	Z	5
PET 311E	Fluid Properties *	3	3	0	MT	Z	5
PET 321	Petroleum and Natural Gas Lab.	1	0	2	MT	Z	5
PET 331	Drilling Engineering I	3	3	0	MT	Z	5
PET 341E	Petroleum&Natural Gas Geology *	3	3	0	MT	Z	5
ATA 101	History of Turkish Rev. I	2	2	0	ITB	Z	5
6. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
PET 312	Transport Phenomena	3	3	0	TM	Z	6
PET 322	Drilling Laboratory	1	0	2	MT	Z	6
PET 332	Production Engineering I	3	3	0	MT	Z	6
PET 342E	Reservoir Engineering I *	3	3	0	MT	Z	6
ATA 102	History of Turkish Rev. II	2	2	0	ITB	Z	6
	Elective Course (MT)	3	3	0	MT	S	6
	Elective Course (ITB)	3	3	0	ITB	S	6
7. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
PET 411	Operations Research	3	3	0	TM	Z	7
PET 421	Formation Evaluation	3	3	0	MT	Z	7
PET 431E	Natural Gas Engineering *	3	3	0	MT	Z	7
PET 441E	Enhanced Oil Recovery *	3	3	0	MT	Z	7
	Elective Course (TM)	3	3	0	TM	S	7
	Elective Course (MT)	3	3	0	MT	S	7
8. SEMESTER							
Course Code	Course Title	Credits	Course	Lab	Type	N/E	S
PET 492	Senior Thesis	3	0	6	MT	Z	8
PET 412	Petroleum and Natural Gas Economics	3	3	0	MT	Z	8
ETK 201	Engineering Ethic	1	1	0	ITB	Z	8
	Elective Course (MT) *	3	3	0	MT	S	8
	Elective Course (MT)	3	3	0	MT	S	8
	Elective Course (ITB)	3	3	0	ITB	S	8
	Elective Course (ITB)	3	3	0	ITB	S	8

3.KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM AND MINERALS



4. KING SAUD UNIVERSITY (KSU)

First Level			Sixth Level		
Course No.	Course Name	Units	Course No.	Course Name	Units
ARAB 101	Language Skills	2	ME 340	Reservoir Rock Properties and Fluid Flow	3
ENG 102	English Language for Eng. & Comp. -I	6	MATH 254	Properties of Reservoir Fluids	3
IC 101	Introduction to Islamic Culture	2	PGE 381	Geological Principles of Petroleum and Natural Gas Exploration	3
MATH 105	Differential Calculus	3	PGE 363	Chemical Engineering Thermodynamic for Petroleum and Natural Gas Engineering Students	2
PHYS 103	General Physics -I	4	PGE 461	Electric Circuits and Machines	3
Total		17	PGE 471	Engineering Probability and Statistics	2
Second Level			Total		
					16
Course No.	Course Name	Units	Seventh Level		
CHEM 101	General Chemistry -I	4	Course No.	Course Name	Units
ENG 104	English Language for Eng. & English Language for Eng. & Comp. -II	3	CHE 313	Energy Transport Operations	3
MATH 106	Integral Calculus	3	PGE 472	Drilling Engineering –II	3
MATH 107	Algebra and Analytical Geometry	3	PGE 476	Drilling Engineering Laboratory	3
PHYS 104	General Physics -II	4	PGE 481	Production of Naturally Flowing Wells	2
Total		17	PGE 490	Petroleum Exploration Engineering –I	3
Third Level			PGE 492	Well Logging	2
			Total		16
Course No.	Course Name	Units	Eighth Level		
GE 102	Mechanical Workshops	1	Course No.	Course Name	Units
MATH 203	Calculus for Engineering Students	3	PGE 462	Oil Recovery by Water Flooding	3
GE 210	Engineering Mechanics	3	PGE 482	Artificial Lift Methods and Surface Operations	2
GE 204	Computer Applications in Engineering	2	PGE 485	Petroleum Production Engineering Laboratory	2
IC 102	Islamic and the Construction of Society	2	PGE 487	Natural Gas Engineering	3
ARAB 103	Expository Writing	2	PGE 488	Underground Natural Gas Storage Engineering	2
CHEM 230	Physical Chemistry	3	PGE 491	Petroleum and Natural Gas Economics and Legislations	2
Total		16	PGE 494	Petroleum Exploration Engineering	2
Fourth Level			Total		16
			Ninth Level		
Course No.	Course Name	Units	Course No.	Course Name	Units
PGE 251	Introduction to Petroleum and Natural Gas Engineering	2	GE 402	Management of Engineering Projects	3
CHE 312	Momentum Transport Operations	3	PGE 453	Computer Applications in Petroleum and Natural gas Engineering	3
GE 104	Basics of Engineering Graphics	3	PGE 454	Report Writing for Petroleum and Natural Gas Engineers	2
MATH 204	Differential Equations	3	PGE 486	Transportation and Storage of Oil and Natural Gas	3
GE 209	Computer Programming	3	PGE 493	Well Test Analysis	3
IC 103	The Islamic Economic System	2	PGE 498	Project -I (Capstone Design Project)	2
Total		16	Total		16
Fifth Level			Tenth Level		
			Course No.	Course Name	Units
PGE 361	Reservoir Rock Properties and Fluid Flow	2	PGE 452	Seminar	1
PGE 362	Properties of Reservoir Fluids	2	PGE 466	Special Topics in Reservoir Engineering	3
PGE 391	Geological Principles of Petroleum and Natural Gas Exploration	3	PGE 475	Special Topics in Drilling Engineering	3
CHE 304	Chemical Engineering Thermodynamic for Petroleum and Natural Gas Engineering Students	2	PGE 483	Special Topics in Production Engineering	3
EE 308	Electric Circuits and Machines	3	PGE 499	Project -II (Capstone Design Project)	3
STAT 324	Engineering Probability and Statistics	3	PGE 999	Training	0
IC 104	Fundamentals of the Islamic Political System	2	Total		13
Total		17			

5. KUWAIT UNIVERSITY

A. CORE SCIENCE COURSES (27 Credits)

Calculus I
Calculus II
Linear Algebra
Calculus III
Ordinary Differential Equations
General Chemistry I
General Chemistry I Laboratory
Physics I
Physics I Laboratory
Physics II
Physics II Laboratory

C. COMPULSORY COMPONENT (62 Credits)

Physical Geology
Strength of Materials
Fluid Mechanics
Introduction to Petroleum Engineering
Reservoir Rock Properties
Reservoir Rock Laboratory
Phase Behavior of Reservoir Fluids
Reservoir Engineering
PVT Laboratory
Oil Well Drilling and Completion
Mud and Cement Laboratory
Petroleum Geology
Subsurface Mapping
Well Logging
Well Logging Laboratory
Industrial Training
Petroleum Production Engineering
Natural Gas Reservoir Engineering
Secondary Recovery
Well Testing
Production Equipment Design
Numerical Methods in Petroleum Engineering
Well Stimulation
Well Design

B. CORE ENGINEERING COURSES (25 Credits)

Introduction to Engineering
Workshop
Engineering Graphics
Computer Programming for Engineers
Statics
Electrical Engineering Fundamentals
Electrical Engineering Fundamentals Lab.
Engineering Thermodynamic
Engineering Economy
Engineering Probability and Statistic
Numerical Methods in Engineering

D. ELECTIVE COMPONENT (9 Credits)

Reservoir Engineering

Reservoir Engineering II
Industrial Safety for Oil Field Operations
Reservoir Modeling
Thermodynamics and Phase Behavior of Petroleum Fluids
Fractured Reservoir Characterization
Transport Phenomena in Geo-systems

Drilling Engineering

Rock Mechanics in the Petroleum Industry
Directional Drilling
Horizontal Well Technology
Drilling in Abnormal Pressure Zones
Advanced Well Control Operations
Practical Advances in Drilling Engineering

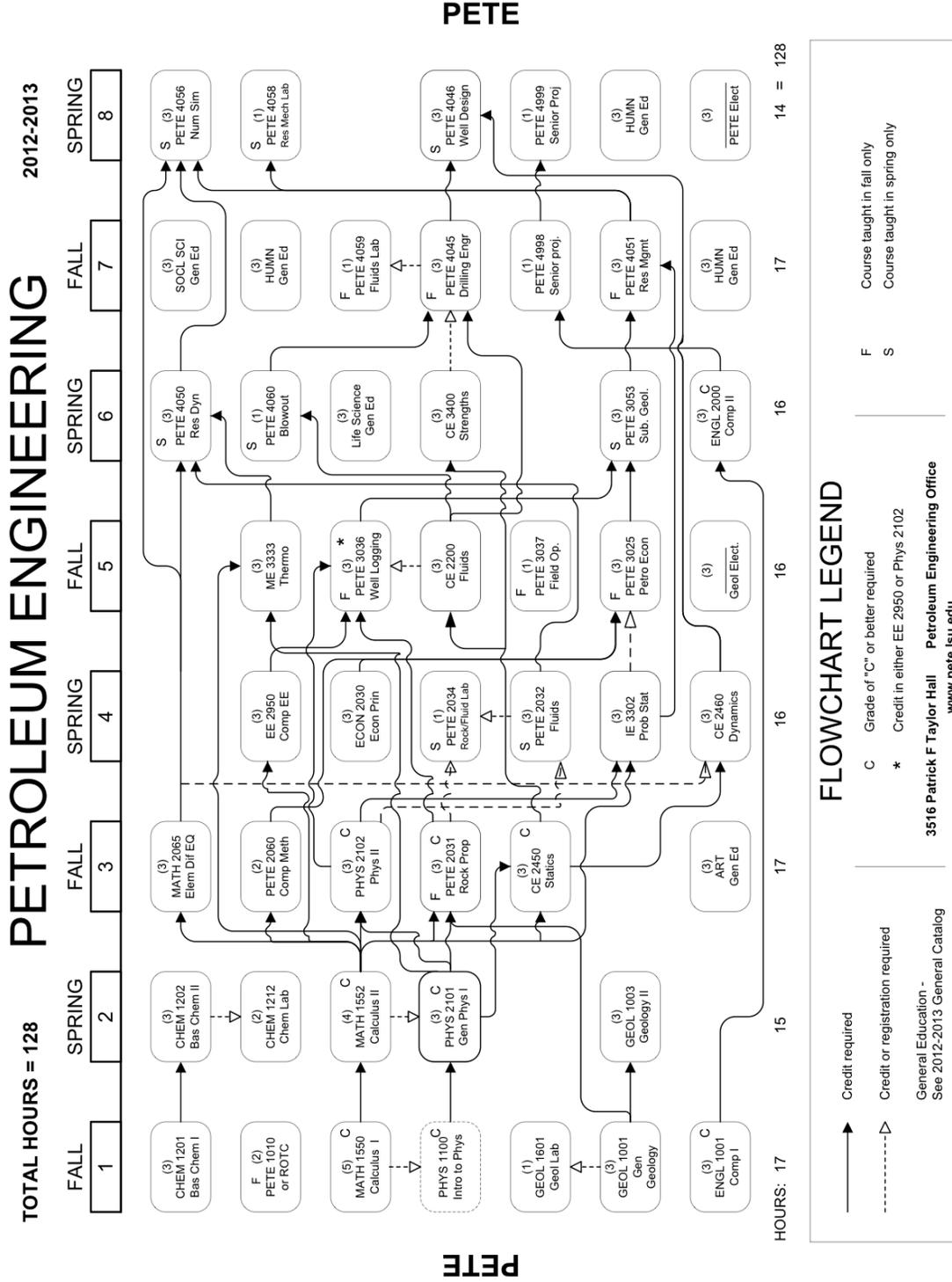
Production Engineering

Offshore Technology
Storage and Transportation of Crude Oil and Gas
Oil Field Corrosion and Corrosion Control
Natural Gas Sweetening and Dehydration

Formation Evaluation

Formation Evaluation
Petroleum Economics
Introduction to Geo-statistics
Senior Project

6. LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE



7. MARIETTA COLLEGE

<p>Freshman Year: Fall</p> <p>Chemistry 131, 133 4 hrs</p> <p>Writing 101 3 hrs</p> <p>Engineering 101 3 hrs</p> <p>Geology 111 4 hrs</p> <p>Mathematics 125 4 hrs</p> <p style="text-align: right;">18 hrs</p>	<p>Spring</p> <p>Chemistry 132, 134 4 hrs</p> <p>Communication 101 3 hrs</p> <p>Geology 112 4 hrs</p> <p>Mathematics 224 4 hrs</p> <p>Petroleum 216 3 hrs</p> <p style="text-align: right;">18 hrs</p>
<p>Sophomore Year: Fall</p> <p>Computer Sc. 210 3 hrs</p> <p>Engineering 311 3 hrs</p> <p>Physics 221 4 hrs</p> <p>Mathematics 235 3 hrs</p> <p>General Education 3 hrs</p> <p style="text-align: right;">16 hrs</p>	<p>Spring</p> <p>Engineering 312 3 hrs</p> <p>Engineering 321 3 hrs</p> <p>Mathematics 302 3 hrs</p> <p>Physics 222 4 hrs</p> <p>General Education 3 hrs</p> <p style="text-align: right;">16 hrs</p>
<p>Junior Year: Fall</p> <p>Engineering 351 3 hrs</p> <p>Petroleum 317 3 hrs</p> <p>Petroleum 343 3 hrs</p> <p>Mathematics 257 3 hrs</p> <p>General Education 6 hrs</p> <p style="text-align: right;">18 hrs</p>	<p>Spring</p> <p>Writing 307 3 hrs</p> <p>Geology 326 3 hrs</p> <p>Petroleum 302 1 hr</p> <p>Petroleum 318 3 hrs</p> <p>Petroleum 341 3 hrs</p> <p>Petroleum 342 3 hrs</p> <p style="text-align: right;">16 hrs</p>
<p>Senior Year: Fall</p> <p>Engineering 325 3 hrs</p> <p>Petroleum 405 3 hrs</p> <p>Petroleum 406 4 hrs</p> <p>General Education 6 hrs</p> <p style="text-align: right;">16 hrs</p>	<p>Spring</p> <p>ENGY 331 4 hrs</p> <p>Petroleum 421 3 hrs</p> <p>Petroleum 423 3 hrs</p> <p>Petroleum 430 3 hrs</p> <p>General Education 3 hrs</p> <p style="text-align: right;">16 hrs</p>

8.MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY - TURKEY

First Semester			Fifth Semester		
PHYS105	General Physics I	(3-2)4	ES303	Statistical Methods For Engineers	(3-0)3
CHEM111	General Chemistry I	(3-2)4	ES361	Computing Methods In Engineering	(3-0)3
MATH119	Calculus with Analytical Geometry	(4-2)5	PETE300	Summer Practice I	NC
ME105	Computer Aided Engineering Graphics	(2-2)3	PETE321	Drilling Engineering I	(3-2)4
ENG101	Development of Reading & Writing Skills I	(4-0)4	PETE331	Petroleum Production Engineering	(3-0)3
IS100	Introduction to Information Technologies and Applications	NC	PETE343	Petroleum Reservoir Engineering I	(3-0)3
Second Semester			Any 1 of the following set ..		
PHYS106	General Physics II	(3-2)4	TURK105	Turkish I	NC
CHEM112	General Chemistry II	(3-2)4	TURK201	Elementary Turkish	NC
MATH120	Calculus for Functions of Several Variables	(4-2)5	TURK303	Turkish I	NC
PETE110	Introduction to Petroleum Engineering	(2-0)2	Sixth Semester		
ENG102	Development of Reading & Writing Skills II	(4-0)4	GEOE410	Petroleum Geology	(2-2)3
Third Semester			PETE322	Drilling Engineering II	(3-0)3
MATH219	Introduction to Differential Equations	(4-0)4	PETE332	Petroleum Production Engineering II	(3-0)3
HIST2201	Principles of Kemal Ataturk I	NC	PETE344	Petroleum Reservoir Engineering II	(3-0)3
ES202	Mathematics for Engineers	(3-0)3	PETE352	Well Logging	(3-0)3
ES221	Engineering Mechanics I	(3-0)3		Non-Technical Elective	(3-0)3
GEOE201	General Geology	(3-2)4		Any 1 of the following set ..	
PETE211	Introduction to Fluid Mechanics	(3-2)4	TURK106	Turkish II	NC
Fourth Semester			TURK202	Intermediate Turkish	NC
HIST2202	Principles of Kemal Ataturk II	NC	TURK304	Turkish II	NC
ES224	Strength of Materials	(3-0)3	Seventh Semester		
CHE204	Thermodynamics I	(4-0)4	PETE400	Summer Practice II	NC
PETE216	Reservoir Rock and Fluid Properties	(3-2)4	PETE411	Petroleum Property Valuation	(3-0)3
CENG230	Introduction to C Programming	(2-2)3	PETE417	Petroleum Engineering Design I	(2-0)2
ENG211	Academic Oral Presentation Skills	(3-0)3	PETE461	Natural Gas Engineering	(3-0)3
	Restricted Elective*	(3-0)3		Technical Elective	(3-0)3
				Technical Elective	(3-0)3
				Non-Technical Elective	(3-0)3
			Eighth Semester		
			PETE418	Petroleum Engineering Design II	(1-4)3
				Free Elective	(3-0)3
				Technical Elective	(3-0)3
				Technical Elective	(3-0)3
				Technical Elective	(3-0)3

9. MISSOURI UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

	First Semester			Second Semester			
	Courses		Hrs	Courses		Hrs	
Freshman Year	FE 10	Study and Careers in Eng	1	Phys 23	Eng. Phys	4	
	English 20	Expo & Argumentation	3	Math 15	Cacl. Eng. II	4	
	Hist 112, 175, 176 or Poly Sci 90		3	IDE 20	Eng. Design & Computer App.	3	
	Chem 1	General Chem	4	PE 121	Intro to Petroleum Engineering	1	
	Chem 2	General Chemistry Lab 1	1	GE50 or GEO51	Geo. for Engineers/ Physical Geo.	3	
	Math 14	Calc. for Eng I	4				
		Total hours		16	Total hours		15
Sophomore Year	Phys 24	Eng. Phys. II	4	IDE 150	Dynamics	2	
	CE 50	Statics	3	Math 204	Elem. Diff. Equations	3	
	Math 22	Calc. w/Analytic Geom. II	4	CE 110	Mechanics of Materials	3	
	PE 240	Properties of Petroleum Fluids	3	PE 241	Petro Reservoir Eng.	3	
	GEO 220	Structural Geology	3	PE 242	Petro Reservoir Lab	1	
				GEO 332	Stratigraphy and Sedimentation	3	
		Total hours		17	Total hours		15
	Econ 121, 122	Principle of Economics	3	PE	Petroleum Econ and Asset Values	3	
	CE 230	Fluid Mechanics	3	Humanities/ Soc Science Elective ²		3	
	PE 313	Drilling & well Design	3				
PE 341	Well Testing	3	PE 316	Well Performance & Production System	3		
PE 377	Seismic Interpretation (3D Seismic)	3	PE 232	Well Logging	3		
PE	Petroleum Elective	3	PE 338	Finite Element Analysis w/Applications in Petro Eng	4		
	Total hours		18	Total hours		16	
Senior Year	Mech Eng 227	Thermal Analysis	3	English 65	Technical Writer in Bus. & Industry	3	
	Humanities & Soc Science Elective ²		3	Humanities & Soc Science Elective ²		3	
	PE Elective ⁵		3	PE 347	Petro. Eng. Design	3	
	PE 310	Seminar ³	1	PE Elective ⁵		3	
	PE 341	Well Testing	3	GE 315	Geostatical methods in Eng. & Geo.	3	
	PE 366	Mechanical Earth Modeling	3				
	Total hours		16	Total hours		15	
Total : 129 hours							

10.MONTANA TECH OF THE UNIVERSITY OF MONTANA

Petroleum Engineering, B.S.		Junior	
Freshman		Fall Semester	
Fall Semester		Course Name	Credits
Course Name	Credits	WRIT 321W - Advanced Technical Writing	3 credits
CHMY 141 - College Chemistry I	3 credits	EGEN 305 - Mechanics of Materials (equiv 205)	3 credits
CHMY 142 - College Chemistry Laboratory I	1 credit	STAT 332 - Statistics for Scientists and Engineers	3 credits
GEO 101 - Introduction to Physical Geology	3 credits	PET 301 - Drilling Engineering	3 credits
M 171 - Calculus I	3 credits	PET 303 - Drilling Fluids Lab	1 credit
EGEN 101 - Introduction Engineering Calculations & Problem Solving	3 credits	PET 404 - Reservoir Engineering	3 credits
PET 201 - Elements of Petroleum Engineering	2 credits	HUMN XXX - Humanities & Fine Arts Elective 3 credits	
Total: 15		Total: 19	
Spring Semester		Spring Semester	
Course Name	Credits	Course Name	Credits
CHMY 143 - College Chemistry II	3 credits	EGEN 325 - Engineering Economic Analysis	3 credits
WRIT 101 - College Writing I	3 credits	PET 302 - Petroleum Production Engineering	3 credits
PET 205 - Petroleum Engineering Lab I	1 credit	PET 307 - Petroleum Production Lab	1 credit
M 172 - Calculus II	3 credits	PET 348 - Petroleum Well Logging	3 credits
PHSX 234 - General Physics-Mechanics	3 credits	PET 426 - Reservoir Characterization	4 credits
HUMN XXX - Humanities & Fine Arts Elective 3 credits		SOCS XXX - Social Science Elective 3 credits	
Total: 16		Total: 17	
Sophomore		Senior	
Fall Semester		Fall Semester	
Course Name	Credits	Course Name	Credits
EGEN 201 - Engineering Mechanics-Statics	3 credits	EGEN 324 - Applied Thermodynamics	3 credits
M 273 - Multivariable Calculus	4 credits	EGEN 306 - Mechanics of Materials Laboratory	1 credit
PET 202 - Petroleum Field Practices	1 credit	PET 410 - Reservoir Simulation	3 credits
GEO 257 - Sedimentology Petroleum Geology	3 credits	PET 452 - Natural Gas Engineering	3 credits
PET 304 - Petrophysical Rock Properties	3 credits	PET 453 - Natural Gas Lab	1 credit
PHSX 235 - General Physics-Heat, Sound & Optics	3 credits	PET xxx - Petroleum Design Elective 3 credits	
PHSX 236 - General Phy-Heat, Sound & Optics Lab	1 credit	xxx - Technical Elective 3 credits	
Total: 18		Total: 17	
Spring Semester		Spring Semester	
Course Name	Credits	Course Name	Credits
ECNS 203 - Principles of Micro and Macro	3 credits	PET 444 - Water Flooding & Enhanced Oil Recovery	3 credits
EGEN 335 - Fluid Mechanics	3 credits	PET 446 - Petroleum Project Evaluation	3 credits
GEOE 457 - Subsurface Methods In Petroleum Geology	3 credits	PET 499W - Capstone: Petroleum Engineering Design	3 credits
M 274 - Introduction to Differential Equation	3 credits	PET xxx - Petroleum Elective 3 credits	
PHSX 237 - General Physics-Electricity, Magnetism & Motion	3 credits	xxx - Technical Elective 3 credits	
PET 372 - Petroleum Fluids & Thermodynamics	3 credits	COMM 4921W - Senior Technical Communication Seminar	1 credit
Total: 18		Total: 16	
		Minimum credits for a B.S. in Petroleum Engineering: 136	

11. NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY

PETROLEUM ENGINEERING									
Minimum credit hrs required - 134									
2012-13	Social Science Humanities Lit courses > 300 Art History Music Philosophy History Foreign Lang some T.C.	Social Science WGS Economics PS Psych Cult. Anth.	Humanities ENGL 341 (3) Technical Writing prerequisite: ENGL 111, 112 & junior standing	Social Science Humanities Elective ..(3)	Humanities ..(3)	Social Science ..(3)	Humanities ..(3)	Social Science or Humanities Elective ..(3)	Name: Date:
ENGL 111 (3) College English prerequisite: ENGL 111	ENGL 112 (3) College English prerequisite: ENGL 111	ENGL 112 (3) College English prerequisite: ENGL 111	ENGL 341 (3) Technical Writing prerequisite: ENGL 111, 112 & junior standing	Social Science or Humanities Elective ..(3)	Humanities ..(3)	Social Science ..(3)	Humanities ..(3)	Social Science or Humanities Elective ..(3)	Name: Date:
MATH 131 (4) Calc I prerequisite: Math 103, 104 or ACT math >29 or	MATH 132 (4) Calc II prerequisite: Math 131	MATH 231 (4) Calc III prerequisite: Math 132	MATH 335 (3) Applied Analysis I prerequisite: Math 132	MATH 413 & L (3) Well Design prerequisite: Pet 311	MATH 424 (3) Production Engr I prerequisite: Pet 345	MATH 445 (3) Reservoir Engr II prerequisite: Pet 345	MATH 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	MATH 425 (3) Well Completions prerequisite: Pet 413	MATH 425 (3) Well Completions prerequisite: Pet 413
CHEM 121 (3) General Chem I prerequisite: Math 103 corequisite: Chem 121L	CHEM 122 (3) General Chem II prerequisite: Chem 121 & lab corequisite: Chem 122L, Math 131	CHEM 245 (3) Petroleum Fluids prerequisite: Chem 122, Math 132, ES 111	CHEM 345L (1) Reservoir Engr I Lab corequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345
CHEM 121 Lab (1) General Chem Lab I corequisite: Chem 121	CHEM 122 Lab (1) General Chem Lab II corequisite: Chem 122	CHEM 216 (3) Fluid Mechanics prereq: ES 201, coreq: Math 231	CHEM 345L (1) Reservoir Engr I Lab corequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345	CHEM 441 (3) Natural Gas Res Engr prerequisite: Pet 345
PHYS 121 (4) General Physics I corequisite: Phys 121L, Math 131	PHYS 122 (4) General Physics II prerequisite: Phys 121 corequisite: Phys 122L, Math 132	PHYS 347 (3) Thermodynamics prerequisite: Chem 122, ES 111, Math 132 corequisite: Phys 122, Math 231, ES 216	PHYS 450 (2) Well Testing prerequisite: PE 345	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424
PHYS 121 Lab (1) General Physics Lab I corequisite: Phys 121	PHYS 122 Lab (1) General Physics Lab II corequisite: Phys 122	PHYS 303 (3) Dynamics prerequisite: ES 111, 201, Math 335	PHYS 450 (2) Well Testing prerequisite: PE 345	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424	PHYS 471 (2) Reservoir Description prerequisite: PET 370, 445, Earth-460 corequisite: Pet 424
PET 101 (1) Intro to Petr Engr	PET 111+L (3) Comp. appl. for petr engrs corequisite: Math 104	ES 201 (3) Statics prerequisite: Phys 121 corequisite: Math 231	ES 303 (3) Dynamics prerequisite: ES 111, 201, Math 335	ES 316 (3) Engr. Economics prerequisite: ES 111					
ERTH 101 & 103L ..(4) Earth Processes	ERTH 460 (3) Subsurface & Petroleum Geology Prerequisite: EARTH 206	ES 302 (3) Mechanics of Materials prerequisite: ES 111, 201, Math 231	ES 303 (3) Dynamics prerequisite: ES 111, 201, Math 335	ES 316 (3) Engr. Economics prerequisite: ES 111					
16 hrs	18 hrs	16 hrs	17 hrs	15 hrs	17 hrs	15 hrs	17 hrs	15 hrs	17 hrs

Legend
T - transfer

Sem/Yr - completed

- In Progress

D - drop

AP - adv placement

() credit hrs

12.PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY

RECOMMENDED ACADEMIC PLAN FOR B.S. IN PETROLEUM AND NATURAL GAS ENGINEERING (PNG E) University Park Campus

Effective Spring 2012

SEMESTER 1	CREDITS	SEMESTER 2	CREDITS
MATH 140 (GQ) Calculus With Analytic Geometry I	4	MATH 141 (GQ) Calculus with Analytic Geometry II	4
CHEM 110 (GN) Chemical Principles I	3	ECON 102 (GS) Introductory Microeconomic Analysis and Policy OR E.B.F.200 Introduction to Energy and Earth Sciences Economics	3
CHEM 111 (GN) Experimental Chemistry I	1	CHEM 112 (GN) Chemical Principles II	3
ENGL 015 (GWS) Rhetoric and Composition	3	GHA	1
EM SC 100S Earth Mineral Sciences First-Year Seminar OR CAS 100 (GWS)* Effective Speech	3	PHYS 211 (GN) General Physics: Mechanics	4
GHA	2		
TOTAL CREDITS	16	TOTAL CREDITS	15
SEMESTER 3	CREDITS	SEMESTER 4	CREDITS
PHYS 212 (GN) General Physics: Electricity and Magnetism	4	PHYS 213 (GN) General Physics: Fluids and Thermal Physics	2
E MCH 210 Statics and Strength of Materials	5	E MCH 212 Dynamics	3
MATH 230 Calculus and Vector Analysis	4	GEO SC 001 Physical Geology	3
GH/GA/GS (US)	3	MATH 251 Ordinary and Partial Differential Equations	4
		GA/GH/GS (IL)	3
TOTAL CREDITS	16	TOTAL CREDITS	15
SEMESTER 5	CREDITS	SEMESTER 6	CREDITS
CMPSC 201 (GQ) Programming for Engineers with C++ OR CMPSC 202 Programming for Engineers with FORTRAN	3	PHIL 103 (GH) Introduction to Ethics OR PHIL 106 Introduction to Business Ethics OR PHIL 107 (GH) (S T S 107) Introduction to Philosophy of Technology OR PHIL 233 (S T S 233) Ethics and the Design of Technology	3
P N G 405 Rock and Fluid Properties	3	P N G 450 Drilling Design and Production Engineering	3
P N G 406 Rock and Fluid Laboratory	1	P N G 451 Oil Well Drilling Laboratory	1
EME 460 Geo-resource Evaluation and Investment Analysis	3	P N G 475 Petroleum Engineering Design	3
EME 301 Thermodynamics in Energy and Mineral Engineering	3	P N G 490 Introduction to Petroleum Engineering Design	1
EME 303 Fluid Mechanics in Energy and Mineral Engineering	3	GEO SC 454 Geology of Oil and Gas	3
		P N G 410 Applied Reservoir Engineering	3
TOTAL CREDITS	16	TOTAL CREDITS	17
SEMESTER 7	CREDITS	SEMESTER 8	CREDITS
P N G 420 Applied Reservoir Analysis and Secondary Recovery	4	P N G 425 Principles of Well Testing and Evaluation	3
P N G 430 Reservoir Modeling	3	P N G 480 Production Process Engineering	3
P N G 440W Formation Evaluation	3	P N G 482 Production Engineering Laboratory	1
P N G 491 Reservoir Engineering Design	1	P N G 492 Petroleum Engineering Capstone Design	1
ENGL 202C (GWS) Effective Writing: Technical Writing	3	TECHNICAL ELECTIVE	3
TECHNICAL ELECTIVE	3	GA/GH/GS	3
		GA/GH/GS	3
TOTAL CREDITS	17	TOTAL CREDITS	17

13. TEXAS A&M UNIVERSITY

Petroleum Engineering Curriculum TAMU Catalog 135 (201231, 2012-2013)

FRESHMAN YEAR ¹

First Semester	(Th-Pr) Cr	Second Semester	(Th-Pr) Cr
ENGL 104 Composition and Rhetoric	(3-0) 3	CHEM 107 Gen. Chem. for Eng. Students	(3-0) 3
ENGR 111 Foundations in Engineering I	(1-3) 2	CHEM 117 Gen. Chem. for Eng. Stu. Lab	(0-3) 1
MATH 151 Engineering Mathematics I	(3-2) 4	ENGR 112 Foundations in Engineering II	(1-3) 2
PHYS 218 Mechanics	(3-3) 4	MATH 152 Engineering Mathematics II	(3-2) 4
University Core Curriculum elective ²	3	PHYS 208 Electricity and Optics	(3-3) 4
KINE 198 Health and Fitness Activity	(0-2) <u>1</u>	University Core Curriculum elective ²	3
	17	KINE 199 Req. Phys. Activity (S/U only)	(0-2) <u>1</u>
			18

SOPHOMORE YEAR

COMM 205 Comm. for Tech. Professions	(3-0) 3	CVEN 305 Mechanics of Materials	(3-0) 3
GEOL 104 Physical Geology	(3-3) 4	MATH 308 Differential Equations	(3-0) 3
MATH 251 Engineering Mathematics III	(3-0) 3	MEEN 315 Principles of Thermodynamics	(2-2) 3
MEEN 221 Statics and Particle Dynamics	(2-2) 3	PETE 311 Reservoir Petrophysics	(3-3) 4
PETE 225 Petroleum Drilling Systems	(1-3) 2	University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>
University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>		16
	18		

JUNIOR YEAR

GEOL 404 Geology of Petroleum	(2-3) 3	PETE 321 Formation Evaluation	(3-3) 4
PETE 301 Petr. Engr. Numerical Methods	(2-3) 3	PETE 323 Reservoir Models	(3-0) 3
PETE 310 Reservoir Fluids	(3-3) 4	PETE 324 Well Performance	(3-0) 3
PETE 314 Transport Proc. in Petr. Prod.	(3-0) 3	PETE 325 Petroleum Production Systems	(1-3) 2
PETE 335 Technical Presentations I ³	(1-0) <u>1</u>	PETE 403 Petroleum Project Evaluation	(3-0) <u>3</u>
	14		15

SUMMER

PETE 300 Summer Practice

SENIOR YEAR

ECEN 215 Principles of Electrical Eng.	(2-2) 3	ENGR 482 Ethics and Engineering	(2-2) 3
PETE 401 Reservoir Simulation	(2-3) 3	PETE 322 Geostatistics	(3-0) 3
PETE 405 Drilling Engineering	(3-0) 3	PETE 400 Reservoir Description	(2-3) 3
PETE 410 Production Engineering	(3-0) 3	Technical elective ⁴	3
PETE 435 Technical Presentations II ³	(1-0) 1	University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>
University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>		15
	16		

14. TEXAS A&M UNIVERSITY AT QATAR

Petroleum Engineering Curriculum TAMU Catalog 135 (201231, 2012-2013)

FRESHMAN YEAR ¹

First Semester	(Th-Pr) Cr	Second Semester	(Th-Pr) Cr
ENGL 104 Composition and Rhetoric	(3-0) 3	CHEM 107 Gen. Chem. for Eng. Students	(3-0) 3
ENGR 111 Foundations in Engineering I	(1-3) 2	CHEM 117 Gen. Chem. for Eng. Stu. Lab	(0-3) 1
MATH 151 Engineering Mathematics I	(3-2) 4	ENGR 112 Foundations in Engineering II	(1-3) 2
PHYS 218 Mechanics	(3-3) 4	MATH 152 Engineering Mathematics II	(3-2) 4
University Core Curriculum elective ²	3	PHYS 208 Electricity and Optics	(3-3) 4
KINE 198 Health and Fitness Activity	(0-2) <u>1</u>	University Core Curriculum elective ²	3
	17	KINE 199 Req. Phys. Activity (S/U only)	(0-2) <u>1</u>
			18

SOPHOMORE YEAR

COMM 205 Comm. for Tech. Professions	(3-0) 3	CVEN 305 Mechanics of Materials	(3-0) 3
GEOL 104 Physical Geology	(3-3) 4	MATH 308 Differential Equations	(3-0) 3
MATH 251 Engineering Mathematics III	(3-0) 3	MEEN 315 Principles of Thermodynamics	(2-2) 3
MEEN 221 Statics and Particle Dynamics	(2-2) 3	PETE 311 Reservoir Petrophysics	(3-3) 4
PETE 225 Petroleum Drilling Systems	(1-3) 2	University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>
University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>		16
	18		

JUNIOR YEAR

GEOL 404 Geology of Petroleum	(2-3) 3	PETE 321 Formation Evaluation	(3-3) 4
PETE 301 Petr. Engr. Numerical Methods	(2-3) 3	PETE 323 Reservoir Models	(3-0) 3
PETE 310 Reservoir Fluids	(3-3) 4	PETE 324 Well Performance	(3-0) 3
PETE 314 Transport Proc. in Petr. Prod.	(3-0) 3	PETE 325 Petroleum Production Systems	(1-3) 2
PETE 335 Technical Presentations I ³	(1-0) <u>1</u>	PETE 403 Petroleum Project Evaluation	(3-0) <u>3</u>
	14		15

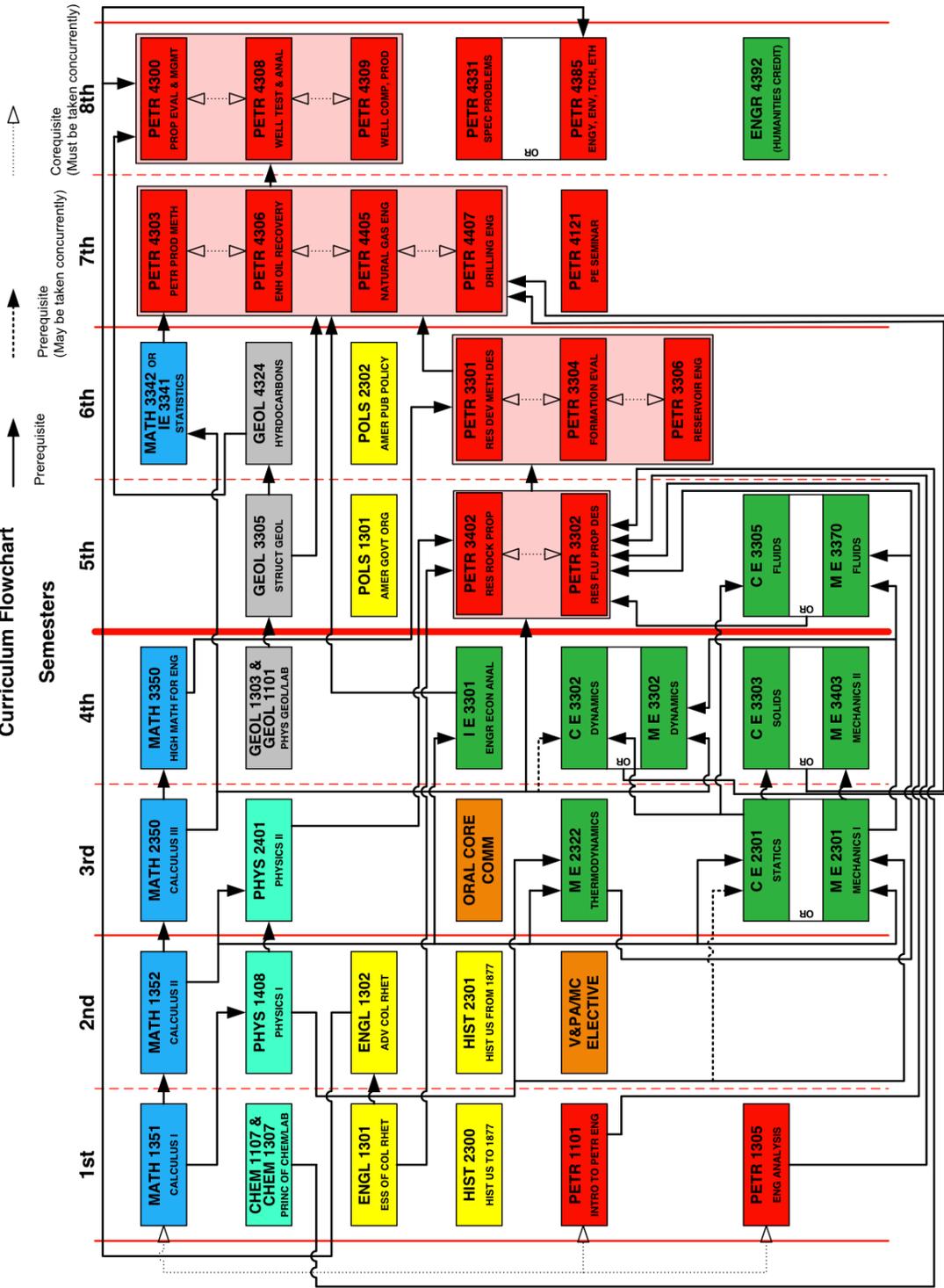
SUMMER

PETE 300 Summer Practice

SENIOR YEAR

ECEN 215 Principles of Electrical Eng.	(2-2) 3	ENGR 482 Ethics and Engineering	(2-2) 3
PETE 401 Reservoir Simulation	(2-3) 3	PETE 322 Geostatistics	(3-0) 3
PETE 405 Drilling Engineering	(3-0) 3	PETE 400 Reservoir Description	(2-3) 3
PETE 410 Production Engineering	(3-0) 3	Technical elective ⁴	3
PETE 435 Technical Presentations II ³	(1-0) 1	University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>
University Core Curriculum elective ²	<u>3</u>		16
	16		

Bachelor of Science in Petroleum Engineering Curriculum Flowchart

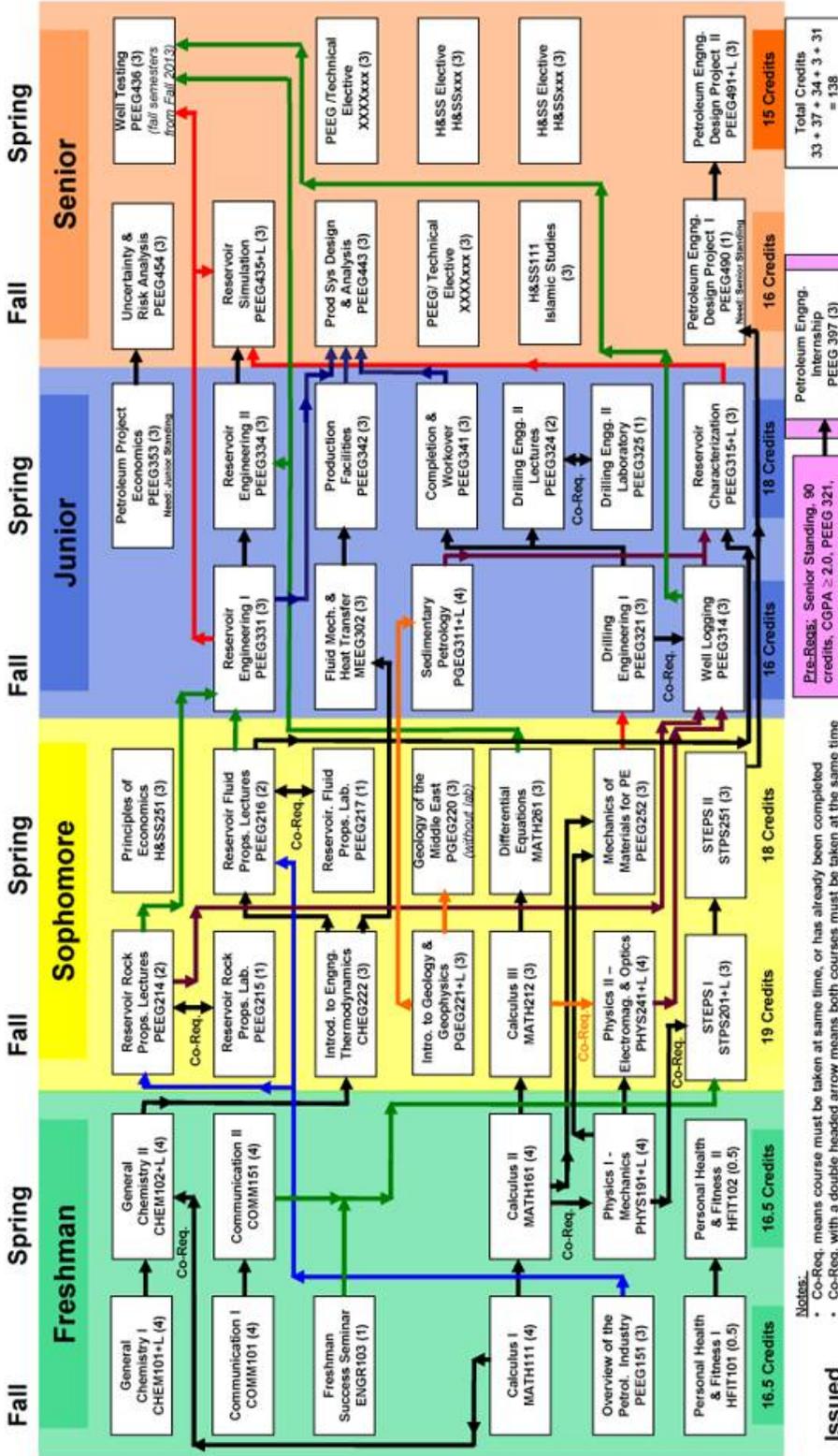


Must have 2 years of same foreign language in HS or 1 year of same foreign language college credit.
 Must have 1st-3rd year curriculum completed with a 2.5 GPA before advancing to the senior courses.

16. THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES

Department of Petroleum Engineering Curriculum 2012 - 13

Applies to students entering the PE program (Freshman year) in the 2012-13 academic year



- Notes:**
- Co-Req. means course must be taken at same time, or has already been completed
 - Co-Req. with a double headed arrow means both courses must be taken at the same time
 - +L indicates a course includes a laboratory session (usually 3-hours)
 - PEEG252 was formerly called "Strength of Materials"
 - The COMP100, Freshman Computing Applications, requirement must be met by all direct entry Freshman students

Issued
26-Aug-12

17. THE UNIVERSITY OF KANSAS

PETROLEUM ENGINEERING

FRESHMAN YEAR	
FALL	
CR&PE 117 Introduction to Petroleum Engineering Profession I	1
CHEM 170 Foundations of Chemistry I	5
ENGL 101 Composition	3
MATH 121 Calculus I	5
Total 14 hours	
SPRING	
CR&PE 127 Introduction to Petroleum Engineering Profession II	1
CR&PE 121 Intro. Computers in Engineering	3
ENGL 175 Foundations of Chemistry II	5
MATH 102 Composition & Literature	3
MATH 122 Calculus II	5
Total 17 hours	

SOPHOMORE YEAR	
FALL	
CR&PE 217 Introduction to Petroleum Drilling Engineering	2
CR&PE 219 Drilling Fluids Laboratory	1
ME 312 Basic Engineering Thermodynamics	3
MATH 220 Applied Differential Equations	3
MATH 290 Elementary Linear Algebra	2
PHSX 211 General Physics I	4
PHSX 216 General Physics I -- LAB	1
Total 16 hours	
SPRING	
CR&PE 327 Reservoir Engineering I	4
ME 201 Statics	2
GEO 101 Introduction to Geology	3
GEO 103 Fundamentals of Geology Laboratory	2
MATH 526 Applied Mathematical Statistics I	3
PHSX 212 General Physics II	3
Total 17 hours	

JUNIOR YEAR	
FALL	
CR&PE 511 Momentum Transfer	3
CR&PE 527 Reservoir Engineering II	4
CR&PE 619 Petroleum Engineering Lab I	3
CR&PE 522 Economic Appraisal of C&PE Projects	2
CR&PE 528 Well Logging	3
_____ Humanities or Social Science Elective	3
Total 18 hours	
SPRING	
CR&PE 521 Heat Transfer	3
CR&PE 618 Secondary Recovery	4
ENGL _____ Advanced English Advanced Elective	3
CE 310 Strength of Materials	4
GEOL 331 Sedimentology and Surface Processes	4
Total 18 hours	

SENIOR YEAR	
FALL	
CR&PE 627 Petroleum Production	3
CR&PE 620 Enhanced Oil Recovery ¹	3
GEOL 535 Petroleum & Subsurface Geology	4
EECS 315 Electric Circuits and Machines	3
_____ Humanities or Social Sciences Elective	3
Total 16 hours	
SPRING	
CR&PE 617 Drilling & Well Completion	3
CR&PE 628 Petroleum Engineering Design	3
_____ Basic Science or Engineering Elective	3
_____ Humanities or Social Sciences Elective	3
_____ Contemporary Issues Elective	3
Total 15 hours	

131 credit hours required for graduation.

1. Students under pre 2013 curricula take Chem 622 instead of C&PE 620

Revised March 2013_4 (RDO)

The University of Tulsa - Petroleum Engineering (410)

Geosciences Engineering Option

Name _____ Effective Date: May 1, 2011
 I.D.#. _____ Minimum Hours for Graduation: 132

Freshman Year	Sophomore Year	Junior Year	Senior Year
15 Hours Block-I	18 Hours Block-II	18 Hours Block-II	17 Hours Block-II
ENGL 1033 Calculus I *	ES 3073 Heat Transfer CR: ES 3003 MATH 3073	ENGL 3003 PR: ENGL 1033 JR. STANDING	PE 3041 Drilling Lab PR: PE 3043
MATH 2014 Calculus II PR: MATH 2014 *	MATH 2073 Calculus III PR: MATH 2024	STAT 4813 Statistics PR: MATH 2014	PE 3133 OR 3233 Nat. Gas Eng. Reservoir Eng. Production 3133, PE 3133, PE 3023 3233 PR: PE 3073
MATH 2020 Calc Quiz II CR: MATH 2024	PHYS 2063 Physics II PR: MATH 2024 PHYS 2053	PE 3003 Petroleum Economics PR: JR. Standing	PE 4053 Formation Evaluation PR: PE 2113, 2123 GEOL 3153
PHYS 2051 Physics I Lab CR: PHYS 2053 PR: MATH 2014	GPHY 2503 Physics of the Earth PR: GEOL 1014, MATH 2014	PE 3043 Drilling Engineering I PR: MATH 3073, ES 3003, ES 3023	PE 4113 Reservoir Eng. II PR: PE 3013, 3023
PHYS 2053 Physics I PR: MATH 2014 *	ES 3053 Thermodynamics CR: MATH 2073 PR: PHYS 2053	PE 3073 Production Eng. I PR: PE 3023 ES 3003	PE 4983 Capstone Design PR: SR Standing, LAST SEMESTER & INSTRUCTOR CONSENT
GEOL 1014 Physical Geology *	ES 2013 Statics PR: PHYS 2053	PE 3023 Reservoir Eng. I PR: PE 2113, PE 2123 MATH 3073	PE 4071 Production Eng. Lab PR: PE 3073
GEOL 1010 Physical Geology Lab			PE 4073 Production Eng. II PR: PE 3013, 3073

Tulsa Curriculum Courses
 Math, Basic Sciences, ES
 Major courses

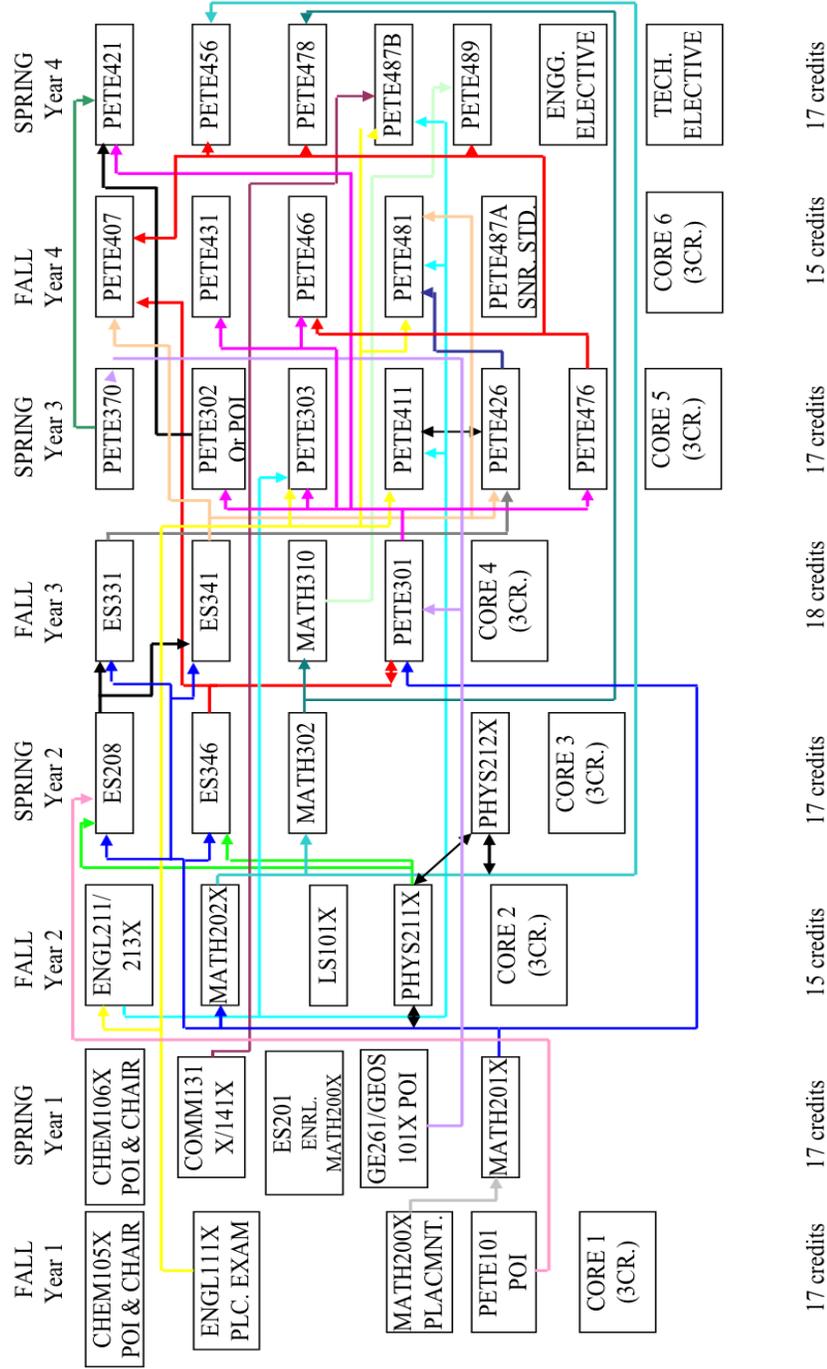
-Tulsa Curriculum courses may be taken in any order. Courses must be taken from approved block courses published each semester. No more than 2 courses from a single department.
 -Technical and Petroleum Electives must be approved by faculty advisor.
 -CR=Co-Requisite and PR=Pre-Requisite.
 * Within the first three semesters, PE majors must earn a minimum 2.5 GPA in these foundation courses.

19. UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY

Petroleum Engineering Core Requirements (52 Credit hours)
Course Title
Physical Geology for Petroleum Engineers
Organic Chemistry & Eng. Application I
Chemical Engineering Fluid Mechanics
Introduction to Petroleum Engineering
Reservoir Rock Properties
Drilling Engineering I
Petroleum Fluid Properties
Reservoir Mechanics
Data Analysis in Petroleum Engineering
Well Logging
Drilling Engineering II
Natural Gas Engineering
Applied Reservoir Geology
Well Performance
Reservoir Simulation
Well Testing
Petroleum Production Operations
Secondary Recovery Methods
Petroleum Property Evaluation
Petroleum Engineering Elective Requirements (12 Credit hours)
Course Title
Transportation & Storage of Petroleum
Safety & Environmental Impact
Separation & Treatment of Petroleum Fluids
Applied Reservoir Simulation
Enhanced Oil Recovery
Special Topics in Petroleum Engineering
Independent Studies
Corrosion
Industrial Training (15 Credit hours)
Course Title
Industrial Training
Graduation Project (6 Credit hours)
Course Title
Graduation Project I
Graduation Project II

20. UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS

Pre-requisites flowchart for PETE



TOTAL CREDITS REQUIRED = 133

- Notes:
- PLC. EXAM = placement examination
 - POI = permission of instructor
 - Line with arrows on both ends = concurrent enrollment or a co-requisite

21. UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE

<u>Freshman Year</u>							
<u>FALL SEMESTER CREDITS</u>				<u>SPRING SEMESTER CREDITS</u>			
CHEM	107	General Chemistry I	3	CHEM	108	General Chemistry II	3
ENGL	101	Intro. to Acad. Wrtg.	3	CHEM	115	General Chemistry Lab.	2
MATH	270	Calculus I	4	ENGL	102	Wrtg. & Rsch. Abt. Cul. ²	3
PETE	101	Intro. to Petroleum Engr.	1	GEOL	111	Physical Geology	4
Elective		(Hist.) ¹	<u>3</u>	MATH	301	Calculus II	<u>4</u>
			14				16
<u>Sophomore Year</u>							
ECON	300	Fund. of Econ.	3	ENGR	218	Statics/Mechanics of Mat.	3
GEOL	314	Structural Geology	4	ENGL	365	Tech. Wrtg.	3
MATH	350	Differential Equations	3	PHYS	202	General Physics II	4
PHYS	201	General Physics ²	4	PETE	382	Drilling Fluids	3
Elective		(Biol. Sci.) ³	<u>3</u>	PETE	384	Drilling Fluids Lab.	1
			17	Elective		(Lit.) ⁴	<u>3</u>
							17
<u>Junior Year</u>							
ENGR	301	Thermodynamics	3	Elective	427	Math/Statistics	3
ENGR	305	Transport Phenomena	3	ECON	430	Industrial Econ. & Fin.	3
PETE	391	Phase Beh. of HC Sys.	2	PETE	392	Reservoir Fluid Flow	3
PETE	491	Drilling Engineering	3	PETE	394	Reservoir Mech. Lab	1
PETE	493	Drilling Lab.	1	PETE	481	Petrophysics-Form. Eval.	3
Elective		(Hist./Lit.) ⁵	<u>3</u>	PETE	483	Form. Eval. Lab.	1
			15	Elective		(Arts) ⁶	<u>3</u>
							17
<u>Senior Year</u>							
PETE	401	Senior Design Project I	1	PETE	402	Senior Design Project II	1
PETE	484	Well Planning and Control	3	PETE	478	Natural Gas Engr.	3
PETE	486	Production Engineering	3	PETE	482	Imp. Petr. Recovery Proc.	3
PETE	488	Production Lab.	1	PETE	485	Risk Analysis	3
PETE	494	Reservoir Engineering	3	PETE	489	Well Completions:	
PETE	496	Reservoir Lab.	1			Primary and Remedial	3
Elective		Pete/Geol.	<u>3</u>	Elective		(Pete) ⁷	<u>3</u>
			15				16

¹Select from approved College of Engineering list of courses in History.

²Requires at least a "C" grade.

³BIOL 121, 101, 261, or 304 with Department Head approval.

⁴Select from approved College of Engineering list of courses in American, English or FORL Literature.

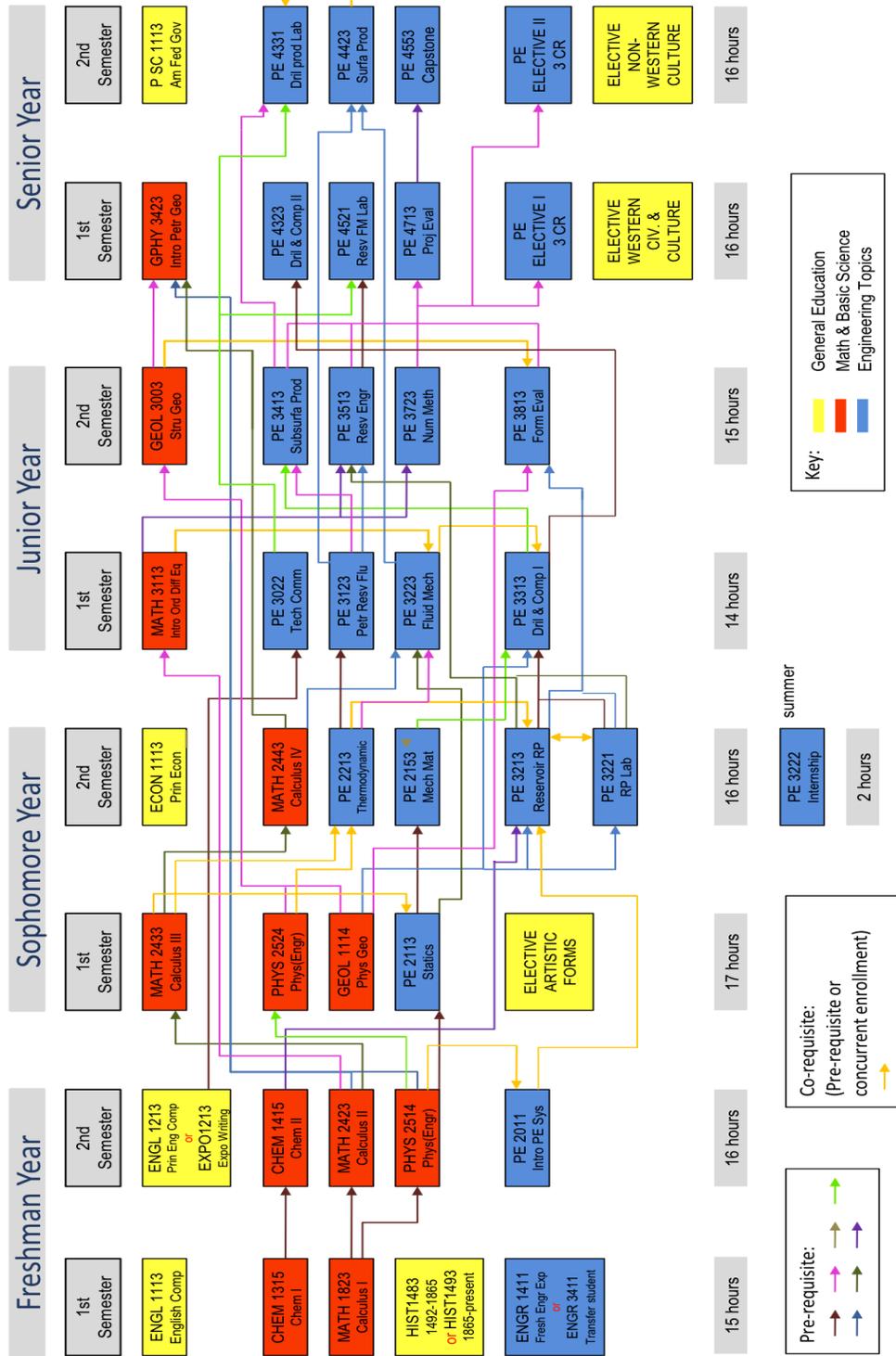
⁵Select from College of Engineering approved list in HIST, HONR, HUMN, or LIT.

⁶Select from approved College of Engineering list of courses in DANC, MUS THEA, and VIAR.

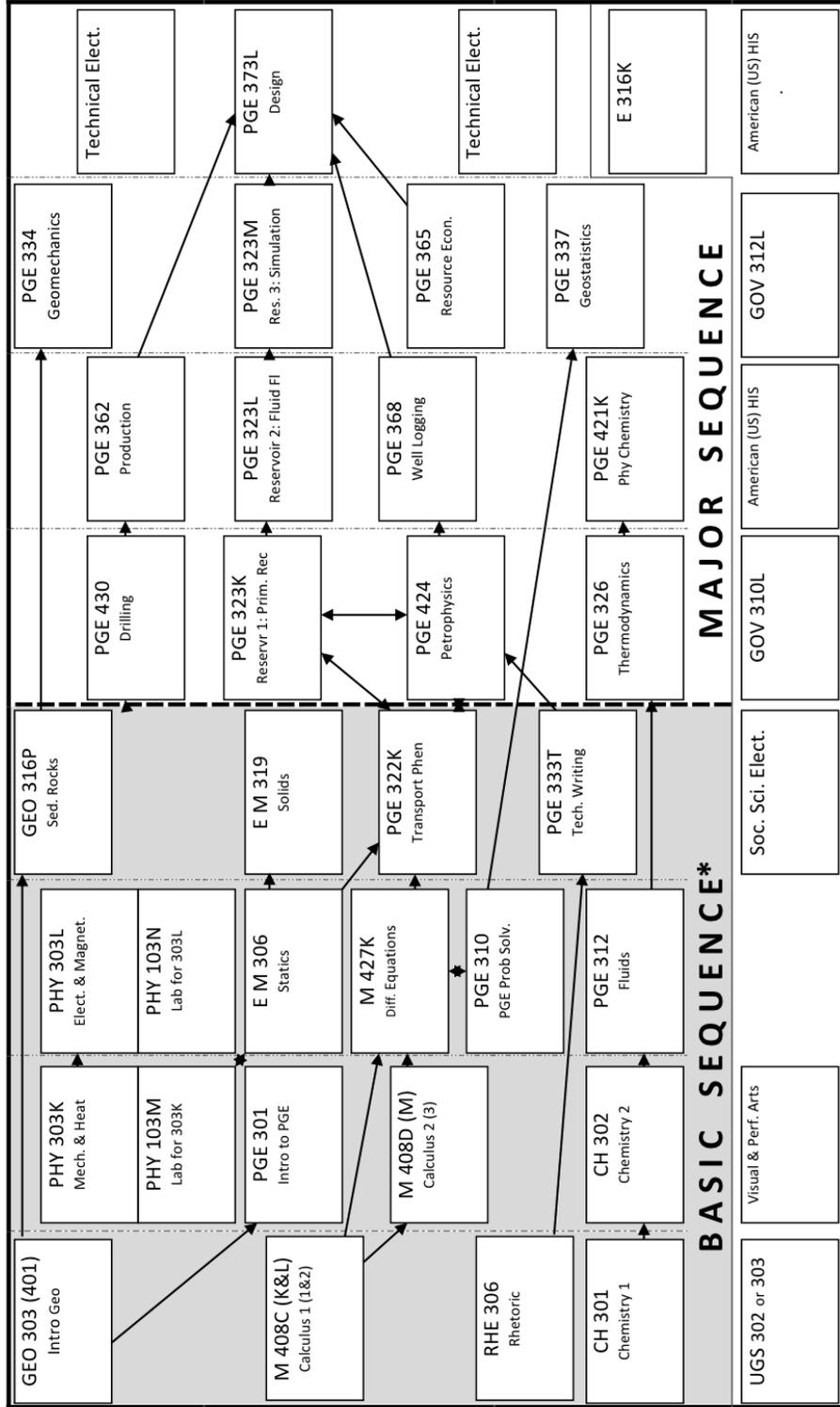
⁷Requires approval of Department Head.

22. UNIVERSITY OF OKLAHOMA

Petroleum Pre-requisite/ Co-requisite Flowchart



PETROLEUM ENGINEERING UNDERGRADUATE CURRICULUM 2012-2014



*C- or better is required of all basic sequence courses

128 total hours

24. UNIVERSITY OF WYOMING

PETROLEUM ENGINEERING CURRICULUM

(for students entering UW Fall 2011 or later)

FALL		Grade	SPRING	Grade	
ES	1000 Orientation to Engr (I, L, O)	1 _____			
CHEM	1020 Gen Chem I (SP)	4 _____	CHEM	1030 Gen Chem II (SP)	4 _____
GEOL	1100 Physical Geology (SE)	4 _____	ES	2110 Statics	3 _____
MATH	2200 Calculus I (QB)	4 _____	MATH	2205 Calculus II	4 _____
ES	1060 Intro Engr Prob Solving	3 _____	ENGL	1010 College Comp. & Rhet. (WA)	3 _____
		16			17

PHYS	1220 Engr Physics II	4 _____	MATH	2310 Applied Differential Eqns I	3 _____
MATH	2210 Calculus III	4 _____	ES	2310 Thermodynamics I	3 _____
ES	2410 Mechanics of Materials	3 _____	ES	2330 Fluid Dynamics	3 _____
ES	2120 Dynamics	3 _____	CHEM	2300 Intro Organic Chem	4 _____
PETE	2050 Intro to Petroleum Engr	3 _____		Cultural Context	3 _____
		17			16

PETE	2060 Petroleum Engr Computing	3 _____	PETE	3200 Reservoir Mechanics	3 _____
PETE	3100 Rock and Fluids Lab	2 _____	PETE	3265 Drilling Fluids Lab	2 _____
PETE	3255 Basic Drilling Engineering	3 _____	PETE	3715 Production Engineering	3 _____
PEAC	1001 Phy. Activ. & Your Health(P)	1 _____	PETE	3725 Well Bore Operations	3 _____
	Technical Elective	3 _____	PETE	4320 Well Log Interpretation	3 _____
	Cultural Context	3 _____			14
		15			

PETE	3015 Multicomponent Thermo	3 _____	PETE	4735 PETE Design II (WC, O)	4 _____
PETE	4225 Well Test Analysis	2 _____	GEOL	4190 Petroleum Geology	3 _____
PETE	4340 Petroleum Economics	3 _____		Technical Elective	3 _____
PETE	4720 PETE Design I (WB, O)	3 _____		Technical Elective	3 _____
	Technical Elective	3 _____		Technical Elective	3 _____
	Cultural Context	3 _____			16
		17			

Total Hours: 128

Notes:

Cultural Context must meet the following requirements:

1-CH course (Humanities)

1-CS course (Social Sciences)

1-CA course (Arts)

with embedded Global Awareness (G) AND Cultural Diversity in the US (D) in these courses.

Technical electives must be selected with advisor's approval

Five electives are required based on two options:

Option A: 2 PETE, 1 Departmental (CHE or PETE), 2 flexible technical electives chosen with advisor approval.

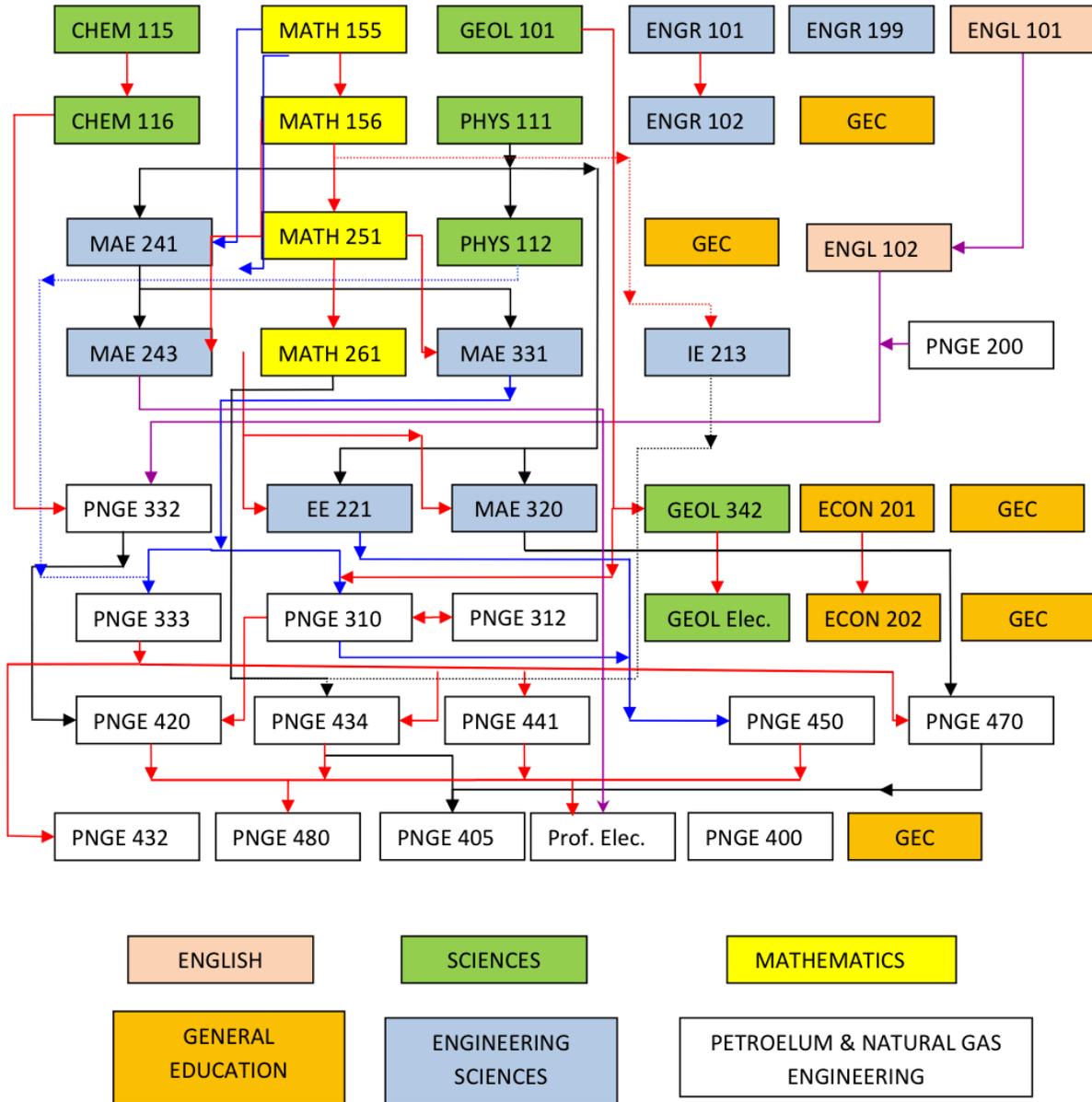
Option B: 1 PETE, 1 Departmental (CHE or PETE), 3 electives chosen in an area of focus with advisor approval.

For example: Math, Chemistry, Business, Geology, etc.

<http://www.eng.uwyo.edu/chemical>

1-307-766-2500

PETROLEUM & NATURAL GAS ENGINEERING (PNGE) UNDERGRADUATE CURRICULUM FLOW CHART



ANEXO 4

Criterios de los Modelos
Educativos por ABET.

Criterio 1. Estudiantes

El progreso del estudiante debe ser monitoreado para fomentar el éxito en alcanzar resultados de los estudiantes, lo que permite a los graduados alcanzar los objetivos educativos del programa. Los estudiantes deben ser informados sobre planes de estudio y los asuntos de la carrera.

El programa debe tener y hacer cumplir las políticas de aceptación de estudiantes nuevos y de transferencia, la concesión de crédito académico apropiado para los cursos tomados en otras instituciones, y la adjudicación académica apropiada para el trabajo en lugar de los cursos tomados en la institución. El programa debe tener y aplicar procedimientos para garantizar y documentar que los estudiantes que se gradúan cumplen con todos los requisitos de graduación.

Criterio 2. Objetivos educativos del programa

El programa deberá haber publicado los objetivos educativos del programa que son consistentes con la misión de la institución, las necesidades de los diversos grupos del programa, y estos criterios. Debe haber un proceso documentado y eficaz, con la participación de programas electorales, para la revisión periódica y revisión de los objetivos educativos del programa.

Criterio 3. Resultados de los Alumnos

El programa debe tener documentado los resultados de los estudiantes que preparan a los graduados para obtener los objetivos educativos del programa.

Los resultados de los estudiantes son los resultados (A) a (K), además de los resultados adicionales que pueden ser articuladas por el programa.

(A) la capacidad de aplicar los conocimientos de matemáticas, ciencia e ingeniería

(B) una capacidad de diseñar y llevar a cabo experimentos, así como para analizar e interpretar los datos

(C) la capacidad de diseñar un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas dentro restricciones reales como económica, ambiental, social, político, ético, de salud y seguridad, fabricación y sostenibilidad

(D) la capacidad de funcionar en equipos multidisciplinarios

(E) la capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería

(F) la comprensión de la responsabilidad profesional y ética

(G) la capacidad de comunicarse de manera efectiva

(H) el amplio estudio necesario para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto mundial, económico, ambiental y social

(I) el reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en el aprendizaje de por vida

(J) conocimiento de los temas de actualidad

(K) la posibilidad de utilizar las técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la ingeniería práctica.

Criterio 4. Mejora Continua

El programa debe utilizar regularmente, procesos documentados adecuados para la valoración y evaluación de los objetivos educativos del programa y los resultados de los estudiantes.

Los resultados de estas evaluaciones deben utilizarse sistemáticamente como insumo para la mejora continua del programa. Otra información disponible puede también ser utilizado para ayudar en la mejora continua del programa.

Criterio 5. Plan de estudios

Los requisitos del programa especifican las materias correspondientes a la ingeniería, pero no prescriben cursos específicos. La facultad debe asegurarse de que el plan de estudios del programa dedica una atención adecuada y tiempo para cada componente, en contraste con los resultados y objetivos del programa y de la institución. El componente profesional debe incluir:

(A) De un año de una combinación de las matemáticas a nivel universitario y de las ciencias básicas (algunas con experiencia experimental) adecuada a la disciplina. Ciencias básicas se definen como biológica, química y ciencias físicas.

(B) un año y medio de los temas de ingeniería, que consiste en ciencias de la ingeniería y la ingeniería de diseño apropiado para el campo de estudio del alumno. Las ciencias de la ingeniería tienen sus raíces en las matemáticas y las ciencias básicas, pero llevan el conocimiento más hacia la aplicación creativa. Estos estudios proporcionan un puente entre las matemáticas y las ciencias básicas, por una parte e ingeniería práctica. Diseño de ingeniería es el proceso de elaboración de un sistema, componente o proceso para satisfacer las necesidades deseadas. Se trata de un proceso de toma de decisiones (a menudo iterativo), en que las ciencias básicas, las matemáticas y las ciencias de la ingeniería se aplican para convertir óptimamente los recursos para satisfacer estas necesidades establecidas.

(C) un componente de educación general que complementa el contenido técnico del plan de estudios y es consecuente con los objetivos del programa y de la institución.

Los estudiantes deben estar preparados para la práctica de la ingeniería a través de un plan de estudios que culminó con un diseño de gran experiencia basada en los conocimientos y habilidades adquiridos en los cursos anteriores y la incorporación de normas de ingeniería apropiadas y múltiples limitaciones realistas. Un año es menor de 32 horas de semestre (o equivalente) o un cuarto del total de créditos necesarios para graduación.

Criterio 6. Profesorado

El profesorado tiene que ser de un número suficiente y debe tener las competencias necesarias para cubrir todas las áreas del plan de estudio del programa. Tiene que tener profesores suficientes para dar cabida a los niveles adecuados de la interacción estudiante- docente, estudiante asesorado y aconsejado, las actividades de servicios universitarios, profesionales de desarrollo, y las interacciones con los profesionales-industriales y empleadores-estudiantes.

El cuerpo docente del programa debe tener las calificaciones adecuadas y debe tener y demostrar suficiente autoridad para garantizar la orientación adecuada del

programa y para desarrollar e implementar procesos para la valoración, evaluación y mejora continua del programa, sus objetivos educativos y resultados. La competencia general de la facultad puede ser juzgada por factores tales como la educación, la diversidad de antecedentes, experiencia de ingeniería, eficacia de la enseñanza y la experiencia, la capacidad de comunicarse, entusiasmo por el desarrollo de programas más eficaces, nivel de escolaridad, la participación en sociedades profesionales y licencias como ingenieros profesionales.

Criterio 7. Comodidades

Salones de clase, oficinas, laboratorios y equipos asociados deben ser adecuados para apoyar el logro de los resultados de los estudiantes y proporcionar un ambiente propicio para el aprendizaje. Las herramientas modernas, equipos, recursos informáticos y laboratorios adecuados para el programa deben estar disponibles, accesibles y en mantenimiento sistemático, actualizado para que los estudiantes alcancen los resultados de los graduados y puedan apoyar las necesidades del programa. Los estudiantes deben proporcionar la orientación adecuada respecto al uso de las herramientas, equipo, los recursos informáticos, y los laboratorios disponibles para el programa.

Los servicios de la biblioteca y de la infraestructura informática y de información deben ser adecuadas para apoyar las actividades académicas y profesionales de los estudiantes y la facultad.

Criterio 8. Apoyo Institucional

El apoyo institucional y el liderazgo deben ser adecuados para garantizar la calidad y continuidad del programa. Los recursos incluyen los servicios institucionales, el apoyo financiero y de personal (tanto administrativa como técnica), siempre que sea suficiente para satisfacer las necesidades del programa.

Los recursos disponibles para el programa debe ser suficiente para atraer, retener y disponer la continuidad del desarrollo profesional de un cuerpo docente calificado.

Los recursos disponibles para el programa deben ser suficientes para adquirir, mantener, y operar infraestructuras, instalaciones y equipos adecuados para el programa, y para proporcionar un entorno en el que los resultados del estudiante se puedan lograr.

ANEXO 5

Materias de las Universidades
Acreditadas por ABET.

UNIVERSIDAD	# materias de Calculo	nombre de la materia	Creditos
Colorado school of mines	4	calculo 1, 2, 3, ecuaciones diferenciales	12
ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	4	Matematicas 1, 2, Ecuaciones diferenciales, metodos numericos	14
KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	6	matematicas 1, 2, Calculo 1,2,3, ecuaciones diferenciales	22
KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	4	Calculo diferencial, integral, algebra y geometria analitica, calculo para ingenieros, ecuaciones diferenciales	12
KUWAIT UNIVERSITY	6	Calculo 1, 2,3, algebra lineal, ecuaciones diferenciales, metodos numericos en ingenieria de petroleos	17
LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	3	Geometria analitica y calculo 1, geometria analitica y calculo2, ecuaciones diferenciales	12
MARIETTA COLLEGE	4	matematicas 1, 2, 3, 4	12
Middle East Technical University	3	Calculo con Geometria analitica, Calculos para funcion de variables complejas, Matematicas para ingenieros, ecuaciones diferenciales	17
Missouri University of science and technology	5	Calculos para ingenieros I, Calculo analitico, Geometria II, Ecuaciones diferenciales, Calculo para ingenieros II	15
Montana Tech of University of Montana	5	Calculos I, Calculos II, calculos de variables multiples, Introduccion al calculo de ingenieria, Ecuaciones diferenciales	13
NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	4	Matematicas 1,2,3 ecuaciones diferenciales	15
PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	4	calculo1 con Geometria analitica, calculo2 con geometria analitica, calculo con analisis vectorial, ecuaciones diferenciales	15
TEXAS A&M University	4	Matematicas I, Matematicas II, Matematicas III, Ecuaciones diferenciales, Metodos numericos	17
Texas A&M University at Qatar	4	Matematicas I, Matematicas II, Matematicas III, Ecuaciones diferenciales, Metodos numericos	17
TEXAS TECH UNIVERSITY	4	Calculo 1, 2, 3, matematicas superiores para ingenieros	12
THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	4	Calculo 1, 2, 3, ecuaciones diferenciales	15
THE UNIVERSITY OF KANSAS	4	Calculo 1, 2 algebra lineal, ecuaciones diferenciales	15
The University of Tulsa	4	Calculo 1, 2, 3, ecuaciones diferenciales	15
UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	4	Calculo 1, 2, 3, ecuaciones diferenciales	15
UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	5	Matematicas 1, 2, 3, 4, 5	17
UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	3	Calculo 1, 2, ecuaciones diferenciales	11
UNIVERSITY OF OKLAHOMA	5	Calculo y geometria analitica 1, 2, 3, 4, ecuaciones diferenciales	15
UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	3	Calculo 1, 2, ecuaciones diferenciales	9
UNIVERSITY OF WYOMING	4	Calculo 1, 2, 3, ecuaciones diferenciales	15
WEST VIRGINIA UNIVERSITY	3	Calculo 1, 2, ecuaciones diferenciales	11
Surcolombiana	6	Diferencial, integral, vectorial, algebra lineal, ecuaciones, especiales, metodos numericos	22

#	UNIVERSIDAD	# materias de Física	nombre de la materia	Creditos
1	Colorado school of mines	3	fisica1, 2, estatica	9
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	2	Fisica1, 2,	6
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	3	Fisica de la ciencia, fisica gral1, 2	10
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	2	fisica 1, 2,	8
5	KUWAIT UNIVERSITY	3	fisica 1, 2, estatica	9
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	4	fisica gral, fisica gral 2, dinamica y vibraciones, dinamica	12
7	MARIETTA COLLEGE	2	fisica1,2	6
8	Middle East Technical University	2	Fisica General I, Fisica General II,	8
9	Missouri University of science and technology	3	Ing.Fisica I,Estatica,Ing.Fisica II,Dinamica	13
10	Montana Tech of University of Montana	4	Fisica Mecanica,Fisica General II,Laboratorio de Fisica General II,Estatica y Dinamica,Fisica	13
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	3	Fisica1 , fisica 2 laboratorio de fisica	9
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	4	fisica mecanica, fisica electrica y magnetismo, fisica de flujo termica, dinamica	13
13	Texas A&M University	3	Fisica Mecanica,Fisica estatica,Fisica II	11
14	Texas A&M University at Qatar	3	Fisica Mecanica,Fisica estatica,Fisica II	11
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	3	fisica 1, 2, estatica	11
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	2	Fisica mecanica, fisica electromagnetica	8
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	4	Fisica gral 1, lab de fisica 1, fisica gral 2, estatica	10
18	The University of Tulsa	4	Fisica 1, lab de fisica 1, fisica 2, estatica	10
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	3	Fisica 1, fisica 2, estatica	9
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	2	Fisica 1, 2	6
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	3	fisica general 1, fisica general 2, estatica	11
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	2	Fisica general para ingenieros, estatica y dinamica	7
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	5	fisica mecanica, lab fisica 1, fisica 2, lab fisica electromagnetica, estatica	11
24	UNIVERSITY OF WYOMING	1	Fisica	4
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	3	Fisica 1, fisica 2, estatica	11
26	Surcolombiana	4	Fisica mecanica, elctromagnetica, estatica, dinamica	14

UNIVERSIDAD	# materias de quimica	nombre de la materia	Creditos
Colorado school of mines	3	Quimica, 2,termodinamica	9
ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	4	quimica gral 1, quimica gral 2, termodinamica, fisico quimica	12
KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	2	quimica gral 1, termodinamica1,	7
KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	4	quimica gral1, fisicoquimica, ingenieria quimica y termodinamica 1, 2	11
KUWAIT UNIVERSITY	2	quimica general 1, ingenieria termodinamica,	6
LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	4	Quimica general 1 , 2 laboratorio de quimica, termodinamica,	11
MARIETTA COLLEGE	3	Quimica general 1 , quimica 2, termodinamica	9
Middle East Technical University	3	Quimica I,Quimica II, Termodinaca I	12
Missouri University of science and technology	2	Quimica general,Laboratorio de quimica general	5
Montana Tech of University of Montana	5	Quimica I,Laboratorio de Quimica,Quimica II,Petroleo de fluidos y Termodinamica,Termodinamica aplicada	13
NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	3	Quimica 1 , quimica 2, laboratorio de qca	7
PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	3	quimica experimental, principios de quimica, termodinamica en ingenieria	9
Texas A&M University	2	Quimica,Laboratorio de Quimica	4
Texas A&M University at Qatar	2	Quimica,Laboratorio de Quimica	4
TEXAS TECH UNIVERSITY	3	Quimica general 1 , laboratorio de quimica, termodinamica,	7
THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	3	Quimica general 1, quimica gral 2, introduccion a la termodinamica de ingenieria	12
THE UNIVERSITY OF KANSAS	3	Fundamentos de quimica 1, fundamentos de quimica 2, basica termodinamica para ingenieria	13
The University of Tulsa	3	Quimica general, lab de quimica, termodinamica	8
UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	3	Quimica organica, ingenieria quimica para mecanica de fluidos, termodinamica	11
UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	3	Quimica general 1, quimica general 2, aseguramiento de flujo en ing de petro (termodinamica)	9
UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	3	Quimica general 1, quimica general 2, termodinamica	9
UNIVERSITY OF OKLAHOMA	3	Quimica 1, quimica 2, termodinamica	13
UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	4	Quimica 1, quimica 2, termodinamica, fisicoquimica	14
UNIVERSITY OF WYOMING	5	Quimica general 1, quimica general 2, termodinamica 1, termodinamica multicomponente, introduccion a la quimica organica	18
WEST VIRGINIA UNIVERSITY	3	Fundamentos de quimica 1, fundamentos de quimica 2, termodinamica	11
Surcolombiana	5	Quimica gral, quimica gral 2, termodinamica fisicoquimica, estquiometria	17

#	UNIVERSIDAD	# materias de Geologia	nombre de la materia	Creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	2	Geologia gral, geologia del petroleo y gas natural	6
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	3	fisica de la gologia, registro de pozos, geologia regional	10
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	5	Propiedades de la roca, principios de geologia, principios de la geologia del petroleo, exploracion de ing de petroleos, registro de pozo	13
5	KUWAIT UNIVERSITY	3	Fisica de la geologia, geologia del petroleo, registro de pozo	9
8	Middle East Technical University	3	Geologia gral, Geologia del petroleo, Registro de pozos	10
14	Texas A&M University at Qatar	2	Fisica de la Geologia, Geologia del petroleo	7
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	4	Introduccion a geologia y geofisica, geologia del medio este, petrologia sedimentaria, registro de pozo	13
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	4	Geofisica, Geologia de yacimientos, resgistro de pozo, analisis de datos de yacimiento	12
1	Colorado school of mines	4	geologia gral, geologia estructural, registro de pozos, geoestadistica	12
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	6	fisica de geologia gral, laboratorio de geologia gral, geologia gral, registro de pozos, electiva en geologia, ing de petroleos y geologia de superficie	16
7	MARIETTA COLLEGE	4	geologia, geologia estructural, geologia del petroleo, registro de pozos	12
9	Missouri University of science and technology	6	Geologia estructural, Fisica de la geologia, Geologia estatigrafica y sedimentologia, Registro de pozos, Metodos de estatica en geologia.	15
10	Montana Tech of University of Montana	3	Fisica de la Geologia, Registro de pozos, Sedimentologia del petroleo	9
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	2	Geologia general, registro de pozo	6
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	3	geologia fisica, geologia del petroleo y gas, geologia de evaluacion de los recursos	9
13	TEXAS A&M UNIVERSITY	2	Fisica de la Geologia, Geologia del petroleo	7
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	3	Geofisica, geologia de hidrocarburos, geologia estructural	9
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	5	Introduccion a geologia, fundamentos de lab de geologia, petroleos y geologia de superficie, registro de pozo, sedimentologia y procesos de superficie	15
18	The University of Tulsa	5	Geofisica, lab de geofisica, procesos sedimentarios, Geologia, geologia del petroleo	13
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	3	Registro de pozo, Sedimentologia y geologia estructural, geologia del petroleo	9
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	2	Geofisica, geologia estructural	7
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	4	Geofisica, geologia estructural y estatigrafia, introduccion a la geologia del petroleo y geofisica, evaluacion de formaciones con registro de pozo	13
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	6	introduccion a geologia, geofisica, sedimentologia, geomecanica, geoestadistica, registro de pozo	16
24	UNIVERSITY OF WYOMING	2	geologia del petroleo, interpretacion de registro de pozos	6
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	3	Geologia planeta tierra, geologia estructural para ingenieros, geologia del petroleo	9
26	Surcolombiana	4	Geologia gral, estructural, sedimentologia, registro de pozos	12

#	UNIVERSIDAD	# materias de Perforacion	nombre de la materia	Creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	2	Ing. De perforacion direccional, laboratorio de perforacion	6
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	3	Ing. De perforacion, completamiento, ing de perforacion direccional,	9
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	2	ingenieria de perforacion, laboratorio de perfo, topicos especiales en ingenieria de perforacion	9
5	KUWAIT UNIVERSITY	3	perforacion de pozos petroleros y completamiento, laboratorio de cementacion y lodos , diseño de pozos	9
8	Middle East Technical University	2	Ing . De perforacion y completamiento ,Ing. De perforacion direccional	7
14	Texas A&M University at Qatar	2	Ing.Peroracion,Sistemas de Perforacion (direccional)	5
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	4	Ingenieria de perforacion 1, lecturas de ingenieria de perforacion 2, laboratorio de perforacion 2, completamiento y workover	9
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	2	Ingenieria de perforacion direccional, ingenieria de perforacion y completamiento	8
1	Colorado school of mines	2	perforacion, completamiento	6
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	3	ingenieria de perforacion, laboratorio de perfo, prevencion de amagos de reventon de petroleo y gas	7
7	MARIETTA COLLEGE	4	perforacion y completamiento, diseño de casing, ingenieria de perforacion, laboratorio de fluidos de perforacion	12
9	Missouri University of science and technology	1	Perforacion y diseño de pozos	3
10	Montana Tech of University of Montana	2	Ing.Perforacion,Laboratorio de perforacion de fluidos	4

#	UNIVERSIDAD	# materias de Perforacion	nombre de la materia	Creditos
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	6	Ingenieria de perforacion, laboratorio de lodos, perforacion avanzada, opletamiento de pozo, perforacion direccional, balance de perforacion y completamiento	16
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	2	perforacion de diseño, lab de perforacion	4
13	Texas A&M University	2	Ing.Peroracion,Sistemas de Perforacion	5
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	1	Ingenieria de perforacion	4
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	3	Introduccion a ingenieria de perforacion, lab de fluidos de perforacion, perforacion y completamiento de pozos	6
18	The University of Tulsa	3	Ingenieria de perforacion 1, completamiento de pozos, ingenieria de perforacion 2	9
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	6	Fundamentos de las parcticas de perforacion, lab de fluidos de perforacion, ingenieria de perforacion, completamiento de pozo y diseño de estimulacion, optimizacion de perforacion, pozos horizontales	14
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	5	Perforaciom , lab de fluidos de perforacion, ingenieria de perforacion, lab de ing de perfo., terminacion de pozos	11
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	3	Perforacion y completamiento, perforacion y completamiento 2, laboratorio de perforacion y produccion	7
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	1	perforacion	3
24	UNIVERSITY OF WYOMING	2	Ingenieria basica de perforacion, fluidos de perforacion	5
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	2	Ingenieria de perforacion, laboratorio de fluidos de perforacion	5
26	Surcolombiana	3	Perforacion, fluidos de completamiento, completamiento y estimulacion	9

#	UNIVERSIDAD	# materias de Yacimientos	nombre de la materia	Creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	2	Ingenieria de yacimientos, EOR	6
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	5	propiedades de los fluidos de yto, ingenieria de yacimientos, descripcion yacimiento, pruebas de presiones, simulacion de yacimientos	15
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	5	propiedades de los fluidos del yacimiento, propiedades de la roca del yacimiento y flujo de fluidos, recobro, analisis de presiones, topicos especiales en ing de yacimientos	14
5	KUWAIT UNIVERSITY	6	propiedades de yacimientos, laboratorio PVT, comportamiento de fases de fluidos de yacimiento, recobro secundario, pruebas de presion, simulacion de pozos	18
8	Middle East Technical University	3	Propiedades de los fluidos de yacimientos, Ing. de yacimientos I, Ing. De yacimientos II,	10
14	Texas A&M University at Qatar	4	Yacimientos I, Simulacion de yacimientos, Modelamiento de yacimientos, Yacimientos II	13
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	7	Propiedades de las rocas de yto, lab de propiedades, caracterizacion de yto, yacimientos 1, yacimientos 2, simulacion de yacimientos, analisis de presiones	18
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	7	Propiedades de rocas de yto, propiedades de fluidos de yto, metodos de recobro secundario, evaluacion de las propiedades de petroleo, analisis de presiones, EOR, simulacion de yacimientos	21
1	Colorado school of mines	6	Propiedades de los fluidos de roca, laboratoris de PVT, yacimientos 1, yacimientos 2, pruebas de presiones, simulacion de yacimientos	17
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	5	propiedades de los fluidos de ytos, labo de propiedades, dinamica de yacimientos, laboratorio de ytos, simulacion numerica y recobro IOR de ytos	11
7	MARIETTA COLLEGE	4	Ingenieria de yacimientos, EOR, prubeas de presion, comportamiento de fases	9
9	Missouri University of science and technology	4	Analisis de presiones, Analisis de presiones avanzadas, Ing. de yacimientos, Laboratorio de Ing. De yacimientos.	10
10	Montana Tech of University of Montana	5	Ing. de yacimientos, Caracterizacion de yacimiento, Simulacion de yacimientos, Propiedades petrofisicas de la roca, Recobro	15

#	UNIVERSIDAD	# materias de Yacimientos	nombre de la materia	Creditos
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	8	Fluidos de petroleo, ingenieria de yacimientos, lab ing de ytos, ng de ytos 2, analisis de presiones, simulacion numerica, manejo de ytos, descripcion de ytos,	19
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY		propiedades de los fluido de la roca del yto, lab de propiedades, analisis de yto y recobro secundario, modelacion de ytos, diseño de ingenieria de ytos.	13
13	Texas A&M University	4	Yacimientos I ,Simulacion de yacimientos,Modelamiento de yacimientos,Yacimientos II	13
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	4	Propiedades de rocas de yto, proiedades de fluidos de yto, ingenieria de ytos, evaluacion de propiedades del petroleo	13
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	4	Ingenieria de yacimientos 1, 2, recobro secundario, EOR	15
18	The University of Tulsa	5	Propiedades de las rocas de yacimiento, propiedades de los fluidos de yacimiento, Lab de propiedades, ingenieria de yacimientos, ing de ytos 2	16
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	11	propiedades de los fluidos y rocas de yto, lab. De propiedades, caracterizacion de yacimiento, ingenieria de yacimiento, analisis de presiones, simulacion de yacimiento, ing de yto avanzada, water flooding, EOR, comportamiento de fase avanzada, flujo de fluidos en medios porosos	31
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	6	Comportamiento de fases, flujo de fluidos en yacimientos, lab de ytos, ingenieria de ytos, lab de ing de ytos, recobro	14
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	5	Propiedades de rocas de yacimiento, lab de propiedades, fluidos de yacimientos de petroleo, fundamentos de ingenieria de yacimientos, lab de fluidos mecanicos del yto	11
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	3	yacimientos 1, 2, simulacion de yacimientos	9
24	UNIVERSITY OF WYOMING	4	Laboratorio de roca y fluidos, mecanica de yacimientos, termodinamica de multicomponentes, analisis de presiones	11
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	4	propiedades de los fluidos y comportamiento de fase, elementos de ingenieria de ytos de petroleos, aplicaciones de ingenieria de yacimientos de petroleo, evaluacion de las propiedades de gas y petroleo	12
26	Surcolombiana	6	Propiedades de los fluidos, Ing. de yacimientos, analisis de nucleos, analisis de presiones, recobro, simulacion	18

#	UNIVERSIDAD	# materias de Ing de gas	nombre de la materia	Creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	2	Introudccion a ing de gas y petroleos, laboratorioa de petroleos y gas natural	6
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	1	Ingenieria de gas natural	3
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	3	ingenieria de gas natural, ingenieria de reservas del subsuela de gas natural, transporte y almacenamiento de gas natural	8
5	KUWAIT UNIVERSITY	1	INGENIERIA DE YACIMIENTOS DE GAS NATURAL,	3
8	Middle East Technical University	1	Ing.De gas natural	3
14	Texas A&M University at Qatar	0		
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	0		
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	1	Ingenieria de gas natural	3
1	Colorado school of mines	0		
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	0		
7	MARIETTA COLLEGE	1	Ingenieria de gas	3
9	Missouri University of science and technology	0		
10	Montana Tech of University of Montana	2	Ing.De gas natural,Laboratorio de gas natural	4
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	1	ingenieria de gas	3
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	0		
13	Texas A&M University	0		
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	1	Ingenieria de gas	3
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	0		
18	The University of Tulsa	1	Ingenieria de gas natural	3
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	2	ingenieria de gas natural, procesos de gas natural e ingenieria	5
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	1	ingenieria de gas natural	3
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	0		
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	0		
24	UNIVERSITY OF WYOMING	0		
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	1	Ingenieria de gas natural	3
26	Surcolombiana	1	Ingenieria de gas	3

#	UNIVERSIDAD	# materias de Produccion	nombre de la materia	Creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	1	Ingenieria de produccion	3
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	1	Ingenieria de produccion	3
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	4	Produccion de pozos de flujo natural, levantamiento artificial, laboratorio de ingenieria de produccion, topicos especiales en ingenieria de produccion	10
5	KUWAIT UNIVERSITY	2	Ingenieria de produccion , diseño de equipos de produccion	6
8	Middle East Technical University	2	Ingenieria de produccion I, Ingenieria de produccion II	6
14	Texas A&M University at Qatar	1	Ing.de produccion	3
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	2	facilidades de produccion, sistemas de sieño en produccion y analisis	6
19	Colorado school of mines	1	produccion 1	3
1	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	2	operaciones en campos petroleros, produccion,	4
6	MARIETTA COLLEGE	2	ingenieria de sistemas de produccion 1, ing de sistemas de produccion 2	6
7	Missouri University of science and technology	0		
9	Montana Tech of University of Montana	2	Ing.de produccion, Laboratorio de Ing.de produccion	4
10	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	3	ingenieria de produccion, lab de in de produccion, interacciones de fluidos en superficie,	7
11	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	3	ingenieria de procesos de produccion, lab de ingenieria de produccion, diseño de ingenieria de petroleos en superficie	7

#	UNIVERSIDAD	# materias de Produccion	nombre de la materia	Creditos
12	Texas A&M University	1	Ing.de produccion	3
13	TEXAS TECH UNIVERSITY	1	Metodos de produccion	3
15	THE UNIVERSITY OF KANSAS	2	Produccion de petroleo, Diseño en superficie	6
17	The University of Tulsa	3	Ingenieria de produccion 1, lab de produccion, ingenieria de produccion 2	8
18	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	3	Operaciones de produccion de petroleo, separacion y tratamiento de fluidos de petroleo, almanenamiento y transporte de petroleo	9
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	4	Introduccion a produccion de petroleo, ingenieria de produccion, ingenieria de produccion avanzada, flujo de fluidos en tuberia	10
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	2	Ingenieria de produccion, lab de produccion	4
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	2	Ingenieria de produccion de subsuelo, ingenieria de produccion de superficie	6
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	1	produccion	3
24	UNIVERSITY OF WYOMING	2	Ingenieria de produccion, operzaciones del pozo	6
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	1	Ingenieria de produccion	3
26	Surcolombiana	3	Crudos, manejo de produccion y metodos de produccion	9

#	UNIVERSIDAD	# materias de Fundamento admon y economia	nombre de la materia	Creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	1	economia del petroleo y gas natural	3
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	1	economia del petroleo	3
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	1	economia y legislaciones en ing de petroelos y gas natural	2
5	KUWAIT UNIVERSITY	1	economia de la ingenieria	3
8	Middle East Technical University	0		
14	Texas A&M University at Qatar	0		
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	2	principios de la economia, economia de los proyectos de petroleo	6
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	0		
1	Colorado school of mines	1	economia y evaluacion	2
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	2	principios de la economia, aspectos economicos de la produccion de petroleo	6
7	MARIETTA COLLEGE	1	analisis economica y metodos de decision	3
9	Missouri University of science and technology	2	Principios de economia, Economia del petroleo	6
10	Montana Tech of University of Montana	1	Analisis de la economia de ingenieria	3
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	1	economia de ingenieria	3

#	UNIVERSIDAD	# materias de Fundamento admon y economia	nombre de la materia	Creditos
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	1	analisis de microeconomia	3
13	Texas A&M University	0		
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	1	Analisis economico de la ingenieria	3
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	1	Evaluacion economica de proyectos	2
18	The University of Tulsa	1	economia del petroleo	2
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	2	Evaluacion del petroleo y desiciones economicas, economia avanzada para analisis de petroleo	6
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	2	fundamentos de economia, economia industrial y financiera	6
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	1	principios de economia	3
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	1	economia de recursos	3
24	UNIVERSITY OF WYOMING	1	economia del petroleo	3
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	2	microeconomia, macroeconomia	6
26	Surcolombiana	4	Fundamentos de economia, fundamentos de administracion, electiva en economia, electiva en admon.	10

#	UNIVERSIDAD	# materias de parctica	nombre de la materia	Creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	0		0
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	1	summer training	0
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	1	Trainning	0
5	KUWAIT UNIVERSITY	1	industrial training	3
8	Middle East Technical University	2	Summer Practice I, Summer practice II	0
14	Texas A&M University at Qatar	1	Summer Practice	
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	1	Petroleum engineer Internship	3
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	1	Industrail training	0
1	Colorado school of mines	2	Field session 1 , fields session2	0
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	0		0
7	MARIETTA COLLEGE	0		0
9	Missouri University of science and technology	0		0
10	Montana Tech of University of Montana	0		0
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	0		0
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	0		0
13	Texas A&M University	1	Summer Practice	0
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	1	Petroleum field trip	1
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	0		0
18	The University of Tulsa	0		0
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	1	petroleum engineering internship	1
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	0		0
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	1	petroleum engineering practice (internship)	2
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	0		0
24	UNIVERSITY OF WYOMING	0		0
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	1	summer practices	0
26	Surcolombiana	0		0

#	Universidad	# Capstone	Nombre de la materia	# creditos
2	ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY (ITU)	1	senior thesis	3
3	KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM	1	Senior proj design	3
4	KING SAUD UNIVERSITY (KSU)	2	capstone design project 1, capstone design project 2	5
5	KUWAIT UNIVERSITY	1	Petroleum Engineering Design	3
8	Middle East Technical University	2	Petro. Enge design 1, Petro. Enge design 2	5
14	Texas A&M University at Qatar	0		0
16	THE PETROLEUM INSTITUTE - UNITED ARAB EMIRATES	2	Petro. Enge design 1, Petro. Enge design 2	4
19	UNITED ARAB EMIRATES UNIVERSITY	2	Graduation Project 1, Graduation Project 2	6
1	Colorado school of mines	1	MULTIDISCIPLINARY PETROLEUM DESIGN	2
6	LOUISIANA STATE UNIVERSITY AND A&M COLLEGE	2	Senior Proj 1, Senior Proj 2	2
7	MARIETTA COLLEGE	1	Senior Capstone Design Seminar	3
9	Missouri University of science and technology	1	Petro. Enge design	3
10	Montana Tech of University of Montana	1	Capstone Petro. Enge design	3
11	NEW MEXICO INSTITUTE OF MINING AND TECHNOLOGY	0		0
12	PENNSYLVANIA STATE UNIVERSITY	1	Capstone Petro. Enge design	1
13	Texas A&M University			
15	TEXAS TECH UNIVERSITY	2	Petro. Enge design 1, Petro. Enge design 2	6
17	THE UNIVERSITY OF KANSAS	1	Petro. Enge design	3
18	The University of Tulsa	1	capstone design 1	3
20	UNIVERSITY OF ALASKA FAIRBANKS	2	Petroleum Project Design 1, Petroleum Project Design 2	3
21	UNIVERSITY OF LOUISIANA AT LAFAYETTE	2	senior desing proje 1, senior desing proje 2	3
22	UNIVERSITY OF OKLAHOMA	1	capstone	3
23	UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN	1	Geosystems Engineering Design and Analysis I	3
24	UNIVERSITY OF WYOMING	2	Petro. Enge design 1, Petro. Enge design 2	7
25	WEST VIRGINIA UNIVERSITY	1	Petro. Enge design	3
26	Surcolombiana	0		0