

13
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**RESPONSABILIDAD DEL INGENIERO PETROLERO
EN UN GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE
CARACTERIZACION INTEGRAL DE YACIMIENTOS
PETROLEROS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO PETROLERO

P R E S E N T A:

MARISOL GARCIA DIAZ



MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-047

SRITA. MARISOL GARCIA DIAZ
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el Ing. Manuel Villamar Viguera y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

RESPONSABILIDAD DEL INGENIERO PETROLERO EN UN GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE CARACTERIZACION INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS

RESUMEN

INTRODUCCION

- I CONCEPTOS BASICOS SOBRE TRABAJO EN EQUIPO**
 - II CONCEPTOS ACTUALES SOBRE CARACTERIZACION INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS**
 - III GRUPO MULTIDISCIPLINARIO PARA CARACTERIZACION DE YACIMIENTOS PETROLEROS**
 - IV PARTICIPACION DEL INGENIERO PETROLERO Y CONOCIMIENTOS REQUERIDOS**
 - V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 5 de julio de 1996
EL DIRECTOR


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLÍS

JMCS*RLR*gtg



UNAM



FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS:

**RESPONSABILIDAD DEL INGENIERO PETROLERO EN UN GRUPO
MULTIDISCIPLINARIO DE CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE
YACIMIENTOS PETROLEROS.**

REALIZADA POR:

NOMBRE: GARCÍA DÍAZ MARISOL No. DE CUENTA: 8825913-6

JURADO DE EXAMEN PROFESIONAL:

PRESIDENTE: ING. MANUEL VILLAMAR VIGUERAS

VOCAL: ING. NÉSTOR MARTÍNEZ ROMERO

SECRETARIO: ING. SALVADOR MACÍAS HERRERA

1er SUPLENTE: ING. NORBERTO DOMÍNGUEZ AGUIRRE

2o SUPLENTE: M.I. RAFAEL RODRÍGUEZ NIETO

Septiembre, 1996.

A mis padres: Jaime García y Rosalba Díaz

Por todo el apoyo y comprensión que a lo largo de mi carrera me han brindado y por todo el incondicional cariño que me proporcionaron, lo cual me sirvió como aliciente.

A mis hermanos, con

mucho cariño:

Myriam

Andrés

Jaime

Myriam

Alma Rosa.

Al Ing. Manuel Villamar Viguera:

Por haberme dirigido el presente trabajo, por ser un gran profesor y además ser un gran amigo.

**A mis profesores a quienes
debo mi formación profesional.**

**A la UNAM y especialmente a la Facultad de
Ingeniería, en la que he logrado alcanzar una de mis más
valiosas metas: mi educación profesional.**

A Gaspar que ha pesar de no encontrarse junto a mi en estos momentos, me ha brindado un gran apoyo moral, para la realización del presente trabajo.:

A todos mis amigos y compañeros, cuyos nombres es imposible enumerar.

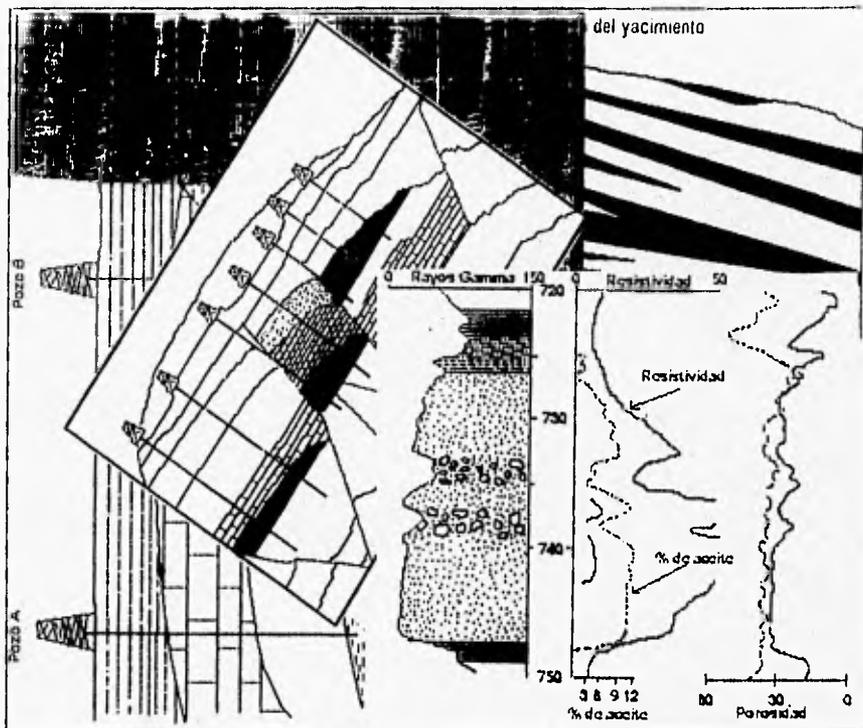
Gracias a todos.

Marisol



RESPONSABILIDAD DEL INGENIERO PETROLERO EN UN GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS.

Marisol García Díaz



Septiembre, 1996.

CONTENIDO

RESUMEN.....	ii
INTRODUCCIÓN.....	iii
1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE TRABAJO EN EQUIPO.....	1
1.1 Equipo de trabajo.....	2
1.2 Trabajo en equipo.....	5
2. CONCEPTOS ACTUALES SOBRE CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS.....	13
2.1 Generalidades.....	13
2.2 Escalas de Caracterización de Yacimientos Petroleros.....	14
2.3 Tipos de Caracterización de Yacimientos Petroleros.....	19
2.4 Objetivo de la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.....	25
3. GRUPO MULTIDISCIPLINARIO PARA CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS.....	27
3.1 Plan de trabajo para un estudio de Caracterización Integral de Yacimientos.....	28
3.2 Información que se requiere para efectuar un estudio de Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.....	47
4. PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO PETROLERO Y CONOCIMIENTOS REQUERIDOS.....	49
4.1 Responsabilidad del Ingeniero Petrolero.....	49
4.2 Plan de estudios actual de la carrera de Ingeniero Petrolero en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.....	54
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.....	75

RESUMEN

En este trabajo se presentan, en forma breve, algunos conceptos básicos sobre equipos de trabajo y se comentan, también brevemente, aspectos importantes respecto a lo que se conoce como trabajo en equipo.

Se describen con detalle las actividades que comprende una Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros y se relacionan a disciplinas y especialidades técnicas, con el fin de seleccionar a los profesionales idóneos para integrar un equipo de trabajo.

Se analiza de manera minuciosa la participación que tiene el Ingeniero Petrolero en tal equipo de trabajo y se define su responsabilidad.

También se hace un análisis de los conocimientos que adquiere un estudiante de Ingeniería Petrolera en la UNAM, respecto a Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.

Se comentan las conclusiones alcanzadas en este trabajo y se hacen algunas recomendaciones al respecto.

INTRODUCCIÓN

El problema de conocer las peculiaridades de los yacimientos petroleros que, además de utilizarlas para particularizarlos y evaluarlos, sirven para fundamentar su apropiada explotación, ha dado origen a una rama de la Ingeniería Petrolera denominada Caracterización de Yacimientos.

Las actividades que comprende tal especialidad técnica tienen como propósito principal obtener información, cualitativa y cuantitativa, de: rasgos, cualidades, propiedades, parámetros o de cualquier otra característica de los yacimientos, que ayude a conocerlos y a predecir su comportamiento bajo diversas alternativas de explotación, con el fin de lograr la extracción óptima de los hidrocarburos.

Un yacimiento petrolero lo forman: la roca y los fluidos que la saturan; por lo tanto, la caracterización se efectúa a ambos componentes, tanto en forma independiente como combinada, es decir, se determinan por separado las características de la roca, de los hidrocarburos, del agua y también las del sistema roca-fluidos.

Las rocas o formaciones almacenadoras de hidrocarburos tienen amplia variación litológica: desde formaciones con litología simple (arenas limpias con porosidad primaria) hasta formaciones con litología compleja (carbonatos con sistema de doble porosidad-doble permeabilidad). Algo similar se presenta en los hidrocarburos: desde mezclas relativamente simples (gases) hasta mezclas muy complejas (aceites volátiles o sistemas de gas y condensado).

Con lo anterior, se deduce que la Caracterización de Yacimientos Petroleros comprende el estudio de elementos muy diferentes, con amplio rango de complejidad, por lo que los trabajos que se realizan presentan muy variado grado de dificultad.

La tecnología petrolera avanza en forma muy acelerada; constantemente se desarrollan métodos y procedimientos, algunos incluyen diseño de equipos, para dar mejor solución a los problemas que se presentan en la explotación de hidrocarburos. Muchos de estos desarrollos tecnológicos requieren de sistemas computacionales.

Con el fin de llevar a cabo caracterizaciones, completas y confiables, de yacimientos petroleros que tomen en cuenta los conceptos y desarrollos tecnológicos modernos, actualmente se forman equipos multidisciplinarios de trabajo para realizar Caracterizaciones Integrales de Yacimientos Petroieros.

El Ingeniero Petrolero forma parte de esos equipos de trabajo; tiene actividades y responsabilidades bien definidas, por lo que requiere ser un profesional experimentado en varias especialidades, para que su participación sea adecuada. La formación académica del Ingeniero Petrolero es básica para que pueda desempeñarse bien en un grupo multidisciplinario de Caracterización Integral de Yacimientos, desde el momento de terminar sus estudios profesionales.

Estos diversos aspectos se tratan en esta tesis con el fin de cooperar un poco en la formación escolar del Ingeniero Petrolero.

LISTA DE FIGURAS

Figuras:	Página:
1.1 Condiciones requeridas para un buen equipo de trabajo.....	7
2.1 Escalas de Caracterización de Yacimientos:	
1) Megascópica, 2) Macroscópica, 3) Mesoscópica y 4) Microscópica.....	14
2.2 Ejemplo de trabajo a escala megascópica.	
(Plano de Isopacas de un Yacimiento).....	15
2.3 Ejemplo de trabajo a escala macroscópica.	
(Continuidad de las formaciones).....	16
2.4 Ejemplo de caracterización a escala mesoscópica.	
(Variación vertical de litología y porosidad).....	17
2.5 Ejemplo de caracterización microscópica.	
(Distribución de fluidos en los poros, tamaño y geometría de granos y poros)...	18
2.6 Ejemplo de caracterización geológica.....	20
2.7 Ejemplo de caracterización sísmica.....	21
2.8 Ejemplo de caracterización petrofísica.....	22
2.9 Ejemplo de caracterización de hidrocarburos.	
Bo, Factor de volumen del aceite, (m^3/m^3);	
Rs, Solubilidad del gas, (ft^3/bl);	
μ_o , viscosidad del aceite, (cp).....	22
2.10 Ejemplo de caracterización geoquímica.....	23
2.11 Ejemplo de caracterización del agua del yacimiento.....	24
2.12 Ejemplo de caracterización del sistema roca-fluidos.....	25

LISTA DE TABLAS

Tabla:	Página:
Tabla 1.1 Características de los 2 tipos básicos de equipos de trabajo.....	2
Tabla 1.2 Diferencias entre grupos y equipos de trabajo.....	3
Tabla 1.3 Diferencias entre un líder y un jefe.....	9
Tabla 1.4 Diferencias entre las funciones de un líder y un jefe.....	10
Tabla 1.5 Diferencias entre los estilos de liderazgo en las reuniones.....	11
Tabla 3.1 Actividades que se realizan en una Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros y profesionales Idóneos para efectuarlas.....	43
Tabla 4.1 Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros Nivel de conocimientos que requiere el Ingeniero Petrolero para las distintas etapas de trabajo.....	54
Tabla 4.2 Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros Comparación entre los conocimientos que requiere el Ingeniero Petrolero y los que adquiere en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.....	67

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE TRABAJO EN EQUIPO.^{1,2*}

1.1. Equipo de trabajo.

Los seres humanos siempre se han agrupado para lograr en mayor grado la satisfacción de sus necesidades. Por ser un ente social, el humano se agrupa para realizar, prácticamente todas sus actividades. Los grupos que forma tienen muy diversos objetivos, por lo que algunos no requieren de mucha organización; en cambio, en otros, la organización es fundamental para su funcionamiento correcto. Un ejemplo de este último caso, es un grupo humano que se forme para desarrollar un trabajo en el que se buscan, o requieren, niveles altos de productividad, eficiencia y excelencia.

Actualmente la Industria Petrolera requiere de la formación de equipos humanos de trabajo para optimizar el uso de los recursos y obtener mayores beneficios. Para formar un buen equipo de trabajo es necesario que exista un interés común, lo suficientemente fuerte como para que cada uno de los integrantes lo acepte y quiera apegarse a él.

Un equipo de trabajo es un grupo unificado, cohesivo, de personas, que tienen funciones específicas dentro del grupo y cada una de ellas necesita de los recursos y el apoyo de las demás para realizar su trabajo. Un grupo es una pluralidad de individuos, que se hayan en contacto unos con otros, que tienen en cuenta la existencia de unos y otros y que tienen conciencia de cierto elemento común de importancia. En un equipo de trabajo los integrantes se comparten responsabilidades; con ello aumenta la probabilidad de que el talento, los conocimientos y la experiencia de cada individuo sea aprovechada al máximo.

Existen básicamente dos tipos de equipo de trabajo, cuyos resultados se observan a través de su rendimiento: equipo efectivo y equipo inefectivo. Las características principales de cada uno de estos equipos se pueden observar en la Tabla 1.1.

* Referencias al final

Tabla 1.1 Características de los 2 tipos básicos de equipos de trabajo.

Factores	Equipo Inefectivo	Equipo efectivo o de alto rendimiento
<u>Ambiente</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Tenso. • Aburrimiento, apatía. • Rígido, formalista. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agradable. • Interés y compromiso. • Sin formalismos.
<u>Compromiso</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos poco claros. • No existe compromiso ni aceptación del objetivo común. • Pueden surgir objetivos individuales y personales de algún miembro, sirviéndose del grupo. • Conflictos a menudo por la tarea real del grupo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivos claros y definidos. • Aceptación y compromiso por todos los miembros. • Se satisfacen a la vez, sus propias necesidades.
<u>Comunicación</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Las ideas son ignoradas. • Los miembros hablan con efecto. • No se presta atención. • La discusión es incoherente y no sigue ninguna línea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se atiende lo que dice cada miembro. • La discusión se desarrolla conforme a un plan y procedimiento. • Expresión libre de todas las ideas. • No se emite ningún juicio
<u>Conflicto</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Le temen al conflicto y prefieren mantener un clima aparente de cortesía. • Los dominantes hablan y manipulan a la mayoría. • La minoría se vuelve escéptica. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tratan de ocultar conflictos. • Se estudian las causas y se buscan soluciones. • El grupo trata de resolver el conflicto, más que dominar a los que divergen.
<u>Toma de decisiones</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Es prematura sin considerar posibilidades. • Un subgrupo despliega agresividad tal, que es complacido. • Se guardan resentimientos por las decisiones tomadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se busca el consenso. • Rara vez se apela al voto formal. • Si hay desacuerdo, se manifiesta abiertamente.
<u>Proceso</u>	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso se interrumpe al cambiar de responsable. • El proceso se adapta a los puestos de las personas. • Se conoce sólo la parte correspondiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es ágil. • Hay habilidades múltiples. • Se conoce el proceso global aunque haya expertos en pasos del proceso.

Es muy importante mencionar que existe una gran diferencia entre equipos y grupos de trabajo. En un grupo de trabajo se reúnen varias personas que intercambian e influyen entre sí, con el fin de lograr ciertas metas comunes, en donde todos los integrantes se reconocen como miembros pertenecientes al grupo y rigen su conducta con base en una serie de normas y valores; en cambio, un equipo es aquel conjunto de

personas que unen su esfuerzos en forma coordinada para alcanzar una meta común, los integrantes están completamente comprometidos para desarrollar sus habilidades al máximo y obtener un mejor resultado global. En la Tabla 1.2 se pueden observar algunas diferencias entre un grupo y un equipo de trabajo³.

Tabla 1.2 Diferencias entre grupos y equipos de trabajo.

Grupo	Equipo
<ul style="list-style-type: none">• Liderazgo centralizado.• Prevalece la responsabilidad individual.• El propósito es el mismo que la misión.• El producto del trabajo se enfoca al individuo.• Su efectividad se mide de manera individual.• La gente trabaja para el líder.	<ul style="list-style-type: none">• Liderazgo participativo.• Responsabilidad mutua.• El propósito es la misión del área.• El producto del trabajo es de todos.• Su efectividad se mide colectivamente.• La gente trabaja con el líder.

En los equipos de trabajo los esfuerzos están encauzados hacia la misma misión; muchas veces no se da la armonía en los mismos, entonces se empiezan a formar pequeños grupos, en los cuales el principal interés es lograr sus propios objetivos, perjudicando la labor del equipo.

Un equipo de trabajo tiene una misión específica, que debe ser la razón por la cual el equipo se forma; cada uno de los integrantes debe saber qué es lo que se espera de él y conocer e identificarse con su misión. La finalidad de formar equipos de trabajo es superar la suma de desempeños individuales y obtener mejores resultados en la realización de un trabajo determinado. Debe saberse que el fin de agrupar a las personas es alcanzar una meta y, con ello, se da inicio a un proceso de comunicación que va más allá de los intereses individuales.

Se considera muy importante que cualquier integrante de un equipo conozca para qué se formó su equipo y cuál es el motivo por el que se le incluyó en él; también debe conocer cuáles son los objetivos a lograr. Cada individuo de un equipo debe saber qué elementos lo constituyen; debe saber que el equipo es un conjunto de personas que tienden a identificarse con relación al objetivo que persiguen, que la meta común del equipo debe ser conocida por todos y cada uno de los integrantes, que el equipo debe desarrollar un plan que los lleve a alcanzar su meta, plan que debe ser realizado con el mayor esfuerzo de los integrantes, quienes deben propiciar un clima o ambiente de trabajo que favorezca y facilite el alcance de tal meta.

En un equipo de trabajo debe haber responsabilidad en cada miembro; para ello es necesario que conozca cuál es el objetivo que persigue, cuál es la meta precisa de su equipo, cuál es el plan preparado para alcanzarla y qué ambiente o clima de trabajo se ha determinado para la realización de sus miembros. Cuando algún integrante del equipo desconoce algo de lo anterior, se corre el riesgo de que se vuelva individualista y no se pueda lograr un trabajo coordinado. En cambio, un miembro del equipo que conoce y acepta su responsabilidad de participación, toma una actitud dinámica, con lo que se convierte en un miembro activo y coordinado, aprovechando todos sus esfuerzos para el bien del equipo.

Un equipo de trabajo funciona bien, siempre y cuando cada miembro cumpla con los siguientes aspectos:

- Conocer lo que se lleva a cabo y dar a conocer lo que se está haciendo.
- Conocer metas y objetivos.
- Estar de acuerdo con los propósitos del proyecto.
- Tener amplio criterio para tratar adecuadamente a cada miembro del equipo.
- Conocer de las diferentes disciplinas que integran el equipo.

Actualmente, los equipos de trabajo deben ser facilitadores, es decir, que en el equipo se dé oportunidad a los integrantes de acuerdo a sus conocimientos y al tipo de trabajo asignado.

Siempre que se comienza a trabajar en equipo, se tiene el caso de que los intereses personales son más importantes que el interés del grupo; esto siempre se va a presentar mientras no se entienda claramente que el equipo tiene un bien común, el cual facilita y ayuda a la realización personal de los miembros, en cuanto a la meta que persigue. Cuando el equipo alcanza a comprender lo anterior, llega el momento en que todos están de acuerdo para efectuar el trabajo, ya que mientras más efectivo sea este, las posibilidades de realización personal son mayores.

Es muy importante que dentro del equipo se cuente con normas o reglas, que van a permitir tomar acuerdos para que el equipo funcione correctamente. Un factor muy importante para que un equipo alcance su objetivo es la organización, sin la cual toda actividad que se realice no tiene el cauce necesario para que los esfuerzos se dirijan

hacia el mismo objetivo. Otro de los factores importantes para que los equipos funcionen bien es la motivación, ya que sin ella, el equipo corre el riesgo de debilitarse y perder fuerza, antes de que el objetivo sea alcanzado.

Entre las características más importantes que tienen los integrantes de un buen equipo de trabajo se cuentan las siguientes:

- Lealtad hacia el grupo.
- Buen desempeño de sus actividades.
- Identificación con los objetivos.
- Integración de los miembros.
- Colaboración.
- Motivación.
- Influencia sobre las decisiones.

1.2. Trabajo en equipo.

El trabajo en equipo es aquel realizado por la integración de varias disciplinas, con la participación de cada uno de los integrantes.

El trabajo en equipo trae consigo grandes beneficios, entre los que se pueden señalar los siguientes² :

- **Administración de situaciones complejas.** Al unir los esfuerzos y los recursos del grupo, se da la posibilidad de administrar creativamente situaciones complejas.
- **Respuesta rápida a problemas presentados.**
- **Alta motivación.** El equipo alimenta la necesidad del individuo de tener significación personal y los procesos del grupo fomentan la actividad y el logro.
- **Decisiones de alta calidad.** Los equipos maduros son capaces de tomar decisiones mejores que las que puede tomar el individuo más brillante. Las decisiones pasan por un proceso de involucramiento de diferentes puntos de vista y una evaluación más compleja.
- **Fuerza colectiva.** Los individuos frecuentemente sienten que es muy difícil lograr una influencia e impacto en la organización. Cuando se trabaja en equipo la perspectiva cambia y, juntos, se van logrando mayores cambios.

El trabajo en equipo tiene dos dimensiones : el trabajo y el efecto social. Si alguna de ellas falta, el trabajo en equipo deja de existir. El trabajo se refiere a lo que se tiene que realizar y cómo se va a llevar a cabo. Lo social es en cuanto a las relaciones entre los integrantes y el comportamiento de los mismos. Cuando estas dimensiones funcionan bien, es decir, que el grupo maneje bien sus relaciones y realice las tareas, todo resulta productivo; los integrantes adquieren un sentimiento de pertenencia y compromiso.

Para que un equipo de trabajo funcione en buena forma, es necesario que se tengan las siguientes condiciones (ver Fig. 1.1):

1. Metas comunes.
2. Liderazgo.
3. Participación de todos los miembros.
4. Preservación de la autoestima individual.
5. Comunicaciones abiertas.
6. Poder dentro del grupo para tomar decisiones.
7. Atención tanto al proceso como al contenido.
8. Confianza mutua.
9. Respeto por las diferencias.
10. Resolución constructiva de conflictos.

Metas comunes. En un equipo de trabajo debe haber una razón para que éste permanezca y trabaje unido. Las metas deben estar bien trazadas. Muchas veces las metas se modifican, pero cada integrante debe tener clara cada una de ellas en cualquier momento. Si las metas son muy confusas, existe una mayor probabilidad de que no haya éxito, y esto tendría consecuencias negativas, como: tensiones internas, discusiones y propósitos divergentes.

Se debe saber que una meta importante de un equipo es trabajar todos juntos, al unísono, produciendo lo que un individuo no puede realizar aisladamente.

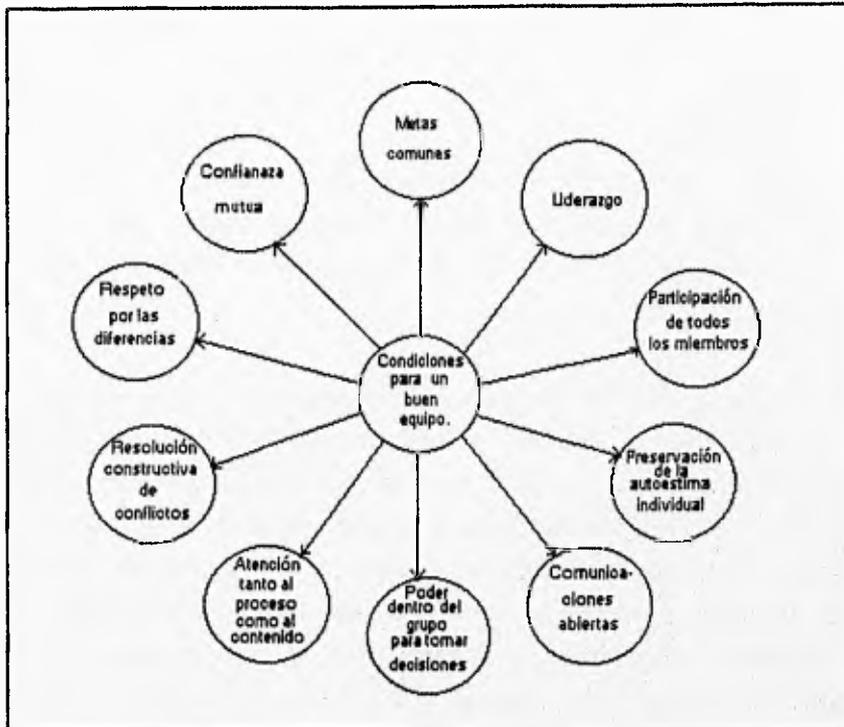


Fig.1.1 Condiciones requeridas para un buen equipo de trabajo.

Las metas deben estar bien definidas para que el grupo funcione y no exista apatía o utilización del equipo para fines personales. Algunas de las metas del trabajo en equipo son :

- Definir la función de cada miembro dentro del equipo.
- Alcanzar conocimiento, lo más claro y completo posible, del trabajo a realizar y del papel que éste juega dentro de la organización.
- Aumentar la comunicación entre los miembros del equipo acerca de los aspectos que afectan la eficiencia en la acción.
- Lograr apoyo mutuo entre los miembros.
- Propiciar una comprensión más clara del proceso que se presenta en un grupo que trabaja hombro con hombro.
- Encontrar caminos efectivos para resolver los problemas inherentes, tanto a la

tarea por realizar como a las relaciones interpersonales.

- Desarrollar la habilidad para manejar el conflicto en forma positiva y no destructiva.
- Lograr mayor colaboración entre los miembros del equipo y reducir la competencia que daña al individuo, al grupo y a la organización.
- Incrementar la habilidad de trabajar con los grupos dentro de la organización.
- Crear un espíritu de equipo, un sentido de pertenencia e interdependencia entre los miembros.

Liderazgo. Es encabezar a la gente para participar en algo o en algún trabajo, aprovechando al máximo la experiencia, conocimientos y habilidades de los individuos y grupos, capitalizando la sinergia y mejorando la forma de realizar el trabajo. La sinergia es aquella acción que integra a los miembros de un equipo de trabajo, mediante la cual los miembros del grupo logran descubrir sus semejanzas y lo que los une. Cuando existen diferencias o conflictos se llegan a ver como fuente de complemento y enriquecimiento, y los conflictos se consideran como un proceso constructivo e integrador. La sinergia implica conductas de colaboración, genera productos que frecuentemente son de mejor calidad tanto del trabajo como de vida en el trabajo.

Un líder es una persona respetada y con suficiente influencia para que la gente lo escuche, para lograr el apoyo de los que tienen dudas y para construir puentes con otro equipo; debe saber cómo usar los procesos grupales para optimizar la participación, la productividad y la satisfacción en el trabajo. Los líderes ayudan a coordinar el trabajo del equipo y son muy buenos comunicadores. En un equipo de trabajo siempre se necesita la presencia de un líder y de miembros que puedan actuar como tales, cuando esto sea necesario. Puede haber una persona que funcione como líder formal o que dentro del equipo se comparta el liderazgo de acuerdo al trabajo que se va a realizar, es decir, se necesita que el equipo esté formado por individuos dispuestos a ser líderes cuando se considere necesario. Un líder debe lograr el éxito integral de su equipo, con la ayuda de su gente logra los objetivos y resultados deseados, los cuales son su principal responsabilidad.

Para ser líder se necesita cumplir con los siguientes compromisos :

- Acción de decidir.
- Compromiso de vivir.
- En el final está la respuesta.
- Aplicar reingeniería humana.
- Hábitos visuales.
- Patrimonio importante : El tiempo.
- Escribir su propia historia.

Es muy importante que en cada equipo de trabajo exista un líder, ya que él debe lograr que los equipos sean más productivos. Siempre debe extraerse lo mejor de cada individuo y saber incorporar las ideas.

En un equipo de trabajo se debe contar con un líder y no con un jefe, el líder debe funcionar como un servidor, una persona que se comprometa con el equipo. En la Tabla 1.3 se muestran las diferencias entre un líder y un jefe dentro de un equipo de trabajo.

Los grupos que cuentan con un líder, pueden cansarse del trabajo pero jamás se fastidian, porque el magnetismo del líder abre ventanas a los ideales que delatan la alegría de trabajar con entusiasmo.

En la actualidad, para que un equipo de trabajo funcione bien, se está cambiando de jefes a líderes facilitadores. En la Tabla 1.4 se muestran algunas diferencias en la funciones de un jefe y un líder.

Tabla 1.3 Diferencias entre un líder y un jefe.⁴

Jefe	Líder
La autoridad es un privilegio de mando.	La autoridad es un privilegio de servicio.
El dice " Aquí mando yo".	El dice "Aquí sirvo yo".
Empuja al grupo.	Siempre va al frente.
Existe por la autoridad.	Existe por buena voluntad.
Cree que es suficiente una investidura de mando.	No se exhibe ante sus súbditos.
Forma a su gusto el grupo que impera.	Sus mejores cartas: No es autoritario, empeño generoso y dinamismo.
Inspira miedo, se le da la vuelta, se le sonríe de frente.	Inspira confianza, inyecta entusiasmo, da poder a su gente.
Se le critica a sus espaldas.	Con su presencia fortalece al grupo.

Tabla 1.3 Continuación...

Sanciona, castiga, reprende.	Corrige, pero comprende; castiga, pero enseña; sabe esperar.
Aparentemente pone las cosas en su lugar, cree arreglar los problemas con gritos e infracciones.	Sabe arreglar las fallas y de paso fortalece al caído.
Asigna deberes, ordena a cada súbdito lo que tiene que hacer	Trabaja con los demás y, como los demás, es congruente con su pensar, decir y hacer.
Hace del trabajo una carga.	Va al frente marcando el paso.
Sabe cómo se hacen las cosas.	Hace del trabajo un privilegio.
Se guarda el secreto del éxito, se toma la molestia de señalar caminos.	Enseña como se hacen las cosas.

Tabla 1.4 Diferencias entre las funciones de un jefe y de un líder.¹

Jefe	Líder
Dar ordenes.	Escuchar.
Vender ideas.	Hacer preguntas.
Dirigir.	Dirigir el proceso grupal.
Decidir.	Aconsejar.
Delegar.	Enseñar.
Resolver problemas.	Obtener consenso.
Fijar objetivos.	Compartir la fijación de objetivos.
Autontario.	Otorgar poder.

En la actualidad, el líder debe tener una mayor y mejor comunicación lateral, ascendente y descendente; es decir, debe saber qué es lo que cada uno de los integrantes de su equipo está haciendo y saber escuchar opiniones y sugerencias.

Participación de todos los miembros. Se necesita la contribución de los integrantes. Cuando hay abstención se generan problemas en el equipo; cada integrante debe dar todos sus conocimientos y no debe haber egoísmo en el grupo; deben saber que con la participación de todos se logra la sinergia.

Preservación de la autoestima individual. No es necesario que por el bienestar del equipo los integrantes pierdan su autoestima. Siempre deben evaluarse las contribuciones de cada miembro, eliminando los favoritismos; se debe alentar a los miembros a conservar su personalidad. En el equipo se debe buscar el incremento de la autoestima de cada quien.

Comunicaciones abiertas. Cuando se realiza un trabajo en equipo siempre debe haber reuniones periódicas, en las cuales se deben dar a conocer los diferentes puntos de vista de cada uno de los miembros; esto sirve para que en el equipo exista

confianza y ayuda a que se compartan experiencias, criterios y costumbres.

Es muy importante que dentro de las reuniones, no sólo sea el líder quien expone su idea, sino que se brinde a cada miembro la oportunidad de exponer sus propias ideas y ya con el conjunto de las mismas se tome una decisión grupal. Las reuniones deben estar enfocadas a los objetivos, lo cual es muy importante para que las reuniones sean productivas. En la Tabla 1.5 se muestran algunas diferencias entre los estilos de reuniones; aquellas en las que el líder expone su idea y aquellas en las que se facilita a los miembros la participación activa durante la reunión.

Tabla 1.5 Diferencia entre los estilos de liderazgo en las reuniones.¹

Presentación	Facilitación
Comunicación mayoritariamente en una sola dirección.	Comunicación en todas direcciones.
Formato de presentación.	Formato de participación.
Enfoque de explicar y vender.	Enfoque de resolución de problemas.
Se presentan y defienden ideas.	Las ideas son generadas por los miembros del grupo.
Adecuado para transferir información.	Adecuado para trabajo grupal productivo.
Limita la creatividad del grupo.	Alienta y optimiza la creatividad del grupo.

Durante las reuniones de equipo, los miembros deben expresarse libremente, es decir, que la comunicación esté abierta para todos, principalmente para el líder. Se debe contar con tiempo suficiente para comunicarse, compartir información, discutir los problemas y usar la comunicación para transmitir datos, hacer sugerencias y expresar nuevas ideas.

Poder dentro del grupo para tomar decisiones. Siempre que se realiza un trabajo en equipo, los integrantes deben estar centrados hacia la meta para la cual fue formado el equipo. Si un trabajo se asigna se debe otorgar el poder para llevar a cabo el trabajo; se deben proporcionar herramientas y materiales.

Atención tanto al proceso como al contenido. Para que la gente funcione bien como equipo, es necesario prestarle atención tanto al proceso usado para realizar el trabajo como al contenido del mismo. En el proceso se incluye la atención a las relaciones entre los integrantes, la estructuración y distribución del trabajo y las reglas para trabajar en conjunto. Generalmente se da mayor atención al trabajo por realizar y el proceso se genera automáticamente, aunque es recomendable siempre darle igual consideración.

Confianza mutua. La confianza dependerá de las relaciones entre el líder y los miembros del equipo. Cuando la confianza se destruye por alguna razón, como: un compromiso incumplido, una confidencia traicionada, deshonestidad, etc., es muy difícil volverla a construir. Muchas veces es necesario que todos los miembros del grupo discutan las formas en que el comportamiento y las actitudes pueden afectar la confianza, con ello todos tratarán de hacer las cosas de tal manera que propicien y preserven la confianza.

Respeto por las diferencias. Los integrantes del grupo necesitan percibir que pueden disentir y ser diferentes de los otros; todos deben responsabilizarse de reconocer y respetar las diferencias entre ellos.

Resolución constructiva de conflictos. Siempre se presentan conflictos en un equipo, y siempre se deben resolver con actitudes saludables. En estos casos, el líder tiene un papel muy importante; debe lograr que el conflicto se resuelva y que la gente quede de acuerdo con la solución propuesta. Cuando un conflicto no se resuelve, se conduce a desempeños mediocres, resentimientos y falta de motivación.

CAPÍTULO 2

CONCEPTOS ACTUALES SOBRE CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS.

2.1. Generalidades.

Actualmente, la caracterización de yacimientos es un proceso o estudio ingenieril para determinar cualitativa y cuantitativamente parámetros de la roca y de los fluidos del yacimiento⁵.

Una de las principales tareas dentro de la industria petrolera es la caracterización detallada de los yacimientos, con esta se busca obtener un modelo geológico-petrofísico del subsuelo, que represente al yacimiento, con el fin de lograr la mayor recuperación de hidrocarburos, al menor costo.

Para que la caracterización de yacimientos se lleve a cabo correctamente, es necesaria la participación de especialistas de diversas disciplinas técnicas, quienes recopilan, analizan, integran e interpretan la información para determinar diferentes aspectos del yacimiento. Las disciplinas técnicas que principalmente deben tomarse en cuenta en la Caracterización de Yacimientos son las siguientes : Geología, Geofísica y Petrolera. Profesionales de estas áreas técnicas deben trabajar en equipo para que se logren mejores resultados en la caracterización. Cada especialista selecciona, recopila y prepara su propia información. Durante la etapa de procesamiento e integración-interpretación de datos, tales especialistas deben trabajar en conjunto, con el fin de que los resultados lleven implícitos los distintos puntos de vista. Cabe mencionar que en la caracterización de yacimientos también se requiere, en menor grado, la participación de profesionales de otras disciplinas, como : Computación y Química, entre otras.

2.2. Escalas de Caracterización de Yacimientos Petroleros.

En la actualidad, la utilización de modelos y simuladores matemáticos en los estudios integrales de yacimientos requiere que la Caracterización de Yacimientos se realice a cuatro distintas escalas: megascópica, macroscópica, mesoscópica y microscópica.

En la Fig. 2.1 se representan, gráficamente, las distintas escalas de Caracterización de Yacimientos Petroleros.

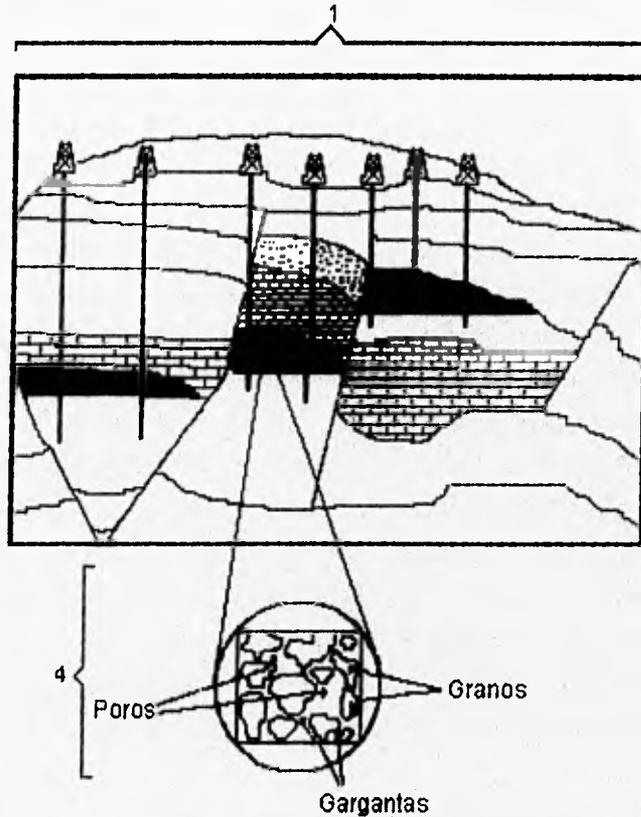


Fig. 2.1 Escalas de Caracterización de Yacimientos:
1) Megascópica, 2) Macroscópica, 3) Mesoscópica y 4) Microscópica.*

* Figura tomada de: Franco, H.G. "Importancia de la caracterización de yacimientos en la explotación de hidrocarburos," Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.

2.2.1. Escala Megascópica.

La escala Megascópica se realiza con la participación de profesionales de dos disciplinas técnicas principalmente, que son: Geología y Geofísica. Se refiere a dimensiones que abarcan la extensión total del yacimiento o campo. Se utilizan para realizarla diferentes fuentes de información, como son: imágenes de satélite, estudios sísmológicos, gravimetría, magnetometría, etc. Con el procesamiento de esta información se puede determinar: ambiente de depósito, morfología, densidad y orientación de fracturas, fallas y plegamientos, forma del basamento, tipos de trampas, discordancias, heterogeneidades, etc. En la Fig. 2.2 se muestra un ejemplo de trabajo a escala megascópica, mediante el cual se obtuvo un plano de isopacas.

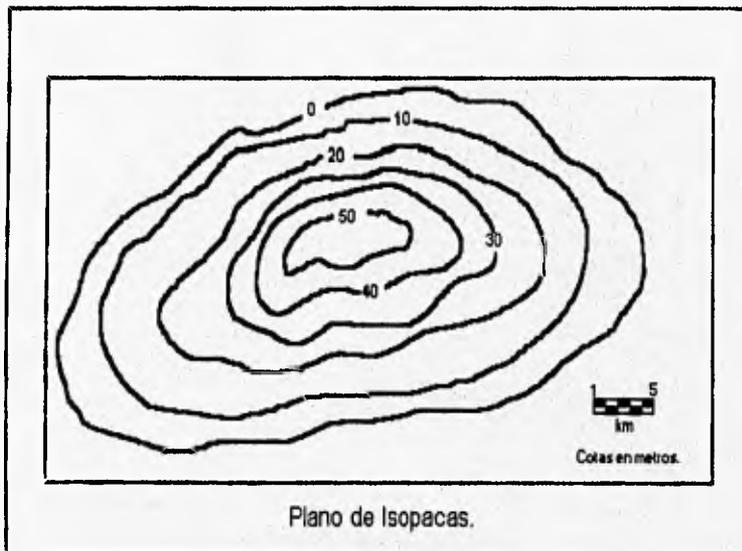


Fig. 2.2 Ejemplo de trabajo a escala megascópica.
(Plano de isopacas de un yacimiento).

2.2.2. Escala Macroscópica

La escala Macroscópica se realiza con la participación de profesionales de las tres disciplinas técnicas: Geología, Geofísica y Petrolera. Esta escala abarca el espaciamiento entre pozos; se basa principalmente en pruebas de variación de presión y correlaciones geológico-petrofísicas, que se establecen con datos de registros geofísicos de pozos y muestras de roca y fluidos. Con este tipo de caracterización se pueden determinar: rasgos estructurales y estratigráficos, continuidad de formaciones y de propiedades petrofísicas, etc. En la Fig. 2.3 se muestra un ejemplo de caracterización a escala macroscópica, de la cual se obtuvo la continuidad de las formaciones.

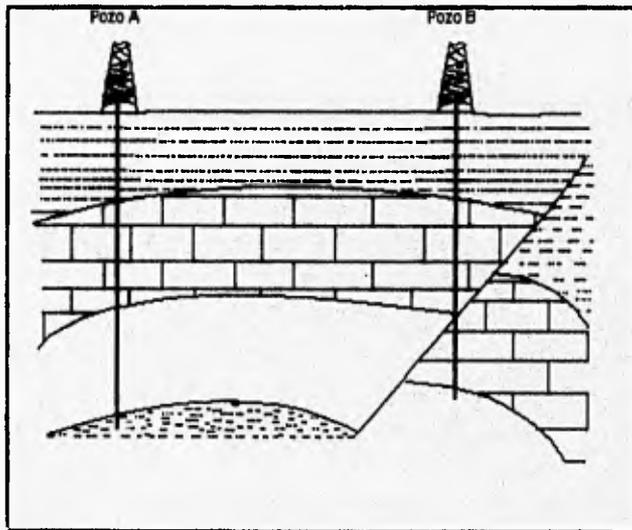


Fig. 2.3 Ejemplo de trabajo a escala macroscópica
(Continuidad de las formaciones).

2.2.3. Escala Mesoscópica.

La caracterización a escala Mesoscópica también se realiza con la participación de especialistas de las tres disciplinas técnicas antes mencionadas. Se refiere a determinar características geológicas y petrofísicas, a partir de datos de registros geofísicos de pozos, núcleos de fondo, muestras de pared, mediciones durante la perforación, etc. Con tal información se pueden obtener: porosidad, Índice de arcillosidad, permeabilidad, litología, fracturas, echado de la formación, saturación de fluidos, etc. La Fig. 2.4 proporciona un ejemplo de estudio a escala mesoscópica, en el cual se presenta la variación vertical de litología y porosidad en la vecindad del pozo.

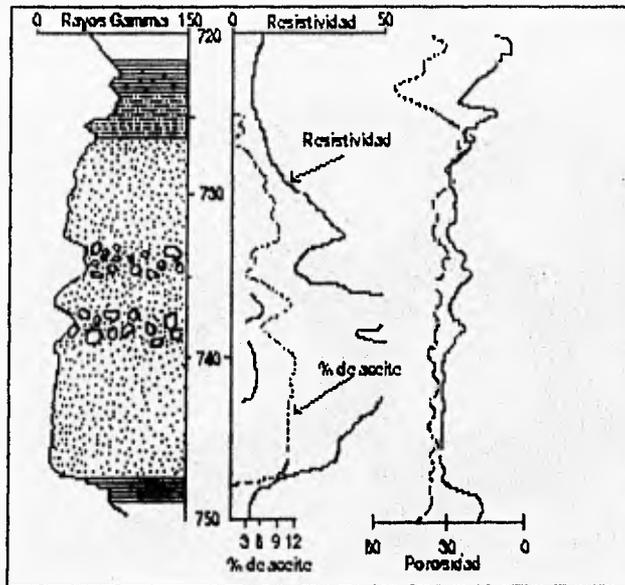


Fig. 2.4 Ejemplo de caracterización a escala mesoscópica (Variación vertical de litología y porosidad).

2.2.4. Escala Microscópica.

En la caracterización microscópica participan profesionales de Geología y Petrofísica. Se basa en análisis de volúmenes pequeños de roca, de varios cientos de granos, realizados con la ayuda de microscopios. Con caracterización a esta escala se puede obtener: contenido de hidrocarburos, tamaño de poro, tamaño y geometría del grano, gargantas de poro, formas de distribución de arcillas, mineralogía, fracturas, etc. La Fig. 2.5 muestra un ejemplo de caracterización a escala microscópica, mediante la cual se obtuvo la distribución de los fluidos en los poros y el tamaño y la geometría de granos y poros.

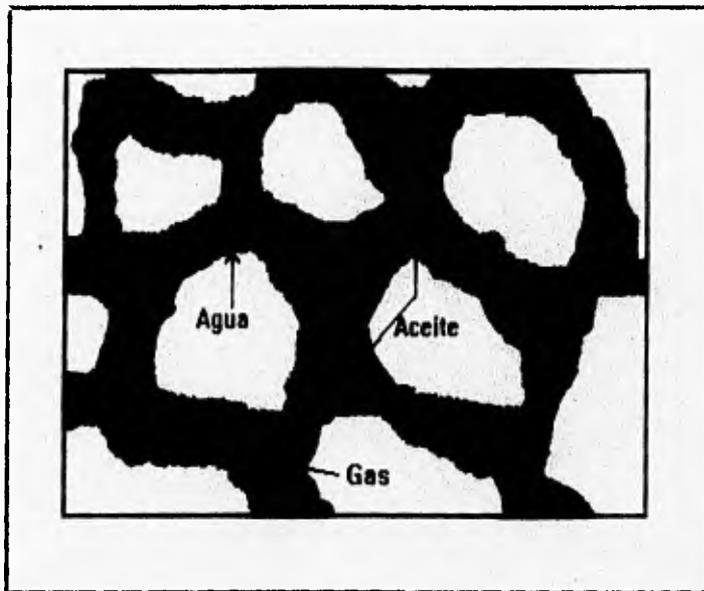


Fig. 2.5 Ejemplo de caracterización microscópica
(Distribución de fluidos en los poros, tamaño y geometría de granos y poros).

Tomando en cuenta las diferentes escalas de Caracterización, Bliefnick & Kaidl establecieron cuatro aspectos secuenciales para la caracterización de yacimientos⁶ :

1. Determinar los controles de depósito y diagenéticos sobre la litología y geometría del yacimiento.
2. Establecer la geometría interna del yacimiento para los siguientes propósitos : zonificar las unidades de flujo, discriminar intervalos productores y no productores, evaluar la continuidad de las diferentes zonas productoras y de las barreras de flujo.
3. Relacionar las facies con las características petrofísicas del yacimiento, incluyendo : evaluación petrográfica de los tipos de poro, relación entre texturas de depósito y diagenéticas con las curvas de presión capilar, reconocimiento de las respuestas de registros geofísicos, asociadas a las capas de la formación.
4. Integrar la información geológica-petrofísica para crear el modelo unificado del yacimiento.

Para lograr una buena caracterización de yacimientos, es necesario que los datos recabados durante las diferentes etapas de explotación de los mismos sean correctos; es decir, que los datos geológicos, registros geofísicos, pruebas sísmicas, pruebas de presión, etc., sean obtenidos de la mejor manera posible.

2.3. Tipos de Caracterización de Yacimientos Petroleros.

Se sabe que un yacimiento se compone de la roca y los fluidos contenidos en ella, y que este conjunto forma el sistema roca fluidos, por lo que se realizan las siguientes caracterizaciones⁷ :

Caracterización de la roca. Este tipo de caracterización se realiza dependiendo del tipo de información que se tiene :

Caracterización geológica. Requiere información geológica del subsuelo, la cual puede obtenerse de registros geofísicos de pozos, muestras de roca, registros de lodo, historias de producción, pruebas de presión, etc. Del procesamiento de toda esta información se define un modelo geológico, del cual se obtienen características y

parámetros del yacimiento, como por ejemplo: distribución de litología, ambiente de depósito, espesor de las capas, tamaño y tipo de estructura, composición, tamaño, forma y madurez del grano. En la Fig. 2.6 se presenta un ejemplo de caracterización geológica.

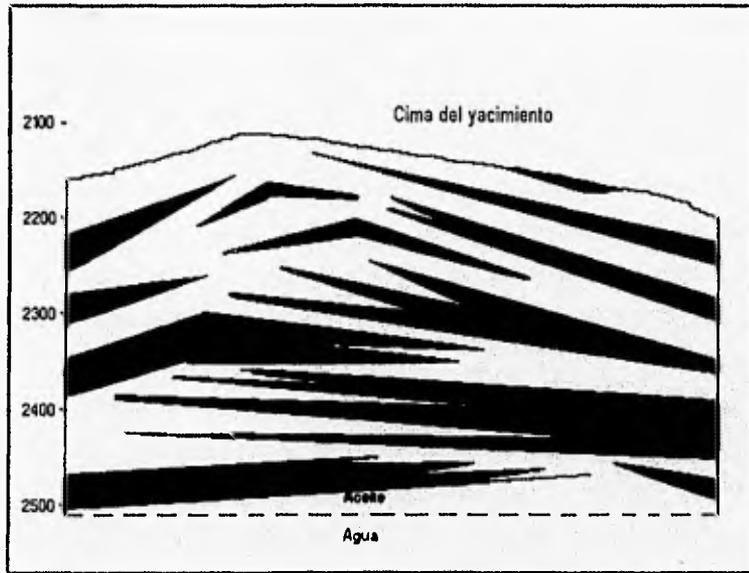


Fig. 2.6 Ejemplo de caracterización geológica.

Caracterización sísmica. Para este tipo de caracterización se procesan datos provenientes de levantamientos sísmicos, entre los cuales se pueden señalar: velocidad de propagación de las ondas acústicas o sísmicas, variaciones de frecuencias, amplitud relativa de onda, etc. Haciendo uso de distintas técnicas de interpretación se determinan algunas características del yacimiento, como: cambios en las facies litoestratigráficas, litología, existencia y extensión de algunas zonas con hidrocarburos, etc. La Fig. 2.7 proporciona un ejemplo de caracterización sísmica.

* Figura tomada de: Pérez, M.M.E.: "Glosario Ejemplificado de terminología utilizada en Caracterización de Yacimientos Petroleros," Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.

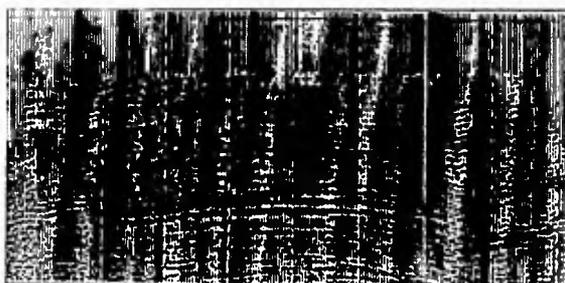


Fig. 2.7 Ejemplo de caracterización sísmica.

Caracterización petrofísica. Se lleva a cabo con la integración de resultados que se obtienen mediante análisis de núcleos, interpretación de registros geofísicos y/o pruebas de presión. Se pueden obtener parámetros de la roca y del sistema roca-fluidos, entre los que se pueden indicar los siguientes: porosidad, permeabilidad, mojabilidad, etc. La Fig. 2.8 muestra un ejemplo de caracterización petrofísica.

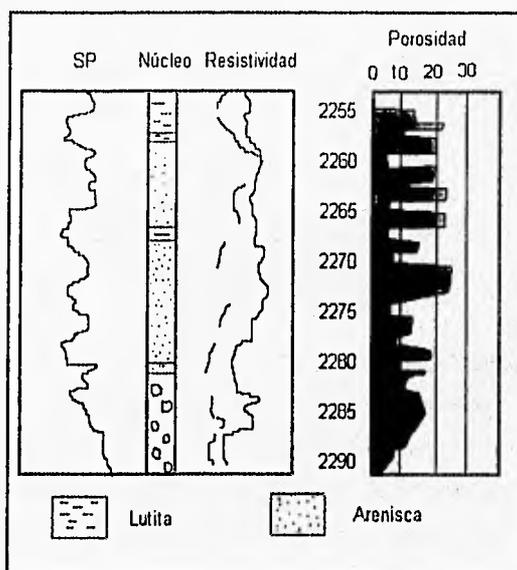


Fig. 2.8 Ejemplo de caracterización petrofísica.

Caracterización de los fluidos. Es necesario siempre conocer los tipos de fluido que se tienen en el yacimiento, por lo que se deben obtener los parámetros necesarios que corresponden a los hidrocarburos y al agua.

Caracterización de hidrocarburos. Se deben analizar en laboratorio muestras de aceite y gas del yacimiento. Algunos de los parámetros que se obtienen son : factor de volumen, densidad, relación gas - aceite, presión de burbujeo, presión de rocío, etc. En la Fig. 2.9 se presenta un ejemplo de caracterización de los hidrocarburos.

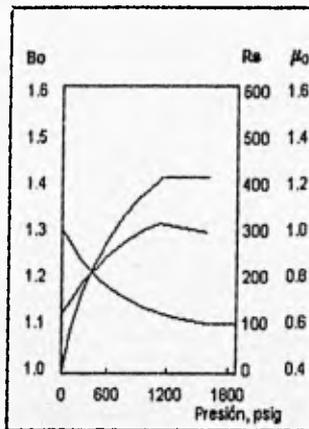


Fig. 2.9 Ejemplo de caracterización de los hidrocarburos.

Bo, Factor de volumen del aceite, (m^3/m^3);

Rs, Solubilidad del gas (ft^3/bl);

μ_o , viscosidad del aceite (cp).

Caracterización geoquímica. La caracterización geoquímica es aquella en la cual se determina: cantidad, tipo y grado de madurez de la materia orgánica. Esta caracterización se apoya en análisis fisicoquímicos, entre los que se encuentran: pirólisis, carbono orgánico total, hidrocarburos libres presentes, hidrocarburos potenciales, bióxido de carbono, temperatura de pirólisis, etc. En la Fig. 2.10 se presenta un ejemplo de caracterización geoquímica.

* Figura tomada de: Pérez, M.M.E.: "Glosario Ejemplificado de terminología Utilizada en Caracterización de Yacimientos Petroleros," Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.

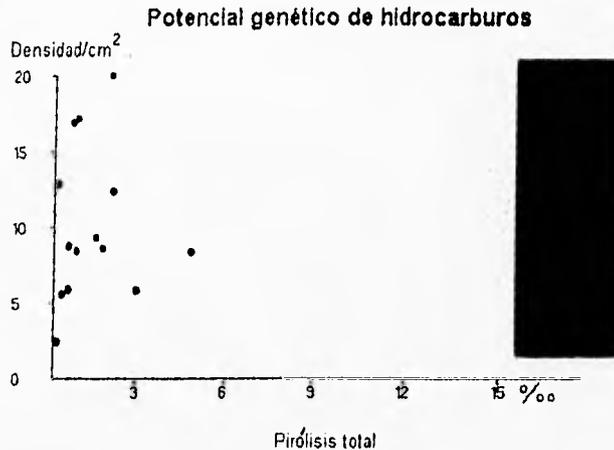


Fig. 2.10 Ejemplo de caracterización geoquímica.

Caracterización del agua del yacimiento. Se lleva a cabo sobre muestras de agua de formación. Algunos parámetros que se obtienen de la caracterización del agua son : composición, compresibilidad, densidad, factor de volumen, resistividad, viscosidad, pH, etc. Con base en esta información se puede obtener : poder corrosivo del agua, tipo de tratamiento para su inyección, etc. En la Fig. 2.11 se presenta un ejemplo de caracterización del agua.

Caracterización del sistema roca-fluidos. La caracterización del sistema roca-fluidos es muy importante, ya que como se sabe es donde se almacenan los hidrocarburos. Algunos parámetros que se obtienen son : resistividad, presión capilar, mojabilidad, etc., los cuales son exclusivos para un sistema roca-fluidos en particular. En la Fig. 2.12 se muestra un ejemplo de este tipo de caracterización.

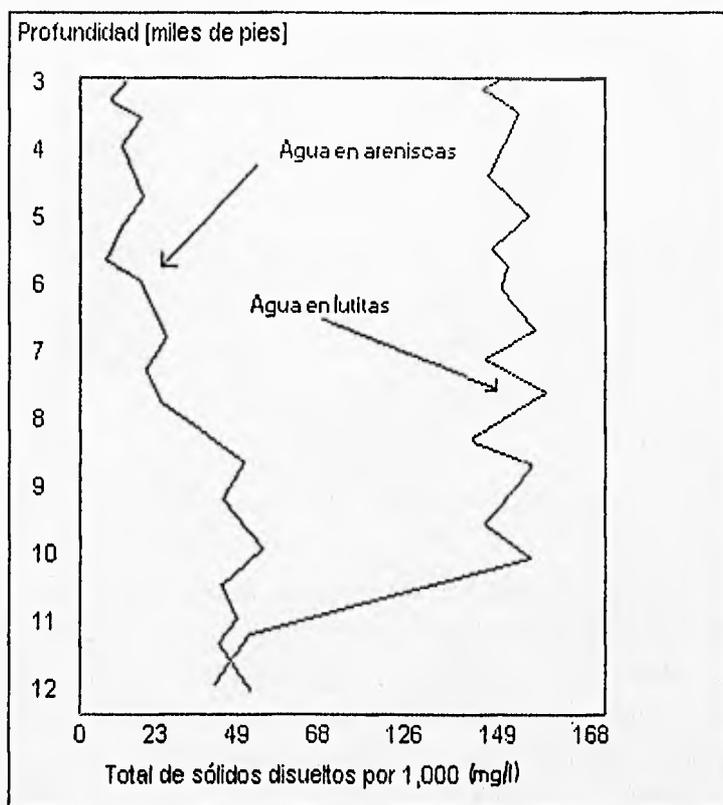


Fig. 2.11 Ejemplo de caracterización del agua del yacimiento.

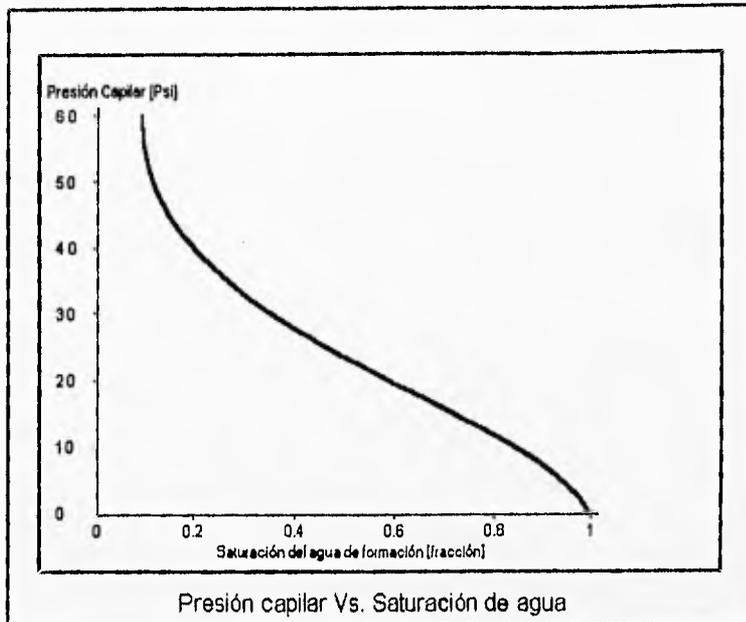


Fig. 2.12 Ejemplo de caracterización del sistema roca-fluidos.

2.4. Objetivo de la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.

El objetivo principal de la Caracterización Integral de Yacimientos es establecer la distribución, en tiempo y espacio, de aspectos geológicos y petrofísicos como: porosidad, permeabilidad, saturación de agua y aceite, etc.

Algunas medidas cuantitativas de los parámetros petrofísicos en la vecindad del pozo, se obtienen de registros geofísicos, análisis de núcleos, datos de producción, datos de presión y radiotrazadores. Al integrar estos datos en un modelo geológico, se proporcionan las propiedades petrofísicas tridimensionalmente; además, se introducen al modelo en términos numéricos, lo cual se utiliza para la creación de un modelo representativo del yacimiento. Este modelo es necesario durante la etapa de simulación en un estudio Integral de Yacimientos.

Worthington establece los siguientes pasos para la creación de dicho modelo⁶:

a) Establecer la representatividad y compatibilidad de los resultados obtenidos en la caracterización de yacimientos.

b) Identificar zonas del yacimiento, en las que no exista variación significativa de los algoritmos petrofísicos característicos y de los parámetros caracterizables.

c) Integrar las mediciones de pozo con datos de estudios de poro, análisis de núcleos y fuentes geofísicas, a través de una labor interescalar.

d) Relacionar las interpretaciones petrofísicas con información geofísica, sedimentológica y estratigráfica.

CAPÍTULO 3

GRUPO MULTIDISCIPLINARIO PARA CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS.

Con base en los conceptos actuales sobre Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros, tratados en el capítulo anterior, debe establecerse un Plan de Trabajo que comprenda los distintos aspectos mencionados, para lograr una caracterización integral, completa y correcta.

Se revisaron los planes de trabajo para estudios de Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros, establecidos por varias instituciones y se tomó como base para el desarrollo de esta tesis, el preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo⁸. Este plan se revisó a detalle y se le hicieron algunas modificaciones y ampliaciones.

A continuación se presenta el Plan de Trabajo modificado, detallando las actividades que se realizan y señalando la información que se utiliza. Es un plan general, completo, que debe ser adaptado a cada caso particular (yacimiento o campo petrolero), de acuerdo a la información base disponible, por lo que en algunas ocasiones se desarrollará todo el plan y en otras sólo una parte.

De acuerdo a las actividades que comprende el plan de trabajo, se definió la preparación profesional exigida en el personal que integra un equipo de trabajo. En vista de que constantemente se presentan innovaciones tecnológicas, los planes de trabajo para caracterizar yacimientos petroleros requieren ser actualizados en forma continua para tomar en cuenta los avances respecto a fuentes de información y a métodos y procedimientos de procesamiento de datos e interpretación de resultados, por lo que puede haber modificaciones en la integración de los equipos de trabajo.

3.1 PLAN DE TRABAJO PARA UN ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS.

1. Recopilación, validación y clasificación de la información.

En esta etapa se recaba la información del yacimiento o campo por estudiar, en oficinas, laboratorios, bodegas o donde se encuentre. Esta información se valida, se clasifica y con ella se genera una base de datos.

Con base en la información validada se definen los alcances del estudio de caracterización por realizar.

En esta etapa se llevan a cabo las siguientes actividades:

1.1 Recopilación de la información.

Profesionales de distintas áreas técnicas recopilan la información que se requiere para el estudio.

En la parte 3.2 de este capítulo, se indica la información necesaria para un estudio de Caracterización Integral de Yacimientos.

1.2 Validación de la información.

La información obtenida se revisa, se selecciona y se valida. Parte de estas actividades se realiza en el lugar en el que se recopila la información.

1.3 Clasificación y construcción de una base de datos.

La información validada se clasifica y con ella se elaboran archivos de datos en sistemas informáticos para facilitar su procesamiento.

1.4 Definición del alcance del estudio de Caracterización.

Con base en la información validada, se establece el plan de trabajo definitivo. Se define: el tipo y número de especialistas que deben intervenir, el tiempo de duración de cada una de las etapas de desarrollo y de todo el proyecto, también se estima el costo.

1.5 Elaboración del informe de actividades.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización integral.

2. Análisis de muestras de roca y fluidos.

Esta etapa comprende los análisis de laboratorio que se realizan sobre muestras de roca (recortes de barrena, núcleos de fondo o de pared, láminas delgadas, etc.), de hidrocarburos (líquidos y gases) y de agua de formación.

En esta etapa se llevan a cabo las siguientes actividades:

2.1 Análisis petrofísicos, petrográficos y bioestratigráficos de núcleos.

Dependiendo de los registros geofísicos de pozos disponibles, se programan los análisis de muestras de roca, de tal manera que se pueda obtener la información necesaria para establecer buenas relaciones entre datos de registros y de roca, con el fin de obtener mejores resultados en la interpretación de los registros. En función de la calidad y cantidad de núcleos disponibles, se establece la técnica para la preparación de muestras y la cuantificación de los parámetros petrofísicos siguientes: porosidad, permeabilidad, tiempo de tránsito, densidad, resistividad y saturación de fluidos (si las muestras lo permiten). Con los estudios petrográficos se obtiene información directa sobre los atributos litológicos que caracterizan las rocas por estudiar y con ello se contribuye para una adecuada interpretación sobre el origen de ellas (modelo estratigráfico-sedimentológico), así como de los cambios subsecuentes que modificaron sus características iniciales y que afectaron el desarrollo de su porosidad (historia diagenética).

a) Núcleos: Se describen los atributos litológicos y estructuras sedimentarias, observables en muestras de mano.

b) Láminas delgadas: Se describen las características microscópicas tanto mineralógicas como de productos diagenéticos, enfocando el análisis hacia la determinación del comportamiento de las porosidades primaria y secundaria. Se

realizan estudios micropaleontológicos para establecer, con detalle, la edad de las rocas, con el fin de tener la ubicación estratigráfica correcta de las diferentes unidades de roca y establecer correlaciones confiables. Se realizan estudios de las muestras con el microscopio electrónico de barrido para contar con alta resolución en la geometría y distribución de los poros presentes en las rocas.

2.2 Análisis de hidrocarburos.

Se analizan en laboratorio las muestras de hidrocarburos, ya sea líquidos o gaseosos.

Para las muestras de hidrocarburos líquidos, se realizan principalmente análisis de comportamiento presión-volumen-temperatura, conocidos como análisis PVT. También para los aceites, así como para los gases, se realizan análisis de composición y se miden densidades y viscosidades a condiciones de yacimiento y a condiciones atmosféricas.

Estos análisis permiten obtener información que se requiere para la interpretación de pruebas de presión y para las correlaciones geológicas.

2.3 Análisis del agua de formación.

Normalmente se realizan en laboratorio análisis de composición del agua, para determinar el tipo y la cantidad de sales que contiene. También se realizan mediciones de resistividad.

2.4 Elaboración del informe de actividades.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización integral.

3. Interpretación de registros geofísicos de pozos

Esta etapa comprende la interpretación de registros geofísicos de pozos para obtener: litología, litofacies, porosidad primaria y/o secundaria, saturación de agua e índices de permeabilidad y de fracturamiento.

Este análisis se debe efectuar mediante la aplicación de técnicas modernas computarizadas, especialmente diseñadas para la litología del yacimiento que se desea estudiar. Para respaldar el análisis de registros, se calibran los métodos de interpretación con base en las descripciones de muestras de canal y los análisis de núcleos. En caso de disponer de núcleos se efectúan los análisis litológicos, petrográficos y petrofísicos necesarios.

En esta etapa se desarrollan las siguientes actividades:

3.1 Revisión de informes de descripciones de muestras de canal y/o núcleos.

Se revisan los informes geológicos finales de los pozos, los cuales proporcionan descripciones litológicas y faunísticas de las muestras de canal. En el caso de haber analizado núcleos, se revisa el informe que presenta una amplia descripción de: porosidad, impregnación de hidrocarburos, fluorescencia, fauna, echados. Se revisa cualquier otro informe que contenga descripciones de muestras de canal y/o núcleos. También se revisan los registros de lodo.

3.2 Digitización de datos.

Generalmente, cuando el desarrollo de un yacimiento fue muy antiguo los registros no se tienen grabados en cintas, por lo que se digitizan las curvas de registros geofísicos que no estén digitizadas, tomando en cuenta que actualmente se utilizan paquetes de cómputo para analizar los registros, con los que se obtienen mejores resultados y se sabe qué técnicas modernas aplicar.

3.3 Calibración de registros geofísicos con información de muestras de canal y/o núcleos.

De acuerdo con los parámetros obtenidos de la información considerada en los puntos 2.1 y 3.1 y de los resultados del análisis de muestras de roca, se realizan las calibraciones a los registros geofísicos disponibles, tomando en cuenta que éstas deben hacerse a cada curva contenida en el registro. Inclusive, se debe aplicar la calibración correspondiente con el fin de obtener resultados más confiables en la interpretación cualitativa y cuantitativa de los registros.

3.4 Edición de la información.

En vista de que la interpretación de registros se debe hacer con técnicas modernas, que normalmente requieren sistemas de cómputo, de la información proporcionada en los archivos se revisan las curvas presentadas en cada columna para confirmar que se encuentren dentro del rango adecuado de la respuesta del registro y se ajustan para poder aplicar los programas de procesamiento.

3.5 Determinación litológica y de parámetros petrofísicos a partir de la interpretación de registros geofísicos de pozos.

Con base en la información existente en los archivos de datos (tipos de registros, resultado de análisis de muestras de roca, tipo de fluidos, entre otros.), se seleccionan, prueban y aplican las técnicas adecuadas, con el fin de obtener: litología, litofacies, porosidad primaria y/o secundaria, saturación de agua, índices de permeabilidad y de fracturamiento y algún otro parámetro importante, de acuerdo al tipo de yacimiento y al alcance del estudio.

3.6 Análisis de fracturamiento.

La porosidad secundaria, generalmente atribuida a fracturas, es un aspecto muy importante para la recuperación de hidrocarburos, por lo que deben hacerse trabajos específicos en caso de que la roca del yacimiento sea un sistema de doble porosidad y doble permeabilidad. Se determinan los intervalos fracturados de la columna analizada,

tomando en cuenta la información proporcionada por el procesamiento de registros geofísicos, las mediciones directas a muestras de roca y los resultados de las pruebas de presión y de producción. También, utilizando tecnología moderna se determinan las direcciones preferenciales de fracturamiento.

3.7 Elaboración del informe de actividades.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización.

4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas.

Para desarrollar esta etapa se requiere emplear información sísmica de calidad, la cual permite identificar secuencias sísmicas y sus correspondientes facies, definir los sistemas de fallas presentes y delimitar estructuralmente el área de estudio. Además, cuando se integra con estratigrafía sísmica (atributos sísmicos) y con el resultado de la interpretación geológica-petrofísica, se puede proporcionar la descripción tridimensional de la geometría de la estructura y de las propiedades petrofísicas que pueden interpretarse en términos de porosidad y/o litología. En caso de que no se tengan suficientes secciones sísmicas, se programa un levantamiento sísmico apropiado al estudio por realizar.

Esta etapa incluye las siguientes actividades :

4.1 Reprocesamiento de secciones sísmicas.

Se debe analizar la conveniencia de realizar un reprocesamiento de los datos sísmicos con el propósito de eliminar eventos múltiples y ruidos en las secciones sísmicas entre las estructuras del yacimiento en estudio. En caso de requerirse el reprocesamiento, se debe realizar con la técnica adecuada.

4.2 Elaboración de sismogramas sintéticos y correlación sísmica-geológica.

A partir de datos de los registros geofísicos de pozos: sónico y densidad y por medio de la convolución, se elaboran sismogramas sintéticos. Esto es con el objeto de establecer una adecuada correlación entre la información sísmica y sus correspondientes marcadores geológicos.

4.3 Definición de secuencias sísmicas.

Con base en las reflexiones principales con extensión regional, se identifican los límites de las secuencias sísmicas de depósito en las secciones sísmicas del área en estudio. Para tener un mejor control vertical y litológico de los límites de la secuencias identificadas, se relacionan las correlaciones sísmicas realizadas con las secciones transversales preparadas con registros geofísicos de pozos.

4.4 Elaboración de secciones con atributos sísmicos.

Con base en atributos sísmicos, se preparan e interpretan secciones transversales que ayudan a :

- Delinear e identificar unidades litológicas de interés y su distribución horizontal y vertical.
- Definir propiedades petrofísicas dentro de los yacimientos.
- Identificar ambientes de depósito.
- Identificar hidrocarburos en las formaciones, en algunos casos.

Los parámetros sísmicos más utilizados son : velocidad y amplitud de la onda sísmica o acústica.

4.5 Interpretación de facies sísmicas.

La interpretación de las facies sísmicas se lleva a cabo con la descripción e interpretación geológica de los parámetros de la reflexión sísmica. Este trabajo comprende : configuración, continuidad, amplitud, frecuencia, intervalo de velocidad y forma externa de las reflexiones. Estas características definen las "facies sísmicas", que

al interrelacionarse en tres dimensiones definen los sistemas de depósito de los sedimentos presentes en el área en estudio.

4.6 Interpretación sísmica-estructural.

Se realiza la interpretación e interrelación de todas las secciones sísmicas del área en estudio, con el propósito de definir los aspectos estructurales importantes para la caracterización de yacimientos. Se debe poner especial atención a las fallas y sistemas de fallas existentes.

4.7 Conversión tiempo-profundidad.

La información sísmica en tiempo se transforma a profundidad; para ello, deben obtenerse las leyes de velocidad específicas del área, considerando básicamente sismogramas sintéticos, perfiles sísmicos verticales y tiros de pozos, existentes.

Para determinar la profundidad de un horizonte sísmico en especial, es necesario conocer la columna geológica que lo sobreyace y las correspondientes velocidades de intervalo.

4.8 Configuración estructural.

Se configuran planos, en tiempo y en profundidad, de los horizontes sísmicos de interés. Para preparar los planos en tiempo se utiliza la información obtenida en la etapa anterior.

4.9 Elaboración del informe de actividades.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización.

5. Interpretación geológica del yacimiento.

Los procesos geológicos comprendidos en la sedimentación y en la diagénesis de las rocas sedimentarias, así como los que se tienen posteriores a la diagénesis,

(fracturas, fisuras, cavernas, etc.) generan en los sedimentos rasgos muy peculiares que en conjunto establecen los diversos tipos de características y/o propiedades de las rocas almacenadoras de hidrocarburos. Algunas de estas características son externas (forma y geometría del cuerpo sedimentario) y otras internas (textura, composición). En una Caracterización de Yacimientos es fundamental realizar la caracterización geológica, por medio de la cual se definen y evalúan los aspectos antes indicados. A este trabajo comúnmente se le llama interpretación geológica y comprende fundamentalmente estudios estructurales y estratigráficos. Un resultado de estos estudios es el establecimiento del modelo geológico del yacimiento.

Esta etapa incluye las siguientes actividades:

5.1 Definición de las columnas geológicas.

Por medio de la combinación de los resultados obtenidos en los análisis sobre muestras de roca, (petrográficos y biocronoestratigráficos) con los obtenidos en la interpretación de registros geofísicos de pozos, se establecen las columnas geológicas general del área y estratigráfica del yacimiento.

5.2 Definición de aspectos estratigráficos.

La distribución de las propiedades de las rocas, entre ellas las petrográficas y petrofísicas, está regida, inicialmente, por el ambiente de depósito (ambiente sedimentario) y el patrón de distribución de facies y, posteriormente, también por procesos diagenéticos. Por lo anterior, con la combinación de los resultados de los diversos análisis de roca, de la interpretación de registros geofísicos de pozos, así como de la información sísmica, se definen las secuencias sedimentarias de la columna geológica y, para cada una de ellas, se determinan los patrones de distribución de facies y los procesos diagenéticos.

5.3 Establecimiento de aspectos texturales.

Por medio de análisis de roca a nivel microscópico, se determinan rasgos característicos de los poros, como son: tipo, geometría y tamaño; además, en caso de existir fracturas y/o fisuras, se define la intensidad y orientación con la que se presentan. Tanto las características de los poros como de las fracturas y/o fisuras definen el tipo y la magnitud de las dos propiedades intrínsecas más importantes de las rocas: porosidad y permeabilidad.

5.4 Definición de aspectos estructurales.

Se definen los aspectos estructurales importantes del área de estudio, tales como: tipo de la estructura almacenadora, fallas o sistemas de fallas existentes, presencia de fracturas y tendencias de fracturamiento, entre otras. Estos aspectos se determinan por medio de la interpretación combinada de secciones sísmicas y de secciones estructurales preparadas con registros geofísicos de pozos y considerando la información proveniente de análisis de muestras de roca.

5.5 Identificación de unidades de flujo.

En la columna geológica de interés, se determinan las unidades de roca que por sus características permiten el flujo de fluidos y se establece su continuidad vertical y areal en la zona bajo estudio.

Este trabajo se realiza con información proveniente de análisis de núcleos, de interpretación cuantitativa de registros geofísicos de pozos y de pruebas de presión en pozos, así como de la interpretación de datos sísmicos.

5.6 Definición de yacimientos.

La columna geológica del área bajo estudio puede contener más de un yacimiento, por lo que deben realizarse actividades para identificarlos y posteriormente a cada uno de ellos determinarle sus características geológicas principales.

La identificación de yacimientos se lleva a cabo por medio de la combinación de datos de secciones sísmicas y de secciones geológicas estructurales-estratigráficas, preparadas con registros geofísicos de pozos y considerando información que se

obtiene de los análisis de núcleos, de hidrocarburos, de agua de formación, de registros geofísicos de pozos y de pruebas de presión.

5.7 Elaboración del reporte de actividades.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización.

6. Interpretación de pruebas de presión en pozos.

Con el análisis e interpretación de las pruebas de presión en pozos, se definen las condiciones de productividad y características pozo-yacimiento, tales como: capacidad de flujo de la formación productora, permeabilidad, presencia de discontinuidades lineales, factor de daño, presión promedio, características de los yacimientos naturalmente fracturados, entre otras. Asimismo, dependiendo de la información disponible, se pueden definir algunos aspectos dinámicos, presencia de heterogeneidades y flujo de más de una fase, presentes en el yacimiento.

En caso de que las pruebas no sean representativas del comportamiento real del yacimiento o sean de mala calidad, se deben proponer algunos registros estratégicos para una mejor descripción del yacimiento en estudio.

Esta etapa comprende las siguientes actividades:

6.1 Edición de la información de registros de presión y/o gasto e integración de datos de análisis petrofísico y de hidrocarburos (PVT).

Esta etapa comprende la revisión e impresión de los datos de las pruebas de presión en pozos (tiempos, presiones, gastos) para determinar su confiabilidad en el análisis, también se seleccionan los parámetros PVT y petrofísicos que son necesarios para la interpretación de los datos mencionados.

6.2 Análisis e interpretación de pruebas de variación de presión, como: incremento, decremento, inyectividad, interferencia, curvas de declinación de la producción, etc.

Como resultado del análisis y de la interpretación de las pruebas de presión disponibles, se definen parámetros y características del yacimiento, como: capacidades de flujo, permeabilidad, factor de daño, tipo y comportamiento del yacimiento, condiciones de flujo en el pozo y cálculo de potenciales en el mismo, necesarios para la caracterización del yacimiento en estudio.

6.3 Elaboración del informe de actividades.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización.

7. Integración de resultados.

Esta etapa tiene como propósito: establecer el modelo geológico-petrofísico del área en estudio, con el mayor detalle posible, para que pueda ser tomado como base en todo tipo de trabajo que requiera el apoyo de las características de la roca del yacimiento. Para establecer el modelo, se combina toda la información procesada por los especialistas, con los resultados que obtuvieron de las interpretaciones cualitativas y cuantitativas, señaladas en las etapas anteriores.

Puesto que cada especialista desarrolla su trabajo en constante comunicación con el resto, propiamente se va haciendo una integración de resultados al desarrollarse el trabajo, por lo que se facilita la integración general a la que se refiere esta etapa.

Normalmente, se toman como base las secciones transversales de interpretación estructural y estratigráfica y los planos definidos por los trabajos geológico-sísmicos y, en ellos, se incorporan resultados de interpretaciones de registros geofísicos de pozos, de muestras de roca y de pruebas de presión. También se agregan datos de producción, a nivel de pozo.

En esta etapa se llevan a cabo las siguientes actividades.:

7.1 Preparación de archivos.

Con el fin de agilizar el procesamiento para la integración de resultados, para la presentación apropiada de secciones transversales, planos, diagramas y figuras, y para disponer de toda la información (básica y resultados) en forma tal que pueda manejarse en sistemas de informática, se genera un banco de información general, correspondiente al estudio realizado.

7.2 Digitización de secciones transversales y planos diversos.

Puesto que, actualmente, los estudios de caracterización se llevan a cabo con apoyo de equipo informático y dado que las secciones transversales y planos se toman como base para la integración de resultados, se transmiten éstos a sistemas de informática por medio de su digitización.

7.3 Incorporación de información diversa en secciones y planos.

Los resultados de las diferentes interpretaciones se agregan a las secciones transversales de interpretación estructural-estratigráfica y a los planos geológicos. Se incorporan datos petrofísicos, litológicos, petrográficos, mineralógicos, y algún otro parámetro de interés para la caracterización, que se haya obtenido por procesamiento de la diversa información base, así como datos de producción. Se reproducen las secciones y planos con toda la información incorporada.

7.4 Zonificación litológico-petrofísica en tres dimensiones.

Con base principalmente en la interpretación de registros geofísicos de pozos, de datos sísmicos y de análisis de muestras de roca, se realiza la correlación entre pozos de parámetros petrofísicos y litológicos, con el propósito de establecer su continuidad tanto vertical como horizontal, dentro del yacimiento. Con esto se logra conocer la variación tridimensional de las propiedades petrofísicas y litológicas, de cada estrato de interés.

7.5 Identificación y distribución de unidades de flujo.

Se hace un análisis detallado de la zonificación litológica-petrofísica definida, con el fin de detectar las partes de los diversos estratos que tienen características peculiares de porosidad y permeabilidad primarias y/o secundarias, que las convierten en unidades de flujo. Se determina la continuidad de estas unidades dentro del yacimiento.

7.6 Presentación gráfica de resultados.

Con toda la información disponible, se preparan secciones transversales y planos, en sus diversos tipos, que contengan todos los resultados obtenidos en las diferentes etapas, con el fin de representar gráficamente las variaciones de los distintos parámetros que se consideran en la caracterización de yacimientos. Así mismo, se preparan diagramas, gráficas y figuras, que ayuden en la representación gráfica de la caracterización. Mucho de este material gráfico forma parte del reporte final del estudio de caracterización.

7.7 Elaboración del reporte de actividades.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización.

8. Volumen original de hidrocarburos.

Con base en los resultados obtenidos en la caracterización geológico-petrofísica, se determinan los volúmenes originales de hidrocarburos en los yacimientos que se encuentran dentro del área de interés, usando métodos volumétricos.

En esta etapa se desarrollan las siguientes actividades:

8.1 Definición de valores de corte de los parámetros petrofísicos.

En esta actividad se determinan los valores de corte de porosidad, saturación de agua, arcillosidad y de fracturamiento, con el fin de disponer de los intervalos que tengan posibilidades de producir hidrocarburos. Un valor de corte es el valor máximo o

mínimo de un parámetro petrofísico que define el rango comercial de la roca de un yacimiento.

8.2 Cálculo de espesores netos, impregnados de hidrocarburos.

Se determinan los espesores de roca porosa y sin arcilla, con impregnación de hidrocarburos, a nivel de pozo, para lo cual se considera fundamentalmente la interpretación litológica-petrofísica realizada durante el análisis de registros geofísicos de pozo y alguna otra información proveniente de análisis petrofísicos.

8.3 Cálculo del volumen original de hidrocarburos.

Con base en el volumen y detalle de la información de espesores netos impregnados con hidrocarburos, se selecciona el método volumétrico (climas y bases, isopacas o isohidrocarburos, principalmente) apropiado al campo en cuestión. Es recomendable hacer esta estimación utilizando paquetes de cómputo para determinar los volúmenes originales de hidrocarburos con varios procedimientos en forma rápida, aún cuando se considere uno de ellos el más apropiado. Disponer de resultados de uno o más procedimientos permite obtener conclusiones más confiables.

8.4 Elaboración del reporte.

Se prepara un informe detallado de todas las actividades desarrolladas en esta etapa, se hace un análisis de los resultados obtenidos y se sacan conclusiones propias de la etapa y algunas parciales del estudio de caracterización.

9. Preparación del informe final.

Tomando como base los reportes parciales de todas las etapas del estudio, se prepara el reporte global final.

Este informe normalmente consta de dos partes principales: la parte escrita, en la que se detallan todas las actividades desarrolladas, en ocasiones, los métodos o procedimientos utilizados para el procesamiento de datos, los resultados obtenidos, regularmente en forma tabulada, las conclusiones obtenidas y las recomendaciones pertinentes. La parte gráfica está compuesta por secciones transversales y planos de

diversos tipos, diagramas, gráficas y figuras que apoyan y/o complementan a las secciones y planos. Esta información gráfica se presenta a una escala apropiada para trabajo y, en ocasiones, parte de tal información se prepara a una escala propia para nivel ejecutivo.

Es conveniente que toda la información utilizada, se almacene en elementos informáticos (cintas, disquetes, etc.) para su rápida revisión y/o reprocesamiento.

Las actividades que se desarrollan en la 9 etapas que abarca el plan de trabajo descrito son muy variadas, por lo que se requiere la participación de personal con preparación académica en diferentes disciplinas, principalmente de ingeniería.

Con el propósito de determinar la preparación y la especialidad del personal idóneo para colaborar en un equipo multidisciplinario de Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros, se efectuó un análisis metódico de los estudios y trabajos que se realizan en las actividades señaladas en el plan mencionado y se seleccionó el tipo de profesional adecuado.

En la Tabla 3.1 se proporcionan los resultados de tal análisis-selección. En esta tabla se presentan, en forma resumida, las 9 etapas y las 47 actividades principales que comprende el plan de trabajo antes descrito. Se indican con letras las disciplinas y especialidades de los profesionales apropiados para cada actividad y con números la magnitud o grado de participación, que se consideró equivalente al grado de responsabilidad. Al final de la tabla se detallan estos aspectos.

Tabla 3.1 Actividades que se realizan en una Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros y profesionales idóneos para efectuarlas.

ETAPA Y ACTIVIDAD	TIPO DE PROFESIONAL, ESPECIALIDAD Y GRADO DE RESPONSABILIDAD.				
	IP	IG	IGf	Q	IC
1. Recopilación, validación y clasificación de la información.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	3 (SC)
1.1 Recopilación de la información.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	2 (SC)
1.2 Validación de la información.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	2 (SC)
1.3 Clasificación y construcción de una base de datos.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	3 (SC)
1.4 Definición del alcance del estudio de Caracterización.	3 (T)	2 (T)	2 (T)	2 (QA)	2 (SC)
1.5 Elaboración del informe de actividades.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	3 (SC)
2. Análisis de muestras de roca y fluidos.	3 (PF) (PVT) (CY)	3 (PG) (PL) (GS)	0	3 (QA)	0

Tabla 3.1 Continuación...

2.2 Análisis de hidrocarburos.	3 (PVT)	0	0	3 (QA)	0
2.3 Análisis del agua de formación.	3 (PVT)	0	0	3 (QA)	0
2.4 Elaboración del informe de actividades.	3 (PF) (PVT) (CY)	3 (PG) (PL) (GS)	0	3 (QA)	0
3. Interpretación de registros geofísicos de pozos	3 (CY) (RG) (PF)	1 (GS) (PG)	2 (RG)	1 (QA)	2 (SC)
3.1 Revisión de informes de descripciones de muestras de canal y/o núcleos.	3 (RG) (PF)	3 (PG)	2 (RG)	0	0
3.2 Digitización de datos de Registros Geofísicos de Pozos.	3 (RG)	0	0	0	3 (SC)
3.3 Calibración de registros geofísicos con información de muestras de canal y/o núcleos.	3 (RG) (PF)	2 (PG)	0	2 (QA)	1 (SC)
3.4 Edición de la información.	3 (RG)	0	0	0	2 (SC)
3.5 Determinación litológica y de parámetros petrofísicos a partir de la interpretación de registros geofísicos de pozos.	3 (CY) (RG)	2 (GS) (PG)	2 (RG)	0	1 (SC)
3.6 Análisis de fracturamiento.	3 (CY) (RG)	2 (GS)	2 (RG)	0	1 (SC)
3.7 Elaboración del Informe de actividades.	3 (CY) (RG) (PF)	3 ((GS) (PG)	3 (RG)	3 (QA)	3 (SC)
4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas.	2 (CY)	2 (GS)	3 (IS) (PS) (RG)	0	1 (SC)
4.1 Reprocesamiento de secciones sísmicas.	0	0	3 (PS)	0	1 (SC)
4.2 Elaboración de sismogramas sintéticos y correlación sísmica-geológica.	0	2 (GS)	3 (IS) (RG)	0	1 (SC)
4.3 Definición de secuencias sísmicas.	0	3 (GS) (AS)	3 (IS)	0	0
4.4 Elaboración de secciones con atributos sísmicos.	2 (CY)	2 (GS) (AS)	3 (IS)	0	1 (SC)
4.5 Interpretación de facies sísmicas.	0	2 (GS)	3 (IS)	0	1 (SC)
4.6 Interpretación sísmica-estructural.	0	2 (GS) (AS)	3 ((IS)	0	1 (SC)
4.7 Conversión tiempo-profundidad.	0	2 (GS)	3 (IS)	0	1 (SC)
4.8 Configuración estructural.	0	2 (GS)	3 (IS)	0	1 (SC)
4.9 Elaboración del informe de actividades.	3 (CY)	3 (GS) (AS)	3 (IS) (PS) (RG)	0	3 (SC)
5. Interpretación geológica del yacimiento.	2 (CY) (PF)	3 (GS)	2 (IS)	0	0
5.1 Definición de las columnas geológicas.	2 (CY)	3 (GS)	1 (IS)	0	0
5.2 Definición de aspectos estratigráficos.	2 (CY)	3 (GS)	2 (IS)	0	0
5.3 Establecimiento de aspectos texturales.	2 (PF)	3 (GS) (PG)	0	0	0
5.4 Definición de aspectos estructurales.	2 (CY)	3 (GS)	2 (IS)	0	1 (SC)
5.5 Identificación de unidades de flujo.	2 (CY)	3 (GS)	2 (IS)	0	1 (SC)
5.6 Definición de yacimientos.	2 (CY)	3 (GS)	2 (IS)	0	1 (SC)
5.7 Elaboración del reporte de actividades.	3 (CY) (PF)	3 (GS) (PG)	3 (IS)	0	3 (SC)

Tabla 3.1 Continuación...

6. Interpretación de pruebas de presión en pozos.	3 (CY) (PP)	1 (GS)	1 (IS)	1 (QA)	1 (SC)
6.1 Edición de la información de registros de presión y/o gasto e integración de datos de análisis petrofísico y de hidrocarburos (PVT).	3 (PP) (PF) (PVT)	0	0	0	1 (SC)
6.2 Análisis e interpretación de pruebas de variación de presión como: incremento, decremento, inyectividad, interferencia y curvas de declinación de la producción.	3 (CY) (PP)	2 (GS)	1 (IS)	1 (QA)	1 (SC)
6.3 Elaboración del informe de actividades.	3 (CY) (PP) (PF) (PVT)	3 (GS)	3 (IS)	3 (QA)	3 (SC)
7. Integración de resultados.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	3 (SC)
7.1 Preparación de archivos.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	0	2 (SC)
7.2 Digitización de secciones transversales y planos diversos.	1 (CY)	3 (GS)	1 (IS)	0	2 (SC)
7.3 Incorporación de información diversa en secciones y planos.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	0	2 (SC)
7.4 Zonificación litológico-petrofísica en tres dimensiones.	3 (CY) (PF)	3 (GS) (PG)	3 (IS)	0	2 (SC)
7.5 identificación y distribución de unidades de flujo.	3 (CY)	3 (GS)	1 (IS)	0	2 (SC)
7.6 Presentación gráfica de resultados.	3 (CY)	3 (GS)	3 (IS)	3 (QA)	2 (SC)
7.7 Elaboración del reporte.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	3 (SC)
8. Volumen original de hidrocarburos.	3 (CY)	2 (GS)	0	0	1 (SC)
8.1 Definición de valores de corte de los parámetros petrofísicos.	3 (CY) (RG) (PF)	3 (GS)	0	0	1 (SC)
8.2 Cálculo de espesores netos impregnados de hidrocarburos.	3 ((CY) (RG)	2 (GS)	0	0	1 (SC)
8.3 Cálculo del volumen original de hidrocarburos.	3 (CY) (RG)	2 (GS)	0	0	1 (SC)
8.4 Elaboración del reporte.	3 (CY) (RG) (PG)	3 (GS)	0	0	3 (SC)
9. Preparación del informe final.	3 (T)	3 (T)	3 (T)	3 (QA)	3 (SC)

CLAVES:

DISCIPLINA	ESPECIALIDAD
IP: Ingeniería Petrolera	CY: Caracterización de Yacimientos PP: Pruebas de Variación de Presión PF: Análisis Petrofísicos PVT: Análisis PVT RG: Interpretación de Registros Geofísicos
IG: Ingeniería Geológica	GS: Geología del Subsuelo (Interpretación estructural y estratigráfica) PG: Análisis Petrográficos (litológicos) PL: Análisis Paleontológicos AS: Ambientes Sedimentarios
IGf: Ingeniería Geofísica	PS: Procesamiento de Datos Sísmicos del Subsuelo. IS: Interpretación de Datos Sísmicos del Subsuelo. RG: Interpretación de Registros Geofísicos.
Q: Química	QA: Química Analítica.
IC: Ingeniería en Computación	SC: Sistemas computacionales.
	T: Todas las especialidades

Grado de responsabilidad:

- 0: Ninguna
- 1: Mínima
- 2: Mediana
- 3: Máxima

De acuerdo a lo anterior, se respalda lo indicado en el Capítulo 2, que un equipo técnico para Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros debe estar formado, básicamente, con profesionales de las siguientes disciplinas :

- Ingeniería Petrolera
- Ingeniería Geológica
- Ingeniería Geofísica

Además, en menor magnitud, deben intervenir profesionales en Química y en Computación.

No se descarta la posibilidad de que participen, en mínima magnitud, Físicos y Matemáticos en alguna actividad.

El número de profesionales de las distintas disciplinas y especialidades se establece, en cada caso, por el alcance del estudio y por el tipo y volumen de la información disponible.

Todo equipo humano que desarrolla un trabajo técnico requiere de una gran variedad de respaldos. En el caso del equipo multidisciplinario para Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros y de acuerdo al Plan de Trabajo que se propone, debe disponer de una estación de trabajo (equipo y paquetería de cómputo) para procesamiento, análisis e interpretación de datos y de resultados en forma rápida y de acuerdo a varias opciones. Para lograr lo anterior, se requiere que los profesionales tengan conocimiento necesario para manejar sistemas computacionales. Conviene señalar que tener una estación de trabajo, permite a los profesionales disponer de toda la información básica y de los resultados parciales que se vayan obteniendo, pero esto no debe confundirse con la interrelación constante que debe existir entre ellos, a lo largo de todo el estudio.

Además, el equipo de trabajo debe disponer de laboratorios convenientemente equipados para realizar los diversos análisis sobre muestras de roca, hidrocarburos y agua; asimismo, cuando se requiera, debe contar con apoyo de personal de nivel subprofesional.

3.2 INFORMACIÓN QUE SE REQUIERE PARA EFECTUAR UN ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN INTEGRAL DE YACIMIENTOS PETROLEROS.

1. Plano actualizado de localización de estructuras en el área.
2. Plano actualizado de localización de pozos perforados y en perforación, en las estructuras.
3. Planos de localización de líneas sísmicas levantadas en el área.
4. Planos de isocronas del área en estudio, que incluya aspectos estructurales.
5. Secciones sísmicas, que cubran las estructuras en estudio y áreas vecinas.
6. Cintas de secciones sísmicas procesadas, levantadas en el área (Formato adecuado).
7. Muestras de roca (núcleos y/o recortes), convenientemente identificadas.
8. Descripciones litológicas y petrográficas de muestras de canal y/o núcleos.
9. Muestras de hidrocarburos del yacimiento.
10. Muestras de agua de formación.
11. Información general de los pozos:
 - a) Perforados: coordenadas, elevación de la mesa rotatoria, profundidad total, columna geológica, datos recopilados durante la perforación, informes geológicos finales y estado mecánico de los pozos.
 - b) En perforación: coordenadas, elevación de la mesa rotatoria y reportes diarios de avance.
12. Reducciones de registros geofísicos de pozos, a escala 1:2000, por pozo y en secciones transversales. En el caso de pozos direccionales, debe efectuarse la verificación de los registros. Ocasionalmente, se requieren también reducciones a escala 1:4000.
13. Datos digitalizados de los registros geofísicos tomados en cada pozo y copia de los registros de campo, a escala 1:500, con carátula. Para el caso de pozos desviados se requiere la información de los registros, en forma verticalizada.
14. Informes de interpretación de los registros GEODIP, FMS y SONATA.
15. Información de sismogramas sintéticos, perfiles sísmicos verticales (VSP), tiros de pozo y diagramas de análisis de velocidad.

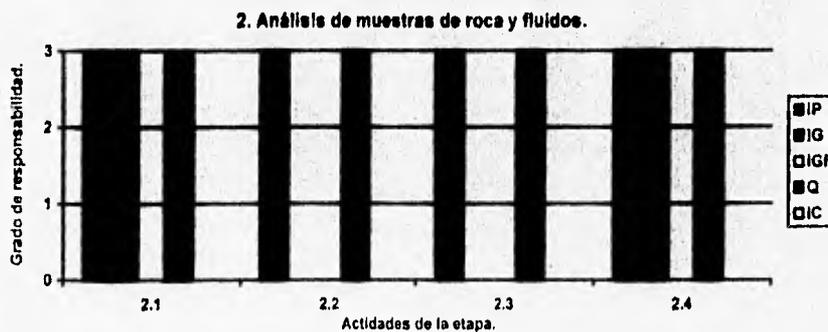
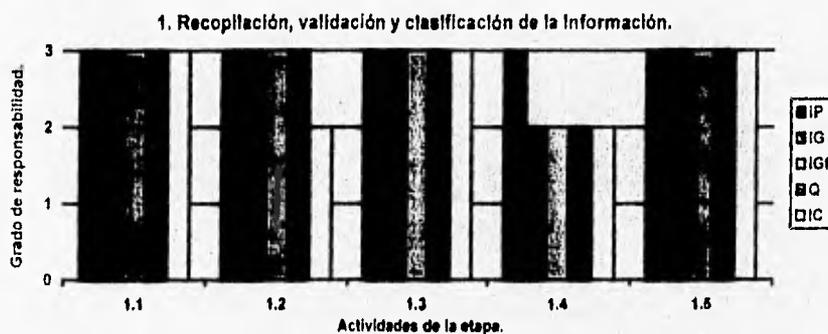
16. Registros continuos de hidrocarburos (ROTENCO).
17. Reportes de análisis petrofísicos.
18. Reportes de análisis químicos de agua de las formaciones productoras que incluyan diagramas de Stiff.
19. Información referente a las pruebas de formación y de producción, efectuadas.
20. Información referente a la terminación y reparación de los pozos.
21. Resultado de los cálculos de desviación de los pozos y medición continua de echados de las formaciones.
22. Profundidad de los contactos gas-aceite y aceite-agua.
23. Datos de tiempo, presión y/o gasto de fondo de pozo.
24. Análisis PVT de los fluidos producidos.
25. Información de las condiciones de producción que tienen los pozos vecinos con respecto al pozo probado, al momento de registro de la prueba.
26. Registros de producción, por pozo (molinete, temperatura, etc.).
27. Historia de producción de fluidos, por pozo y por intervalo (tiempo y gasto).
28. Historia de producción global de fluidos del yacimiento.
29. Historia de presiones a nivel de pozo.
30. Datos de presión de fondo y gasto estabilizado.
31. Informes o reportes de los estudios realizados a las estructuras por caracterizar.
32. Compresibilidad de la roca.

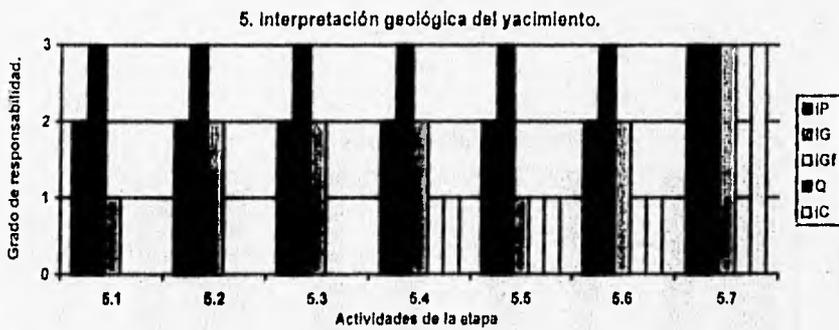
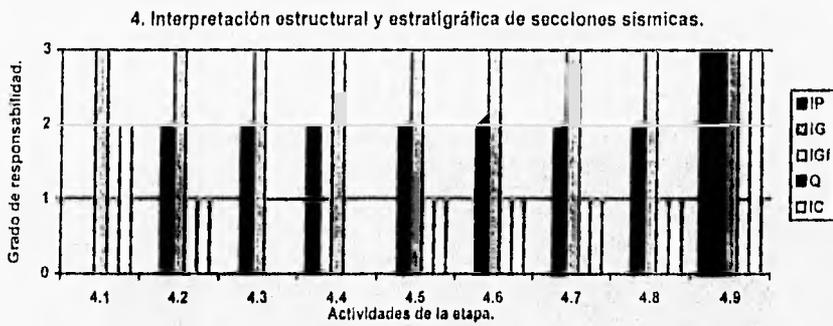
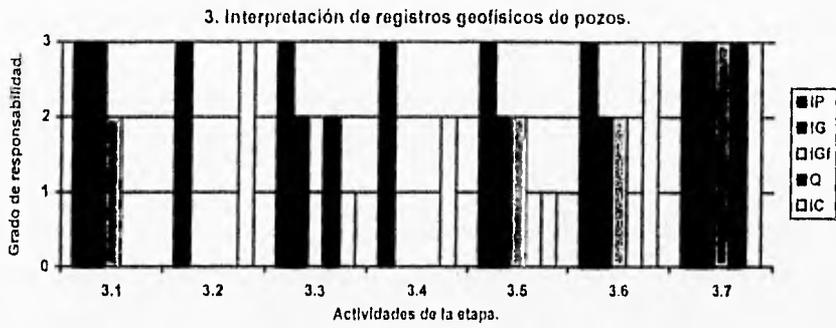
CAPÍTULO 4

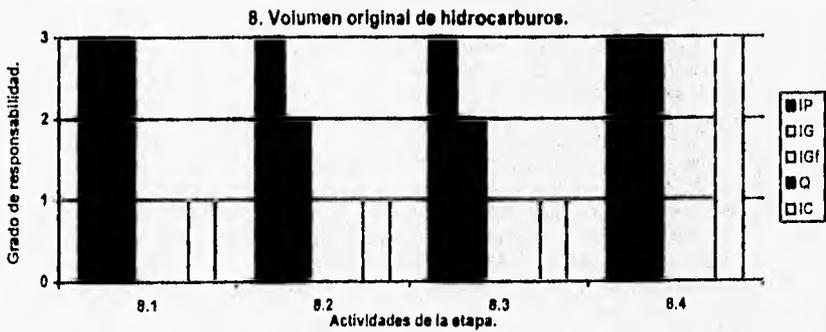
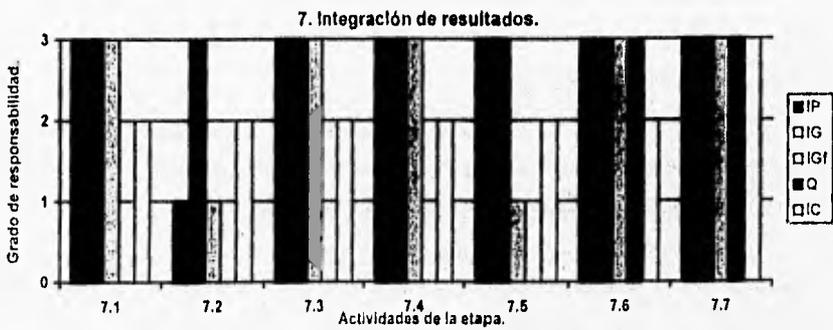
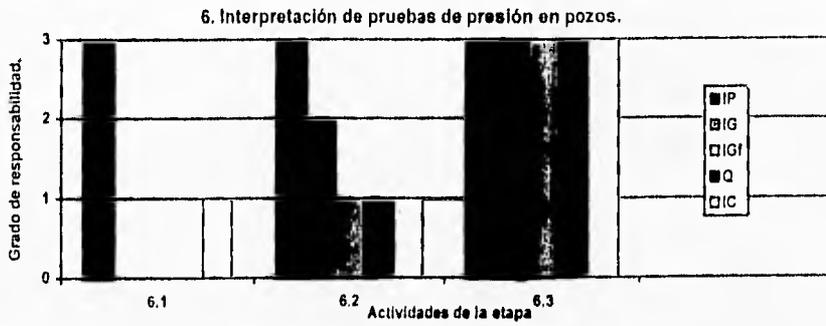
PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO PETROLERO Y CONOCIMIENTOS REQUERIDOS.

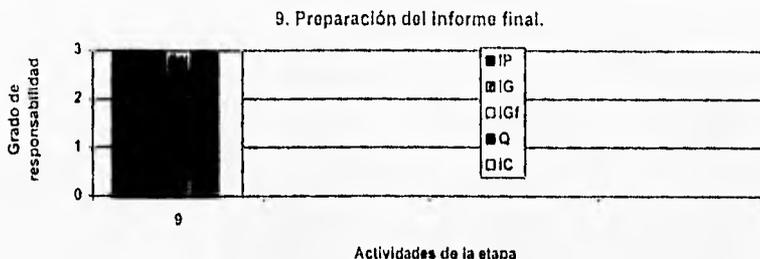
4.1. Responsabilidad del Ingeniero Petrolero.

Tomando en cuenta el resumen de actividades del capítulo anterior, se generaron los siguientes diagramas, con la finalidad de destacar la participación del Ingeniero Petrolero. Cada diagrama representa una etapa de dicho estudio y se puede observar con el color más oscuro la responsabilidad que tiene el Ingeniero Petrolero en las distintas actividades. Todas las actividades se consideran equivalentes.









De acuerdo a los diagramas anteriores, se puede observar que el Ingeniero Petrolero tiene máxima responsabilidad en 32 de las 47 actividades, lo que corresponde a un 68 %, el Ingeniero Geólogo, es responsable en 27 actividades, un 57 %, y el Ingeniero Geofísico, en 22, un 47 %, por lo que se puede deducir que el Ingeniero Petrolero tiene la mayor responsabilidad en el estudio de Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.

En la siguiente tabla se indica el nivel de conocimientos que el Ingeniero Petrolero requiere para incorporarse a un grupo multidisciplinario de Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros y tener una buena intervención.

Tabla 4.1 Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.

Nivel de conocimientos que requiere el Ingeniero Petrolero para las distintas etapas de trabajo.

<p>Muy Buenos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recopilación, validación y clasificación de la información. <ol style="list-style-type: none"> 1.1 Recopilación de la información. 1.2 Validación de la información. 1.3 Clasificación y construcción de una base de datos. 1.4 Definición del alcance del estudio de Caracterización. 1.5 Elaboración del informe de actividades. 2. Análisis de muestras de roca y fluidos. <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Análisis petrofísicos, petrográficos y biocronoestratigráficos de núcleos. 2.2 Análisis de hidrocarburos. 2.3 Análisis del agua de formación. 2.4 Elaboración del informe de actividades. 3. Interpretación de registros geofísicos de pozos. <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Revisión de informes de descripciones de muestras de canal y/o núcleos 3.2 Digitización de datos de registros geofísicos de pozos. 3.3 Calibración de registros geofísicos con información de muestras de roca y agua. 3.4 Edición de la información. 3.5 Determinación litológica y de parámetros petrofísicos a partir de la interpretación de registros geofísicos de pozos. 3.6 Análisis de fracturamiento. 3.7 Elaboración del informe de actividades.

<p>4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas. 4.9 Elaboración del informe de actividades.</p> <p>5. Interpretación geológica del yacimiento. 5.7 Elaboración del informe de actividades.</p> <p>6. Interpretación de pruebas de presión. 6.1 Edición de la información de registros de presión y/o gasto e integración de datos de análisis petrofísicos y de hidrocarburos (PVT). 6.2 Análisis e interpretación de pruebas de variación de presión como: incremento, decremento, injectividad, interferencia y curvas de declinación de la producción. 6.3 Elaboración del informe de actividades.</p> <p>7. Integración de resultados. 7.1 Preparación de archivos. 7.3 Incorporación de información diversa en secciones y planos. 7.4 Zonificación litológica-petrofísica en tres dimensiones. 7.5 Identificación y distribución de unidades de flujo. 7.6 Presentación gráfica de resultados. 7.7 Elaboración del informe de actividades.</p> <p>8. Volumen original de hidrocarburos. 8.1 Definición de valores de corte de los parámetros petrofísicos. 8.2 Cálculo de espesores netos impregnados de hidrocarburos. 8.3 Cálculo del volumen original de hidrocarburos. 8.4 Elaboración del informe de actividades.</p> <p>9. Preparación del informe final.</p>
<p>Buenos:</p> <p>4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas. 4.4 Elaboración de secciones con atributos sísmicos.</p> <p>5. Interpretación geológica del yacimiento. 5.1 Definición de columnas geológicas. 5.2 Definición de aspectos estratigráficos. 5.3 Establecimiento de aspectos texturales. 5.4 Definición de aspectos estructurales. 5.5 Identificación de unidades de flujo. 5.6 Definición de yacimientos.</p>
<p>Básicos:</p> <p>4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas. 4.1 Reprocesamiento de secciones sísmicas. 4.2 Elaboración de sismogramas sintéticos y correlación sísmica-geológica. 4.3 Definición de secuencias sísmicas. 4.5 Interpretación de facies sísmicas. 4.6 Interpretación sísmica estructural. 4.7 Conversión tiempo-profundidad. 4.8 Configuración estructural.</p> <p>7. Integración de resultados. 7.2 Digitización de secciones transversales y planos diversos</p>

De acuerdo con el Plan de Trabajo seleccionado, se tienen 47 actividades técnicas en 9 etapas de trabajo diferentes; se considera que todas estas actividades son equivalentes, tanto en importancia, grado de dificultad y tiempo de ejecución.

El Ingeniero Petrolero requiere de muy buenos conocimientos en 32 de tales actividades, o sea, en un 68.1 %; debe tener buenos conocimientos para la realización

de 7 de las actividades, o sea, de un 14.9 %, y conocimientos básicos para 8 actividades, que significa un 17 %.

Por supuesto, el profesional en Ingeniería Petrolera debe tener experiencia y además ser especialista en los diversos aspectos técnicos señalados en la Tabla 3.1.

4.2 PLAN DE ESTUDIOS ACTUAL PARA LA CARRERA DE INGENIEROPETROLERO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNAM*

Los Planes de Estudio de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, se revisaron, modificaron y se implantaron con la generación de estudiantes que ingresó en el primer semestre de 1994.

El Plan de Estudios actual de la carrera de Ingeniero Petrolero comprende 57 asignaturas, clasificadas en 6 grupos, como se indica en los Anexos 4.1 y 4.2*. El total de créditos es de 450.

Dentro de esas asignaturas se tienen siete muy relacionadas a la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros, distribuidas en distintos semestres. A continuación se presentan, en forma resumida, tales asignaturas. Se indican los semestres en los que se imparten, los temas y subtemas de interés y el número de horas que se les dedican.

Cabe mencionar que un semestre escolar consta de aproximadamente 16 semanas.

4° Semestre

Nombre de la asignatura: Geología General.

Objetivo general: El estudiante describirá las disciplinas de la Geología en la extensión y la profundidad necesarias para un ingeniero en explotación de recursos del subsuelo.

Temas:

III. Materiales que forman la tierra.

Objetivo: El estudiante indicará los minerales y las rocas más comunes y explicará la forma de identificarlos.

* Al final del capítulo.

III.2 Petrografía.(5 horas)

IV. Geomorfología.

Objetivo: El estudiante analizará todos los procesos externos que ocurren en la superficie terrestre para explicar la evolución del paisaje.

IV.2 Transporte y depósito de sedimentos. (5 horas)

V. El interior de la tierra.

Objetivo: El estudiante describirá la estructura interior de la tierra y los fenómenos geofísicos que han sido conducto para su conocimiento.

V.1 Fundamentos de Sismología y Gravimetría como base para la investigación profunda de la tierra. (3 horas)

XI. Prácticas de campo y laboratorio. (16 horas)

Objetivo: El estudiante comprobará, aplicará y complementará los conocimientos expuestos en el aula con la realidad del campo y será capaz de aplicarlos sobre ejemplares minerales, modelos y planos.

5° Semestre

Nombre de la asignatura: Físicoquímica de Explotación.

Objetivo general: El alumno aplicará las bases de la Físicoquímica al comportamiento de los hidrocarburos en los yacimientos e instalaciones petroleras.

Temas:

III. Mezclas de gases.

Objetivo: El alumno determinará el comportamiento PVT de mezclas gaseosas.

III.1 Composición.(4 horas)

III.2 Propiedades: masa molecular media, densidad, densidad específica. Vapor de agua. Mezclas de gases ideales, mezclas de gases reales. Propiedades pseudo-críticas y pseudo-reducidas. (4 horas)

VI. Factores de volumen. (8 horas)

Objetivo: El alumno evaluará los volúmenes de hidrocarburos, tanto en el yacimiento como a condiciones atmosféricas.

VI.1 Factor de volumen del gas.

VI.2 Solubilidad del gas.

VI.3 Factor de volumen del aceite.

VI.4 Factor de volumen de la fase mixta.

VI.5 Métodos para determinarlos.

6° Semestre

Nombre de la asignatura: Geología de Yacimientos de Fluidos.

Objetivo general: El alumno explicará la geología de los yacimientos petroleros, geotérmicos y acuíferos, además explicará los fundamentos de las técnicas geocientíficas para la localización de yacimientos de fluidos y de apoyo para su explotación.

Temas:**I. Conceptos sedimentológicos. (14 horas)**

Objetivo: El alumno explicará los conceptos sedimentológicos de la Geología de Yacimientos.

- I.1 Ciclo sedimentario.
- I.2 Dinámica de la sedimentación.
- I.3 Sedimentos de origen mecánico y rocas asociadas.
- I.4 Sedimentos de origen químico y rocas asociadas.
- I.5 Estructuras sedimentarias.
- I.6 Medio ambiente de depósito.
- I.7 Facies.
- I.8 Diagénesis.

II. Conceptos estratigráficos. (18 horas)

Objetivo: El alumno explicará los conceptos estratigráficos de la Geología de Yacimientos.

- II.1 Definiciones y conceptos básicos.
- II.2 Principios guía de estratigrafía.
- II.3 Discordancias.
- II.4 Relaciones mar-tierra.
- II.5 Correlación estratigráfica.
- II.6 Unidades estratigráficas.
- II.7 Fósiles y la estratigrafía.
- II.8 Estratigrafía y tiempo geológico.

III. Conceptos estructurales. (18 horas)

Objetivo: El alumno explicará los conceptos estructurales de la Geología de Yacimientos.

- III.1 Deformación de la corteza terrestre.
- III.2 Estructuras geológicas, pliegues, fallas y fracturas.
- III.3 Tectónica.
- III.4 Dominios tectoestratigráficos.
- III.5 Ilustración de aspectos estructurales.
- III.6 Nomenclaturas y simbología.
- III.7 Planos, Secciones y Proyecciones.

IV. Fundamentos de exploración. (15 horas)

Objetivo: El alumno explicará los métodos de exploración geológica, geoquímica y geofísica.

- IV.1 Planeación de la exploración.
- IV.2 Métodos geológicos.
- IV.3 Métodos geoquímicos.
- IV.4 Métodos geofísicos.

V. Geofísica de explotación. (15 horas)

Objetivo: El alumno explicará las aplicaciones de la Geofísica en la explotación de yacimientos de fluidos.

- V.1 Registros geofísicos de pozos.
- V.2 Caracterización estructural sísmica.
- V.3 Caracterización estratigráfica sísmica.
- V.4 Caracterización petrofísica sísmica.

7° Semestre

Nombre de la asignatura: Geología de Explotación.

Objetivo general: El alumno explicará los procesos de formación de los yacimientos petroleros y los geotérmicos, así como de los acuíferos. Describirá las características geológicas de tales yacimientos y las formas de aplicar la Geología para su explotación.

Temas:

II. Generación, migración y acumulación de hidrocarburos. (14 horas)

Objetivo: El alumno expondrá los conceptos fundamentales respecto a la forma como se generan, migran y acumulan los hidrocarburos.

- II.1 Teorías sobre el origen y evolución de petróleo.
- II.2 Rocas generadoras.
- II.3 Migración del petróleo.
- II.4 Rocas acumuladoras.
- II.5 Rocas sello.

III. Trampas. (12 horas)

Objetivo: El alumno explicará las características estructurales, estratigráficas y petrográficas de los sistemas geológicos que confinan los hidrocarburos.

- III.1 Definición y clasificación de trampas.
- III.2 Descripción de trampas.

IV. Aplicación de la geología en la explotación de yacimientos.

Objetivo: El alumno seleccionará la información geológica y la aplicará en las diferentes áreas técnicas de la ingeniería de explotación de fluidos del subsuelo.

- IV.3 Desarrollo de campos. (2 horas)
- IV.4 Caracterización de formaciones. (2 horas)
- IV.5 Caracterización de yacimientos. (2 horas)

Nombre de la asignatura: Principios de Mecánica de Yacimientos.

Objetivo general: El alumno analizará y aplicará los conceptos básicos al estudio del comportamiento de fluidos en yacimientos petroleros, geotérmicos y acuíferos y, además determinará el volumen original de fluidos contenidos en los poros de las rocas que los constituyen.

Temas:**II. Conceptos fundamentales.**

Objetivo: El alumno analizará el concepto de Yacimiento y otros conceptos básicos.

- II.1 Definición de yacimiento. (1 hora)
- II.2 Diferentes clasificaciones de yacimientos de hidrocarburos y acuíferos. (1 hora)
- II.4 Límites físico y convencional de los yacimientos y acuíferos. (1 hora)
- II.7 Presión media de un yacimiento. (1 hora)
- II.9 Permeabilidades (absoluta, efectiva, relativa). (1 hora)
- II.10 Correlaciones de B_o , de Z , de R_s , etc. (1 hora)

III. Determinación del volumen original de hidrocarburos. (9 horas)

Objetivo: El alumno aplicará diferentes métodos para calcular el volumen original de fluidos en los yacimientos, incluyendo el uso de programas computacionales.

- III.1 Saturación de fluidos.
- III.2 Porosidad y Saturaciones medias.
- III.3 Cimas y bases.
- III.4 Isopacas.
- III.5 Isohidrocarburos.
- III.6 Breve descripción de otros métodos.
- III.6 Balance hidrológico.

IV. Fuerzas que intervienen en el movimiento de fluidos. (4 horas)

Objetivo: El alumno analizará las fuerzas involucradas en el movimiento de los fluidos en los yacimientos.

- IV.1 Fuerza de presión.
- IV.2 Fuerza de segregación gravitacional.
- IV.3 Fuerza de viscosidad.
- IV.4 Fuerza de capilaridad.
- IV.5 Fuerza de inercia.

VII. Yacimientos de gas y condensado.

Objetivo: El alumno hará la predicción del comportamiento de yacimientos de gas y condensado.

- VII.2 Cálculo del volumen original de condensado y gas. (2 horas)

VIII. Análisis de curvas de declinación. (4 horas)

Objetivo: el alumno analizará los datos de producción de un pozo para la predicción de su comportamiento.

- VIII.1 Definiciones y tipos de curvas
- VIII.2 Aplicaciones.

8° Semestre

Nombre de la asignatura: Caracterización de Formaciones.

Objetivo: El alumno aplicará las diversas técnicas basadas en información de muestras de roca y fluidos, registros geofísicos y pruebas de presión en pozos para determinar propiedades y características de las formaciones en la vecindad del pozo.

Temas:

I. Introducción. (1.5 horas)

Objetivo: El alumno explicará el significado, los alcances y la importancia de las formaciones atravesadas por los pozos.

I.2 Significado de Caracterización de formaciones.

I.3 Características y propiedades de la roca, del sistema roca-fluidos y de los fluidos.

I.4 Métodos directos e indirectos para caracterizar las formaciones.

I.5 Importancia de la Caracterización de formaciones para la correcta terminación y reparación de pozos y explotación del yacimiento.

II. Determinación de las propiedades de la roca y del sistema roca-fluidos a partir del análisis de muestras. (9.5 horas)

Objetivo: El alumno describirá técnicas de laboratorio para caracterizar formaciones y aplicará algunas de ellas.

II.1 Técnicas de muestreo de roca del yacimiento.

II.2 Acondicionamiento y control de las muestras por analizar.

II.3 Técnicas experimentales para medir las propiedades básicas de la roca (porosidad, permeabilidad, tamaño y geometría de poros, etc.).

II.4 Técnicas experimentales para medir las propiedades capilares, eléctricas y de transmisión de ondas acústicas de las formaciones.

II.5 Técnicas experimentales especiales para caracterizar formaciones.

III. Determinación de las propiedades de los fluidos a partir de análisis de muestras.

Objetivo: El alumno describirá técnicas de laboratorio para caracterizar fluidos de los yacimientos y aplicará algunas de ellas.

III.1 Técnicas de muestreo de fluidos del yacimiento. (2 horas)

III.2 Acondicionamiento de las muestras por analizar. (2 horas)

III.3 Análisis PVT de mezclas de hidrocarburos para explotación de yacimientos petroleros. (2 horas)

III.4 Análisis de muestras de agua para explotación de yacimientos petroleros y acuíferos. (2 horas)

IV. Fundamentos de los distintos registros geofísicos de pozos. (8 horas)

Objetivo: El alumno distinguirá los diversos tipos de registros geofísicos de pozos, explicará sus aplicaciones y obtendrá datos de ellos para su procesamiento.

- IV.1 Condiciones de la formación en la vecindad del pozo.
- IV.2 Registros de resistividad.
- IV.3 Registros radioactivos.
- IV.4 Registros acústicos.
- IV.5 Registros de medición de echados.

V. Interpretación cualitativa y cuantitativa de registros de pozos. (18 horas)

Objetivo: El alumno aplicará técnicas, en forma manual y computarizada, para interpretar cualitativa y cuantitativamente los registros geofísicos de pozos.

- V.1 Técnicas para determinar características geológicas.
- V.2 Técnicas para determinar propiedades del agua de formación.
- V.3 Técnicas para determinar propiedades físicas y grado de saturación de fluidos de rocas homogéneas limpias y arcillosas.
- V.4 Técnicas para determinar propiedades físicas, mineralógicas y grado de saturación de fluidos de rocas con litología compleja y naturalmente fracturadas.
- V.5 Programas de cómputo (software) para interpretación de registros, utilizables en PC y en Centros de Cómputo.

VI. Conceptos básicos de pruebas de presión. (8 horas)

Objetivo: El alumno describirá los fundamentos, las características y las aplicaciones de los diversos tipos de pruebas de presión que se realizan en los pozos.

- VI.1 Conceptos básicos relacionados a pruebas de presión.
- VI.2 Pruebas de incremento de presión a gasto constante.
- VI.3 Pruebas de decremento de presión a gasto constante.
- VI.4 Pruebas a presión constante.
- VI.5 Pruebas a gasto múltiple.
- VI.6 Pruebas de interferencia entre pozos.
- VI.7 Pruebas de formación.

VII. Análisis e interpretación de pruebas de presión. (18 horas)

Objetivo: El alumno aplicará en formas manual y computarizada, las principales técnicas para analizar e interpretar las diversas pruebas de presión que se llevan a cabo en los pozos.

- VII.1 Acondicionamiento de la información de campo.
- VII.2 Método de Horner.
- VII.3 Método de Miller-Dyes-Hutchinson.

VII.4 Métodos complementarios (Mathews-Brons-Hazebrook, Odeh-Al Hussainy, etc.)

VII.5 Método de curvas tipo.

VII.6 Programas de cómputo (software) para interpretación de pruebas de presión, utilizables en PC y en centros de cómputo.

VIII. Prácticas de laboratorio. (16 horas)

9° Semestre

Nombre de la asignatura: Caracterización de Yacimientos.

Objetivo general: El alumno aplicará las técnicas para definir las características y propiedades más importantes de los yacimientos, a partir de la combinación de los conocimientos adquiridos en "Caracterización de Formaciones", con aspectos geológicos y geofísicos.

Temas:

I. Introducción. (2 horas)

Objetivo: El alumno explicará el significado y los alcances de la Caracterización de yacimientos, así como su importancia para la correcta explotación de los fluidos que contienen.

I.2 Significado de caracterización de yacimientos, en general, y de caracterización integrada de yacimientos en particular.

I.3 Parámetros necesarios para caracterizar yacimientos.

I.4 Importancia de la caracterización de yacimientos para su correcta explotación.

II. Caracterización geológica del yacimiento. (13 horas)

Objetivo: El alumno describirá los aspectos geológicos para caracterizar un yacimiento, conocerá las técnicas para obtenerlos y los utilizará, en formas manual y computarizada, en trabajos de caracterización.

II.1 Características geológicas que definen un yacimiento.

II.2 Fuentes de información básica.

II.3 Determinación de aspectos estructurales.

II.4 Determinación de aspectos estratigráficos.

II.5 Determinación de aspectos sedimentológicos.

II.6 Programas de cómputo (software) para caracterización geológica, utilizables en PC y centros de cómputo.

III. Caracterización sísmica del yacimiento. (16 horas)

Objetivo: El alumno describirá los aspectos sísmicos que se utilizan para caracterizar un yacimiento, conocerá las técnicas para obtenerlos y los utilizará, en formas manual y computarizada, en trabajos de Caracterización.

III.1 Información sísmica.

III.2 Determinación de aspectos estructurales.

III.3 Determinación de aspectos estratigráficos.

III.4 Correlación sísmico-geológica.

III.5 Estimación de propiedades petrofísicas a partir de información sísmica.

III.6 Programas de cómputo (Software) para caracterización sísmica, utilizables en PC y en centros de cómputo.

IV. Caracterización petrofísica del yacimiento. (18 horas)

Objetivo: El alumno describirá las propiedades petrofísicas necesarias para caracterizar un yacimiento, conocerá los métodos para obtenerlas y los utilizará, en formas manual y computarizada, en trabajos de

Caracterización.

IV.1 Propiedades petrofísicas que definen un yacimiento.

IV.2 Fuentes de información básica.

IV.3 Comparación de propiedades petrofísicas obtenidas por análisis de muestras de roca, interpretación de registros geofísicos, interpretación de pruebas en pozos e interpretación de datos sísmicos.

IV.4 Definición de los límites del yacimiento.

IV.5 Definición de la variación de propiedades petrofísicas del yacimiento.

IV.6 Programas de cómputo (Software) para caracterización petrofísica, utilizables en PC y en centros de cómputo.

V. Caracterización Integrada del yacimiento. (23 horas)

Objetivo: El alumno caracterizará un yacimiento, en formas manual y computarizada, utilizando información combinada de geología, sísmica y petrofísica.

V.1 Revisión, ordenamiento y preparación de la información geológica, sísmica y petrofísica.

V.2 Definición del modelo geológico-sísmico básico del yacimiento.

V.3 Definición del modelo geológico petrofísico del yacimiento.

V.4 Definición de la distribución de fluidos en el yacimiento.

V.5 Definición y caracterización de unidades de flujo, tanto vertical como horizontalmente.

V.6 Determinación de volúmenes originales de fluidos por explotar.

V.7 Programas de cómputo (Software) para realizar parcial o totalmente la caracterización integrada, utilizables en PC y en centros de cómputo.

Además, el Plan de Estudios actual, comprende cuatro asignaturas que tratan temas que sirven de apoyo amplio en la Caracterización Integral de Yacimientos Petrolieros. Estas asignaturas son las que a continuación se indican; no se detalla su contenido, sólo se señala el semestre en el que se imparten, su objetivo general y el número de horas total que se asigna a cada una.

1er Semestre

Nombre de la asignatura: Cultura y Comunicación.

Duración del curso: 48 horas

Objetivo general: El alumno estará capacitado para que, mediante la lectura, el análisis y la interpretación de manifestaciones culturales, (textos literarios, obras históricas, cine, teatro, danza, artes plásticas, música), aprenda a expresar sus impresiones, mejore su manera de transmitir su sensibilidad y enriquezca su visión de la realidad, y el amor por la cultura, concientizándose que un hombre culto tiene mayor capacidad para entender los problemas personales y sociales, y que la cultura contribuye poderosamente a su éxito profesional.

2° Semestre

Nombre de la asignatura: Computadoras y Programación.

Duración del curso: 72 horas

Objetivo general: El alumno describirá la evolución que han tenido los equipos de cómputo y analizará los fundamentos de la programación estructurada y orientada a objetos como metodologías para llevar a cabo el análisis y diseño de programas. Asimismo aprenderá a utilizar un lenguaje de programación estructurado, un procesador de texto, una hoja de cálculo electrónica y un manejador de base de datos, que le permitan utilizar la computadora como herramienta en la solución de problemas relacionados con la ingeniería.

7° Semestre

Nombre de la asignatura: Recursos Computacionales.

Duración del curso: 96 horas

Objetivo general: El alumno aplicará paquetes de cómputo comerciales, trabajo en equipo y conceptos de diseño de Ingeniería en la solución de "problemas de final abierto".

9° Semestre

Nombre de la asignatura: Programación Avanzada.

Duración del curso: 72 horas

Objetivo general: El alumno aplicará técnicas de programación eficientes para el máximo aprovechamiento de las computadoras personales, en los ámbitos petrolero, acuífero y geotérmico.

Como se explicó en párrafos anteriores y puede verse en los Anexos 4.1 y 4.2, el total de asignaturas del Plan de Estudios de la carrera de Ingeniero Petrolero es de 57, por lo que las 7 asignaturas muy relacionadas a la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros representan el 12.3%. Si se toma en cuenta que en el referido Plan se tienen 20 asignaturas propias o específicas de Ingeniería Petrolera, las 7 asignaturas representan el 35%, un poco más de la tercera parte.

Al detallar el contenido de las mencionadas 7 asignaturas, se observa que no todos los temas y subtemas se relacionan a la Caracterización de Yacimientos y a aquéllas que sí se relacionan, no se les asigna el mismo número de horas, básicamente por el volumen de material que se maneja y el nivel con que se trata cada uno de los aspectos, por lo que el estudiante adquiere los mencionados conocimientos a muy diversos niveles de profundidad y detalle. En algunos aspectos técnicos saldrá muy bien preparado, en cambio en otros egresará sólo con conocimientos elementales. Por supuesto, en los temas netamente de Ingeniería Petrolera saldrá con muy buen nivel de conocimientos y, según los programas de las asignaturas, en aspectos de geología saldrá con conocimientos aceptables, en cambio egresará con conocimientos elementales en temas de geofísica, pero suficientes para establecer comunicación con los profesionales de esta especialidad dentro del equipo.

Con el propósito de visualizar hasta qué punto un recién egresado de la Facultad de Ingeniería sale con los conocimientos que le permitan formar parte de un equipo multidisciplinario para Caracterizar Integralmente los Yacimientos de Petróleo, se estableció una comparación entre los conocimientos que requiere tener el Ingeniero Petrolero experimentado y los conocimientos que lleva el estudiante de Ingeniería Petrolera al egresar de la Facultad.

Debe tomarse en cuenta que el recién egresado no lleva especialización ni experiencia, por lo que, al formar parte de un equipo multidisciplinario, no va a aportar, más bien, va a aprender, es decir, a especializarse y a adquirir experiencia. La comparación se realiza con el propósito de definir si en la escuela adquiere los conocimientos que requiere para desarrollar las diferentes actividades de trabajo de Caracterización Integral. En esta comparación se señala si, de acuerdo a los programas de las asignaturas, se le impartieron o no los conocimientos relacionados a diferentes temas específicos. En la Tabla 4.2 se presenta tal comparación. Al final de la tabla se indica el significado de la simbología utilizada.

Tabla 4.2 Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.

Comparación entre los conocimientos que requiere el Ingeniero Petrolero y los que adquiere en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Nivel de conocimientos, etapas y actividades de trabajo.	Semestre del Plan de estudios actual.								
	1°	2°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	Nc
Muy Buenos:									
1. Recopilación, validación y clasificación de la información.									
1.1 Recopilación de la información.								*	
1.2 Validación de la información.								?	
1.3 Clasificación y construcción de una base de datos.		o				o		*	
1.4 Definición del alcance del estudio de Caracterización.								*	*
1.5 Elaboración del informe de actividades.	o								
2. Análisis de muestras de roca y fluidos.									
2.1 Análisis petrofísicos, petrográficos y bioestratigráficos de núcleos.			*					*	
2.2 Análisis de hidrocarburos.				*				*	
2.3 Análisis del agua de formación								*	
2.4 Elaboración del informe de actividades.	o								
3. Interpretación de registros geofísicos de pozos.									
3.1 Revisión de informes de descripciones de muestras de canal y/o núcleos								*	
3.2 Digitización de datos de registros geofísicos de pozos.		o				o		*	
3.3 Calibración de registros geofísicos con información de muestras de roca y agua.								*	
3.4 Edición de la información.		o				o		*	o
3.5 Determinación litológica y de parámetros petrofísicos a partir de la interpretación de registros geofísicos de pozos.		o				o		*	o
3.6 Análisis de fracturamiento.								?	*
3.7 Elaboración del informe de actividades.	o								
4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas									
4.9 Elaboración del informe de actividades.	o								
5. Interpretación geológica del yacimiento.									
5.7 Elaboración del informe de actividades.	o								
6. Interpretación de pruebas de presión.									
6.1 Edición de la información de registros de presión y/o gasto e integración de datos de análisis petrofísicos y de hidrocarburos (PVT).		o				o		*	o
6.2 Análisis e interpretación de pruebas de variación de presión como: incremento, decremento, inyectividad, Interferencia y curvas de declinación de la producción.		o					*	*	o
6.3 Elaboración del informe de actividades.	o								
7. Integración de resultados.									
7.1 Preparación de archivos.		o				o		*	o
7.3 Incorporación de información diversa en secciones y planos.		o				o		*	o
7.4 Zonificación litológica-petrofísica en tres dimensiones.		o				o		*	o

Tabla 4.2 Continuación...

7.5 Identificación y distribución de unidades de flujo.		o				o		*	
7.6 Presentación gráfica de resultados.		o				o		*	o
7.7 Elaboración del informe de actividades.	o								
8. Volumen original de hidrocarburos.									
8.1 Definición de valores de corte de los parámetros petrofísicos.		o				o		*	o
8.2 Cálculo de espesores netos impregnados de hidrocarburos.		o				o		*	o
8.3 Cálculo del volumen original de hidrocarburos.		o				*		*	o
8.4 Elaboración del informe de actividades	o								
9. Preparación del informe final.	o							*	
Buenos:									
4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas									
4.4 Elaboración de secciones con atributos sísmicos.								*	
5. Interpretación geológica del yacimiento.						*		*	
5.1 Definición de columnas geológicas.		*		*		*		*	
5.2 Definición de aspectos estratigráficos.				*		*		*	
5.3 Establecimiento de aspectos texturales.				*		?		?	
5.4 Definición de aspectos estructurales.				*		*		*	
5.5 Identificación de unidades de flujo.								*	
5.6 Definición de yacimientos.						*		*	
Malos:									
4. Interpretación estructural y estratigráfica de secciones sísmicas.		*		*		*		*	
4.1 Reprocesamiento de secciones sísmicas.									Nc
4.2 Elaboración de sísmogramas sintéticos y correlación sísmica-geológica.								*	
4.3 Definición de secuencias sísmicas.								?	
4.5 Interpretación de facies sísmicas.								*	
4.6 Interpretación sísmica estructural.								*	
4.7 Conversión tiempo-profundidad.								?	
4.8 Configuración estructural.								*	
7. Integración de resultados.								*	
7.2 Digitización de secciones transversales y planos.								*	

*: Aspecto tratado en alguna de las 7 asignaturas muy relacionadas a la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.

o: Aspecto tratado en alguna de las 4 asignaturas de apoyo a la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros.

?: Aspecto probablemente considerado en alguna asignatura; no se especifica.

Nc: Aspecto no considerado en el Plan de Estudios.

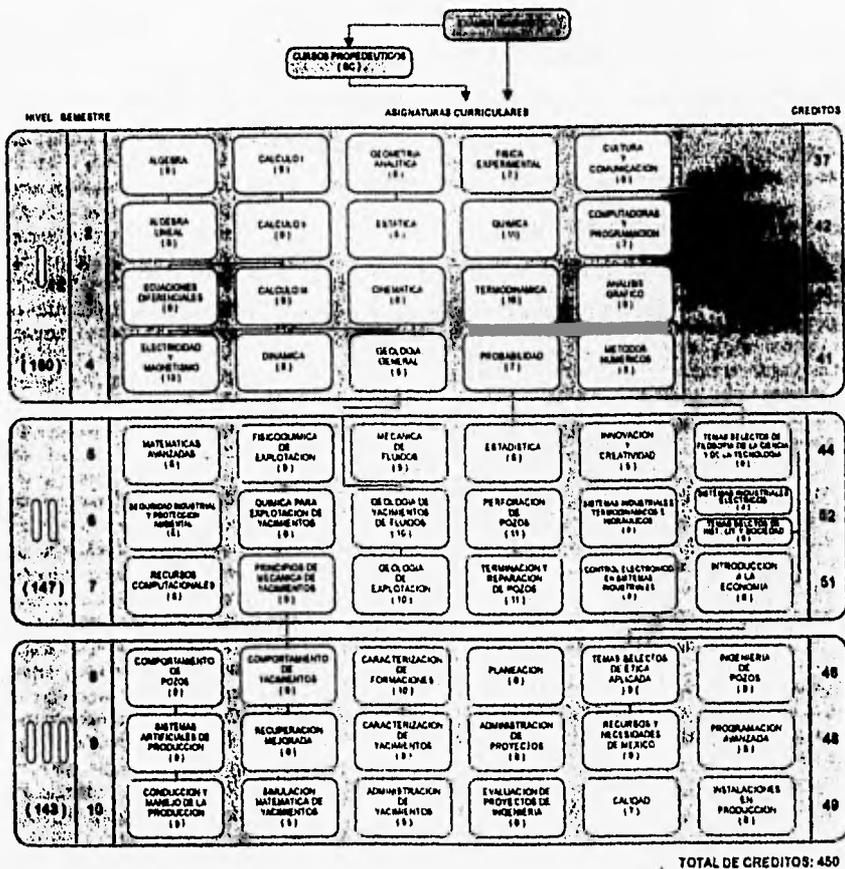
De acuerdo con la información de la Tabla 4.2, se puede señalar que en el Plan de Estudios actual de la carrera de Ingeniero Petrolero, se consideran asignaturas en las que se tratan con seguridad temas referentes a 40 de las 47 actividades, o sea, el 85.1%; no se tiene seguridad de que consideren temas de 6 actividades (12.8 %) y sólo una actividad no se contempla en el Plan de estudios (2.1%)

Por otro lado, si se revisan los temarios que se presentan en este trabajo de las 7 materias muy relacionadas a Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros, se puede indicar que a aspectos de Ingeniería Petrolera se asignan 156 horas, de Geología, 147 horas y sólo 38 a temas de Geofísica, principalmente sísmica. Respecto a las cuatro asignaturas de apoyo, a las tres que corresponden a computación se les asignan 240 horas para tratar muy diversos temas de aplicación en todas las asignaturas de Ingeniería Petrolera, no sólo en Caracterización de Yacimientos Petroleros, y a la de Cultura y Comunicación, aplicable principalmente a las etapas de redacción de informes, se le asignan 48 horas.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

ANEXO 4.1
FACULTAD DE INGENIERIA, U.N.A.M.

Plan de estudios de la carrera de
Ingeniero Petrolero
Diagrama de precedencia obligatoria



NOTAS:

- EL NUMERO DE CREDITOS SE INDICA ENTRE PARENTESIS
- S.C. SIN CREDITOS
- PRECEDENCIA OBLIGATORIA ENTRE ASIGNATURAS
- NIVEL II: REQUISITOS PARA INSCRIPCION, MINIMO 120 CREDITOS DE NIVEL I
- NIVEL III: REQUISITOS PARA INSCRIPCION, 100 % DE CREDITOS DEL NIVEL I Y UN MINIMO DE 74 CREDITOS DEL NIVEL II
- ESTE DIAGRAMA SE APLICA PARA LA GENERACION 1994 Y POSTERIORES

ANEXO 4. 2

FACULTAD DE INGENIERIA, U.N.A.M.

Carrera de Ingeniero Petrolero

Agrupación de asignaturas de acuerdo a la clasificación

ASIGNATURAS DE CIENCIAS BASICAS

Algebra (9)	Física Experimental (L+)(7)
Algebra lineal (6)	Geología General (L)(P)(9)
Cálculo I (9)	Geometría Analítica (6)
Cálculo II (9)	Matemáticas Avanzadas (6)
Cálculo III (9)	Métodos Numéricos (9)
Cinemática (6)	Probabilidad (7)
Dinámica (6)	Química (L+) (11)
Ecuaciones Diferenciales (9)	Termodinámica (L+)(10)
Electricidad y Magnetismo (L+) (10)	
Estadística (6)	
Estática (9)	

ASIGNATURAS DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Cultura y Comunicación (6)
Introducción a la Economía (6)
Temas Selectos de Ética Aplicada (6)
Temas Selectos de Filosofía de la Ciencia y de la Tecnología (6)
Temas Selectos de Historia, Literatura y Sociedad (6)
Recursos y Necesidades de México(6)

ASIGNATURAS DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA

Mecánica de Fluidos (9)	Conducción y Manejo de la Producción (9)
Fisicoquímica de Explotación (9)	
Sistemas Industriales Termodinámicos e Hidráulicos(9)	
Geología de Yacimientos de Fluidos. (10)	
Geología de Explotación (10)	
Química para Explotación de Yacimientos (L+)(9)	
Programación Avanzada (9)	
Principios de Mecánica de Yacimientos (9)	
Simulación Matemática de Yacimientos (9)	

ASIGNATURAS DE INGENIERIA APLICADA

Perforación de Pozos (11)
Terminación y Reparación de Pozos (11)
Comportamiento de Yacimientos (6)
Recuperación Mejorada (9)
Caracterización de Formaciones (10)
Comportamiento de Pozos (9)
Sistemas Artificiales de Producción (9)
Caracterización de Yacimientos (9)

ASIGNATURAS DE DISEÑO DE INGENIERIA

Ingeniería de Pozos (9)
Instalaciones de Producción (9)
Administración de Yacimientos (9)

OTRAS ASIGNATURAS CONVENIENTES

Análisis Gráfico (6)	Sistemas Industriales Eléctricos (4)
Control Electrónico en Sistemas Industriales (6)	Seguridad Industrial y Protección Ambiental (6)
Computadoras y Programación (7)	Innovación y Creatividad (8)
Administración de Proyectos (6)	Recursos Computacionales (9)
Evaluación de Proyectos de Ingeniería (6)	Planeación (6)
Calidad (7)	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- El trabajo en equipo se realiza mediante la acción coordinada de un conjunto de personas, en el cual las habilidades de cada una de ellas es aprovechada al máximo, obteniéndose mejores resultados que la suma de desempeños individuales.
- Es muy importante que un equipo de trabajo sea encabezado por un líder, más que por un jefe, que trabaje junto con sus compañeros y comparta responsabilidades.
- Para que el trabajo en equipo sea correcto, los integrantes deben estar conscientes de qué es lo que se va a hacer, tener bien conocidas las metas y los objetivos del trabajo y debe haber una buena comunicación entre todos ellos durante el desarrollo del trabajo.
- La Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros se debe realizar a cuatro diferentes escalas (megascópica, macroscópica, mesoscópica y microscópica), con la finalidad de que se obtenga buen detalle, tanto cualitativo como cuantitativo, de las características del yacimiento que son de interés para su explotación.
- Las principales disciplinas de Ingeniería que se consideran en la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros son: Geología, Geofísica y Petrolera. Los profesionales de estas áreas de ingeniería deben ser especialistas en diversas ramas, como se señala en esta tesis, por ejemplo: se requiere que los Ingenieros Petroleros sean especialistas o tengan experiencia en: caracterización de yacimientos, pruebas de variación de presión, interpretación de registros geofísicos, análisis petrofísicos y PVT de fluidos.
- El equipo multidisciplinario de Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros, debe establecer el plan de trabajo a seguir, de acuerdo a la información disponible del yacimiento o campo. Un plan general básico puede ser el presentado en esta tesis, sin olvidar que constantemente debe actualizarse.
- De acuerdo a los conceptos actuales de Caracterización Integral de Yacimientos, a la metodología moderna y al hecho de formar equipos multidisciplinarios de trabajo, es obligado disponer de sistemas computacionales apropiados para realizar

la Caracterización Integral; por lo tanto, los integrantes de los equipos requieren saber utilizar tales sistemas.

- Con base en el análisis de responsabilidad de los diferentes tipos de profesionales que intervienen en una Caracterización Integral, se concluye que el Ingeniero Petrolero tiene la mayor responsabilidad (68 %), por lo que se considera que es el indicado para liderar el equipo multidisciplinario.

- Los integrantes de un equipo multidisciplinario deben conocer con profundidad los aspectos propios de su especialidad y tener suficientes conocimientos del resto de las especialidades, si se quiere tener buena comunicación entre ellos y por consiguiente buenos resultados del trabajo en equipo. Por ejemplo, el Ingeniero Petrolero debe dominar los aspectos propios de su especialidad y tener suficientes conocimientos de Geología y Geofísica.

- El Plan de Estudios actual de Ingeniería Petrolera en la UNAM considera siete asignaturas muy relacionadas a la Caracterización Integral de Yacimientos Petroleros y cuatro de apoyo, distribuidas en diferentes semestres. De las primeras, en tres se tratan exclusivamente aspectos de Ingeniería Petrolera, en tres de Ingeniería Geológica y una está conformada con temas de Petróleo, Geología y Geofísica. Respecto a las cuatro asignaturas de apoyo, tres corresponden a computación y en una se tocan aspectos de redacción.

- En el Plan de Estudios actual de Ingeniería Petrolera no se tiene alguna asignatura que trate temas sobre trabajo en equipo.

Se recomienda que cuando menos en alguna asignatura se traten aspectos de trabajo en equipo multidisciplinario y que se realicen algunas aplicaciones prácticas, como por ejemplo: tareas, proyectos, tesis, etc., en las que participen estudiantes o pasantes de Ingeniería Petrolera, Ingeniería Geológica e Ingeniería Geofísica, en equipo.

- De la comparación hecha entre los conocimientos que requiere un Ingeniero Petrolero que forma parte de un equipo de Caracterización Integral y los que adquiere en la Facultad de Ingeniería, se concluye que egresa con muy buenos conocimientos

en temas de Ingeniería Petrolera y buenos en temas de Geología, pero con deficientes conocimientos en Geofísica (sísmica).

- En el Plan de Estudios actual de Ingeniería Petrolera no existe una sola asignatura 100 % relacionada a Geofísica. Los temas de esta área, en especial de sísmica, se tratan un poco en una asignatura de Geología y en una que comprende también aspectos de Ingeniería Petrolera y de Geología.

Se recomienda agregar al Plan de Estudios de Ingeniería Petrolera una asignatura de Geofísica, principalmente de sísmica. Tal asignatura podría denominarse "Geofísica para Ingenieros Petroleros" o "Geofísica de Explotación", en la que se trataran temas de geofísica aplicables a caracterización de formaciones o de yacimientos aspectos en los que actualmente se está desarrollando mucha tecnología a nivel mundial.

- Además de las tres asignaturas referentes a computación, otras propias de la carrera de Ingeniero Petrolero, requieren el uso de sistemas de cómputo, por lo que, dada la situación actual de los equipos de cómputo existente en la Facultad de Ingeniería, destinados a Ciencias de la Tierra, se recomienda modernizarlos e incrementarlos en un número apropiado, así como adquirir los paquetes de cómputo apropiados.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS.

1. Rees, F : "El Liderazgo en los Grupos de Trabajo." Panorama editorial, 1ª edición, 1995.
2. Pemex, : "Taller de Integración de Equipos Multidisciplinarios para la Explotación Óptima de Hidrocarburos," Notas, Gerencia de Desarrollo Tecnológico, PEP, 1994.
3. Cencade, : " Plan Estratégico de Calidad," Curso de Calidad para la Región Sur, PEP, 1995.
4. Cornejo, M.A. : "Necesitamos Líderes, no Jefes," Excellentia, 1995.
5. Franco, H.G. : "Importancia de la Caracterización de Yacimientos en la Explotación de Hidrocarburos." Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.
6. Cisneros, V.E. : "Importancia de las Propiedades Petrofísicas en la Caracterización de Yacimientos." Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.
7. Pérez, M.M.E. : "Glosario Ejemplificado de Terminología Utilizada en Caracterización de Yacimientos Petroleros." Tesis, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.
8. IMP, " Plan de Trabajo para Caracterización de Yacimientos o Campos Petroleros," División de Evaluación de Formaciones, 1994.
9. FI, " Plan de Estudios Actual de la Carrera de Ingeniero Petrolero," Facultad de Ingeniería, UNAM, 1995.

BIBLIOGRAFÍA.

Bateman, R.M.: " Building a Reservoir Description Team - A case Study. " The log Analyst, July- August 1993.

Carbajal,R.R.: " Nuevos Planes de Estudio de la Facultad de Ingeniería," Revista de Ingeniería, Julio-Sep 1995.

Cornejo, M.A.: " Compromisos para ser Líder," Excellentia, 1995.

Koerner, R.H.: " Connections....whit hard technology," JPT, May 1995.

Koerner, R.H.: " Connections....whit soft technology," JPT, July 1995.

Koerner, R.H.: " Connections....whit soft technology," JPT, June 1995.

Lake, L.W.: "Reservoir Characterization." Proceedings of the Reservoir Characterization Technical Conference, April 29-may 1, 1985.

Lake, L.W. : "Reservoir Characterization II." Proceedings of the Second International Reservoir Characterization Conference, June 1989.

McQuillin, R. et al.: "An Introduction To Seismic Interpretation." Graham & Trotman Limited, second edition, 1986.

Obregón, A.J.J.: " Apuntes de la Clase de Calidad," Facultad de Ingeniería, UNAM, 1996.

Pemex, " Programa de la primera etapa del proyecto CUN-OX" , PEP, Comalcalco, Tab, 1996.

Thakur,G.C.: " What is Reservoir Management?," JPT, June 1996.