

**MANUALES PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA
GEOLOGIA DE HIDROCARBUROS Y GEOLOGIA GENERAL PARA
INGENIEROS DE PETROLEOS.**

**SUSAN KATHERINE COLMENARES SALCEDO
JENNIFFER TATIANA MURILLO SUAREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2013**

**MANUALES PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA
GEOLOGIA DE HIDROCARBUROS Y GEOLOGIA GENERAL PARA
INGENIEROS DE PETROLEOS.**

**SUSAN KATHERINE COLMENARES SALCEDO
JENNIFER TATIANA MURILLO SUAREZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Geóloga**

Director

RICARDO MIER UMAÑA

Geólogo

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2013

"Me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo entendí, lo hice y lo aprendí" Confucio.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 14 |
| 2. OBJETIVOS | 16 |
| 2.1. Objetivo General | 16 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 16 |
| 3. ESTADO DEL ARTE | 17 |
| 3.1. COMPETENCIAS Y MODALIDADES DE TRABAJO DE GRADO..... | 17 |
| 3.1.1. Desarrollo de las competencias en la Universidad Industrial de Santander | 17 |
| 3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS: GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS.. | 19 |
| 3.3. DESARROLLO DE COMPETENCIAS CONSEJO PROFESIONAL DE GEOLOGÍA..... | 21 |
| 3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS SEGÚN EL CONTEXTO..... | 21 |
| 3.4.1. Competencias académicas: | 21 |
| 3.4.2. Competencias Sociales: | 21 |
| 3.4.3. Competencias Laborales: | 21 |
| 3.5. COMPETENCIAS ESCUELA DE GEOLOGIA UIS..... | 22 |
| 3.5.1. Competencias académicas | 22 |
| 3.5.2. Competencias Sociales: | 22 |
| 3.5.3. Competencias Laborales: | 22 |
| 3.6. MODALIDADES DE TRABAJO DE GRADO | 24 |
| 3.6.1. Trabajo de Investigación. | 24 |
| 3.6.2. Práctica en Docencia. | 24 |
| 3.6.3. Práctica Empresarial. | 25 |
| 3.6.4. Seminario de Investigación. | 25 |
| 3.6.5. Cursos en programas de maestría y doctorados. | 25 |
| 3.6.6. Pasantía de Investigación. | 25 |

| | |
|---|-----------|
| 4. MODELO PEDAGOGICO DE LA ESCUELA DE GEOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER | 27 |
| 4.1. El reconocimiento del otro como persona..... | 27 |
| 4.2. La construcción del ser, del hacer y del saber..... | 27 |
| 4.3. Integración del Modelo Pedagógico en Geología..... | 33 |
| 4.4. PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS..... | 33 |
| 4.6. MEDIACIONES | 37 |
| 5. IMPORTANCIA DE LOS MANUALES EN EL APRENDIZAJE DE LAS ASIGNATURAS. | 37 |
| 6. CONCLUSIONES | 40 |
| 7. RECOMENDACIONES | 41 |
| BIBLIOGRAFIA | 40 |
| ANEXOS | 43 |

LISTA DE TABLAS

Pág.

| | |
|---|-----------|
| TABLA 1. Tipos de competencias genéricas de consejo profesional de geología. | 19 |
| TABLA 2. Tipos de competencias específicas de consejo profesional de geología. | 20 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| ANEXO A. MANUAL PARA LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA GEOLOGIA DE HIDROCARBUROS. | 43 |
| ANEXO B. MANUAL PARA LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA GEOLOGIA GENERAL. | 254 |

RESUMEN

TÍTULO:

MANUALES PARA LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS GEOLOGIA DE HIDROCARBUROS Y GEOLOGIA GENERAL PARA INGENIEROS DE PETROLEOS.*

AUTORES:

COLMENARES SALCEDO, Susan Katherine
MURILLO SUAREZ, Jenniffer Tatiana**

PALABRAS CLAVES:

ASIGNATURAS, GEOLOGIA, GUIAS, IMPLEMENTAR, MANUALES, PERFECCIONARPROYECTO.

DESCRIPCIÓN:

La decisión de implementar manuales para las asignaturas teórico-prácticas dictadas por la escuela de geología en la Universidad Industrial de Santander, debería ser principalmente un referente voluntario, ya que el propósito es avanzar hacia la mejora del aprendizaje de los estudiantes en términos de que ellos adquieran nuevas competencias, con el fin de perfeccionar el conocimiento, teniendo en cuenta que las prácticas de laboratorio son uno de los ejes principales de estudio en la Geología. En este sentido es indispensable implementar manuales que contengan guías de laboratorio a seguir por los estudiantes.

El presente trabajo recopila información de libros y documentos virtuales sobre los temas que se van a desarrollar durante las asignaturas geología de hidrocarburos y geología general para ingenieros de petróleo. La información recopilada se traduce en dos *manuales*, que contienen 10 guías de laboratorio cada uno para las asignaturas mencionadas anteriormente, planteados como un guía completa que se acomoda hacia las mejores prácticas de laboratorio de las mismas.

Los manuales presentan un contenido completo, que se adapta a cualquier tipo de pedagogía utilizada por el profesor que esté a cargo de las asignaturas, ya que al momento de desarrollar la práctica existe una flexibilidad para que ellos precisen qué tipo de entrenamiento quieren perfeccionar para sus estudiantes de acuerdo a lo que desarrollan en la teoría. Cada guía cuenta principalmente con cinco secciones las cuales son *objetivos, introducción, marco teórico, desarrollo de la práctica y preguntas interpretativas*, que permiten ubicar al estudiante en el contexto del tema a aprender.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ciencias Físico-Químicas, Escuela de Geología, Director: Ricardo Mier Umaña.

ABSTRACT

TITLE:

MANUALS FOR LABORATORY PRACTICES FOR THE HYDROCARBON GEOLOGY AND GENERAL GEOLOGY SUBJECTS FOR PETROLEUM ENGINEERS.*

AUTHORS:

COLMENARES SALCEDO, Susan Katherine
MURILLO SUAREZ, Jenniffer Tatiana**

KEYWORDS:

GUIDES, GEOLOGY, IMPLEMENTATION, MANUALS, PROJECT, PERFECTING, SUBJECTS.

DESCRIPTION:

The decision of implementing manuals for the theoretical-practical subjects dictated by the school of Geology in the Industrial University of Santander, should be mainly a willing referent, since its purpose is advancing towards the improvement of the students learning meant for them to acquire new competencies and skills, all with the purpose of perfecting knowledge, taking into account that the laboratory practices are one of the backbones of geological study. In that sense, it is essential to implement manuals that contain laboratory guidelines to be followed by the students.

This work compiles information of books and virtual documents on the topics that are to be studied in the subjects of Hydrocarbon Geology and General Geology for petroleum engineers. The information here compiled is placed as two manuals, containing 10 laboratory guidelines each for the previously mentioned subjects, set as a complete guide that fits in the best laboratory practices for them.

The manuals present a complete content, adaptable to any kind of pedagogics as imparted by the teacher in charge, given that at the time of working on the practice there is flexibility for them to determine what kind of training they want to develop for their students according to what the theory worked. Each guide counts mainly with five *sections* which are: *objectives, introduction, theoretical background, exercise development* and *Interpretation questions*, allowing the student to locate himself within the context of the learning at hand.

* Degree Project.

** Faculty of Physics and Chemical Sciences, School of Geology, Director: Ricardo Mier Umaña.

1. INTRODUCCIÓN

La Geología es considerada una ciencia desde el punto de vista de su pedagogía, desarrollo y aplicación profesional. Por lo tanto además de la teoría, es una carrera que indispensablemente necesita tener un elemento práctico, por ende la mayoría de las asignaturas son llamadas teórico-prácticas y como su nombre lo indica, estas obtienen en la programación de su ilustración incluir la realización, por el alumno, de trabajos prácticos. Entendiendo que estos son tareas destinadas a verificar si los conocimientos impartidos en las clases teóricas y el uso del material bibliográfico correspondiente, son manejados correctamente por el alumno.

Es importante que los estudiantes de la carrera de Geología cuenten con manuales de laboratorios los cuales les permitan facilitar su estudio, apegándose estrictamente al programa del curso que estén desarrollando. Con este fin se ha propuesto implementar dos manuales para las asignaturas geología de hidrocarburos y geología general para ingenieros de petróleo, basados en lograr varias metas y competencias en los estudiantes como: aprendizaje de conceptos, desarrollo de destrezas, razonamiento, habilidades y resolución de problemas, entre otras.

El presente trabajo denominado ***“Manuales para las prácticas de laboratorio de las asignaturas Geología de hidrocarburos y Geología general para ingenieros de petróleo”*** está estructurado de manera que los estudiantes abarquen todos los temas a ver en la asignatura, brindando un documento estructurado y escrito de manera que fomente la lectura y amplíe el conocimiento que fue adquirido en las clases teóricas, así mismo brinda la posibilidad de una enseñanza activa con fuerte participación del estudiante en el aprendizaje,

ofreciéndole ejercicios y preguntas para que interpreten, analicen y contesten por sus medios fomentando, principalmente, el trabajo en equipo.

Los temas elegidos son aspectos fundamentales de la geología de hidrocarburos y la geología general, dejando de lado toda información innecesaria, quedando así dos manuales completos y abiertos a la profundización de nuevos conceptos y a la actualización que se necesite con el tiempo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Diseñar, elaborar e implementar los manuales para las prácticas de laboratorio de las asignaturas Geología de hidrocarburos y Geología general para ingenieros de petróleos.

2.2. Objetivos Específicos

- Actualizar y diseñar prácticas de laboratorio para la asignatura Geología de Hidrocarburos con el fin de posibilitar a los estudiantes habilidades para buscar, procesar y analizar información técnica procedente de fuentes diversas y conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.
- Proporcionar prácticas de laboratorio que apoyen la enseñanza y la investigación en la asignatura Geología General para ingenieros de petróleo.
- Incluir un método evaluativo a partir de preguntas de carácter interpretativo y de análisis, en cada una de las prácticas de laboratorio de las asignaturas geología general para ingenieros de petróleos y geología de hidrocarburos.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. COMPETENCIAS Y MODALIDADES DE TRABAJO DE GRADO

3.1.1. Desarrollo de las competencias en la Universidad Industrial de Santander

la Universidad Industrial de Santander, con el apoyo del centro para el desarrollo de la docencia en la Universidad Industrial de Santander CEDEDUIS, ha establecido los parámetros a desarrollar para llevar a cabo un proceso de formulación y desarrollo de competencias en el contenido programático de las asignaturas de los programas académicos de la Universidad Industrial de Santander “UIS”.¹

La universidad establece que el concepto de competencia “es la capacidad de desempeño integrada por el saber, el saber hacer, el ser y el saber convivir. Hace referencia a la convergencia de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes, valores y sentimientos, para reconocer una situación problemática y resolverla adecuadamente, estableciendo su origen en las necesidades sociales, individuales y laborales de los nuevos roles proyectado con base en los análisis científicos y tecnológicos y en los cambios sociales”.

Por otra parte las competencias permiten poner en evidencia; saberes, acciones, habilidades, destrezas, conocimientos, valores, sentimientos, pudiéndose organizar en competencias cognitivas, axiológicas y actitudinales. Las competencias deben de ser enunciadas con un verbo conjugado en tercera persona del singular, de forma tal que explique claramente el desempeño².

Las competencias difieren de los objetivos por la complejidad que implica el desarrollo de conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y valores que permitan un adecuado desempeño de la persona en los diferentes escenarios. Sin embargo, en la formulación de las competencias para una asignatura no es posible definir las en relación con todos los contenidos del curso pues éstas son de mayor complejidad y se desarrollan a lo largo de todo un plan de estudios, por

1 Ruby Arbeláez López, Martha Vitalia Corredor Montagurt, Martha Ilse Pérez Angulo. Concepciones sobre competencias. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander. (2009).

2 Consejo profesional de Geología. Informe de las de competencias propias de los egresados en Geología. Bogotá: Consejo Profesional de Geología. (2007).

esta razón se deben definir competencias generales con sus respectivos niveles de logros dentro de cada asignatura.

Por lo anterior se puede afirmar que las competencias deben:

- Ser la base del diseño curricular.
- Formar el enunciado del diseño curricular y el perfil profesional.
- Ser parte del perfil ocupacional.
- Permitir informar sobre lo que saben y pueden aprender a hacer los aprendices.
- Ser académicas, sociales y laborales.
- Ser cognitivas, actitudinales y axiológicas.

De acuerdo a una encuesta elaborada por Tatiana Romero (2011), dirigida a contratistas, docentes, egresados y estudiantes, se determinaron las competencias genéricas y específicas para los egresados en el siguiente orden de importancia. Ver tabla 1 y 2.

3.2. CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS: GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS

Tabla 1. Tipos de competencias genéricas de Consejo profesional de Geología.

| COMPETENCIAS GENERICAS | |
|--|--|
| Capacidad de comunicación en un segundo idioma | |
| Capacidad de trabajo en equipo | |
| Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica | |
| Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión | |
| capacidad para identificar, plantear y resolver problemas | |
| capacidad para tomar decisiones | |
| compromiso con la calidad | |
| Habilidades para el uso de las tecnologías de la información y comunicación | |
| compromiso ético | |
| Compromiso con la preservación del medio ambiente | |
| capacidad de investigación | |
| Capacidad de aprender y actualizarse permanentemente | |
| Capacidad de comunicación oral y escrita | |
| Capacidad de abstracción, análisis y síntesis | |
| Capacidad para organizar y planificar el tiempo | |
| Capacidad para formular y gestionar proyectos | |
| Habilidad para trabajar en forma autónoma | |
| capacidad creativa | |
| Habilidad para trabajar en contextos internacionales | |
| Capacidad de motivar y conducir hacia metas comunes | |
| Responsabilidad social y compromiso ciudadano | |
| habilidades para buscar procesar y analizar información procedente de diversas fuentes | |
| Habilidades interpersonales | |
| Valoración y respeto por la diversidad y multiculturalidad | |
| Compromiso con su medio socio-cultural | |
| Capacidad crítica y autocrítica | |
| Capacidad para actuar en nuevas situaciones | |

Fuente: Romero Yuris Tatiana (2011). Propuesta de reforma curricular bajo la visión de competencias, para la línea de yacimientos energéticos. Modificado.

Tabla 2. Tipos de competencias específicas de Consejo profesional de Geología.

| COMPETENCIAS ESPECIFICAS |
|--|
| Tener la capacidad de recolectar, procesar e interpretar datos de diversas fuentes, a través de técnicas cualitativas y cuantitativas, con el fin de construir modelos geológicos |
| Desarrollar métodos de enseñanza e investigación de la geología dirigidos tanto a la mejora de desempeño profesional como a la difusión del conocimiento |
| Efectuar estudios geológicos para la búsqueda, explotación, conservación y gestión de recursos hídricos |
| Elaborar e interpretar mapas y secciones geológicas |
| Rigurosidad en la selección de muestras, toma de datos, tratamiento e interpretación |
| Ubicar perforaciones para investigación y explotación y realizar su control geológico |
| Capacidad de observación y comprensión del entorno |
| Desarrollo de la actividad profesional en un marco de responsabilidad, legalidad, seguridad y sustentabilidad. |
| Describir y analizar las relaciones de los elementos que están presentes en las rocas y en sus estructuras internas y externas, con el fin de interpretar la evolución y secuencia de los eventos geológicos |
| Percibir y comprender las dimensiones espaciales y temporales de los procesos geológicos y sus efectos sobre el planeta |
| Desarrollar los trabajos en equilibrio con el cuidado y conservación del medio ambiente y social |
| Capacidad para interactuar en áreas interdisciplinarias y transdisciplinarias |
| Aplicar sistemas de clasificación y tipificación de materiales geológicos |
| Proporcionar bases para la planificación territorial y la previsión, prevención y mitigación de riesgo geológicos, desastres naturales y antrópicos |

Fuente: Romero Yuris Tatiana. Propuesta de reforma curricular bajo la visión de competencias, para la línea de yacimientos energéticos. Modificado.

3.3. DESARROLLO DE COMPETENCIAS CONSEJO PROFESIONAL DE GEOLOGÍA

El consejo profesional de geología, en junio de 2004, presentó un documento sobre los ECAES hoy conocidos con el nombre de Saber-Pro, donde se establece las particularidades de la geología como profesión y el perfil propuesto de competencias de un geólogo (Consejo profesional de Geología, 2007).

En el informe presentado por el Consejo Profesional de Geología, se hace un resumen de las competencias establecidas por los europeos en el proyecto Alfa Tunnig, donde se resaltan como competencias más importantes las siguientes:

- Capacidad de análisis y de síntesis.
- Capacidad de aprender.
- Capacidad de resolver problemas.
- Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica.
- Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
- Preocupación por calidad.
- Capacidad para administrar información.
- Habilidad para trabajar en forma autónoma y en equipo.

3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS SEGÚN EL CONTEXTO

Según el contexto y la convergencia de responsabilidades las competencias se pueden clasificar en:

- 3.4.1. **Competencias académicas:** Cuando su desarrollo corresponde a entidades educativas.
- 3.4.2. **Competencias Sociales:** Cuando corresponde a la familia, a la escuela y a la sociedad.
- 3.4.3. **Competencias Laborales:** cuando corresponde al sector empresarial.

Las competencias académicas, hacen referencia al saber hacer en la aplicación del conocimiento científico y que son intrínsecas a la Universidad serán: cognitivas, actitudinales y axiológicas, para cada ciclo, módulo, proyecto o problema, es decir depende de la modalidad adoptada para el diseño curricular.

Las competencias académicas cognitivas, hacen referencia al conocimiento como construcción, es decir, en proceso y también el producto de dicha construcción. Son ejemplos de competencias cognitivas académicas: identificar, comparar,

representar mentalmente, aplicar, codificar, decodificar, recoger información, identificar, plantear y resolver problemas.

Las competencias académicas cognitivas y axiológicas inducen las actitudes que asume el ser humano como respuesta al reto que le plantea el mundo.

Las competencias académicas cognitivas y actitudinales se construyen y se reconstruyen a la par con las interacciones, experiencias y conocimientos.

Son ejemplos de competencias actitudinales y axiológicas: tomar decisiones, aceptarse, ser autónomo, poseer iniciativa, respetar, participar, escuchar, cumplir, valorar, reconocer al otro, seguir reglas, colaborar, etc.

3.5. COMPETENCIAS ESCUELA DE GEOLOGIA UIS

Para analizar la utilización e implementación de las competencias tanto específicas como generales, en el contexto académico y profesional de la UIS se tomó la decisión de llevar a cabo un trabajo de tesis donde a partir de encuestas se pudieran establecer las competencias específicas y generales de acuerdo a la información obtenida de profesores, estudiantes, egresados y contratistas. En este trabajo de tesis se utilizaron los conceptos establecidos por el Centro para el Desarrollo de la Docencia en la Universidad Industrial de Santander “CEDEDUIS”, donde clasifican las competencias de la siguiente manera.(Ruby Arbeláez López, Martha Vitalia Corredor Montagurt, Martha Ilce Pérez Angulo, 2009):

3.5.1. **Competencias académicas:** Cuando su desarrollo corresponde a entidades educativas (profesores y estudiantes).

3.5.2. **Competencias Sociales:** Cuando corresponde a la familia, a la escuela y a la sociedad (egresados).

3.5.3. **Competencias Laborales:** cuando corresponde al sector empresarial (contratistas).

La encuesta también solicitaba la clasificación de las 5 competencias más importantes para cada uno de los grupos encuestados, estableciendo así el grado de importancia del desarrollo de la competencia en su vida profesional. En resumen el geólogo de la UIS, estará en capacidad de desempeñarse en tareas como: exploración y explotación de petróleo y gas empleando técnicas geofísicas, estratigráficas, estructurales y geoquímicas; elaboración de mapas geológicos a escalas locales y regionales empleando sensores remotos y sistemas de información geográfica; prospección y explotación de yacimientos de carbones, roca fosfórica, arenas silíceas, esmeraldas, fluorita, barita y materiales para la construcción entre otros; prospección y explotación del recurso hídrico incluyendo

aguas superficiales y subterráneas; prospección, explotación y beneficio de yacimientos metálicos tales como oro, plata, cobre, hierro, níquel, bauxita entre otros; investigación en las áreas de petrología ígneo-metamórfica, geoquímica orgánica, geoquímica de aguas, estratigrafía, geología estructural, sedimentología, paleontología, geología ambiental entre otras. Además, estará en capacidad de trabajar interdisciplinariamente con profesionales de otras ciencias e ingenieros para generar y adecuar conocimiento puro y aplicado y desempeñar funciones propias del geólogo de acuerdo a la Ley 9a del 30 de Septiembre de 1974, que regula el ejercicio de la geología en Colombia.

De acuerdo al desarrollo científico tecnológico mundial y al marco jurídico que regula la profesión del geólogo en nuestro país, El Programa de Geología fomenta las siguientes competencias en sus estudiantes:

- Lingüísticas: saber comunicarse, expresar sus ideas de manera clara en forma oral y escrita, en lengua materna, inglés y otras optativas.
- Creativas: poseer la capacidad de entender procesos y usar el conocimiento matemático para su formulación y modelación.
- Informáticas: levantar, procesar o tratar y analizar e interpretar información técnico – científica especialmente del área de ciencias naturales y exactas, utilizando recursos lógicos y automáticos disponibles en el medio.
- Profesionales: saber manejar tanto los conceptos de espacio y tiempo de los procesos geológicos como las diferentes escalas de estos.
- Interdisciplinarias: poseer aptitudes y actitudes para abordar y adelantar conceptos interdisciplinarios que le permitan interactuar con profesionales de otros campos técnico – científicos.
- Socialización: tener la capacidad de interactuar con las personas de su entorno.
- Internacionalización: saber interactuar con personas y medios diferentes al colombiano.

3.6. MODALIDADES DE TRABAJO DE GRADO

El programa de Geología incorpora asignaturas electivas que le permiten al estudiante profundizar el conocimiento que adquiere a lo largo de la carrera, de acuerdo a su interés o a la perspectiva que éste tenga del campo de acción en el cual desee desempeñarse.

El programa también ofrece espacios de aprendizaje flexibles, mediante asignaturas de contexto, las cuales promueven la formación integral e interdisciplinaria y permiten la toma de decisiones del estudiante, mediante la elección de asignaturas de acuerdo con necesidades y perspectivas de adquisición de conocimiento.

Las asignaturas de contexto van más allá de la adquisición de conocimiento, son saberes ofrecidos por otras disciplinas, necesarios para fortalecer o estructurar la formación como profesional y como persona.

Las asignaturas electivas propuestas han sido definidas teniendo en cuenta las diferentes líneas de profundización, como son; Línea de Yacimientos Energéticos, Línea de Yacimientos Minerales y Línea de Geología Ambiental.

Además el programa de geología da al estudiante la posibilidad de escoger la modalidad de trabajo de grado que más se ajuste a sus necesidades y a sus perspectivas profesionales. Esta modalidad se encuentra reglamentada en el Acuerdo 240 de 2008 del Consejo Académico. A continuación se enuncian las modalidades aplicables al programa de geología de la UIS:

3.6.1. **Trabajo de Investigación.** Los estudiantes de geología diseñan y ejecutan un plan que busca aportar soluciones a problemas teóricos o prácticos, vigentes en el entorno local, regional o nacional.

3.6.2. **Práctica en Docencia.** Comprende la experiencia y los aportes del estudiante en la cátedra universitaria mediante el desarrollo de ***Proyectos de Aula orientados a proponer y/o evaluar nuevas metodologías, estrategias didácticas, procesos de evaluación de asignaturas y demás componentes que contribuyan al mejoramiento del proceso de aprendizaje***, o el enriquecimiento de unidades de aprendizaje en las que se desarrollen objetos de aprendizaje mediante el uso de TICs.

3.6.3. Práctica Empresarial. Es una experiencia académica en la cual el estudiante entra en contacto e interactúa a través de proyectos específicos, con la realidad de contextos empresariales a nivel local, nacional o internacional en áreas de su profesión, en la cual aplica y fortalece competencias personales y profesionales.

3.6.4. Seminario de Investigación. Tiene como propósito fortalecer en el estudiante de geología las habilidades requeridas en el manejo de la información y la comunicación para desarrollar investigación científica. Este trabajo lo realiza un grupo de 3 a 5 estudiantes quienes bajo la dirección de un profesor elaboran y ejecutan el plan del Seminario sobre un tema investigación.

3.6.5. Cursos en programas de maestría y doctorados. Brinda a los estudiantes de geología de la UIS la posibilidad de acceder a cursos de la Maestría. Al mismo tiempo se abre la posibilidad a futuro de la creación de nuevos programas de y doctorado, que permitirán ampliar las opciones de selección de esta modalidad por parte de los estudiantes del programa de Geología.

3.6.6. Pasantía de Investigación. Mediante la vinculación a Grupos de Investigación de la Universidad Industrial de Santander o de otras universidades nacionales o internacionales, el estudiante de geología, se involucra en la formulación de un protocolo de investigación o en el desarrollo de un proyecto de investigación en marcha, aportando en alguno de sus componentes bajo la orientación del Director del proyecto.

Geología es una ciencia y como tal la parte experimental juega un papel vital en su perfeccionamiento, de tal manera que las prácticas de laboratorio son uno de los ejes principales en su estudio. Es por eso que en la Escuela de Geología en la Universidad Industrial de Santander la mayoría de las asignaturas cuentan con una parte teórica y una parte práctica ayudando en la adquisición de competencias y destrezas con el fin de cimentar el aprendizaje significativo de los diferentes temas.

En la educación se hace necesario la realización de trabajos prácticos para la formación de los estudiantes, ya que es un proceso dinámico en el que los estudiantes construyen y reconstruyen su propio entendimiento a través de sus experiencias. A su vez, facilita que los alumnos lleven a cabo sus propias investigaciones y se evalúa la comprensión y entendimiento de la materia.

Trabajar con manuales en las prácticas de laboratorio tiene la ventaja de facilitar que los estudiantes puedan adquirir habilidades propias de los métodos de la investigación científica, amplíen, profundicen, consoliden, generalicen y comprueben los fundamentos vistos en la parte teórica de las asignaturas y así mismo puedan adquirir destrezas que les servirán en su vida profesional.

No está de más mencionar que este proyecto es el inicio, para que todas las asignaturas de Geología que tienen una parte práctica, cuenten con un manual actualizado que permita adquirir nuevas habilidades y competencias.

La idea de realizar estos manuales y de empezar a implementarlos en la Escuela de Geología, es lograr varias metas y competencias en los estudiantes como: aprendizaje de conceptos, desarrollo de destrezas, razonamiento, habilidades y resolución de problemas, entre otras.

En este trabajo se plantea por primera vez en la escuela de geología la modalidad **práctica en docencia**, debido a la importancia de contar con guías actualizadas de las diferentes materias del plan de estudios, las cuales serán de gran ayuda en especial para los profesores cátedra.

En este caso se elaboraron las guías de la parte práctica de las materias Geología General para Ingenieros de Petróleo la cual cuenta con prácticas sobre temas generales de la geología y otra guía para Geología de Hidrocarburos, la cual cuenta con prácticas sobre temas básicos de la geología de los hidrocarburos.

4. MODELO PEDAGOGICO DE LA ESCUELA DE GEOLOGIA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

4.1. El reconocimiento del otro como persona.

La Geología es una ciencia natural e histórica en la cual continuamente se realizan observaciones y se confrontan ideas con base en paradigmas y marcos teóricos los cuales evolucionan en estrecha relación con el contexto subjetivo, social y el desarrollo científico y tecnológico, inicialmente en **la relación docente-alumno** y posteriormente en la relación de pares en términos de pensar, actuar, sentir, participar y aportar a la formación propia y al desarrollo del conocimiento con sentido social.

El hecho que la formación del geólogo se lleve a cabo en múltiples escenarios como aulas de clase, **laboratorios**, y el campo, **facilita la interacción respetuosa con y entre profesores, compañeros, comunidad científica y sociedad en general** y el reconocimiento del otro en sus dimensiones subjetiva, social y científico tecnológica, sus derechos y deberes, su ser en formación, sus logros, limitaciones y potencialidades.

En este sentido, El modelo pedagógico propuesto por la Escuela de Geología, se fundamenta en la firme idea del respeto hacia el otro como persona, valorando los elementos que cada uno proyecta desde sus dimensiones subjetiva, social, científico-tecnológica, como **base fundamental para la construcción del ser, el hacer y el saber.**

4.2. La construcción del ser, del hacer y del saber.

El modelo propuesto por la escuela de geología plantea la necesidad de participación continua de los docentes y los estudiantes en los procesos de **construcción del ser, del hacer y del saber por medio de la** comunicación entre sí.

4.2.1. **La construcción del ser** como proceso, conduce a la formación integral, al desarrollo de potencialidades, de perfeccionamiento humano en las dimensiones subjetiva, social y científico tecnológico.

En el programa de Geología de la UIS, el papel del docente, es el de mediar y orientar la construcción de conocimiento, la formación científica y pedagógica del docente, es considerada fundamental para

que el mismo este en capacidad de compartir sus experiencias de investigación, despertar el interés por conocer y desarrollar y potencializar en el estudiante sus distintas dimensiones como ser humano.

El profesor y los estudiantes de geología tienen la labor de construir, apropiarse y transformar conocimiento, tratando de dar respuesta a los procesos y fenómenos geológicos, a partir de la observación y confrontación de las ideas previas y explorar la aplicabilidad de estos conocimientos para el beneficio de la sociedad y el mejoramiento de su calidad de vida.

4.2.2. **La construcción del hacer**, se refiere al posicionamiento del individuo en su entorno natural y social, a la educación del sentir y del obrar en la cotidianidad, y a la educación orientada a la formación del ciudadano.

La Geología por su carácter teórico – práctico le da la oportunidad a sus profesionales y estudiantes de interactuar con diversas comunidades, ampliando así las fronteras de la tolerancia y el reconocimiento de múltiples valores y ámbitos culturales.

Las excursiones geológicas y las prácticas de campo que se programan desde los primeros semestres; **los laboratorios de las asignaturas de carrera los cuales permiten llevar a la práctica los conceptos presentados y analizados en las clases teóricas y las novedades y actualidades de técnicas de experimentación, análisis y modelamiento de procesos**; los grupos de semilleros de investigación; las pasantías empresariales, la ejecución de tesis de grado y la participaciones eventos sociales y científicos, **son los escenarios propicios y fundamentales que la escuela ofrece para facilitar al y en el estudiante la construcción del hacer.**

4.2.3. **La construcción del saber** se refiere a la generación y apropiación creativa del conocimiento y a la reflexión sobre su sentido y valor en un contexto.

En el programa de Geología, el proceso de generación y construcción del saber, como apropiación creativa del conocimiento, es considerado

como el resultado de percibir la realidad, analizada debidamente, y documentar las experiencias metódica y científicamente.

En Geología mediante la toma de datos (Ej. Observaciones de campo, **laboratorio**, etc.), y la interpretación de los mismos, se obtienen nuevos conocimientos a partir de los cuales se promueven ideas propias del estudiante las cuales aplicara en su vida profesional. Esto en **el contexto del proceso de enseñanza-aprendizaje, incorpora la tarea de toma de datos y de su interpretación, mencionado anteriormente, y las ideas previas del individuo**. Canalizar audazmente estas ideas, permite la construcción y la transformación de conocimientos.

El aprendizaje del geólogo debe ser un proceso mediante el cual este adquiera destrezas o habilidades prácticas, incorpore contenidos informativos y adopte nuevas estrategias para aprender y actuar . Este proceso implica el logro de los siguientes objetivos:

El aprendizaje de la Geología requiere tres momentos importantes:

- El estudio del desarrollo de la Geología como ciencia o sea su historia.
- La naturaleza, los métodos y conceptos básicos de la Geología, así como entender la interacción Geología-sociedad.
- **Aplicación de la geología a la generación de conocimiento y la solución de problemas (Geología práctica).**

En los procesos de aprendizaje de la Geología, es importante tener en cuenta el carácter teórico práctico de esta ciencia. De esta manera es posible definir estrategias de enseñanza aprendizaje a seguir y establecer criterios para **seleccionar y organizar contenidos** teniendo en cuenta los siguientes ítems:

- Contexto histórico
- Historia y **estado del arte**
- **Introducción**
- **Objetivo del programa**
- Programa
- **Conceptos básicos secuencializados**
- Casos de estudio (Ejemplos a nivel local, regional y mundial)
- **Aplicación de conceptos**
- **Profundización, adecuación y generación de nuevos conocimientos**

Basados en estos procesos de aprendizaje de la geología se diseñó los manuales para las prácticas de laboratorio de la asignatura geología general y geología de hidrocarburos.

Los cuales cuentan con cinco ítems que son importantes a la hora de ilustrar una asignatura teórico-práctica, como se mencionó anteriormente, estos son 1. Introducción, 2. Objetivos, 3. Marco teórico o estado del arte, 4. Desarrollo de la práctica o aplicación de los conceptos y 5. Preguntas interpretativas o profundización (generación de nuevos conocimientos).

| | |
|---------------------|--|
| Objetivos | <p>Enunciado que establece condiciones, tipo de actividad y forma de evaluación del aprendizaje del alumno. Generación de expectativas apropiadas en los alumnos.</p> <p>Síntesis y abstracción de la información relevante de un discurso oral o escrito. Enfatiza conceptos clave, principios, términos y argumento central.</p> |
| Introducción | <p>Información de tipo introductorio y contextual. Es elaborado con un nivel superior de abstracción, generalidad e exclusividad que la información que se aprenderá. Tiende un puente cognitivo entre la información general y la que se va a presentar específica en el estado del arte o marco teórico.</p> |

| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">Marco teórico</p> | <p>Información sistematizada, ordenada y concreta tomada de bibliografía correspondiente al tema o teoría específica a ilustrar se hacen representaciones visuales de los conceptos, objetos o situaciones de una teoría o tema específico (fotografías, dibujos, esquemas, gráficas, dramatizaciones, etcétera).</p> <p>La información debe ayudar a resolver preguntas insertadas en el momento de formarse del tema favoreciendo la situación de enseñanza en un texto. Mantienen la atención y benefician la práctica, la retención y la obtención de información relevante.</p> |
| <p style="text-align: center;">Desarrollo de la practica</p> | <p>Se plantea una metodología de trabajo donde el estudiante ponga en práctica los conocimientos adquiridos en el documento. Estas consultas sujetan información que se considera substancial para que el alumno obtenga y grabe nuevos conocimientos.</p> |
| <p style="text-align: center;">Preguntas Interpretativas</p> | <p>Los conocimientos adquiridos deben ser estimados, para esto es importante plantear preguntas que contengan información que debe ser analizada, investigada e interpretada por el estudiante, para fines de generar nuevo.</p> |

En el diseño de las prácticas de laboratorio de este proyecto de grado, se consideraron los siguientes aspectos:

- Revisión del objetivo general y del contenido de la asignatura.

- Consulta de cuando menos dos libros o artículos científicos acerca del problema que se plantea resolver, mismos que deben ser referidos en la bibliografía del manual de prácticas.
- Planificación del número adecuado de prácticas y de horas destinadas a esta actividad dentro del programa de la asignatura.
- Selección y enunciado de los apartados que permitan describir la práctica, como son introducción, objetivo, marco teórico, desarrollo de la práctica y preguntas interpretativas.
- Planificación, para cada actividad práctica, del tiempo que ocupará cada una de ellas contemplando un espacio para discutir sus resultados.
- Bibliografía recomendada, la cual deberá estar disponible en las sesiones de laboratorio o de campo.

La enseñanza de la Geología en la escuela de geología de la UIS, implica asegurar el desarrollo de competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales con sentido de responsabilidad, solidaridad personal y comunitaria.

Los manuales diseñados para las prácticas de laboratorio están desarrollados en términos de competencias, la idea propuesta es que los estudiantes desarrollen competencias genéricas tales como trabajo en equipo, capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica, capacidad para identificar, plantear y resolver problemas, capacidad de investigación, capacidad de aprender y actualizarse permanentemente y capacidad crítica y autocrítica. Así mismo en términos de competencias específicas cada guía de laboratorio cuenta con un desarrollo de una actividad que le permitirá adquirir diferentes aptitudes.

En Geología se pretende construir conocimiento tanto teórico como práctico, a partir de conceptos previos obtenidos o contruidos por los estudiantes en etapas previas.

Para asegurar el debido seguimiento del proceso enseñanza-aprendizaje, la evaluación en el programa de geología de la UIS es concebida como un proceso de seguimiento de la construcción del conocimiento, el cual parte desde las mismas ideas previas y llega a la comprensión, asimilación y la posible transformación de conceptos científicos, asegurando su paso por el desarrollo

conflictivo entre estos, en el contexto de lo teórico-práctico propio de la ciencias naturales e históricas.

4.3. Integración del Modelo Pedagógico en Geología.

En geología el reconocimiento del otro, la construcción del ser, del hacer y del saber, y la articulación Universidad-Sociedad, se integran en un dialogo pedagógico, el cual se basa en una acción y reflexión comunicativa entre geocientíficos y comunidad, actores del proceso educativo en búsqueda de su formación hacia lo superior, en torno a un tema de estudio, **El origen y evolución de la Tierra y su implicación en el mejoramiento de la calidad de vida**, sobre el cual recae la praxis del proceso educativo.

La práctica del dialogo pedagógico en geología requiere al menos tres momentos esenciales: (1) el del maestro, (2) el del estudiante, y (3) el de la puesta en común.

El maestro en geología es quien quiera que esté en actitud despertar interés, convocar la imaginación, orientar, guiar, acompañar, estimular, demostrar, interpretar, explicar, compartir el saber, dar ejemplo. El estudiante de geología es el individuo que asume el papel caracterizado por su actitud de interés, imaginación, indagación y cuestionamiento; aquel que está en la actitud de construir conocimiento e intentar transformarlo. **La puesta en común será el momento de la síntesis cultural, el surgimiento de dudas y el proceso de evaluación.**

La siembra de dudas permitirá al estudiante de geología reflexionar y trascender la experiencia académica vivida y generar preguntas e hipótesis hacia lo desconocido y hacia las dudas metódicas.

4.4. PRÁCTICAS PEDAGÓGICAS

4.4.1. Procesos de comunicación en el aula

La comunicación en el aula debe desarrollarse permitiendo mantener la motivación en la clase. Para ello, se debe construir una relación horizontal entre los componentes del aula (estudiante-profesor), donde existan debates serios en un ambiente de confianza, tolerancia y respeto.

El aula, en el caso de la Geología, es considerada como el espacio en el cual interactúan docentes y estudiantes, desde este punto de vista el aula es el salón

de clase, **el laboratorio**, el medio natural (durante las prácticas de campo). Esta variedad de escenarios propicia una mejor comunicación entre los docentes y los educandos, eleva el grado de confianza entre unos y otros, a la vez que facilita un mejor tratamiento de los diferentes saberes geológicos de forma teórica y práctica.

4.4.2. Estrategias de enseñanza y aprendizaje para favorecer el aprendizaje significativo en geociencias.

Diversas estrategias de enseñanza y aprendizaje podrían ser implementadas para lograr el favorecimiento del aprendizaje significativo de los estudiantes de Geología. **Estrategias en tomo a los libros texto incluyen actividades de generar, clasificar y responder preguntas relacionadas con la lectura previa de un texto y su mejoramiento.**

Las Prácticas de laboratorio pueden ser usadas como estrategia para el mejoramiento del aprendizaje de las ciencias teniendo en cuenta los problemas y desventajas asociados. Para mejorar estas prácticas es aconsejable planificar y Evaluar los guiones de las prácticas de laboratorio.

Lo siguiente se pretende clarificar conceptos básicos asociados con las estrategias, la razón de ser de estas y su clasificación y aplicación al programa de geología de la UIS.

4.4.2.1. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

Una estrategia es una guía de las acciones que hay que seguir, las cuales son conscientes e intencionales, van dirigidas a lograr un objetivo que consisten en el uso reflexivo de los procedimientos.

4.4.2.1.1. Estrategias de Enseñanza. Las estrategias de enseñanza en la escuela de geología son **los procedimientos o recursos utilizados por el agente de enseñanza para promover aprendizajes significativos**, Así mismo las estrategias de enseñanza a ser considerados por los docentes de geología, pueden ir en **línea con procesos cognitivos que las estrategias facilitan para promover mejores aprendizajes.**

Adicionalmente, el docente de geología podrá elegir estrategias de enseñanza de acuerdo a la acción deseada dentro del proceso enseñanza aprendizaje las cuales incluyen: 1. Estrategias Motivacionales, 2. **Estrategias de Orientación y elaboración de aprendizaje: incluyen las estrategias de aprendizaje individual, de aprendizaje en grupo, y las que desarrollan la actitud científica,** 3. **Estrategias de fijación de lo aprendido,** 4. **Estrategias de integración de lo aprendido,** 5.

Estrategias de transferencia de lo aprendido, 6. Estrategias de Evaluación de lo Aprendido. A continuación se especifican y ejemplifican que actividades podrían ser incluidas dentro de cada clase de estrategia.

4.5. Clasificación de las Estrategias de Enseñanza

| ESTRATEGIAS MOTIVACIONALES | ESTRATEGIAS DE FIJACIÓN DE LO APRENDIDO |
|--|--|
| <p>Correlación con lo real.</p> <p>Elogios y censuras.</p> <p>Material didáctico.</p> <p>Estímulo del ambiente.</p> <p>Conocimiento de los objetivos a alcanzar.</p> <p>Personalidad del docente.</p> <p>Realización de experiencias.</p> | <p>Ejercicios y tareas, Trabajo práctico</p> <p>Interrogatorio, Resumen.</p> <p>Toma de apuntes, Mapas conceptuales.</p> <p>Esquemas, Cuadro sinóptico.</p> <p>Guías didácticas, Problemas.</p> <p>Estudio de casos, Discusión/Debate.</p> <p>Estudio dirigido.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>Estrategias de transferencia de lo aprendido</p> <p>Estudio de casos.</p> <p>Proyectos.</p> <p>Problemas.</p> <p>Toma de decisiones.</p> <p>Investigaciones.</p> | <p>Estrategias de Evaluación de lo Aprendido</p> <p>Estudio de casos, Problemas, Proyectos.</p> <p>Diseños/Simulaciones.</p> <p>Ensayos.</p> <p>Toma de decisiones.</p> <p>Debates/Discusiones.</p> |
| <p>Estrategias de Orientación y elaboración de aprendizaje</p> <p>De comunicación directa, Exposición dogmática, Exposición dialogada.</p> <p>Lectura en todas sus modalidades, Demostración.</p> | |
| <p>De aprendizaje individual</p> <p>Fichas.</p> <p>Guías de estudio.</p> <p>Módulos.</p> | <p>De aprendizaje en grupo</p> <p>Discusión / Debate, Círculo de estudio.</p> <p>Panel, Mesa redonda, Simposio/Seminario.</p> <p>Foro, Lectura comentada, Estudio de casos.</p> <p>Desempeño de roles, Proyecto.</p> |
| <p>Que desarrollan la actitud científica</p> <p>Laboratorio, Proyecto, Trabajo de campo, Problemas, Investigación bibliográfica.</p> <p>Informe científico, Monografía, Construcción de modelos y simulación, Pasantías.</p> | |

4.6. MEDIACIONES

El ambiente en los cuales se desarrollan los procesos de enseñanza-aprendizaje es fundamental para la efectividad de estos. Por consiguiente las aulas, **laboratorios**, bibliotecas y demás espacios en el campus universitario deben poseer un ambiente que estimule las labores curriculares y extracurriculares como premisa de un aprendizaje significativo y una formación integral.

La dotación en equipos, muebles, enseres, insumos e implementos, **material didáctico en laboratorios** y aulas **debe corresponder a las exigencias que el desarrollo científico-tecnológico plantea a la universidad y sus egresados.**

5. IMPORTANCIA DE LOS MANUALES EN EL APRENDIZAJE DE LAS ASIGNATURAS.

A lo largo de dos décadas se ha planteado un debate y demanda por la calidad de la educación superior, una de las exigencias de los organismos evaluadores es la existencia de **Manuales de Prácticas**. De aquí nace la importancia, necesidad y requerimiento por parte de las universidades de diseñar actividades prácticas que cooperen en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las asignaturas. Es así, que la universidad como lugar privilegiado en la producción de conocimiento, precisa el ampliar la conceptualización de la relación teoría-práctica, en donde esta última requiere planificarse y recrear la imaginación y vocación del alumno por las ciencias e ingenierías.

La información reunida en estos dos manuales tiene por finalidad principal orientar y facilitar el trabajo de profesores y alumnos. En el caso de los primeros, para elaborar prácticas de laboratorio, así como planear su mecánica de operación. Para los segundos, en la ejecución de las actividades de trabajo. Por ello es preciso comprender la importancia de integrar los conocimientos previos, y de reforzar aquellos necesarios que permitan analizar el tema de estudio. También, es indispensable la descripción clara de los procedimientos de trabajo a fin de alcanzar los objetivos.

Así, el propósito de elaborar un manual de prácticas es lograr que los docentes planifiquen y organicen eficazmente su participación en el proceso educativo. Los elementos que se deben considerar en el diseño son racionalidad, viabilidad, utilidad y claridad, todos ellos para facilitar la instrumentación de cada actividad

práctica. Esto resultara en un material didáctico que apoyara mejor el proceso enseñanza y aprendizaje.

Geología es una ciencia y como tal la parte experimental juega un papel vital en su perfeccionamiento, de tal manera que las prácticas de laboratorio son uno de los ejes principales en su estudio. Es por eso que en la Escuela de Geología en la Universidad Industrial de Santander la mayoría de las asignaturas cuentan con una parte teórica y una parte práctica ayudando en la adquisición de competencias y destrezas con el fin de cimentar el aprendizaje significativo de los diferentes temas.

En la educación se hace necesario la realización de trabajos prácticos para la formación de los estudiantes, ya que es un proceso dinámico en el que los estudiantes construyen y reconstruyen su propio entendimiento a través de sus experiencias. A su vez, facilita que los alumnos lleven a cabo sus propias investigaciones y se evalúa la comprensión y entendimiento de la materia.

Trabajar con manuales en las prácticas de laboratorio tiene la ventaja de facilitar que los estudiantes puedan adquirir habilidades propias de los métodos de la investigación científica, amplíen, profundicen, consoliden, generalicen y comprueben los fundamentos vistos en la parte teórica de las asignaturas y así mismo puedan adquirir destrezas que les servirán en su vida profesional.

No está de más mencionar que este proyecto es el inicio, para que todas las asignaturas de Geología que tienen una parte práctica, cuenten con un manual actualizado que permita adquirir nuevas habilidades y competencias.

La idea de realizar estos manuales y de empezar a implementarlos en la Escuela de Geología, es lograr varias metas y competencias en los estudiantes como: aprendizaje de conceptos, desarrollo de destrezas, razonamiento, habilidades y resolución de problemas, entre otras.

En este trabajo se plantea por primera vez en la escuela de geología la modalidad **práctica en docencia**, debido a la importancia de contar con guías actualizadas de las diferentes materias del plan de estudios, las cuales serán de gran ayuda en especial para los profesores cátedra.

En este caso se elaboraron las guías de la parte práctica de las materias Geología General para Ingenieros de Petróleo la cual cuenta con prácticas sobre temas generales de la geología y otra guía para Geología de Hidrocarburos, la cual cuenta con prácticas sobre temas básicos de la geología de los hidrocarburos.

Los presentes manuales sirven de orientación para integrar los elementos que conformarán la guía de ejecución de una práctica. Así, el manual de prácticas podrá ser utilizado en el proceso de enseñanza y aprendizaje como un medio didáctico, junto con los recursos materiales y educativos, lo que en conjunto puede cumplir diversas funciones. Entre las más frecuentes están:

- ✓ **Proporcionar explícitamente información del tema en estudio, de sus métodos y procedimientos.**
- ✓ **Guiar el aprendizaje de los alumnos al instruir, ayudar a organizar la información, relacionar conocimientos, crear nuevos conocimientos y aplicarlos.**
- ✓ **Ejercitar habilidades, entrenar al alumno en técnicas, métodos y acciones que exigen una determinada respuesta lógica o psicomotriz.**
- ✓ **Motivar, despertar y mantener el interés por temas específicos.**
- ✓ **Evaluar los conocimientos y las habilidades que se tienen, a partir de ponerlos en práctica y del cuestionamiento de los resultados obtenidos. Propiciar, además, la corrección de los errores, explícitos o implícitos, de los alumnos.**
- ✓ **Proporcionar simulaciones en actividades previas a la ejecución de la práctica, al ofrecer entornos para la observación, exploración y experimentación.**

6. CONCLUSIONES

- Al hacer una revisión de las guías que se han utilizado hasta el momento en las asignaturas geología de hidrocarburos y geología general, se realizó una actualización de las mismas con respecto a lo que se pretende lograr en el alumno en cada practica al ser desarrollada, pretendiendo así cumplir con los parámetros para desarrollar todas las actividades en términos de competencias.
- Se redefinieron las guías existentes y se diseñaron nuevas prácticas, logrando obtener como mínimo diez prácticas para cada manual, cada una de ellas cuenta con cinco secciones, las cuales fueron planteadas así para lograr que el estudiante se contextualice en el tema y perfeccione el conocimiento de cada tema desarrollado, estas son: objetivos, introducción, marco teórico, desarrollo de la práctica y preguntas interpretativas.
- Se realizó una consulta bibliográfica actualizada en libros y documentos virtuales, para hacer una depuración de la información que existía en las guías y así mismo utilizar la información técnica para crear las guías de laboratorio, esta provee la información necesaria para desarrollar la práctica sin problema y para aclarar dudas que se presenten durante el mismo trabajo.
- Se propusieron unas actividades las cuales se encuentran en la sección llamada “desarrollo de la práctica”, con el fin de optimizar los conceptos vistos en la teoría de la asignatura y mejorar el proceso de aprendizaje, la idea es que los estudiantes integren los conceptos con los ejercicios planteados.
- Al proporcionar preguntas de análisis e interpretación como se efectuó en las guías de laboratorio se quiere evaluar que los conocimientos sobre el tema examinado estén claros y los estudiantes estén en capacidad de resolver cualquier problema adquiriendo habilidades y destrezas que le permitan responder a cualquier investigación sobre el tema.

7. RECOMENDACIONES

Los manuales están estructurados de manera flexible y pueden estar sometidos a posibles modificaciones de acuerdo a los requerimientos de cada profesor encargado de la asignatura. Por este motivo se recomienda que estos tengan comprensión del contenido de los manuales para que así profundicen sobre el modelo planteado y realicen los cambios que consideren necesarios para optimizar el aprendizaje de los estudiantes.

Se recomienda que todas las asignaturas teórico-prácticas en la escuela de Geología presenten un manual que sirva como guía para perfeccionar la teoría, el presente sistema no se debe tomar como un referente obligatorio si no como una necesidad voluntaria que busca mejorar la enseñanza de los alumnos, logrando así contar con manuales didácticos, completos y de esta manera se le estaría apostando a un resultado satisfactorio.

Se aclara que los manuales se proponen como guías y es responsabilidad tanto del profesor como de la escuela de geología estar en continua actualización, así mismo efectuar las reformas que consideren necesarias para su propia ilustración.

8. BIBLIOGRAFIA

ACUERDO NO.026 DEL 22 DE ABRIL DE 1982. Creacion del programa de Geología. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

CONSEJO PROFESIONAL DE GEOLOGÍA. Informe de las competencias propias de los egresados en Geología. Bogotá. 2007.

ESCUELA DE GEOLOGIA. UIS. Propuesta de reforma Curricular del programa de Geología. 2006.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. 2010. Decreto 1295 del 20 de abril de 2010. Bogota: Ministerio de Educación Nacional.

ROMERO BÁEZ, YURIS TATIANA. Propuesta de reforma curricular bajo la visión de competencias, para la línea de yacimientos energéticos.2011. Tesis de grado UIS.

(LA BIBLIOGRAFÍA DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN LOS MANUALES SE ENCUENTRA EN CADA GUÍA DE LABORATORIO, ANEXO A Y ANEXO B)

ANEXO A

MANUAL PARA LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA
GEOLOGIA DE HIDROCARBUROS

(El presente anexo contiene numeración de página independiente del resto del
libro)

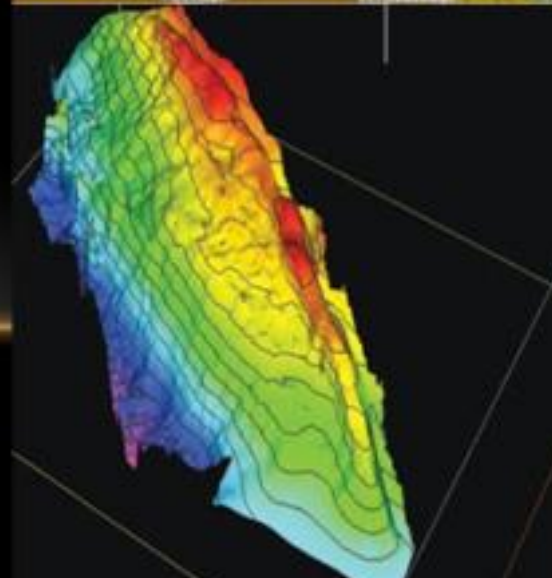
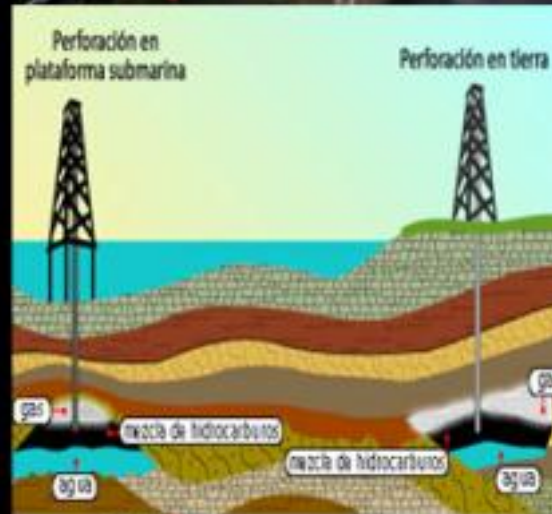
Manual de laboratorio

Geología de hidrocarburos

Director:
Ricardo Mier Umaña

Autores:
Susan Katherine Colmenares Salcedo
Jennifer Tatiana Murillo Suarez

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
2013



**MANUAL PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA
GEOLOGIA DE HIDROCARBUROS.**

**SUSAN KATHERINE COLMENARES SALCEDO
JENNIFFER TATIANA MURILLO SUAREZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Geóloga**

Director
Ricardo Mier Umaña
Geólogo

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2013**

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 8 |
| PRACTICA N^o 1^a: ROCAS SEDIMENTARIAS SILICICLÁSTICAS | 17 |
| OBJETIVOS..... | 17 |
| INTRODUCCIÓN | 17 |
| MARCO TEÓRICO | 18 |
| 1. TEXTURA:..... | 19 |
| 2. SELECCIÓN O CALIBRADO (sorting) | 21 |
| 3. ARMAZON: | 22 |
| 4. MATRIZ: | 22 |
| 5. CEMENTO | 23 |
| 6. POROSIDAD | 24 |
| 7. FORMA DE LAS PARTICULAS..... | 26 |
| 8. MADUREZ TEXTURAL..... | 28 |
| 9. CONTACTO ENTRE LOS GRANOS..... | 29 |
| 10. EMPAQUETAMIENTO..... | 31 |
| 11. CLASIFICACION DE LAS ROCAS SILICICLASTICAS | 32 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 37 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS: | 39 |
| BIBLIOGRAFIA | 47 |
| PRACTICA N^o 1b: CLASIFICACIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE ROCAS CALCÁREAS | 49 |
| OBJETIVOS..... | 49 |
| INTRODUCCIÓN | 49 |
| MARCO TEÓRICO | 50 |
| 1. Clasificación de rocas calcáreas, según Folk 1974:..... | 50 |
| 2. CLASIFICACION SEGÚN R. DUNHAN 1962. | 56 |
| 3. TIPOS DE AMBIENTES DE LAS ROCAS CARBONATADAS..... | 61 |

| | |
|---|------------|
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 63 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 64 |
| BIBLIOGRAFIA | 70 |
| LABORATORIO N° 1C: ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS | 71 |
| OBJETIVOS..... | 71 |
| INTRODUCCIÓN | 71 |
| MARCO TEÓRICO | 72 |
| 1. ESTRUCTURAS PRIMARIAS O SINGENÉTICAS | 72 |
| 2. ESTRUCTURAS SECUNDARIAS O EPIGENÉTICAS..... | 73 |
| 3. DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS PRIMARIAS, MECÁNICAS O SINGENÉTICAS..... | 74 |
| 4. DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS SECUNDARIAS, QUÍMICAS O EPIGENÉTICAS..... | 81 |
| 5. ESTRUCTURAS ORGÁNICAS..... | 83 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 87 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 88 |
| BILBIOGRAFÍA | 91 |
| PRACTICA N° 2: ANÁLISIS DE RIPIOS | 93 |
| OBJETIVOS..... | 93 |
| INTRODUCCIÓN | 93 |
| MARCO TEÓRICO | 94 |
| 1. LODOS DE PERFORACIÓN | 96 |
| 2. RIPIOS DE PERFORACIÓN:..... | 99 |
| 3. DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS..... | 105 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 110 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 111 |
| BIBLIOGRAFÍA | 115 |
| PRÁCTICA N° 3: DESCRIPCIÓN DE NÚCLEOS | 117 |
| OBJETIVOS..... | 117 |
| INTRODUCCIÓN | 117 |
| MARCO TEÓRICO | 118 |
| 1. TIPOS DE PROCEDIMIENTOS EN LOS ANALISIS DE NUCLEOS..... | 119 |

| | |
|---|------------|
| 2. MANEJO O TRATAMIENTO DEL NUCLEO | 121 |
| 3. PRESERVACIÓN DE NÚCLEOS..... | 122 |
| 4. TIPO DE INFORMACIÓN REQUERIDA | 123 |
| 5. TIPOS DE NÚCLEOS | 123 |
| 6. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS EN LA CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE NÚCLEOS. | 125 |
| 7. DESCRIPCIÓN DEL NUCLEO | 130 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 131 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 132 |
| BIBLIOGRAFIA | 135 |
| LABORATORIO Nº 4: REGISTROS DE POZOS | 137 |
| OBJETIVOS..... | 137 |
| INTRODUCCIÓN | 137 |
| MARCO TEÓRICO | 138 |
| 1. TIPOS DE PERFILES | 139 |
| 2. DESCRIPCION DE LOS REGISTROS | 140 |
| 3. ELECTROFACIES | 156 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 158 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 159 |
| BIBLIOGRAFIA | 161 |
| PRÁCTICA Nº 5: CORRELACION DE REGISTROS DE POZO | 163 |
| OBJETIVOS..... | 163 |
| INTRODUCCIÓN | 163 |
| MARCO TEORICO | 164 |
| 1. CORRELACIÓN..... | 164 |
| 2. REGISTRÓ TIPO DE CORRELACIÓN | 165 |
| 3. SECCIONES DE CORRELACIÓN DE POZOS | 165 |
| 4. PRINCIPIOS QUE RIGEN LA CORRELACIÓN GEOLÓGICA..... | 169 |
| 5. ELABORACIÓN DE SECCIONES DE CORRELACIÓN | 170 |
| 6. TIPOS DE CORRELACIONES | 171 |
| 7. SECCIONES ESTRUCTURALES | 172 |

| | |
|---|------------|
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 175 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 177 |
| BIBLIOGRAFÍA | 178 |
| PRÁCTICA Nº 6: DIAGRAMAS PANEL | 179 |
| OBJETIVOS..... | 179 |
| INTRODUCCIÓN | 179 |
| MARCO TEORICO | 180 |
| 1. CONSTRUCCIÓN DE UN DIAGRAMA PANEL..... | 181 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 187 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 188 |
| BIBLIOGRAFIA | 189 |
| PRÁCTICA Nº 7: MAPAS ESTRUCTURALES | 190 |
| OBJETIVOS..... | 190 |
| INTRODUCCION | 190 |
| MARCO TEORICO | 191 |
| 1. ISOLINEAS O CONTORNOS | 191 |
| 2. ERRORES EN EL TRAZADO ISOLINEAS..... | 193 |
| 3. PREPARACION Y ELABORACION DE MAPAS ESTRUCTURALES | 195 |
| 4. METODOS DE TRAZADO | 196 |
| 5. CONSTRUCCIÓN DE ISOLINEAS EN MAPAS ESTRUCTURALES | 199 |
| 6. CONTORNEO DE PLANOS DE FALLA..... | 203 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 206 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 207 |
| BIBLIOGRAFIA | 208 |
| PRÁCTICA Nº 8: MAPAS ISÓPACOS | 209 |
| OBJETIVOS..... | 209 |
| INTRODUCCION | 209 |
| MARCO TEORICO | 210 |
| 1. TIPOS DE MAPAS ISOPACOS..... | 212 |
| 2. CONSTRUCCION DE MAPAS ISOPACOS | 213 |
| 3. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN..... | 215 |

| | |
|--|------------|
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 216 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 217 |
| BIBLIOGRAFIA | 218 |
| PRÁCTICA N° 9: CLASIFICACIÓN DE POZOS | 219 |
| OBJETIVOS..... | 219 |
| INTRODUCCION | 219 |
| MARCO TEORICO | 220 |
| 1. CLASIFICACIÓN DE POZOS DE ACUERDO A F.H. LAHEE..... | 220 |
| 2. TIPOS DE POZOS..... | 224 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 227 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 228 |
| BIBLIOGRAFIA | 230 |
| LABORATORIO N° 10: CALCULO DE VOLUMENES | 231 |
| OBJETIVOS..... | 231 |
| INTRODUCCION | 231 |
| MARCO TEORICO | 232 |
| 1. MÉTODO DE SECCIONES HORIZONTALES..... | 232 |
| 2. MÉTODO DE LA PIRÁMIDE..... | 234 |
| 3. MÉTODO TRAPECIO | 235 |
| 4. MÉTODO DE SECCIONES VERTICALES..... | 236 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 238 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 239 |
| BIBLIOGRAFIA | 240 |
| LABORATORIO N° 11: CALCULO DE RESERVAS | 241 |
| OBJETIVOS..... | 241 |
| INTRODUCCION | 241 |
| MARCO TEORICO | 242 |
| 1. RESERVAS PROBADAS | 243 |
| 2. LAS RESERVAS EN ÁREAS NO DESARROLLADAS..... | 244 |
| 3. RESERVAS NO PROBADAS | 245 |
| 4. CALCULO DE RESERVAS | 249 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| 5. OTROS MÉTODOS..... | 251 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 251 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 252 |
| BIBLIOGRAFIA | 253 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-----------|
| Figura 1. Tipos de procesos exógenos que tienen lugar en la formación de rocas sedimentarias | 18 |
| Figura 2. Imágenes de calibrado de las partículas según Pettijhon | 21 |
| Figura 3. Tipos de armazón presentes en las rocas sedimentarias. | 22 |
| Figura 4. Tipo de matriz presentes en las rocas sedimentarias. | 23 |
| Figura 5. Roca compuesta por la matriz (representada por los clastos menores) y el cemento (color naranja), poros (color negro) y el esqueleto que son los granos de mayor tamaño | 23 |
| Figura 6. Imagen de dos secciones mostrando la porosidad primaria, (A) porosidad intergranular o Interparticula común en areniscas, (B) combinación entre porosidad Interparticula e Intraparticula común en arenas que presentan partes exqueletales. | 24 |
| Figura 7. Bocetos de las secciones delgadas que ilustran los principales tipos de porosidad secundaria, (A) porosidad intercrystalina, (B) porosidad fenestral, (C) porosidad producida por lixiviación, (D) porosidad vuggy producida por soluciones irregulares, (E) porosidad producida por fracturas. | 25 |
| Figura 8. Imagen mostrando una relación entre la compactación de la roca y el contacto entre los granos | 30 |
| Figura 9. Tipos de contacto entre partículas en los sedimentos y en las rocas sedimentarias | 30 |
| Figura 10. Imagen mostrando cómo se encuentra el empaquetamiento en una roca grano soportado y una roca matriz soportada. | 31 |
| Figura 11. Tipos de empaquetamiento en esferas ilustrando el decrecimiento progresivo de la porosidad. | 32 |
| Figura 12. Diagrama triangular para la clasificación textural, según tamaño de grano, modificado de Folk 1974. | 33 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 13. Diagrama triangular para la clasificación textural, Clasificación textural de rocas siliciclásticas de grano fino modificado de Folk 1974. ¡Error! Marcador no definido. | |
| Figura 14. Imagen mostrando el diagrama de clasificación composicional según Pettijohn et, 1987. | 36 |
| Figura 15. Clasificación de rocas calcáreas basada en elementos texturales, se ignora la recristalización, modificado de folk 1974. | 52 |
| Figura 16. Diagrama triangular que relaciona los diferentes tipos de aloquímicos en clasificación de rocas carbonatadas. | 52 |
| Figura 17. Clasificación textural composicional de las rocas calcáreas, grupos I y II, modificado de folk 1974. | 54 |
| Figura 18. Principales tipos de aloquímicos y ortoquímicos en calizas. | 56 |
| Figura 19. Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura deposicional según dunham 1962. | 57 |
| Figura 20. Imágenes mostrando los diferentes tipos de rocas según Dunham 1962, (A) Grainstone, (B) packestone, (C) Wackestone y (D) Mudstone. | 60 |
| Figura 21. Medios sedimentarios para rocas calcáreas. | 62 |
| Figura 22. Imagen mostrando un ejemplo de cómo se observa la estratificación en un afloramiento. | 74 |
| Figura 23. Imagen mostrando ejemplos de estratos en un afloramiento. | 75 |
| Figura 24. Imagen mostrando ejemplos de laminación. | 76 |
| Figura 26. Forma interna de los estratos, modificado de Campbell (1967) en Boggs (1987). | 77 |
| Figura 27. Elementos básicos en la clasificación de McKee Weir (1953) de la estratificación cruzada, (A) cruzada simple, (B) cruzada plana y (C) cruzada de depresión o cóncava. | 78 |
| Figura 28. Imagen mostrando como se observa la estratificación cruzada en un afloramiento. | 79 |
| Figura 29. Imagen mostrando una estratificación gradada. | 80 |
| Figura 30. Estratos gradados, cada capa muestra una gradación de tamaños que va de grueso en su base a finos en el techo. | 80 |

| | |
|--|------------|
| Figura 31. Imágenes mostrando tipos de trazas fósiles, en la primera figura tenemos huellas de dinosaurios herbívoros bolivarianos y en la segunda huellas dejadas por trilobites. | 84 |
| Figura 32. En la primera imagen una vista general de areniscas bioturbadas en la base de un afloramiento y en la segunda imagen un detalle de los niveles bioturbados. | 86 |
| Figura 33. Corte transversal de un pozo para mostrar el descenso y ascenso de un fluido de perforación. | 94 |
| Figura 34. Componentes principales de una perforación rotatoria. | 95 |
| Figura 35. Diagrama de perforación por rotación. | 95 |
| Figura 36. Diagrama de los componentes del Fluido de Perforación. | 100 |
| Figura 37. Circuito del Fluido de Perforación. | 101 |
| Figura 38. Proceso a seguir de los rípios de perforación. | 102 |
| Figura 39. Imagen mostrando un ejemplo de una zaranda Vibratoria. | 103 |
| Figura 40. Imagen mostrando el funcionamiento de un Hidrociclón. | 103 |
| Figura 41. Imagen mostrando un limpiador de Lodo. | 104 |
| Figura 42. Empaque de un rípio de perforación. | 106 |
| Figura 43. Muestras de rípios del laboratorio Geología de hidrocarburos. UIS. | 107 |
| Figura 44. Imagen mostrando las secciones en que se corta el núcleo en un análisis de núcleos de diámetro completo. | 119 |
| Figura 45. Ilustra el concepto de los tapones de núcleos. | 120 |
| Figura 46. Toma de los "Sidewall core". Pequeñas muestras (1 x 2,5 pulgadas). | 121 |
| Figura 47. Proceso de separación de muestras de Núcleo. | 126 |
| Figura 48. Preparación de muestra de núcleo para sesgado longitudinal. | 127 |
| Figura 49. Corte longitudinal del núcleo. | 127 |
| Figura 50. Esquema de las diferentes zonas formadas durante el proceso de invasión. | 138 |
| Figura 51. Tipos de perfiles, los perfiles se pueden agrupar en cuatro categorías. | 139 |
| Figura 52. Imagen mostrando cómo se reconoce una sección de lutitas o shales. | 141 |
| Figura 53. Ejemplo de un registro SP en una serie de lutitas y arenas. | 142 |

| | |
|--|------------|
| Figura 54. Imagen mostrando un típico registro eléctrico mostrando la respuesta del registro a la formación característica y la forma de presentación. | 146 |
| Figura 55. Imagen mostrando cómo se comporta la curva del registro sísmico cuando hay presencia de gas. | 148 |
| Figura 56. Imagen mostrando cómo se comporta la curva del registro neutrónico..... | 15 |
| 0 | |
| Figura 57. Imagen mostrando el comportamiento de los registros neutrónico y densidad cuando se encuentra una capa de gas. | 152 |
| Figura 58. Resumen del comportamiento de los registros de porosidad frente a litologías características. | 153 |
| Figura 59. Imagen mostrando el comportamiento típico de la curva de un registro gamma ray frente a litologías características, que presentan alto contenido de uranio y potasio. | 155 |
| Figura 60. Imagen mostrando el comportamiento típico de la curva de un registro gamma ray frente a litologías características. | 156 |
| Figura 61. Imagen mostrando la clasificación de las electrofacies según la respuesta de los perfiles. | 157 |
| Figura 62. Imagen respuesta del registro gamma ray con respecto a las variaciones en el tamaño de grano. | 158 |
| Figura 63. Ilustración de los cuatro casos que se pueden presentar. (1)El horizonte seleccionado está por encima del nivel del mar. (2) El horizonte seleccionado está por debajo del nivel del mar. (3) La mesa rotaria está por debajo del nivel del mar. (4) La mesa rotaria está por encima del nivel del mar. | 166 |
| Figura 64. Imagen mostrando las trayectorias que pueden presentar los pozos. | 168 |
| Figura 65. Imagen mostrando la proyección de los pozos de una línea de correlación (azul) a una línea de igual longitud a la distancia entre los pozos (roja)..... | 171 |
| Figura 66. Imagen mostrando un ejemplo de sección estructural. | 173 |
| Figura 67. Imagen mostrando un ejemplo de sección estratigráfica. | 175 |

| | |
|---|------------|
| Figura 68. Imagen mostrando la disposición de un diagrama panel estratigráfico típico, en el que el segmento de registro eléctrico para cada pozo fue diagramado en la ubicación del pozo. | 181 |
| Figura 69. Imagen mostrando un diagrama panel estructural. El plano de referencia (la línea cortada) está a 1500 pies por debajo del nivel del mar. | 182 |
| Figura 70. Imagen mostrando un ejemplo de una correlación por diagramas panel estratigráfico con ayuda de una cuadrícula. | 184 |
| Figura 71. Imagen mostrando un ejemplo de diagrama panel utilizado para ilustrar correlaciones, acñamientos sedimentarios y características del horizonte de interés. | 185 |
| Figura 72. Imagen mostrando un ejemplo de diagrama panel en 3D. | 186 |
| Figura 73. Diagrama panel mostrando las capas en el subsuelo en 3D. | 187 |
| Figura 74. Imagen mostrando un ejemplo de un mapa de isolíneas. | 192 |
| Figura 75. Imagen mostrando los errores comunes en el trazado de isolíneas. | 194 |
| Figura 76. Imagen mostrando un ejemplo de un mapa estructural. | 195 |
| Figura 77. Imagen mostrando la representación de un relieve a partir de líneas de contornos. | 196 |
| Figura 78. Imagen mostrando un ejemplo del método de trazado mecánico. | 197 |
| Figura 79. Imagen mostrando un ejemplo del método de trazado paralelo | 198 |
| Figura 80. Imagen mostrando un ejemplo del método de igual espaciamento. | 198 |
| Figura 81. Imagen mostrando un ejemplo del método de trazado interpretativo. | 199 |
| Figura 82. Imagen ejemplo de una estructura alta localizada indicado por un cambio en la inmersión regional. | 200 |
| Figura 83. Imagen mostrando un cambio abrupto en la dirección de los contornos lo cual sugiere la posibilidad de una falla. | 201 |
| Figura 84. Imagen mostrando una sección cruzada con compatibilidad estructural entre fallas y otra sección cruzada que no muestra compatibilidad estructural entre las fallas de crecimiento mayor. | 202 |
| Figura 85. Imagen mostrando picos y valles estructurales e inconformidades pueden a veces ser reconocidas por su efecto en el espaciamento del contorno. | 203 |

| | |
|---|-----|
| Figura 86. Mapa estructural y de fallas integradas para una arena de 6000ft. Los círculos remarcados delinear la intersección de cada contorno estructural con el contorno de la falla de la misma elevación. | 204 |
| Figura 87. Imagen mostrando los ejemplos comunes en el trazado de isolíneas para algunas estructuras. | 206 |
| Figura 88. Imagen mostrando (a) un mapa isócoro delinea el verdadero grosor vertical de un intervalo estratigráfico, tal como una unidad de roca que contiene un reservorio. (b) un mapa isópaco delinea el verdadero grosor estratigráfico de un intervalo estratigráfico. | 210 |
| Figura 89. Imagen mostrando un ejemplo de mapa isópaco. | 213 |
| Figura 90. Imagen mostrando la ubicación y clasificación de los pozos de acuerdo a F.H. Lahee. | 223 |
| Figura 91. Imagen mostrando como se proyectan los volúmenes para así obtener áreas que se puedan leer. | 233 |
| Figura 92. Sección transversal e isópacos de la formación productiva de un yacimiento reservorio. La sección trasversal muestra las líneas isópacos divididas en fracciones horizontales. | 234 |
| Figura 93. Sección transversal e isópacos de la formación productiva de un yacimiento reservorio. La sección trasversal muestra las líneas isópacos divididas en fracciones verticales. | 237 |
| Figura 94. Cuadro de clasificación de las reservas, los dos grandes grupos son las probadas y no probadas. | 243 |
| Figura 95. Clasificación y definición de reservas | 248 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Tabla de tamaños de grano (textura) de Wentwort | 20 |
| Tabla 2. Términos de redondeamiento y esfericidad de Powers 1953 | 27 |
| Tabla 3. Diagrama de comparación para forma de granos de Krumbein & Sloss, 1969 | 27 |
| Tabla 4. Tabla didáctica mostrando el tipo de madurez de la roca teniendo en cuenta la cantidad de lodo, sorting y forma de los cristales | 28 |
| Tabla 5. Estados de madurez textural de los sedimentos con base en el calibrado, la redondez, el porcentaje de material arcilloso y el consumo total de energía | 29 |
| Tabla 7. Nomenclatura para la clasificación de rocas. | 34 |
| Tabla 8. Clasificación de rocas calcáreas modificado de folk 1974. | 55 |
| Tabla 9. Clasificación de calizas modificado de Dunham 1962. | 58 |
| Tabla 10. Tipos de estructuras sedimentarias primarias o singenéticas. | 72 |
| Tabla 11. Tipos de estructuras sedimentarias secundarias o epigenéticas. | 73 |
| Tabla 12. Tipos de estratos según Mckee y Weir. | 75 |
| Tabla 13. Descripción cualitativa de la bioturbación dependiendo de la destrucción de la laminación primaria. | 85 |
| Tabla 14. Cuadro resumen de los diferentes tipos de lodos. | 97 |
| Tabla 15. Convenciones para llenar el formato propuesto: descripción de núcleos. | 132 |
| Tabla 16. Valores De Resistividad Para Distintos Sustratos. | 144 |
| Tabla 17. Se presentan los rangos de valores de la velocidad sónica y del tiempo de tránsito para matrices de rocas y revestimientos comunes | 147 |
| Tabla 18. Tabla para trasladar los pozos con buzamiento real a buzamiento aparente hasta la línea de corte o correlación. | 168 |
| Tabla 19. Clasificación Lahee para la identificación de los pozos. | 223 |
| Tabla 20. Relación de áreas para establecer si se utiliza la fórmula de trapecio o pirámide. | 236 |
| Tabla 21. Tabla de resultados por el método de secciones verticales. | 238 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo 1. Clasificación de rocas sedimentarias según presencia de Terrígenos (Te), aloquímicos (Al) y ortoquímicos (O). Aloquímicos (Al) y ortoquímicos (O). | 41 |
| Anexo 2. Clasificación composicional de areniscas con menos de 15% de matriz | 42 |
| Anexo 3. Clasificación composicional de areniscas con más de 15% de matriz | 43 |
| Anexo 4. Tabla para descripción textural mediante porcentajes para rocas siliciclásticas. | 44 |
| Anexo 5. Imágenes comparativas del tamaño de grano. | 45 |
| Anexo 6. Imágenes para la estimación del porcentaje de minerales en una muestra. Modificada de Schole 1979 | 46 |
| Anexo 7. Triangulo para realizar actividades propuestas. | 66 |
| Anexo 8. Triangulo para realizar actividades propuestas. | 67 |
| Anexo 9. Convenciones litológicas | 68 |
| Anexo 10. Convenciones para fósiles | 69 |
| Anexo 11. Imagen mostrando las convenciones de las estructuras sedimentarias. | 89 |
| Anexo 12. Imagen mostrando las convenciones de las estructuras sedimentarias orgánicas. | 90 |
| ANEXO 13. Imagen mostrando las convenciones litológicas para tener en cuenta cuando se descienda a llenar el formato. | 112 |
| ANEXO 14. Imagen mostrando las convenciones para fósiles. Con el fin de tenerse en cuenta cuando se descienda a llenar el formato. | 113 |
| ANEXO 15. Formato propuesto para la descripción de ripios | 114 |
| ANEXO 16. Formato propuesto para la descripción de núcleos | 134 |
| Anexo 17. Carta de respuesta de los registros de pozo para diferentes litologías. | 160 |
| Anexo 18. Imagen para realizar los ejercicios propuestos en la práctica. | 229 |

INTRODUCCIÓN

Este material ha sido escrito en respuesta a la necesidad de la escuela de geología y los estudiantes de la misma de tener a su disposición manuales para las asignaturas teórico-prácticas, se decidió empezar a implementar y actualizar, en todas las asignaturas, manuales que sirvan como guía con el fin de complementar en la práctica la parte teórica .

El presente manual, el cual contiene guías de laboratorio adecuadas a los temas correspondientes de la asignatura “geología de hidrocarburos”, se hizo con el fin de que los estudiantes de geología tengan conocimiento, comprendan, analicen e interpreten estos temas, logrando así que los alumnos adquieran una visión amplia de una de las áreas más importantes en la geología, como lo es el sector de la industria petrolera. Este manual aporta información básica que le permitirá al estudiante ampliar su conocimiento en aspectos petrofísicos y de geología del petróleo, así mismo le ayudara a conocer términos para comunicarse adecuadamente con sus colegas y les permitirá tener una visión sobre las áreas en que puede desempeñarse un geólogo en la industria del petróleo.

El texto está dividido en prácticas, cada una de las cuales presenta las siguientes partes: (1) objetivos, (2) introducción, (3) marco teórico, (4) desarrollo de la práctica, (5) preguntas interpretativas y (6) bibliografía. Estas últimas se plantearon pensando que el estudiante está capacitado, después de resolver la práctica, a hacer interpretaciones y análisis sobre el tema desarrollado.

Las primeras *prácticas N° 1a, 1b y 1c* se enfocan en la descripción de rocas sedimentarias a partir de muestras de mano y estructuras presentes en las mismas, como podría hacerse en campo. En ellas se crean las bases necesarias tanto para el reconocimiento, como para la fundamentación sobre las principales características de rocas sedimentarias. Con esto el estudiante estará capacitado

para identificar los elementos texturales de las rocas siliciclásticas y calcáreas, hacer su clasificación textural y composicional, así mismo identificar, caracterizar las estructuras sedimentarias presentes e identificar el ambiente donde se formaron.

Las prácticas N° 2 y 3 se orientan en la descripción de muestras de subsuelo de ripios y núcleos, obtenidos en la perforación de pozos. *La práctica N° 4* presenta información de los registros de pozo los cuales proveen información indirecta sobre propiedades de rocas y fluidos en el subsuelo. Además su interpretación permite determinar parámetros que son de fundamental importancia para la estimación de reservas, entre otras aplicaciones.

La práctica N° 5 radica en realizar correlaciones estratigráficas y estructurales para hacer interpretación del subsuelo, establecer continuidad de secuencias, así mismo hacer interpretación de la tectónica y las estructuras presentes en el subsuelo por último se pretende que los estudiantes puedan determinar la zona de interés petrolífero.

La práctica N° 6 consiste principalmente en aprender a construir diagramas panel, estructurales y estratigráficos, para efectuar correlaciones de los mismos.

La práctica N° 7 y 8 guían a los estudiantes en la elaboración de mapas estructurales e isópacos y su interpretación.

La práctica N° 9 se fundamenta en conocer los tipos de pozos que existen en la industria petrolera y conocer en qué tipos de áreas se pueden encontrar estos.

Por último, *las practicas N° 10 y 11* presentan información sobre el cálculo de volumen y reservas.

PRÁCTICA N° 1A: ROCAS SEDIMENTARIAS SILICICLÁSTICAS

OBJETIVOS

- ✓ Identificar los elementos texturales (tamaño, selección, forma de las partículas, empaquetamiento, armazón, matriz, cemento y poros) de las rocas sedimentarias siliciclásticas en muestra de mano.

- ✓ Describir y clasificar la roca de acuerdo a los elementos texturales y composicionales, con ayuda de las tablas de comparación según Pettijohn (1973), Folk (1959, 1962).

INTRODUCCIÓN

Las rocas siliciclásticas, se generan por procesos de meteorización, erosión, transporte y depósito de sedimentos. Posteriormente, tras su enterramiento sufren una serie de procesos diagenéticos, cuya consecuencia es que el sedimento se litifica. Los componentes de estas rocas van a depender de la fuente de los sedimentos, la composición, el clima, marco tectónico, como también de la duración e intensidad de la meteorización, distancia y tipo de transporte a la cuenca de depósito, entre otros.

Debido a las condiciones de formación de las rocas sedimentarias siliciclásticas mencionadas anteriormente, se han estipulado tres propiedades primordiales a la hora de hacer una descripción como son: la textura, la composición y la estructura. La textura involucra el tamaño de la partícula, la forma, la selección, el empaquetamiento, junto con el armazón, la matriz, el cemento y los poros; la composición relaciona los componentes terrígenos, aloquímicos y ortoquímicos de las rocas y la estructura busca caracterizar la roca en cuanto a sus condiciones primarias o singenéticas.

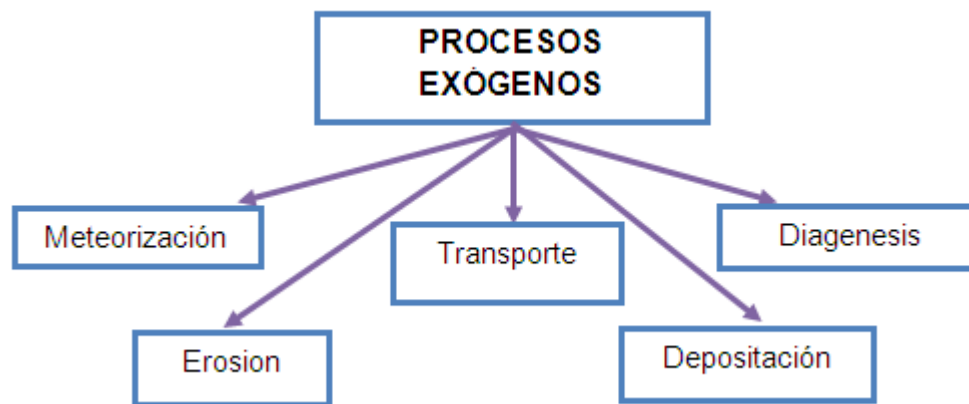
Este laboratorio consiste en identificar los elementos texturales y composicionales de las muestras de roca presentes en el laboratorio de geología, ya que cada uno de estos elementos identificados constituye una característica particular de las condiciones de formación de la roca así como de los procesos post-deposición sufridos a lo largo del tiempo geológico, cuya información resulta útil para conocer la historia geológica - evolutiva de una zona específica en estudio.

MARCO TEÓRICO

Las rocas sedimentarias se forman por procesos exógenos que tienen lugar sobre la superficie de la tierra o muy cerca de ella, a baja presión y baja temperatura³, VER FIGURA 1.

Estas rocas están conformadas por tres componentes principales (**terrígenos, ortoquímicos y aloquímicos**), con excepción de las rocas de origen exclusivamente orgánico.

Figura 1. Tipos de procesos exógenos que tienen lugar en la formación de rocas sedimentarias



Fuente: Autor.

Materiales *terrígenos* son cristales sueltos, fragmentos de cristales y fragmentos de roca, procedentes de rocas preexistentes por alteración y disgregación. Estos se caracterizan, además, por haber sufrido un transporte, más o menos largo y energético, desde la roca fuente hasta la cuenca de depósito, donde aparecen formando sedimentos y rocas. Los materiales *Ortoquímicos* son los formados por precipitación química directa en la propia cuenca de sedimentación, durante o inmediatamente después del depósito y por último los materiales *Aloquímicos* de origen químico, formados en la misma cuenca, pero que han sido transportados a la zona de depósito, ejemplo de estos materiales son los bioclásticos, oolitos, pellets e intraclastos⁴.

³ Silvia Barredo. Rocas sedimentarias. Pág. 1

⁴ A. Castro Dorado. Petrografía básica, Textura clasificación y nomenclatura de rocas. Editorial Paraninfo. Pág. 78.

Las rocas sedimentarias terrígenas son rocas integradas por más del 50% de materiales terrígenos, dentro de ellas las más conocidas son las **siliciclásticas**, donde su composición principal es silícea⁵.

Debido a los procesos de transporte y depositación existen una gran variedad de rocas sedimentarias cada una de ellas con características individuales y específicas, en este laboratorio se trataran las más importantes como: **textura, composición y estructuras sedimentarias.**

1. TEXTURA:

La textura de las rocas sedimentarias corresponde a las características individuales y a las relaciones que tienen entre sí las partículas todas estas representadas a pequeña escala, por ejemplo el tamaño, forma, fábrica, armazón, matriz, cemento y la porosidad. Todas las rocas detríticas presentan textura clástica, los clastos pueden estar o no cementados por material ortoquímicos o diagenético

1.1. Tamaño de los clastos

El tamaño de los clastos es un rasgo primordial y una de las propiedades más importantes a la hora de hacer una descripción y clasificación de las rocas sedimentarias:

La siguiente tabla de tamaños de grano de Wentwort se utiliza para clasificar los clastos de acuerdo a su tamaño. TABLA 1.

⁵Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 1.

Tabla 1. Tabla de tamaños de grano (textura) de Wentwort.

| No de malla para tamiz U.S. estandard | Milímetros (mm) | Micrones (μ) | Phi (Φ) | Clase de tamaño Wentworth | Clase Mayor | Una vez Litificado el sedimento | |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|------------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------|
| | | | -20 | Cantos | GRAVA | CONGLOMERADO | |
| | 4096 | | -12 | | | | |
| | 1024 | | -10 | | | | |
| | 256 | | -8 | | | | |
| | 64 | | -6 | | | | |
| | 16 | | -4 | Guijarros | | | |
| 5 | 4 | | -2 | | | | |
| 6 | 3.36 | | -1.75 | | | | |
| 7 | 2.83 | | -1.5 | Gránulos | | | |
| 8 | 2.38 | | -1.25 | | | | |
| 10 | 2.0 | | -1 | | | | |
| 12 | 1.68 | | -0.75 | | | | |
| 14 | 1.41 | | -0.5 | Upper Arena muy gruesa Lower | ARENA | ARENISCA | |
| 16 | 1.19 | | -0.25 | | | | |
| 18 | 1 | 1.0 | 0.0 | Upper Arena gruesa Lower | | | |
| 20 | 0.84 | | 0.25 | | | | |
| 25 | 0.71 | | 0.5 | | | | |
| 30 | 0.59 | | 0.75 | Upper Arena media Lower | | | |
| 35 | ½ | 0.5 | 500 | | | | 1 |
| 40 | | 0.42 | 420 | | | | 1.25 |
| 45 | | 0.35 | 350 | | | | 1.5 |
| 50 | | 0.3 | 300 | 1.75 | | | Upper Arena fina Lower |
| 60 | ¼ | 0.25 | 250 | 2.0 | | | |
| 70 | | 0.21 | 210 | 2.25 | | | |
| 80 | | 0.177 | 177 | 2.5 | Upper Arena muy fina Lower | | |
| 100 | | 0.149 | 149 | 2.75 | | | |
| 120 | 1/8 | 0.125 | 125 | 3.0 | | | |
| 140 | | 0.105 | 105 | 3.25 | | | |
| 170 | | 0.088 | 88 | 3.5 | Grueso (4 a 5 Φ) | LODO | LODOLITA |
| 200 | | 0.074 | 74 | 3.75 | | | |
| 230 | 1/16 | 0.0625 | 62.5 | 4.0 | medio fino muy fino | | |
| 270 | | 0.053 | 53 | 4.25 | | | |
| 325 | | 0.044 | 44 | 4.5 | | | |
| Analizado por pipeta o hidrómetro | | 0.037 | 37 | 4.75 | Limos Limolita | | |
| | 1/32 | 0.031 | 31 | 5.0 | | | |
| | 1/34 | 0.0156 | 15.6 | 6.0 | | | |
| | 1/128 | 0.0078 | 7.8 | 7.0 | | | |
| | 1/256 | 0.0039 | 3.9 | 8.0 | Algunos usan ϕ como límite de la arcilla | | |
| | | 0.002 | 2 | 9.0 | | | |
| | | 0.00098 | 0.98 | 10 | | | |
| | | 0.00049 | 0.49 | 11 | | | |
| | 0.00012 | 0.12 | 13 | Arcillas Arcilloita | | | |
| | 0.00006 | 0.06 | 14 | | | | |

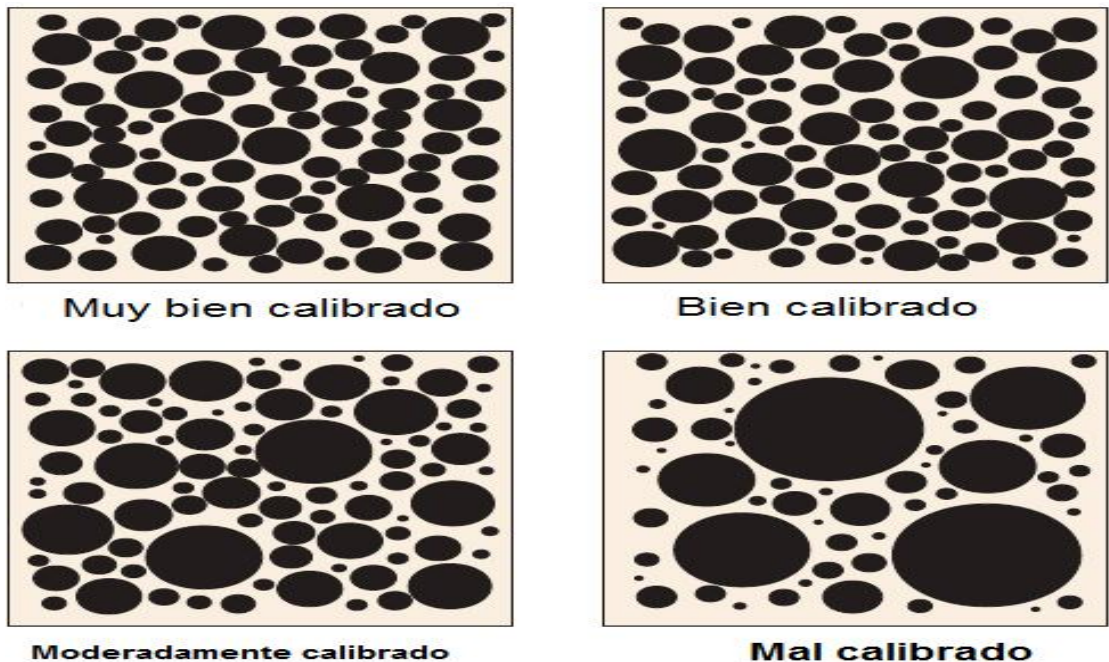
Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS. 2007.

2. SELECCIÓN O CALIBRADO (Sorting)

La distribución de los tamaños de grano, es una medida de la uniformidad o de la variación en los tamaños de las partículas en una roca sedimentaria⁶. El hecho de que una roca presente o no una gran dispersión de tamaño de grano es un reflejo de las condiciones de transporte y sedimentación; así mismo el calibrado es un reflejo directo de la energía de un medio y de su capacidad para seleccionar el tamaño de las partículas que transporta. Esta desviación se conoce en rocas sedimentarias con el termino en inglés “sorting” el cual puede ser reconocido por las imágenes de calibrado de Pettijhon⁷. FIGURA 2.

Aquellas rocas que muestran solo una clase granulométrica bien definida, siendo el tamaño de todas las partículas similar, se dicen que son **bien seleccionadas**. Por otra parte, aquellas en que sus constituyentes presentan una gran diversidad de tamaños se denominan **mal seleccionadas**. Es de anotar que la selección de una roca es una propiedad que condiciona fuertemente su porosidad.

Figura 2. Imágenes de calibrado de las partículas según Pettijhon



Fuente: Autor, adaptado de Gary Nichols, *Sedimentology and Stratigraphy*, second edition. Pág. 37.

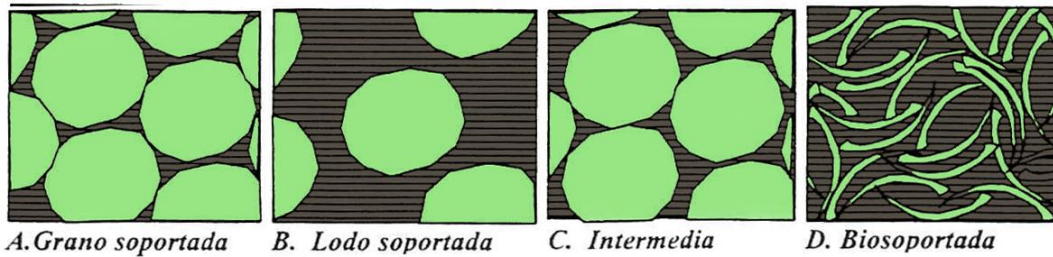
⁶Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, Pág. 4.

⁷A. Castro Dorado. Petrografía básica, Textura clasificación y nomenclatura de rocas. Editorial Paraninfo. Pág. 80.

3. ARMAZON:

El armazón en una roca sedimentaria son los materiales que soportan la roca, habitualmente son los de mayor tamaño o los más cuantiosos, el armazón establece si la roca exhibe fábrica grano soportada (grano soportada o areno gravo soportada), lodo soportada o intermedia, o si presenta fragmentos exqueletales, en cuyo caso sería biosoportada⁸. FIGURA 3.

Figura 3. Tipos de armazón presentes en las rocas sedimentarias.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007. Modificada.

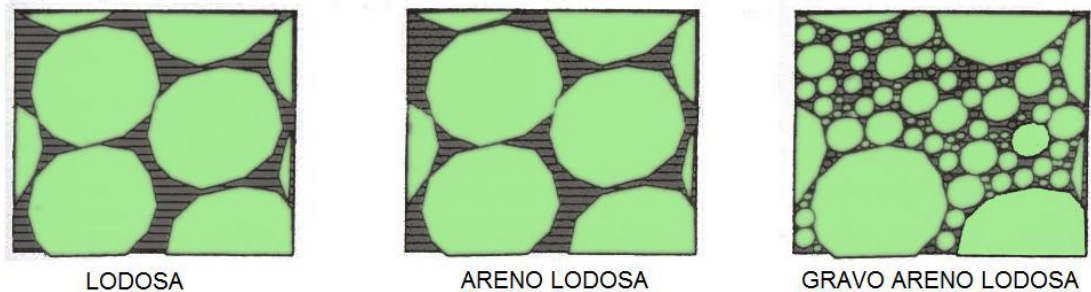
El material ligante que se encuentra relleno los intersticios entre los clastos y que si es de origen químico se llama **CEMENTO**, o puede corresponder a una fracción clástica más fina que la del resto del armazón, lo que se denomina **MATRIZ**. Frecuentemente la roca está constituida por ambos.

4. MATRIZ:

La matriz es el material de menor tamaño que se apila en los intersticios dejados por el armazón cuando este es grueso. La matriz corresponde a fragmentos minerales y de rocas. La matriz puede ser de tipo **lodosa**, **areno lodosa** y **gravo areno lodosa**. FIGURA 4 y FIGURA 5.

⁸Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 6.

Figura 4. Tipo de matriz presentes en las rocas sedimentarias.

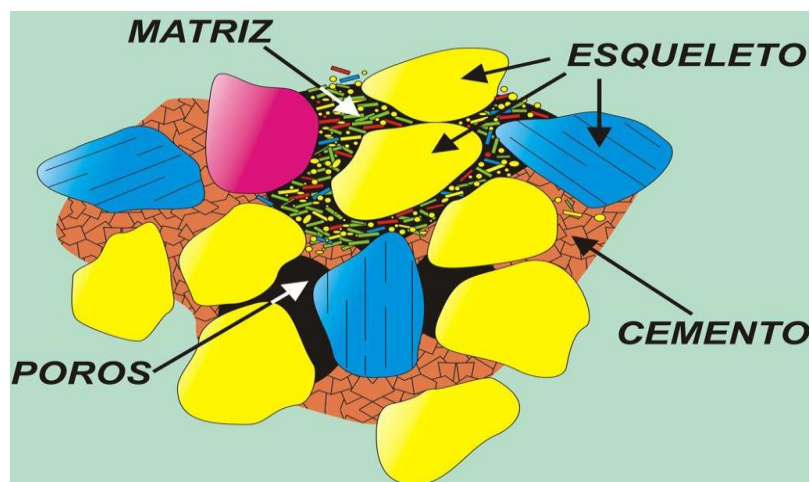


Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007. Modificada.

5. CEMENTO

El material precipitado químicamente entre los intersticios dejados por el armazón se le conoce como cemento. Es el material que une las partículas, evitando que puedan separarse con facilidad, dándole cohesión a la roca. FIGURA 5.

Figura 5. Roca compuesta por la matriz (representada por los clastos menores) y el cemento (color naranja), poros (color negro) y el esqueleto que son los granos de mayor tamaño.



Fuente: <http://www.ucm.es/info/petroshed/rd/fab/index.html>

6. POROSIDAD

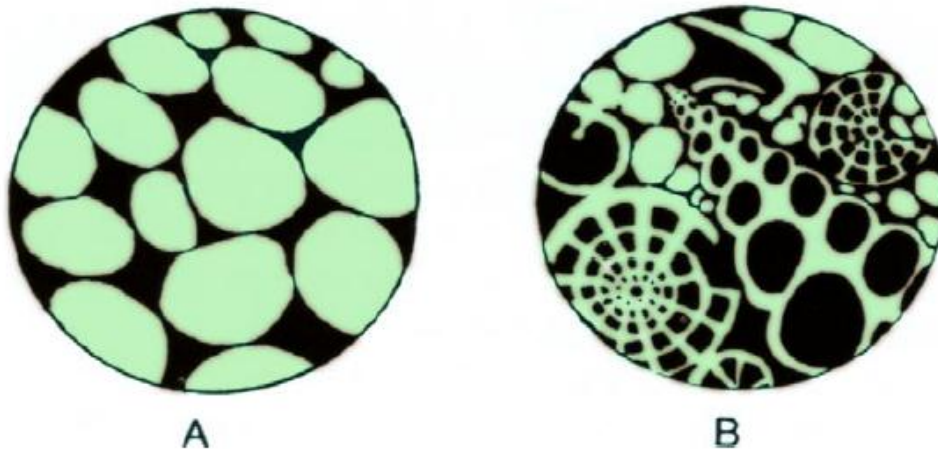
Los poros son los espacios vacíos que se encuentran en la roca. La porosidad es la relación de los poros con el volumen total de la muestra de roca. Es muy importante determinar la porosidad que tiene la roca, lo cual es de interés en la industria petrolera.

Existen dos tipos de porosidad: **Primaria** la cual es formada en el mismo proceso de formación o depositación de los sedimentos y **Secundaria** la cual ocurre por procesos posteriores a la depositación de los sedimentos⁹.

6.1. Porosidad primaria:

Así mismo la porosidad primaria puede ser **Interpartícula** la cual es la más común y consiste en los espacios que quedan entre las partículas. La **Intrapartícula** es aquella que ocurre dentro de algunas partículas, especialmente ocurre en las cámaras de los fósiles y la porosidad **Intercristalina** que corresponde a los espacios vacíos entre los cristales precipitados previamente. FIGURA 6.

Figura 6. Imagen de dos secciones mostrando la porosidad primaria, (A) porosidad intergranular o Interpartícula común en areniscas, (B) combinación entre porosidad Interpartícula e Intrapartícula común en arenas que presentan partes exqueletales.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007. Modificada.

⁹Cruz, L. E., Mier, R. Sedimentología para ingenieros de petróleos, prácticas de laboratorio (2001), pág. 20

6.2. Porosidad Secundaria:

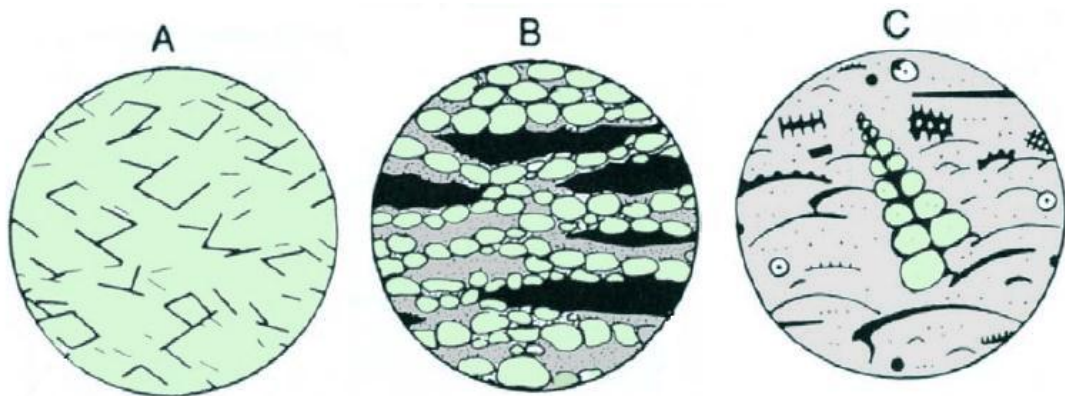
La porosidad secundaria por definición, se forma después de que un sedimento fue depositado, es más diversa en su morfología y más compleja en la génesis que la porosidad primaria. Es más comúnmente encontrada en las rocas carbonatadas que en las arenas siliciclásticas. Los siguientes tipos de porosidad secundaria son reconocibles. FIGURA 7.

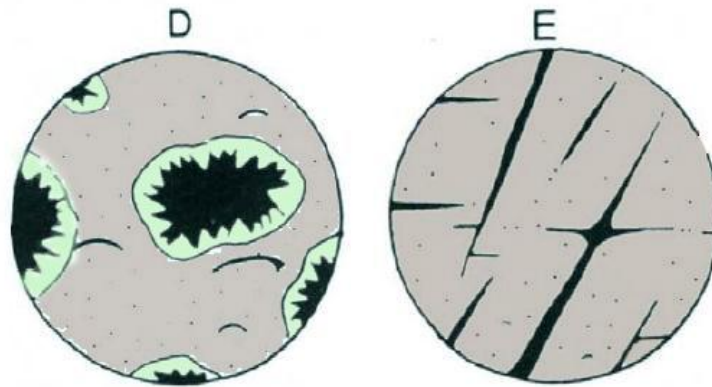
6.2.1. **Porosidad de disolución:** Aparece cuando se disuelven cementos o clastos meta estables (feldespatos, clastos líticos).

6.2.2. **Porosidad intercrystalina:** Poros remanentes entre cristales de cemento o precipitados autógenos.

6.2.3. **Porosidad de fracturas:** Se dan debido a procesos de contracción (deseccación), compactación o esfuerzos tectónicos.

Figura 7. Bocetos de las secciones delgadas que ilustran los principales tipos de porosidad secundaria, (A) porosidad intercrystalina, (B) porosidad fenestral, (C) porosidad producida por lixiviación, (D) porosidad vuggy producida por soluciones irregulares, (E) porosidad producida por fracturas.





Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007. Modificada.

7. FORMA DE LAS PARTICULAS

Comprende atributos que se refieren a la morfología de las partículas y se relaciona con procesos de erosión, transporte, depositación y retrabajamiento ocurridos antes o durante su depositación final. En la determinación de la forma de la partícula se utilizan dos criterios: la **esfericidad** y la **redondez**.

7.1. La Esfericidad y la Redondez:

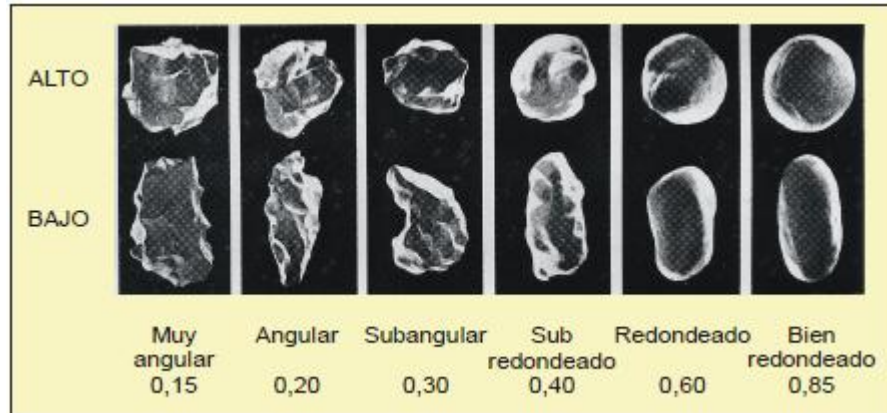
Las partículas en muchas rocas sedimentarias tienen los bordes redondeados. Esto es debido a que originalmente sus bordes angulosos han sido redondeados por la abrasión durante el transporte. El **redondeamiento** es un dato morfológico de interés en la identificación del ambiente de sedimentación de algunas rocas sedimentarias, especialmente las areniscas y conglomerados¹⁰.

Por otra parte, una vez que los bordes han sido redondeados, la partícula tenderá a cambiar su aspecto a una forma más esférica. La **esfericidad** está relacionada con las diferencias existentes entre los distintos diámetros o longitudes de los ejes de la partícula.¹¹ VER TABLA 2 Y TABLA 3.

¹⁰Universidad Nacional de Moquegua, Rocas Sedimentarias, Curso de petrología. Pág. 15

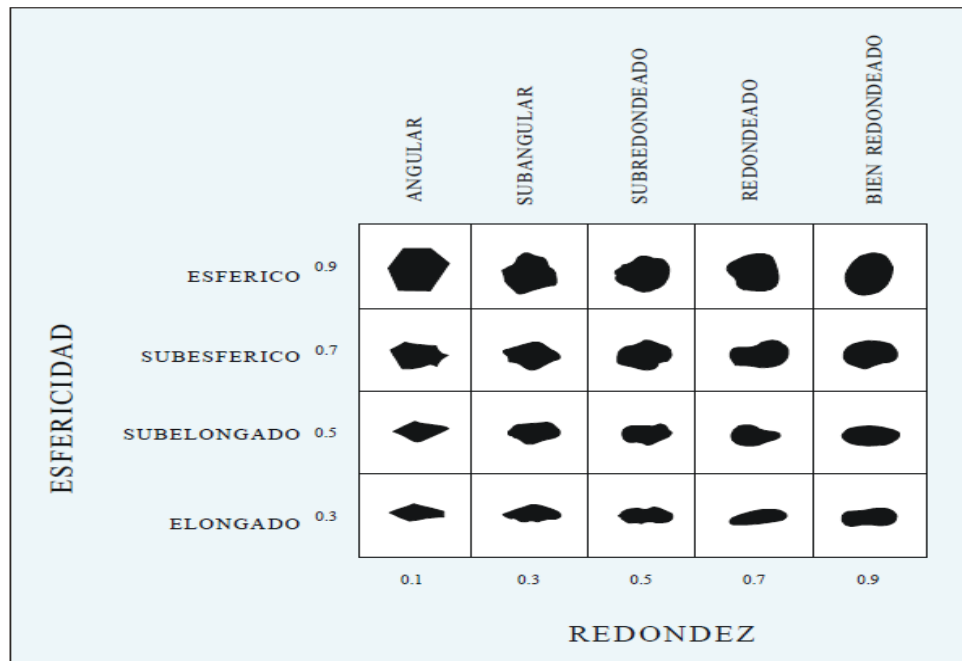
¹¹Ibíd., Pág. 15.

Tabla 2. Términos de redondeamiento y esfericidad de Powers 1953.



Fuente: http://pre-geologo.blogspot.com/2012_03_01_archive.html.

Tabla 3. Diagrama de comparación para forma de granos de Krumbein & Sloss, 1969.



Fuente: <http://dc147.4shared.com/doc/oAAo3lpR/preview.html>

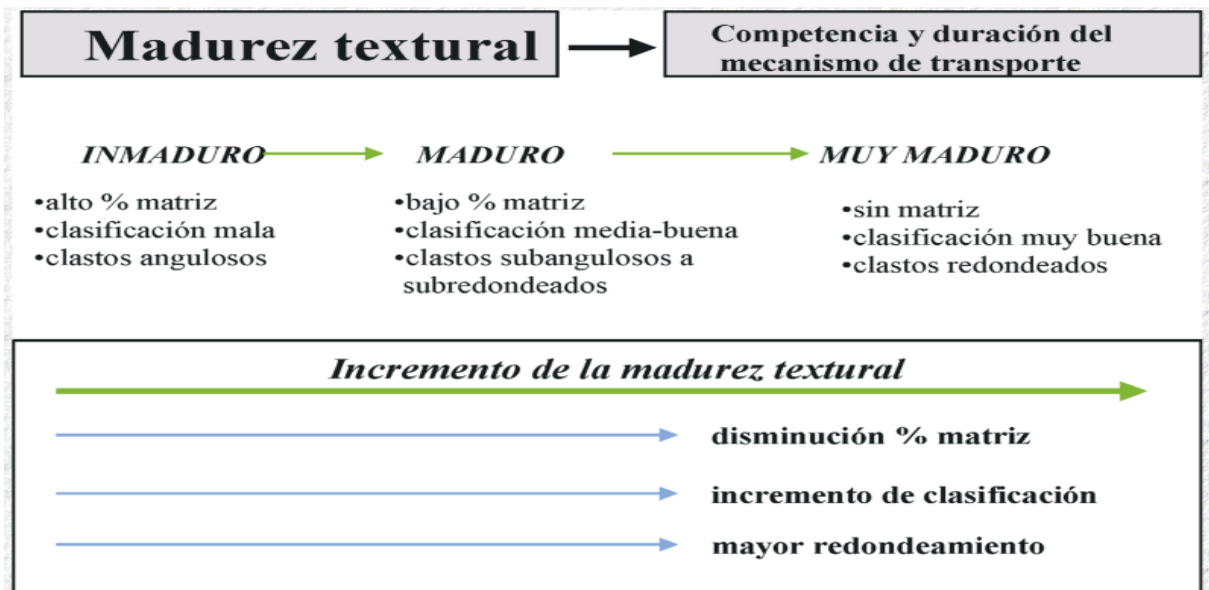
8. MADUREZ TEXTURAL

Una roca sedimentaria es más madura cuanto más redondeados y seleccionados estén los clastos que la integran. La **madurez** textural es un índice que refleja el tiempo transcurrido entre la erosión del material detrítico original y su depositación final.

La madurez textural es directamente proporcional al porcentaje de matriz, el grado de redondeamiento y esfericidad de sus granos. VER TABLA 4 Y TABLA 5.

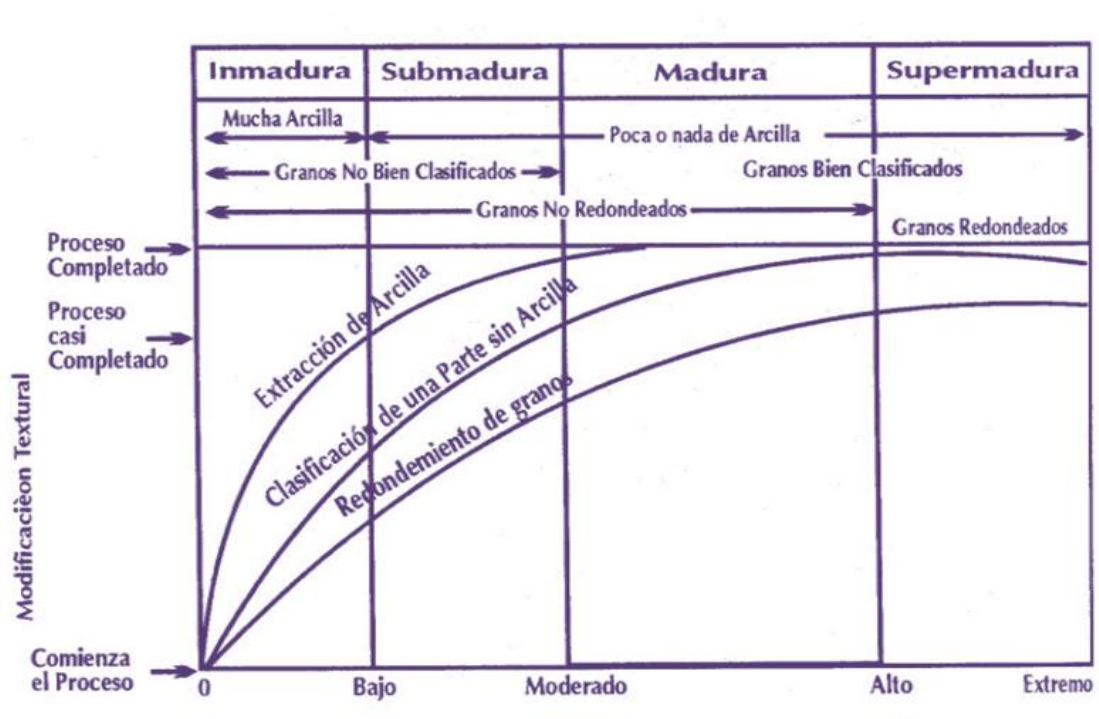
- **Inmadura** > 5% de matriz, mal sorteada, baja redondez.
- **Submadura** 5% - 3% de matriz, mal sorteada, baja redondez.
- **Madura** 3% - 0.5% de matriz, baja redondez, bien sorteada.
- **Supermadura** < 5% de matriz, buena redondez, bien sorteada.

Tabla 4. Tabla didáctica mostrando el tipo de madurez de la roca teniendo en cuenta la cantidad de lodo, sorting y forma de los cristales



Fuente: Grupo de modelización geoquímica de la universidad de Zaragoza, rocas Siliciclásticas 1, tema 3.

Tabla 5. Estados de madurez textural de los sedimentos con base en el calibrado, la redondez, el porcentaje de material arcilloso y el consumo total de energía.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007

9. CONTACTO ENTRE LOS GRANOS

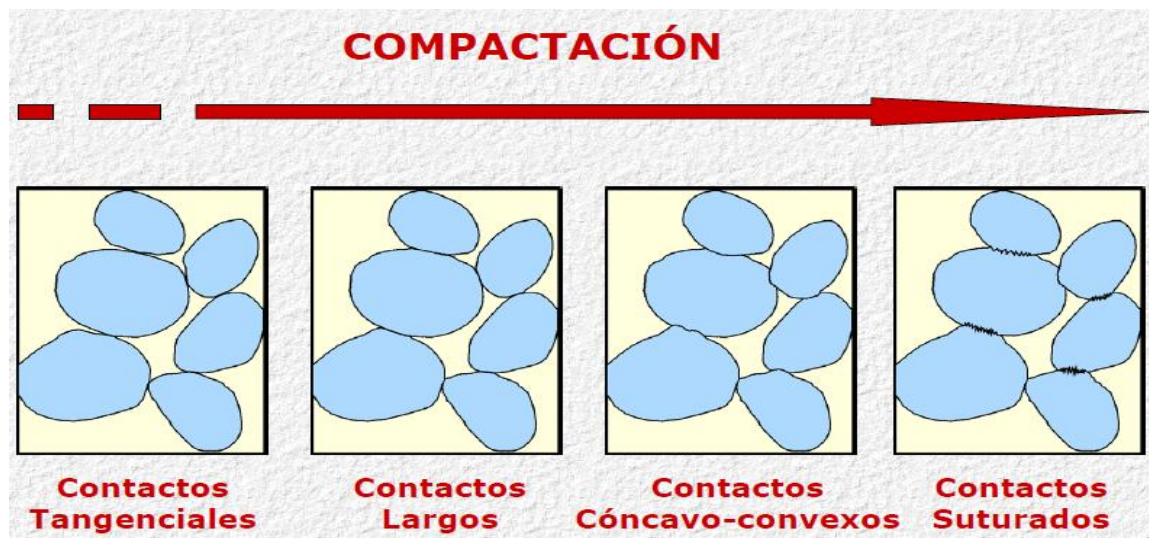
El contacto entre las partículas sedimentarias en una roca es una propiedad importante para determinar su historia o su ambiente de depositación. Se pueden identificar varios tipos de contacto entre las partículas: flotante, puntual, longitudinal, cóncavo convexo o suturado¹². FIGURA 8 Y FIGURA 9.

Los sedimentos con contacto puntual presentan por lo general espacios entre partículas rellenos de matriz o cemento. Se puede determinar la relación existente entre estos tipos de contacto entre las partículas y el cemento. La cantidad de cemento depende del tipo de contacto siendo de mayor a menor el porcentaje cuando se pasa de contacto flotante, puntual, longitudinal, cóncavo convexo y suturado. En el contacto tangencial o puntual queda un espacio triangular que en

¹²Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 8.

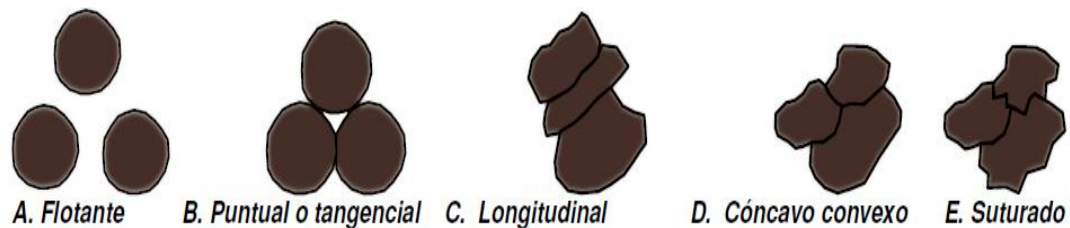
tres dimensiones deja espacio para acomodar matriz o cemento; la presencia de punto triple indica alta compactación y muestra que no existe espacio entre las partículas, tal como aparece en los contactos cóncavo convexo, longitudinal o suturado¹³.

Figura 8. Imagen mostrando una relación entre la compactación de la roca y el contacto entre los granos



Fuente: tomado del grupo de modelización geoquímica, Universidad de Zaragoza, tema 2. Diagénesis, pág. 24.

Figura 9. Tipos de contacto entre partículas en los sedimentos y en las rocas sedimentarias



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007. Modificada.

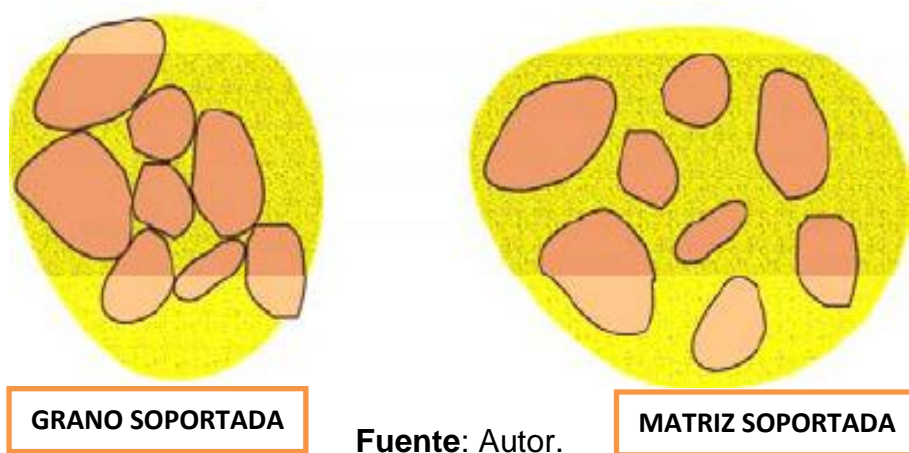
¹³Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 8.

10. EMPAQUETAMIENTO

El empaquetamiento es una propiedad textural de gran importancia pues determina en gran medida la porosidad y la permeabilidad en rocas sedimentarias, el empaque depende del tamaño de grano, este puede ser abierto o cerrado, el más abierto y que posee mayor porosidad es el cúbico, mientras que el más cerrado se denomina romboédrico. Los sedimentos bien seleccionados poseen empaquetamiento más abierto, el empaquetamiento es más abierto en presencia de clastos esféricos. FIGURA 10.

En una textura grano soportada los individuos mayores están en contacto entre sí, mientras que en la textura matriz soportada los individuos mayores están suspendidos o flotando en una masa de grano fino, de modo que no se encuentran en contacto entre sí.

Figura 10. Imagen mostrando cómo se encuentra el empaquetamiento en una roca grano soportado y una roca matriz soportada.



Fuente: Autor.

10.1. Empaquetamiento abierto

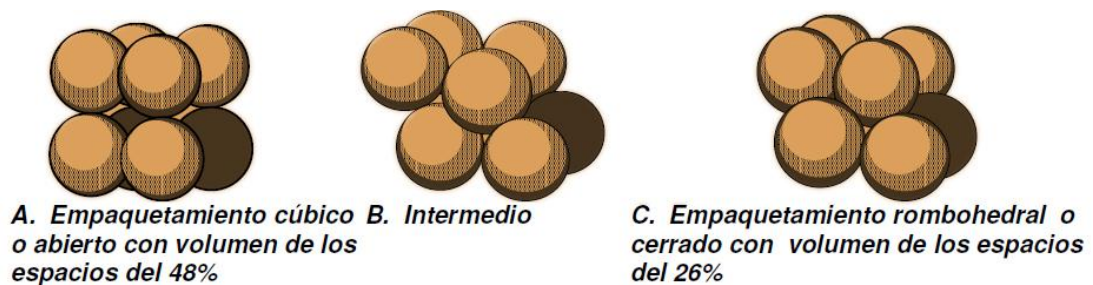
Es aquel en el cual cada partícula ocupa el vértice de un cubo imaginario, de tal manera que allí el volumen ocupado por las esferas es de aproximadamente 52%, y el espacio restante es aproximadamente del 48%¹⁴. FIGURA 11.

¹⁴Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 5.

10.2. Empaquetamiento cerrado

Es el más característico de las rocas sedimentarias, en el cual el volumen ocupado por las esferas es de aproximadamente 74% y el espacio restante es aproximadamente del 26%¹⁵. FIGURA 11.

Figura 11. Tipos de empaquetamiento en esferas ilustrando el decrecimiento progresivo de la porosidad.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007. Modificada.

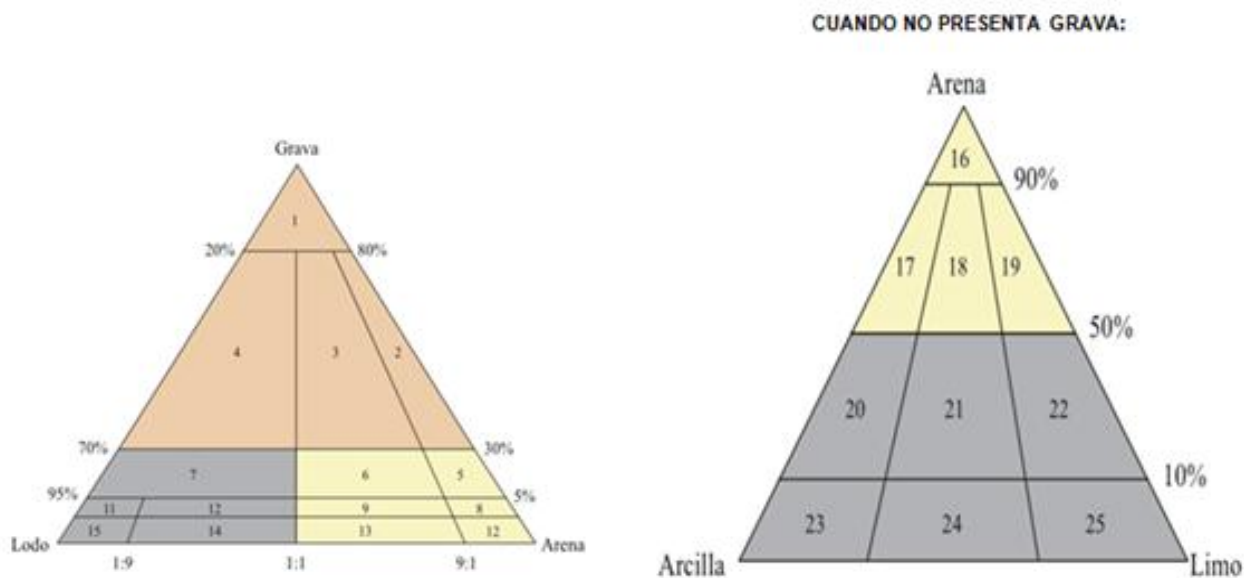
11. CLASIFICACION DE LAS ROCAS SILICICLASTICAS

11.1. Clasificación textural de las rocas siliciclásticas

La clasificación textural de las rocas sedimentarias siliciclásticas se hace de acuerdo al tamaño de grano, particularmente: grava, arena y lodo. En esta clasificación se utiliza un diagrama triangular en el cual los vértices están ocupados por tres clases de tamaño de grano predominantes: grava, arena, lodo o arena, arcilla, limo. FIGURA 12 Y FIGURA 13.

¹⁵Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 5.

Figura 12. Diagrama triangular para la clasificación textural, según tamaño de grano, modificado de Folk 1974.



1. Conglomerado
2. Conglomerado arenoso
3. Conglomerado areno - lodoso
4. Conglomerado lodoso
5. Arenisca conglomerática
6. Arenisca lodosa - conglomerática
7. Lodolita conglomerática
8. Arenisca levemente conglomerática
9. Arenisca lodosa levemente conglomerática
10. Lodolita arenosa levemente conglomerática
11. Lodolita levemente conglomerática
12. Arenisca
13. Arenisca lodosa
14. Lodolita arenosa
15. Lodolita
16. Arenisca
17. Arenisca arcillosa
18. Arenisca lodosa
19. Arenisca limosa
20. Arcillolita arenosa
21. Lodolita arenosa
22. Limolita arenosa
23. Arcillolita
24. Lodolita
25. Limolita

Fuente: Tomada de instituto colombiano de geología y minería (Ingeominas), toma de datos en libreta de campo. Marzo de 2003. pág.19.

11.2. Sedimentos y rocas de grano fino

Las rocas sedimentarias terrígenas de grano fino, lodolitas, son aquellas rocas que contienen más del 50% de partículas de origen terrígeno y al menos el 75% de ellos tiene tamaños menores de 62 μ (lodos) algunos autores plantean que deben ser tamaños menores de 32 μ . Los diagramas anteriores dan la clasificación textural mayor de los tipos principales de rocas sedimentarias donde se incluyen las rocas de grano fino: lodolitas, limolitas y arcillolitas (Folk 1974) pero es necesario establecer la clase textural específica, la cual aparece claramente expuesta en la TABLA 7 en la cual se consigna la clasificación basada en tamaño de grano y la presencia de fisilidad¹⁶.

Tabla 6. Nomenclatura para la clasificación de rocas.

| CLASE TEXTURAL | | SEDIMENTO (Material no litificado) | ROCA (Litificado no fisil) | ROCA (litificado fisil) |
|----------------|----|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Z | S | Limo (>67% de limo) | Limolita | Limolita shale |
| M | L | Lodo (intermedio) | Lodolita | Lodolita shale |
| C | A | Arcilla (>67% de arcilla) | Arcillolita | Arcillolita shale |
| Zs | Sa | Limo arenoso | Limolita arenosa | Limolita arenosa shale |
| Ms | La | Lodo arenoso | Lodolita arenosa | Lodolita arenosa shale |
| Cs | Aa | Acilla arenosa | Arcillolita arenosa | Arcillolita arenosa shale |

Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007. Modificada.

¹⁶Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 11.

11.3. Clasificación composicional de rocas siliciclásticas.

Los elementos composicionales de las rocas sedimentarias son: terrígenos o siliciclásticos, aloquímicos y ortoquímicos.

11.3.1. Terrígenos o siliciclásticas (T).

Derivados de la erosión. Continentales

Cuarzo (**Q**), feldespatos (**F**), Fragmentos de roca (**FR**), minerales pesados, minerales arcillosos, fragmentos de carbón y HC sólidos.

11.3.2. Aloquímicos(A).

Material precipitado dentro de la cuenca y luego transportado. Conchas, oolitos, pellets, fragmentos retrabajados. Principalmente; calcita, ópalo, fosfatos.

11.3.3. Ortoquímicos (O).

Material precipitado dentro de la cuenca sin transporte. Calcita microcristalina, lodo dolomítico, evaporitas, chert o rellenando poros como; calcita, cuarzo, óxidos de Fe y Mn en areniscas o minerales de reemplazamiento.

12. Tipos de rocas sedimentarias según elementos composicionales

12.1. Rocas Siliciclásticas:

Lodolitas, areniscas, conglomerados.

12.2. Rocas Aloquímicas:

Calizas y dolomitas; fosilíferas, oolíticas, pelletíferas o intraclásticas.

12.3. Rocas Ortoquímicas:

Calizas y dolomitas microcristalinas, anhidritas, chert.

13. Clasificación composicional de conglomerados siliciclásticos

Rocas con más del 30 % de partículas tamaño grava.

Clasificación Textural – Composicional.

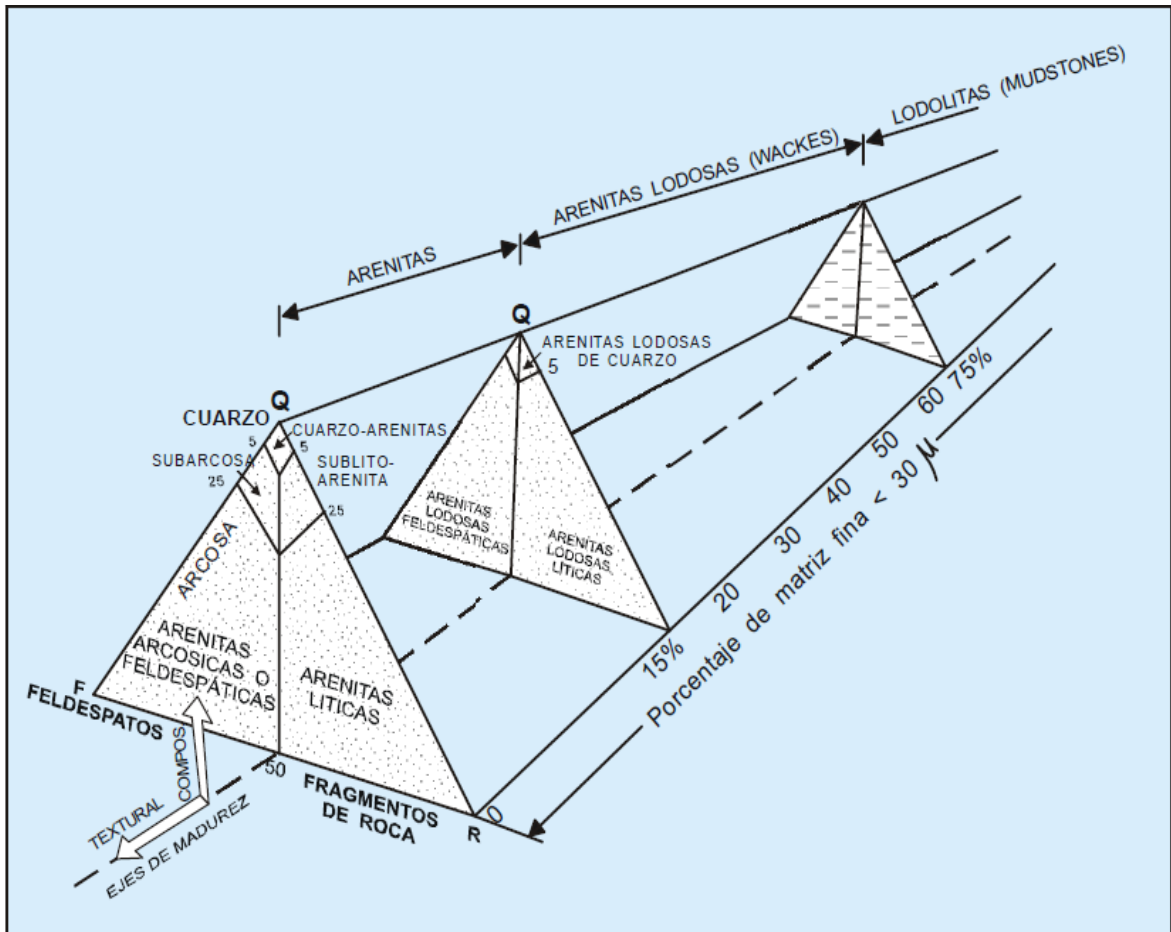
Conglomerados. Gravas redondeadas de origen fluvial

- Brechas. Gravas angulares.
- Fanglomerados. Conglomerado o brecha depositado en un abanico.
- Tillitas. Grava y arena en matriz fina.

Clasificación composicional.

- **Conglomerados Oligomícticos:** gravas de una misma composición.
- **Conglomerados Polimícticos:** gravas de diferente composición.

Figura 14. Imagen mostrando el diagrama de clasificación composicional según Pettijohn et, 1987.



Fuente: Instituto colombiano de geología y minería (Ingeominas), toma de datos en libreta de campo. Marzo de 2003. pág.13.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Para cada una de las muestras de roca asignadas, clasifíquelas textural y composicionalmente utilizando el formato (anexo 4) de acuerdo a los siguientes pasos:

Determine si la roca es Siliciclástica, Aloquímica u Ortoquímica.

Determine el porcentaje % de Terrígenos o Siliciclásticos (cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca), de Aloquímicos (Conchas, oolitos, pellets, fragmentos retrabajados) y de Ortoquímicos (Material precipitado como; calcita microcristalina, lodo dolomítico, minerales evaporíticos, chert o mineral relleno de poros como; calcita, cuarzo, óxidos de Fe y Mn. Utilice para su clasificación los diagramas anexos.

Si la roca es terrígena o siliciclástica continúe.

- **Clasificación Textural de Rocas Siliciclásticas**

1. Determine los tamaños de las partículas presentes en las muestras Utilice la tabla de tamaños de Wentworth. (Tabla 1).
2. Determine la selección o calibrado, para la fracción grava y arena. (Figura 2).
3. Determine el tipo de armazón. Tamaño predominante. (Figura 3).
4. Determina la presencia de matriz, recordando que es el material de menor tamaño en los intersticios dejados por el armazón. Puede ser: arenosa, gravosa o conglomerática, lodosa o una combinación.
5. Determine la presencia de cemento, material precipitado en los intersticios del armazón. Es un material cristalino.
6. Determine la presencia de poros, pueden ser primarios o secundarios. (Figura 6) Y (Figura 7).
7. Determine la forma de las partículas. (Tabla 2) y (Tabla 3).

8. Determine la madurez textural. (Tabla 4) y (Tabla 5).
9. Determine el contacto entre los granos. (Figura 8) y (Figura 9)
10. Determine el porcentaje de cada una de las fracciones de las partículas presentes: de armazón, matriz, cemento y poros. Total 100 %.utilice la tabla del Anexo 4.
11. Describa la muestra texturalmente según las anteriores características y Dibujar esquemáticamente la muestra destacando los rasgos texturales sobresalientes

- **Clasificación composicional de Rocas Terrígenas.**

1. Determine el tipo de material de acuerdo a sus características físicas: cuarzo **Qz**, feldespato **F**, fragmentos de rocas **FR** (monocristalinos o policristalinos).
2. Determine el porcentaje de cada uno según tamaño: Grava, arena, lodo por separado, estos son los materiales que componen la roca.
3. Describa la muestra según la composición de la fracción arena, (Qz, F, FR) para esto ignore el porcentaje de matriz, la grava, los cementos, los fósiles, la porosidad, estos serán elementos accesorios, solo si los accesorios son más del 25% se deben tener en cuenta como un componente especial. (Figura 14).
4. Recalcule los constituyentes, Qz, F, FR (tamaño arena) al 100 %.
5. Clasifíquela según la figura 17. Si tiene más del 30 % de grava será un conglomerado.
6. Determine el cemento; su composición si es cuarzo (por su brillo vítreo), calcita (efervescencia), óxidos de hierro, ópalo, etc. y porcentaje.
7. Determine los componentes accesorios. Aquellos con menos del 25 %.

8. Resuma la descripción textural y composicional. Determine el color.
9. Describa la muestra composicionalmente.
10. Finalmente elabore una descripción textural y composicional de la muestra

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS:

1. Defina con sus palabras qué relación existe entre el tipo de contacto de las partículas y la matriz.
2. Si una roca sedimentaria siliciclástica es madura texturalmente, que se puede decir del contenido de matriz, el sorteamiento y la redondez.
3. Una roca sedimentaria siliciclástica al ser observada en muestra de mano presenta un mal calibrado, que se puede interpretar de esto.
4. ¿Cuál es la diferencia que existe entre matriz y cemento? ¿Cómo se pueden distinguir?
5. ¿Por qué es importante definir el porcentaje de matriz en la roca en términos de clasificación?
6. Dada las siguientes composiciones de rocas detríticas, indique su nombre utilizando los triángulos correspondientes.

| Roca | Cuarzo | Ortosa | Plagio-clasa | Fragmentos de roca | Cuarzo (tamaño limo) | Matriz (minerales arcillosos) | Cemento | denominación |
|------|--------|--------|--------------|--------------------|----------------------|-------------------------------|---------|--------------|
| 1 | 50 % | 20 % | 10 % | 10 % | -- | 5 % | 5 % | |
| 2 | 78 % | 2 % | -- | -- | -- | 20 % | -- | |
| 3 | 40 % | 5 % | -- | 20 % | 10 % | 25 % | -- | |
| 4 | 60 % | 10 % | 2 % | 8 % | -- | 5 % | 15 % | |
| 5 | 20 % | 10 % | -- | -- | 40 % | 30 % | -- | |
| 6 | 3 % | 2 % | -- | -- | 10 % | 85 % | -- | |

7. Si una roca presenta los siguientes porcentajes: Arena: 77% y la suma de porcentajes de matriz, cemento y poros es de 23%. ¿Qué tipo de empaquetamiento tiene esta roca?

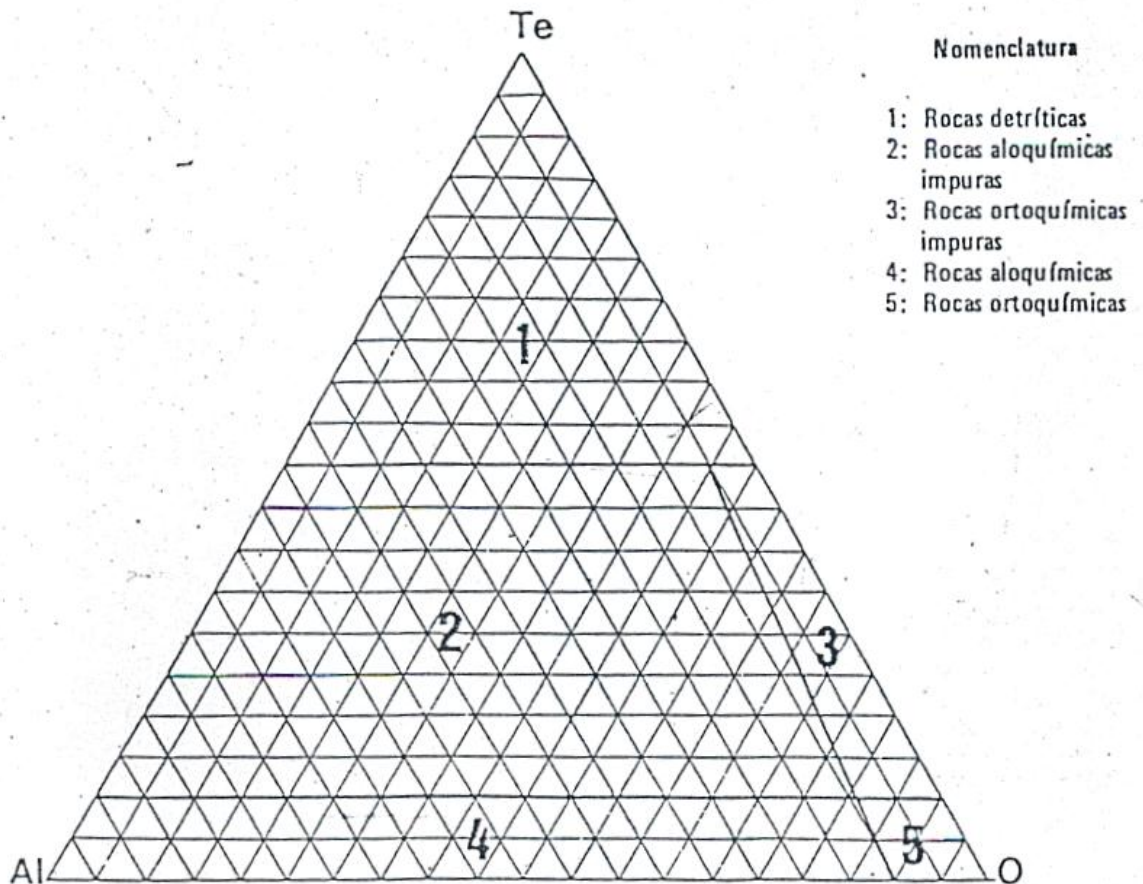
8. ¿Por qué es importante definir la porosidad que tiene una roca sedimentaria?

9. ¿Una roca puede presentar porosidades de tipo primaria y secundaria? Si su respuesta es afirmativa argumente por qué y a que se debe la presencia de las dos porosidades.

10. ¿Qué importancia tienen las rocas siliciclásticas; conglomerados, areniscas y lodolitas en la generación y acumulación de hidrocarburos?

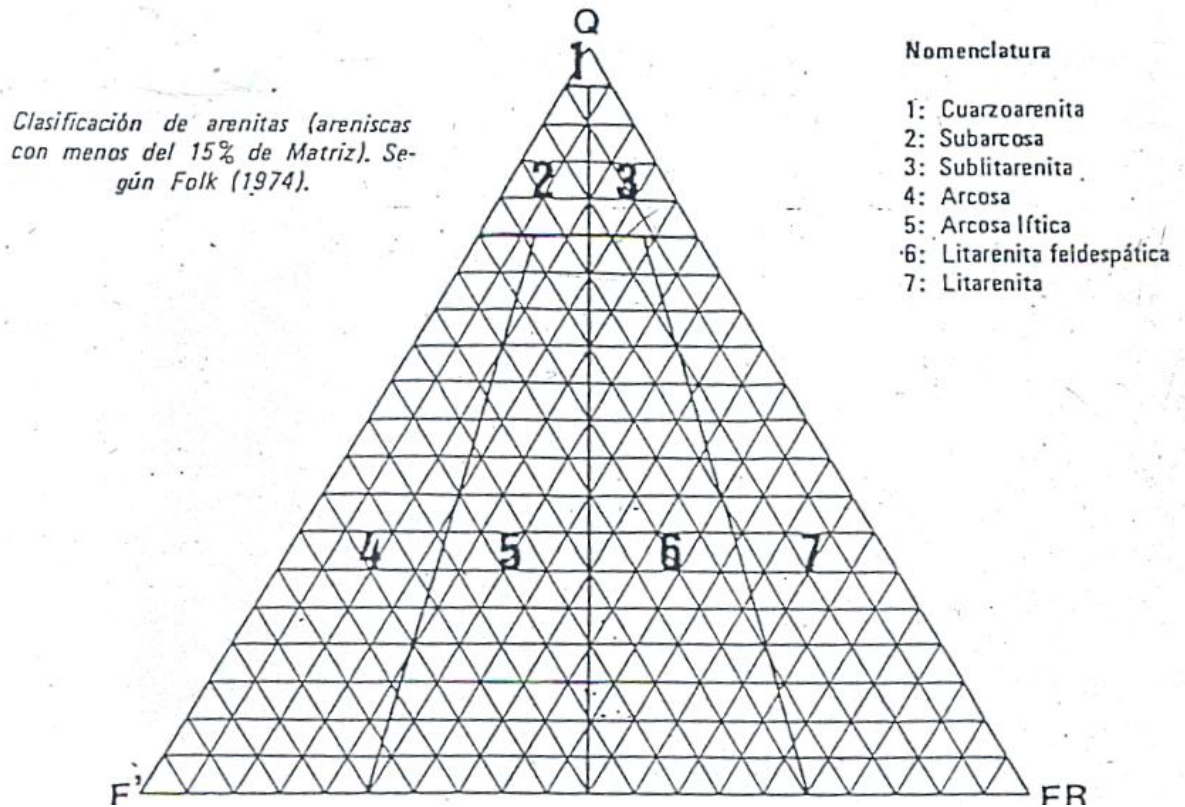
ANEXOS LABORATORIO N° 1A

Anexo 1. Clasificación de rocas sedimentarias según presencia de Terrígenos (Te), aloquímicos (Al) y ortoquímicos (O). Aloquímicos (Al) y ortoquímicos (O).



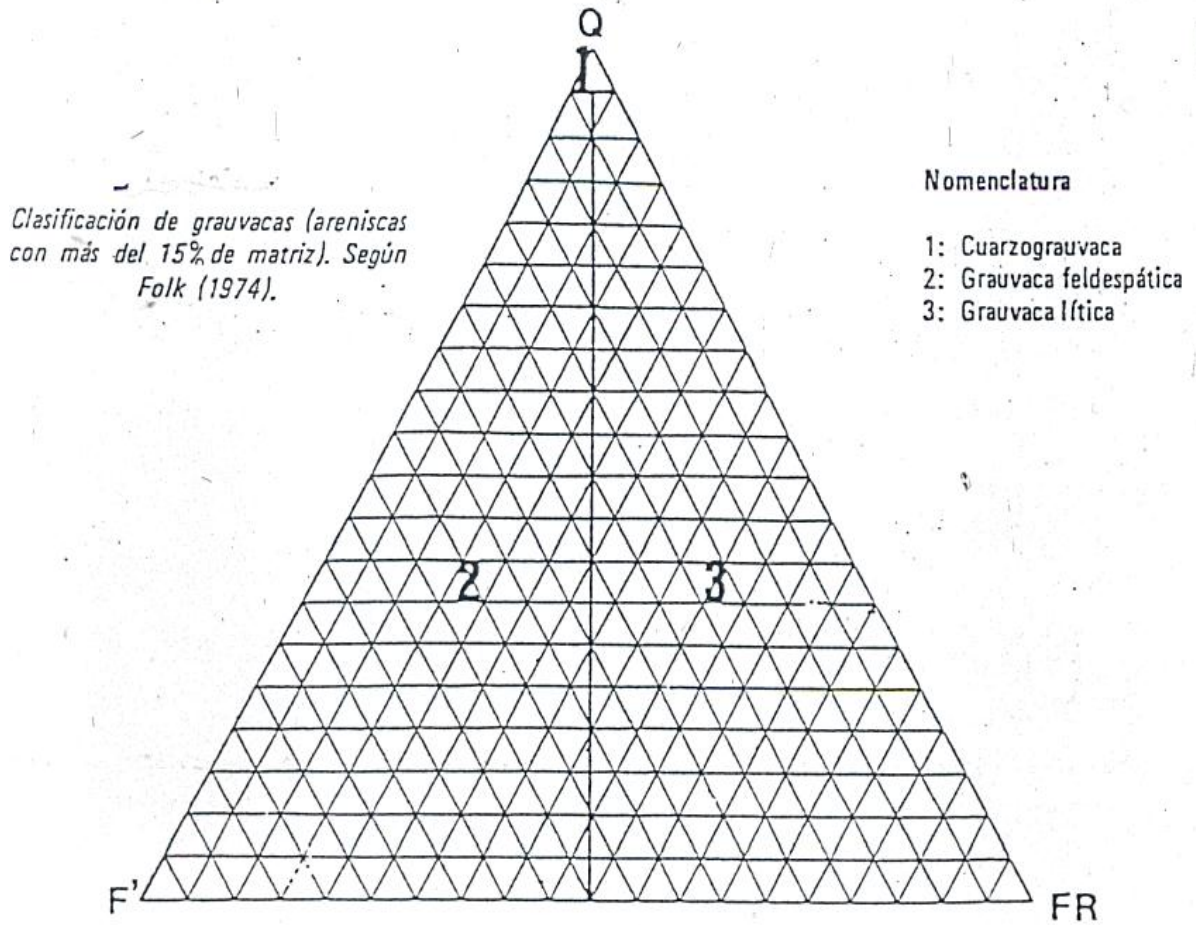
Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. Descripción y clasificación por composición de las rocas terrígenas en muestra de mano. Laboratorio 2. Parte 2: composición. UIS. 2007.

Anexo 2. Clasificación composicional de areniscas con menos de 15% de matriz.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. Descripción y clasificación por composición de las rocas terrígenas en muestra de mano. Laboratorio 2. Parte 2: composición. UIS. 2007.

Anexo 3. Clasificación composicional de areniscas con más de 15% de matriz.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. Descripción y clasificación por composición de las rocas terrígenas en muestra de mano. Laboratorio 2. Parte 2: composición. UIS. 2007.

Anexo 4. Tabla para descripción textural mediante porcentajes para rocas siliciclásticas.

| Tamaño de partículas | | | | | |
|----------------------|----|-------|---|------|---|
| Grava | 0% | Arena | % | Lodo | % |

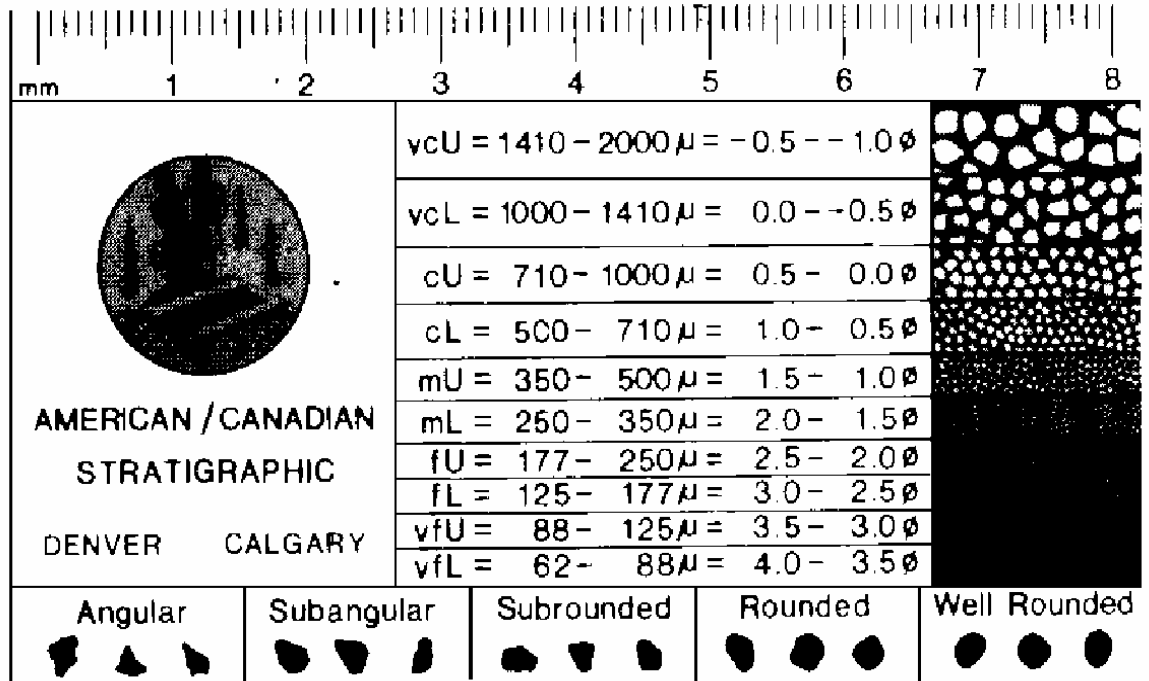
| | Tamaño | Porcentaje | | Porcentaje re-calculado |
|-----------|--------|------------|--|-------------------------|
| Armazón | | % | | % |
| Matriz | | % | | % |
| Cemento | | % | | |
| Porosidad | | % | | |
| Total | | 100% | | |

| Esfericidad | Redondez | Selección | Madurez | Color | Color de alteración |
|-------------|----------|-----------|---------|-------|---------------------|
| | | | | | |

| COMPOSICIÓN | |
|--------------------|---|
| Cuarzo | % |
| Feldespatos | % |
| Fragmentos de Roca | % |
| Accesorios | % |

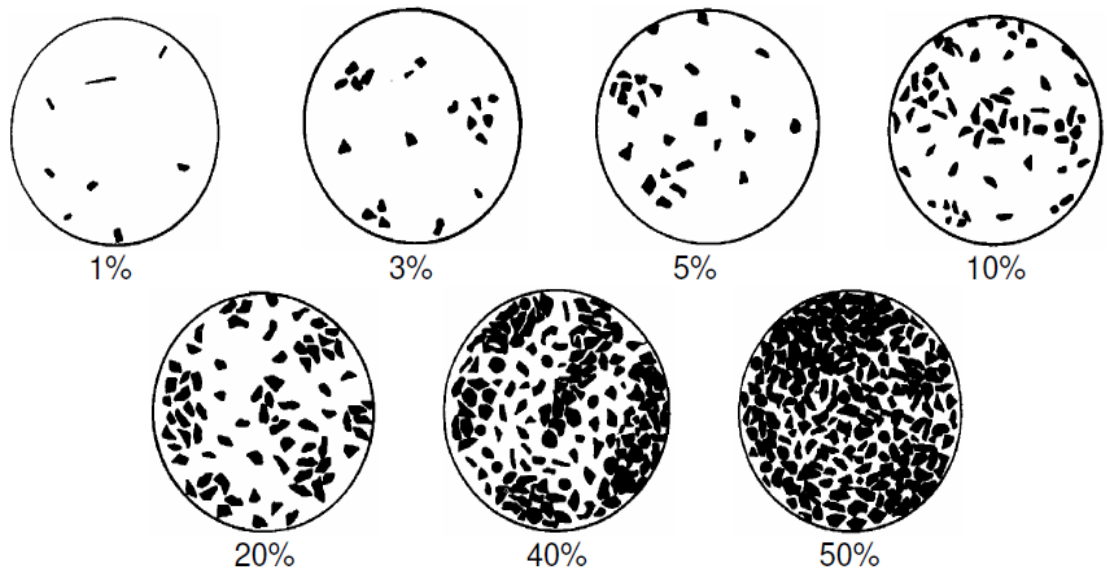
Fuente: Autor, adaptado de Cruz Guevara. L.E. Caballero. Descripción y clasificación por composición de las rocas Siliciclásticas.

Anexo 5. Imágenes comparativas del tamaño de grano.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007

Anexo 6. Imágenes para la estimación del porcentaje de minerales en una muestra. Modificada de Schole 1979.



Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. UIS.2007

BIBLIOGRAFIA

CRUZ GUEVARA. L.E. CABALLERO. V.M. Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura. Laboratorio 1. Parte 1: textura. UIS.2007.

CRUZ GUEVARA. L.E. CABALLERO. V.M. Descripción y clasificación por composición de las rocas terrígenas en muestra de mano. Laboratorio 2. Parte 2: composición. UIS.2007.

CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA (PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA). Petrología sedimentaria: conceptos generales. Universidad de Oviedo. 2009.

DORADO CASTRO ANTONIO. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Petrografía básica. Editorial: Paraninfo. 1989.

GARY NICHOLS. Sedimentology and Stratigraphy. Second edition. Pág. 37.

GRUPO DE MODELIZACIÓN GEOQUÍMICA. Tema 3. Rocas siliciclásticas I: Ruditas y Arenitas. Parte 1. Universidad de Zaragoza.

GRUPO DE MODELIZACIÓN GEOQUÍMICA. Tema 3. Rocas siliciclásticas I: Ruditas y Arenitas. Parte 2. Universidad de Zaragoza.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMINAS), toma de datos en libreta de campo. Marzo de 2003. pág.19.

MIER UMAÑA RICARDO. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

REVECO ACHURRA LUCIANO. Módulo 3: Introducción a la descripción de Rocas Sedimentarias. Proyecto Mecesus Uch 0303. Modernización e integración

transversal de la enseñanza de pregrado en ciencias de la tierra: Mineralogía y petrología.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA. Rocas Sedimentarias, Curso de petrología. Pág. 15

BARREDO SILVIA. Rocas Sedimentarias. (Documentos virtual)
<http://introgeo.gl.fcen.uba.ar/Introduccion/Tprocasyestrucsedim/TProcyestrucsediment.PDF>.

Sedimentary Análisis. (Documento virtual)
www.geology.wmich.edu/barnes/Geos301/lab_8.pdf.

Conceptos generales. Petrología sedimentaria. Febrero 2009. (Documento virtual)
[//es.scribd.com/doc/94382132/1Conceptos09](http://es.scribd.com/doc/94382132/1Conceptos09).

Atlas de petrología sedimentaria (Documento virtual)
[//www.ucm.es/info/petroсед/rd/fab/index.html](http://www.ucm.es/info/petroсед/rd/fab/index.html).

Descripción de las rocas sedimentarias clásticas. (Documento virtual)
[//pre-geologo.blogspot.com/2012_03_01_archive.html](http://pre-geologo.blogspot.com/2012_03_01_archive.html).

Apuntes de estratigrafía y sedimentación (Documento virtual)
[//dc147.4shared.com/doc/oAAo3lpR/preview.html](http://dc147.4shared.com/doc/oAAo3lpR/preview.html).

PRACTICA N° 1B: CLASIFICACIÓN TEXTURAL Y COMPOSICIONAL DE ROCAS CALCÁREAS

OBJETIVOS

- ✓ Reconocer los elementos texturales de las rocas calcáreas en muestra de mano.
- ✓ Describir y clasificar los elementos texturales y composicionales de las rocas calcáreas.

INTRODUCCIÓN

Las rocas de origen químico proceden de la consolidación de sedimentos formados por precipitación de materia mineral, a partir de los iones que estaban contenidos en soluciones acuosas. Las de origen bioquímico están formadas por la acumulación de materia mineral que procede de la actividad de los seres vivos. Las rocas calcáreas son aquellas constituidas por más del 50% de materiales de carbonato de calcio bien sea calcita o aragonito.

Este laboratorio consiste en realizar una descripción textural y composicional de las rocas calcáreas, para esto hay que tener en cuenta que existen dos clasificaciones formales propuestas para rocas calcáreas la primera es según Folk 1974 y la segunda es de Dunham 1962, las dos contemplan tres constituyentes principales: Armazón o partículas aloquímicas, matriz o lodo calcáreo microcristalino y el cemento o calcita espar.

MARCO TEÓRICO

1. Clasificación de rocas calcáreas, según Folk 1974:

Folk establece una clasificación de calizas teniendo en cuenta las proporciones relativas de los tres constituyentes básicos: granos (aloquímicos), matriz micrítica y cemento esparítico (ortoquímicos)¹⁷.

1.1. Elementos formadores de rocas calcáreas según folk 1974

1.1.1. Aloquímicos: Son granos carbonatados formados en la misma cuenca en la que se origina el depósito¹⁸.y transportados generalmente como sólidos después de su formación, además tienen un grado de organización mayor que la de los materiales precipitados normalmente. Pueden ser:

- Fósiles y/o restos orgánicos en general (bioclastos)
- Agregados orgánicos de origen petal (pellets)
- Agregados concéntricos de origen inorgánico (oolitos)
- Fragmentos del propio sedimento carbonatado removido del lecho de la misma cuenca de depósito (intraclastos)

Todos estos materiales nombrados anteriormente son reconocidos por presentar formas particulares y se consideran como el armazón de la roca¹⁹.

1.1.2. Ortoquímicos: Material carbonatado formado por precipitación química directa en la cuenca de sedimentación²⁰, por lo tanto no se evidencia transporte

1.1.3. Micrita (Lodo calcáreo microcristalino)

Material carbonatico de tamaño inferior a 5 micras es decir tamaño lodo. La micrita forma un agregado en mosaico micro o criptocristalino²¹, de color negro oscuro con brillo difuso en muestra de mano, se le considera el equivalente del lodo en rocas siliciclásticas y es considerado como la **matriz**, las rocas que se componen

¹⁷Cruz, L. E. Mier, R. Sedimentología para ingenieros de petróleo, prácticas de laboratorio. Pág. 47.

¹⁸A. Castro Dorado, petrografía básica, textura, clasificación y nomenclatura de rocas. Pág. 88.

¹⁹Cruz, L. E. Mier, R. Sedimentología para ingenieros de petróleo, prácticas de laboratorio. Pág. 48.

²⁰A. Castro Dorado, petrografía básica, textura, clasificación y nomenclatura de rocas. Pág. 87.

²¹Ibip. Pág. 87

en su mayor parte por este tipo de material se le conoce como calizas microcristalinas o micritas.

La micrita se forma en ambientes protegidos, de baja energía, en caso contrario los pequeños cristales serían dispersados por las aguas cuando hay agitación. (Lagoons continentales, lagoons, plataforma profunda, fondos abisales).

1.1.4. Esparita (calcita)

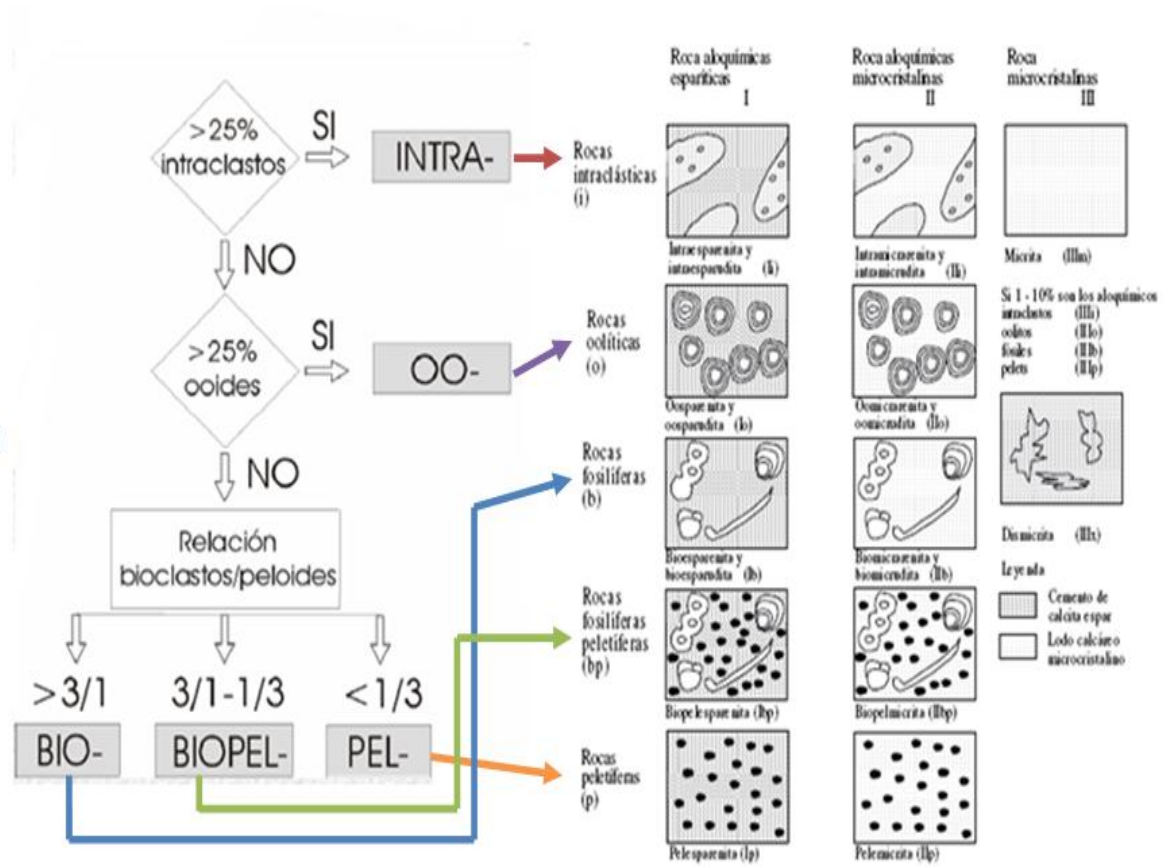
Material carbonatico de tamaño superior a 15 micras, es de color claro y tiene cristales de tamaño más grueso, es considerado el **cemento**. Las Esparita se presenta como un mosaico de cristales de carbonato de calcio relleno de huecos, o sea como cemento entre los aloquímicos. No obstante, en muchas rocas carbonatadas los granos aparecen “flotando” en una matriz de cristales de calcita de tamaño superior a 5 micras. En este caso no puede tratarse de cemento, ya que los clastos debían estar soportados por algún material sólido durante el depósito. Esta esparita se interpreta como resultado de la recristalización de micrita. Además, esta esparita de recristalización tiene generalmente un tamaño crítico comprendido entre 5 y 15 micras, por lo que se le denomina microesparita²². El grupo de rocas constituida en su mayor parte por este tipo de materiales se les conoce como calizas aloquímicas microcristalinas (micritas aloquímicas). FIGURA 15 y 16.

²²A. Castro Dorado, petrografía básica, textura, clasificación y nomenclatura de rocas. Pág. 88.

La clasificación según Folk se separa en cinco grupos (FIGURA 17, 18 Y TABLA 8):

- **GRUPOS I, II, III:** doble entrada
 - Proporción Ortoquímicos / Aloquímicos
 - **GRUPOS I y II** > 10 % aloquímicos
 - Si denomina el cemento : ESPARITA
 - Se denomina matriz: MICRITA
 - **GRUPO III** < 10% aloquímicos : MICRITAS
 - Aloquímicos entre 1 y 10%: MICRITA con aloquímicos más abundante.
 - Aloquímicos < 1%: MICRITA
 - Proporción de Aloquímicos (llevados al 100%)
 - Se evalúa de forma ordenada jerárquicamente en el orden: Intraclastos, ooides, peloides y bioclastos.
- **GRUPOS IV y V:** muy concretos
 - GRUPO IV: biolitito
 - Rocas de biohermos
 - GRUPO V: dolomias

Figura 17. Clasificación textural composicional de las rocas calcáreas, grupos I y II, modificado de folk 1974.



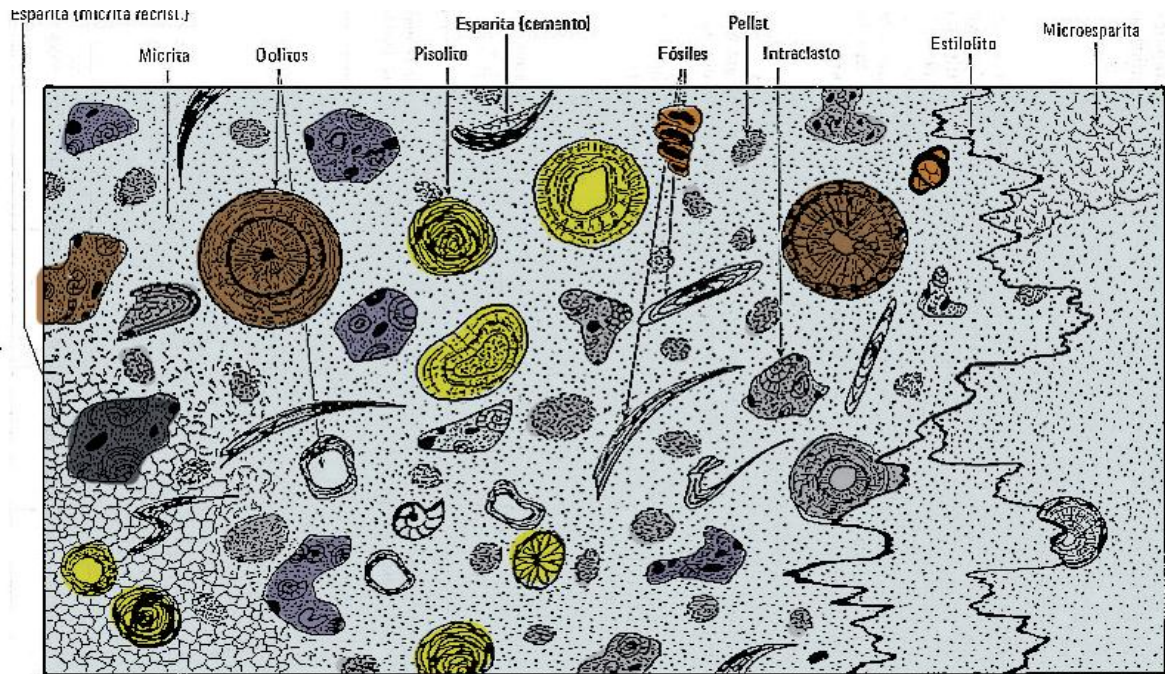
Fuente: Tomado de grupo de modelización geoquímica, universidad de Zaragoza, practica 8: rocas carbonatadas clasificación, pág. 6. Modificada.

Tabla 7. Clasificación de rocas calcáreas modificado de folk 1974.

| Clasificación de Folk (1962) | | Más del 10% de aloquímicos ROCAS TIPO I y II | | Menos del 10% de aloquímicos ROCAS TIPO III | | Rocas de Biohermos | DOLOMIÁS ROCAS TIPO V | | |
|---|---|---|---|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | Cemento esparítico | Matriz micrítica | De 1 a 10% de aloquímicos | Menos del 1% de aloquímicos | | Con "fantasmas" de aloquímicos | Sin fantasmas | |
| | | TIPO I | TIPO II | | | Con "fantasmas" de aloquímicos | Sin fantasmas | | |
| COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DE ALOQUÍMICOS | Más del 25% de INTRACLASTOS | INTRAESPARITA Intraesparrudita | INTRAMICRITA Intramicrorrudita | Según el aloquímico dominante | MICRITA con Intraclastos | MICRITA | BIOLITITO (ROCAS TIPO IV) | Dolomía con Intraclastos | |
| | Menos del 25% de INTRACLASTOS | OOESPARITA Ooesparrudita | OOMICRITA Oomicrorrudita | | MICRITA con Ooides | | | Dolomía con Ooides | |
| | Menos del 25% de OOIDES (relación de volúmenes de peloides y bioclastos b/p) | > 3 | BIOESPARITA Bioesparrudita | | BIOMICRITA Biomicrorrudita | | | MICRITA con Bioclastos | Dolomía con Bioclastos |
| | | 3 - 1/3 | BIOPELESPARITA | | BIOPELMICRITA | | | MICRITA con Peloides | Dolomía con Peloides |
| | | < 1/3 | PELESPARITA | | PELMICRITA | | | | |
| | | | | | | | Según el aloquímico dominante | DOLOMIÁS | |

Fuente: Grupo de modelización geoquímica, universidad de Zaragoza, practica 8: rocas carbonatadas clasificación, pág. 8.

Figura 18. Principales tipos de aloquímicos y ortoquímicos en calizas.



Fuente: Dorado Castro Antonio. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Petrografía básica. Editorial: Paraninfo. 1989. Modificado.

2. CLASIFICACION SEGÚN R. DUNHAN 1962.

2.1. Clasificación composicional

Según la textura: se basa en la abundancia de los materiales gruesos o granos, del material fino o lodo calcáreo y su disposición (fabrica).

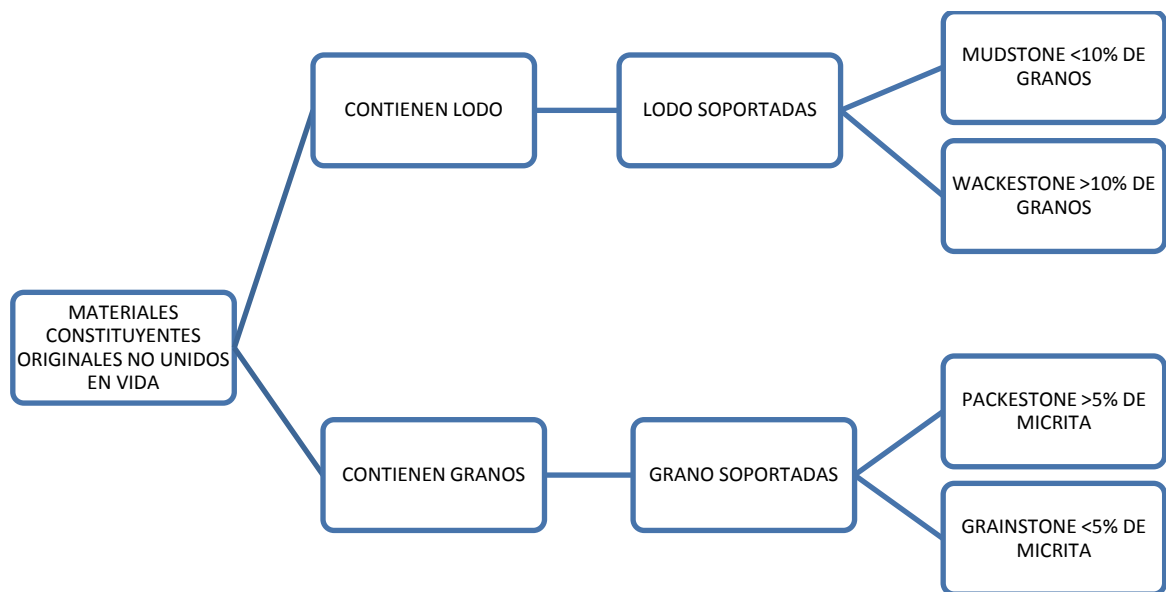
- **Granos:** elementos calcáreos tamaño limo - arena gruesa. (Son los aloquímicos de Folk).
- **Lodo Calcáreo:** partículas tamaño arcilla. (Equivale a la Micrita de Folk)

Esta clasificación presenta como ventaja su fácil utilización en terreno, debido a que los nombres son colocados dependiendo de la textura depositacional de la roca, tiene connotaciones en cuanto a la indicación de energía en el medio sedimentario; grainstone: sedimentos muy lavados, mudstone: sedimentos propios de aguas tranquilas.²³

La clasificación se divide en cuatro grupos con base en la relación entre partículas o granos y la matriz fina o lodo calcáreo. VER TABLA 8.

Se debe definir si la infraestructura de la roca es lodo o grano. FIGURA 19 Y 20.







Figura 19. Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura depositacional según Dunham 1962.



Fuente: Autor. Adaptado de Dunham 1962.

²³<http://infogeologia.files.wordpress.com/2012/11/petrologia.pdf>.

Tabla 8. Clasificación de calizas modificado de Dunham 1962.

| TEXTURA DEPOSICIONAL VISIBLE | | | | | ESQUELETOS EN POSICIÓN DE VIDA | TEXTURA DEPOSIC. NO VISIBLE |
|---|---|---|--|---|---|-----------------------------|
| GRANOS ± TRANSPORTADOS | | | | | | |
| SOPORTE DE MATRIZ | | SOPORTE DE GRANOS | | | | |
| MATRIZ ↑ ± GRANOS (<10%) | MATRIZ ↑ + GRANOS (>10%) | GRANOS ↑ + MATRIZ | GRANOS ↑ + CEMENTO | | | |
|  |  |  |  |  |  | |
| MUD-STONE | WACKE-STONE | PACK-STONE | GRAIN-STONE | BOUND-STONE | CRISTA-LINA | |

Fuente: <http://infogeologia.files.wordpress.com/2012/11/petrologia.pdf>.

2.1.1. Mudstone

Petrografía:

- Lodo carbonatado (micrita): > 90%, (± arcillas, materia orgánica)
- Granos: < 10% (fósiles ↑), MICRITAS FOSILÍFERAS.
- Ausencia de granos (< 1%), MICRITAS (DOLOMICRITAS)
- Con cavidades rellenas de Esparita, DISMICRITAS
- Textura: lodosa a microcristalina (grano muy fino); microporosa.
- Aspecto lodoso (fractura concoidea); masivo, laminado, bioturbado.

Génesis:

- Desintegración de algas verdes, nanofósiles, bioerosión, erosión mecánica
- Medio marino ↑: de baja energía, somero a relativamente profundo
- Diagénesis: bioturbación; compactación; disolución por presión: **estilolitos**; lodo pasa a micrita, dolomicrita; recristalización, dolomitización

2.1.2. Wackestone

Petrografía:

- Granos: escasos (>10%, <≈60%), fósiles ↑, pellets, intraclastos

- fase de unión: abundante matriz (< 90%), lodo o limo carbonatado (micrita).
- textura: lodosa (granos flotando en lodo); calibrado ↓ madurez textural ↓
- aspecto lodoso a granudo difuso; masivo, bandeado, orientado.

Génesis:

- Lodo: Desintegración de algas verdes, bioerosión; granos: fósiles ↑
- Medio marino ↑: de ±baja energía, somero a relativamente profundo
- Diagénesis: Micritización de los granos; compactación del lodo; disolución por presión: **Estilolitos**; recristalización de la micrita.

2.1.3. Packestone

Petrografía:

- Granos: abundantes (>≈ 60%), fósiles ↑, pellets, intraclastos, ooides
- Fase de unión: escasa matriz (<≈40%) lodo o limo carbonatado
- Textura: granuda (soporte de granos); redondez ↓ madurez textural ↓↑
- Aspecto granudo ± difuso (fractura ± rugosa); masivo, bandeado, orientado

Génesis:

- Granos: fósiles ↑; Lodo: Desintegración de algas verdes, bioerosión
- Medio marino ↑: De ±alta energía, somero a relativamente profundo
- Diagénesis: Micritización de los granos: **peloides**; compactación; disolución por presión; recristalización de la micrita

2.1.4. Grainstone

Petrografía:

- Granos: Abundantes (>≈70%), fósiles ↑, ooides, intraclastos; (± cuarzo)
- Fase de unión: Cemento (esparita ↑); ausencia de matriz (micrita)
- Textura: Granuda (soporte de granos), bioclástica ↑; ± porosa (poros intergranulares) redondeamiento de fósiles ↑ madurez textural ↑
- aspecto granudo (fractura rugosa); masivo, bandeado, orientado

Génesis:

- Granos: Ooides, intra / bioclastos; cemento: simultáneo o posterior al depósito

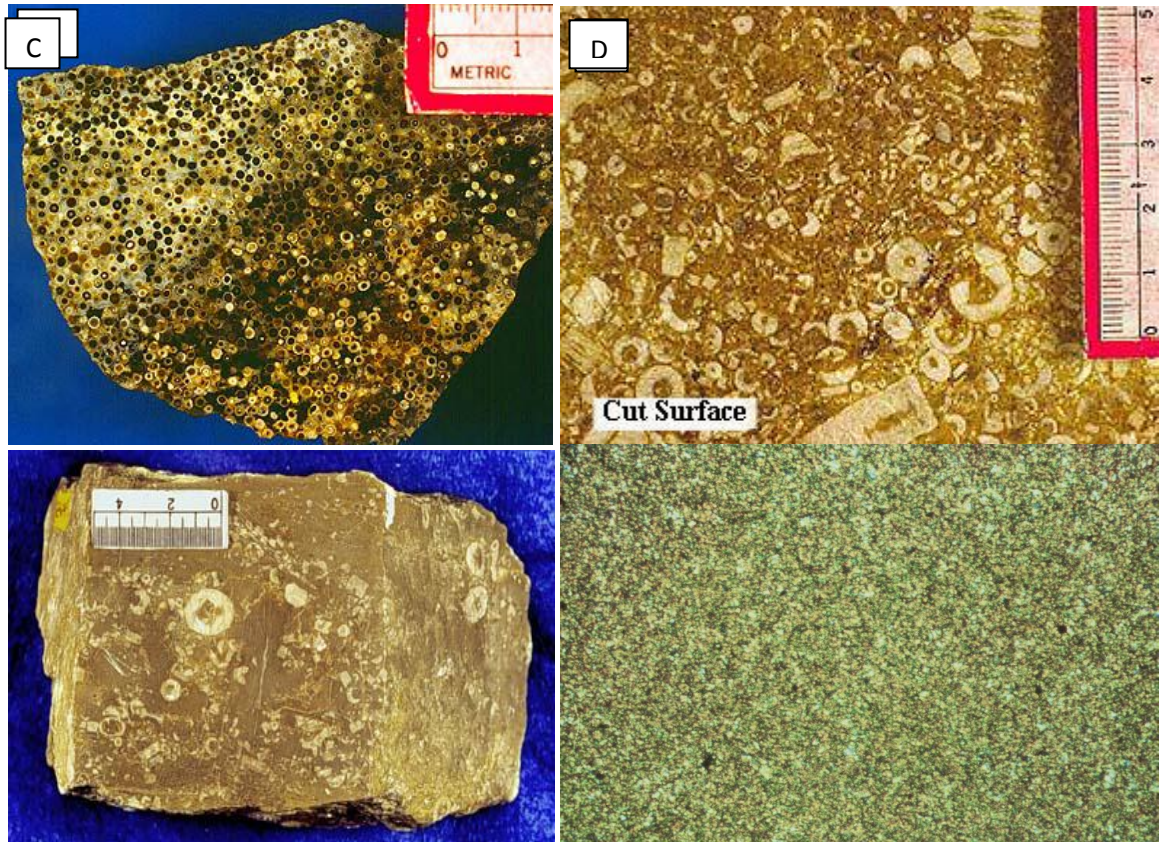
- medio marino ↑: de alta energía, somero (playas, barras) ↑
- diagénesis: cementación ↑: cementos (gravitacional, mosaico); disolución: poros (intragranulares, móldicos, vacuolares...); compactación ↓ (rotura de granos); recristalización (seudoesparita)

2.1.5. Boundstone

Petrografía

- componentes: relacionados con organismos, ligados durante el depósito
 - armazón esquelético (corales, briozoos), ± cavidades (con matriz, cemento)
 - organismos incrustantes, mallas de algas (laminaciones, estromatolitos)
- textura: orgánica o bioconstruida; ± porosa (poros de esqueleto)
- aspecto heterogéneo; sin estratificar (biohermo), estratificado (biostromo)

Figura 20. Imágenes mostrando los diferentes tipos de rocas según Dunham 1962, (A) Grainstone, (B) packestone, (C) Wackestone y (D) Mudstone.



Fuente: http://www.geologyrocks.co.uk/tutorials/introduction_to_carbonates.

Génesis:

- organismos coloniales, incrustantes, arrecifes biológicos (T ↑, O₂ ↑, luz ↑)
- medio marino ↑: de alta energía ↑, somero (de borde de plataforma) ↑
- diagénesis ↑: bioerosión, disolución, cementación, recristalización, dolomitización

3. TIPOS DE AMBIENTES DE LAS ROCAS CARBONATADAS

Las rocas carbonatadas, siempre y cuando sus rasgos texturales deposicionales sean suficientemente reconocibles, ofrecen información sobre el paleoambiente donde se formaron. Dicha interpretación se realiza tomando como referencia, modelos actuales de ambientes deposicionales de carbonatos, tanto en medios continentales como marinos²⁴.

De forma general los elementos indicadores de ambientes son:

- El hecho de que existan rocas carbonatadas ya indica climas cálidos y poca cantidad de aporte de terrígenos continentales (siliciclastos)
- La presencia de micrita indica un ambiente de sedimentación tranquila, ya sea por encima o debajo del nivel de las olas. Su ausencia no necesariamente indica oleaje.
- Los ooides se forman en zonas de alta energía
- Los extraclastos y terrígenos indican proximidad de áreas emergidas
- Las algas caráceas o carofitas viven en agua dulce
- Los oncolitos y estromatolitos se forman en medios mareales en zonas hipersalinas
- Las algas rojas pueden vivir en zonas arrecifales, lagoones y zonas profundas de hasta 250 m. También pueden vivir en cualquier tipo de clima el resto de las algas viven en zonas de baja profundidad y climas cálidos

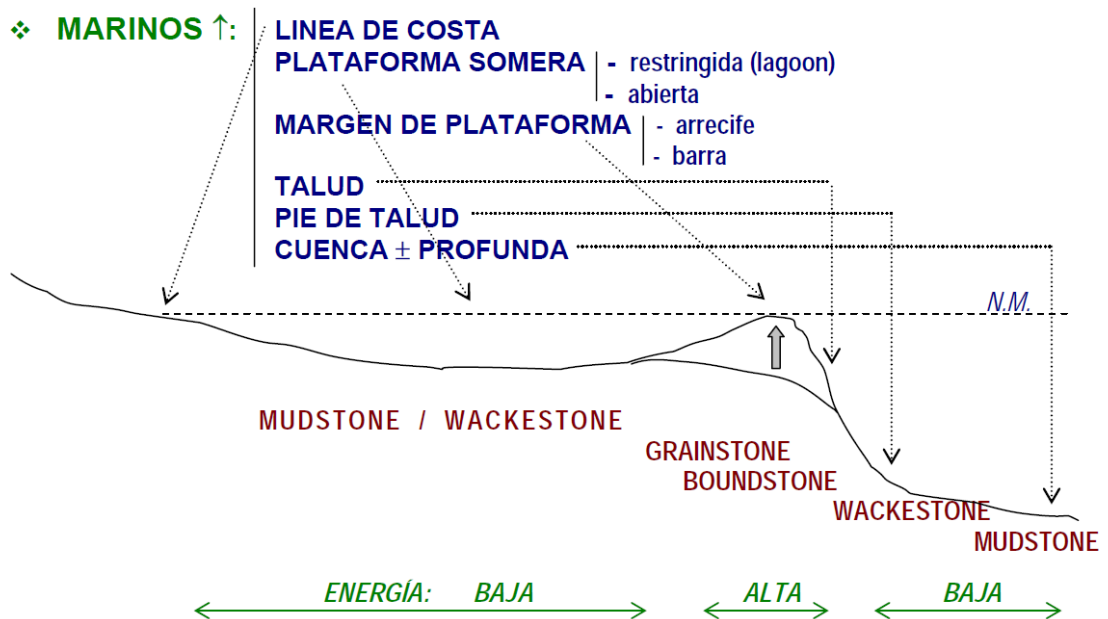
Con respecto al ambiente sedimentario:

- En las zonas profundas encontraremos generalmente micrita, radiolarios, diatomeas, espículas de esponja, y globigerinas, es decir, organismos planctónicos.FIGURA 21.

²⁴Capítulo cuatro, descripción microscópica, rocas carbonatadas. Pág. 14

- En las islas barreras encontraremos oolitos, coquinas, conchas fracturadas, orientadas y más o menos redondeadas. No se encuentra micrita (Grainstones).
- En las zonas de arrecifes encontraremos organismos arrecifales como corales, aunque también pueden aparecer Grainstone.
- En los lagunes con circulación normal encontraremos una gran cantidad de fósiles de organismos que viven a baja profundidad (foraminíferos bentónicos, briozoos, bivalvos, etc.), micrita generalmente, peloides y granos agregados.
- En los lagunes con circulación restringida encontraremos evaporitas, estromatolitos y oncolitos fundamentalmente. No suelen aparecer otro tipo de organismos ya que las condiciones son demasiado duras para ellos. Se suelen producir procesos de dolomitización.

Figura 21. Medios sedimentarios para rocas calcáreas.



Fuente: <http://infogeologia.files.wordpress.com/2012/11/petrologia.pdf>

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Tome una muestra de roca calcárea y con ayuda del material propuesto anteriormente inicie la descripción textural.

1. Observe la muestra escogida y realice un bosquejo con las características texturales, anexe un dibujo minucioso de la muestra, esto permitirá identificar aspectos como: forma, tamaño, estructura, armazón, matriz, cemento, poros, bioclastos, aloquímicos entre otros.
2. Determine el armazón: integrado por materiales aloquímicos o de mayor tamaño: bioclastos, oolitos, pellets.
3. Establezca la matriz: lodo calcáreo y/o lodo terrígeno y el tipo de cemento: sea calcáreo o de otro tipo.
4. Determine en los constituyentes de mayor tamaño las siguientes características: forma, tamaño, color o estructura interna.
5. Cuantos y que tipos de aloquímicos (bioclastos, oolitos, intraclastos, etc.) puede diferenciar.
6. Clasifique la roca de acuerdo a la terminología de Folk 1974, para esto tenga en cuenta los porcentajes de los tres componentes principales: aloquímicos, micrita y espar. (Figura 16) y (Figura 17).
7. Determine el grupo principal al que pertenece la roca según Folk 1974 (I, II, III o IV) (Tabla 8).
8. Después de diferenciar los componentes texturales, clasifique la roca de acuerdo a la terminología de Dunham 1962. (Tabla 9).
9. Después de darle el nombre general, se le debe asignar un nombre particular, este tiene en cuenta el tipo de aloquímicos: bioclastos, oolitos, pelets, intraclasto. Por ejemplo: packestone calcáreo de fósiles.
10. Resuma en un párrafo todas las características encontradas en la roca de manera que este sea de ayuda a la hora de caracterizar la roca y analizar más tarde el ambiente de formación de la misma.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cómo puede identificar los tres elementos texturales: armazón, matriz y cemento? Por su color, tamaño, etc.
2. Si se tiene una roca la cual se denomina CALIZA ALOQUÍMICA MICROCRISTALINA (Iib), analice qué tipo de ambiente deposicional pudo tener.
3. ¿Qué tipos de rocas se generan en ambientes donde hay una baja energía? Y donde hay alta energía? Explique.
4. Sitúa en el triángulo adjunto (Anexo 7) los siguientes tipos de rocas, ¿Existen campos no ocupados por ninguna Roca? Justifica la respuesta
 - Calizas ortoquímicas.
 - Calizas aloquímicas micríticas.
 - Calizas aloquímicas espáticas.
5. De acuerdo con la naturaleza de los componentes aloquímicos sitúe los campos de las siguientes rocas (ver Anexo 8):
 - Intramicrita / Intraesparita.
 - Oomicrita / Oosparita.
 - Biomicrita / Bioesparita.
 - Biopelmicrita / Biopesparita.
6. Clasifique las siguientes rocas carbonatadas según Dunham y Folk:

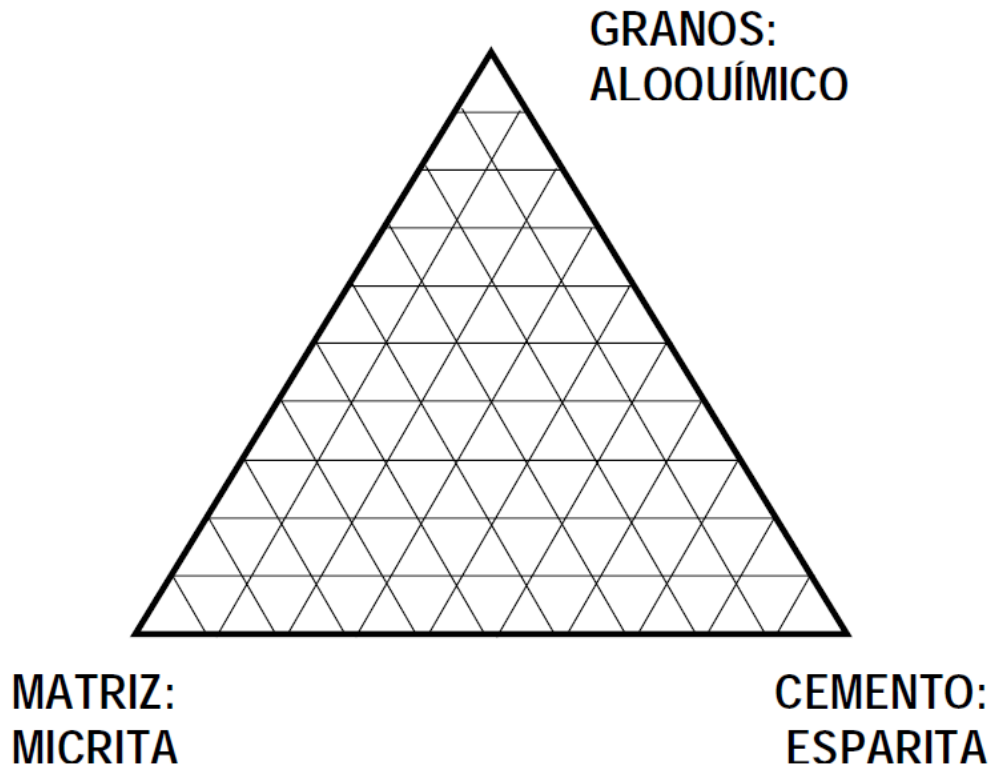
| | Componentes petrográficas | Dunham | Folk |
|---|---|--------|------|
| 1 | 20 % núcleos de esparita; 80 % lodo carbonatado | | |
| 2 | 45 % fósiles redondeados; 30 % ooides; 25 % cemento espático | | |
| 3 | 5 % ostrácodos; 3 % pellets; 92 % lodo carbonatado | | |
| 4 | 50 % fósiles; 20 % agregados; 15 % intraclastos; 15 % esparita | | |
| 5 | 60 % foraminíferos; 25 % crinoideos; 5 % litoclastos; 10 % esparita | | |
| 6 | 50 % litoclastos (fragmentos de calizas); 30 % fósiles; 20 % esparita | | |

7. Una roca tipo Grainstone puede aparecer en qué tipo de ambiente sedimentario?

8. Si una roca presenta ooides esto puede ayudarnos a inferir que la roca se dio en un ambiente de alta o baja energía?
9. Si una roca presenta alto contenido de micrita a ¿qué tipo de ambiente podemos referirnos?
10. Qué importancia tiene las rocas carbonatadas en la generación y acumulación de hidrocarburos.

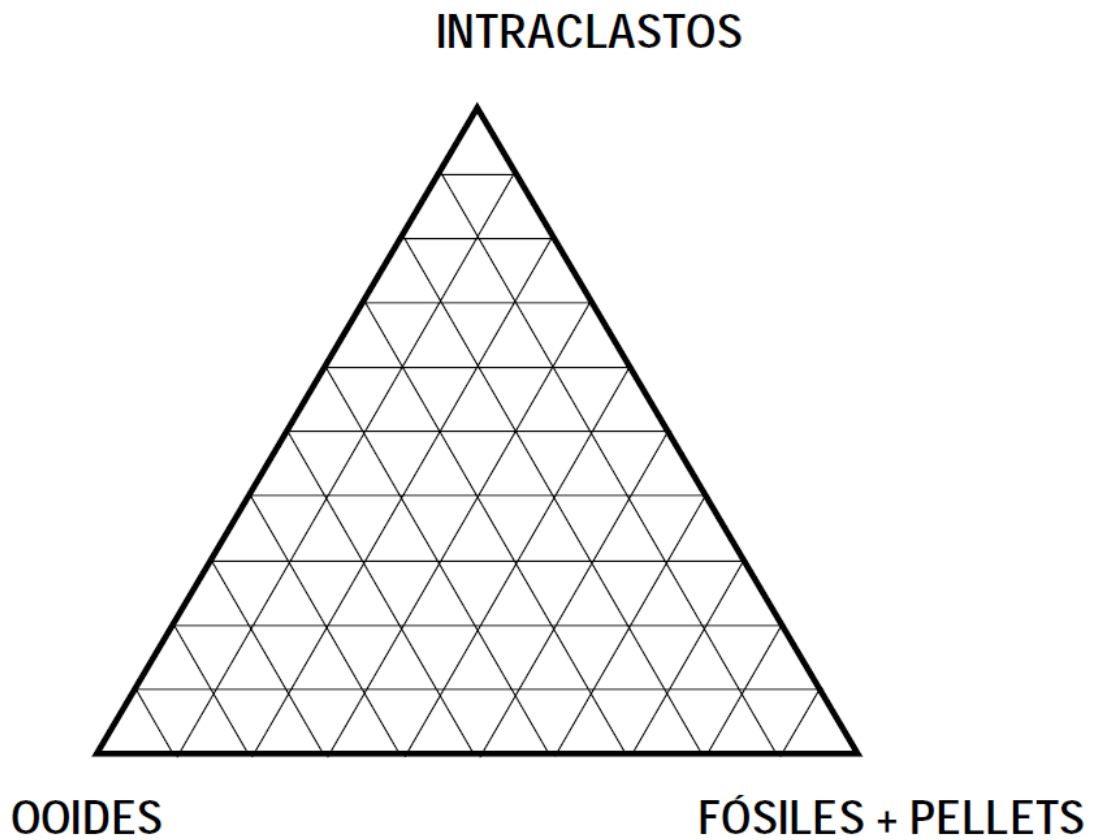
ANEXOS LABORATORIO N° 1b

Anexo 7. Triangulo para realizar actividades propuestas.




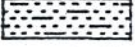

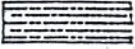


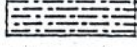
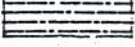

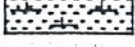

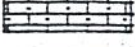
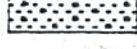
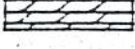
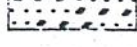
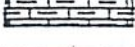
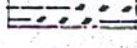

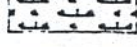
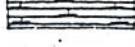

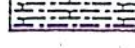
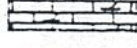
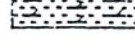
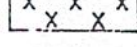
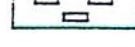
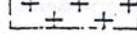

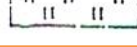
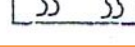
Fuente: Autor, adaptado de CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

Anexo 8. Triangulo para realizar actividades propuestas.





























Fuente: Autor, adaptado de CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

Anexo 9. Convenciones litológicas.

| CONVENCIONES LITOLÓGICAS | | | |
|---|----------------------------|--|---|
|  | Arenisca |  | Arenisca lodosa |
|  | Conglomerado |  | Limolita arenosa |
|  | Arcillolita |  | Limolita arcillosa/ Arcillolita limosa |
|  | Limolita |  | Arcillolita arenosa |
|  | Shale |  | Arenisca calcárea |
|  | Caliza |  | Caliza arenosa |
|  | Arenisca conglomerática |  | Dolomita |
|  | Conglomerado arenoso |  | Caliza margosa |
|  | Conglomerado arcilloso |  | Carbón |
|  | Conglomerado calcáreo |  | Shale calcáreo |
|  | Arcillolita calcárea |  | Limolita calcárea |
|  | Caliza con dolomitización. |  | Arenisca dolómitica |
|  | Intrusivos |  | Brecha Sedimentaria |
|  | Volcánicos |  | Brecha de Falla |
|  | Piroclásticos |  | Metamórficos |

Fuente: Mier Umaña Ricardo. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

Anexo 10. Convenciones para fósiles.

| <i>CONVENCIONES PARA FOSILES</i> | | | |
|---|-----------------------|--|----------------------|
|  | Restos de raíces |  | Amonites |
|  | Tallos |  | Crinoideos |
|  | Fragmentos lenosos |  | Briozoos |
|  | Hojas |  | Huesos |
|  | Pelecípodos |  | Vertebras de peces |
|  | Braquiópodos |  | Espinas de peces |
|  | Ostrácodos |  | Equinoideos |
|  | Corales |  | Algas laminares |
|  | Gasterópodos |  | Algas no laminares |
|  | Foraminíferos |  | Fragmentos de concha |
|  | Espículas de esponjas |  | Escamas de peces |
|  | Belemnites |  | Est. Geopetal |
|  | Calciesferas |  | Pellets |

Fuente: Mier Umaña Ricardo. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

BIBLIOGRAFIA

CRUZ GUEVARA. L.E. CABALLERO. V.M. clasificación textural y composicional de rocas calcáreas. UIS.2007.

CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

DORADO CASTRO ANTONIO. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Petrografía básica. Editorial: Paraninfo. 1989.

GRUPO DE MODELIZACIÓN GEOQUÍMICA. Rocas carbonatadas: Universidad de Zaragoza. Practica 8: rocas carbonatadas clasificación.

MIER UMAÑA RICARDO. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

Petrología sedimentaria. Rocas carbonatadas. 2009. (Documento virtual) [//infogeologia.files.wordpress.com/2012/11/petrologia.pdf](http://infogeologia.files.wordpress.com/2012/11/petrologia.pdf).

Carbonate geology. (Documento electrónico). [//opencourseware.kfupm.edu.sa/colleges/cs/es/geol464/files%5C5-_Handouts_Lec6.pdf](http://opencourseware.kfupm.edu.sa/colleges/cs/es/geol464/files%5C5-_Handouts_Lec6.pdf).

Rocas carbonatadas. (Documento virtual). [//mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine_mod231.pdf](http://mct.dgf.uchile.cl/AREAS/mine_mod231.pdf).

Clasificación de rocas carbonatadas. (Documento virtual). [//petro.uniovi.es/Docencia/prs/P5Clasificacion-carbonatos.pdf](http://petro.uniovi.es/Docencia/prs/P5Clasificacion-carbonatos.pdf).

Rocas carbonatadas. (Documento virtual). [//infogeologia.files.wordpress.com/2012/11/petrologia.pdf](http://infogeologia.files.wordpress.com/2012/11/petrologia.pdf).

Imágenes sobre rocas carbonatas. (Documento virtual). [//www.geologyrocks.co.uk/tutorials/introduction_to_carbonates](http://www.geologyrocks.co.uk/tutorials/introduction_to_carbonates).

LABORATORIO N° 1C: ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS

OBJETIVOS

- ✓ Identificar y caracterizar las estructuras sedimentarias presentes en una roca sedimentaria.
- ✓ Interpretar el modo de formación de las estructuras sedimentarias presentes en una roca.

INTRODUCCIÓN

Este laboratorio tiene como propósito que los estudiantes conozcan e identifiquen los tipos de estructuras sedimentarias y cuál es el modo de formación, dependiendo de los diferentes agentes que actúan en la naturaleza, ya sea de tipo eólico, fluvial o marino, entre otros. Estas estructuras sedimentarias es lo primero que el geólogo observa y determina en campo, por lo tanto es importante reforzar en la práctica este conocimiento teórico.

Las estructuras sedimentarias son rasgos de las rocas sedimentarias que se observan frecuentemente en los planos de estratificación y en la roca como tal, se forman debido a los procesos de sedimentación. Se clasifican en; Estructuras primarias, formadas al mismo tiempo de la sedimentación y Estructuras secundarias, generadas posteriormente a la sedimentación.

MARCO TEÓRICO

Las estructuras sedimentarias son características primarias de la roca y constituyen una respuesta a las condiciones particulares del medio de depositación²⁵.

Los principales tipos de estructuras sedimentarias son:

1. ESTRUCTURAS PRIMARIAS O SINGENÉTICAS

Las estructuras sedimentarias primarias de las capas o estratos son características formadas en el mismo tiempo de acumulación de los sedimentos, estas estructuras se pueden definir en términos de: estructuras internas, externas y estructuras orgánicas²⁶. VER TABLA 9.

Tabla 9. Tipos de estructuras sedimentarias primarias o singenéticas.

| | | | |
|---|------------------------------|--|--|
| Estructuras Sedimentarias Primarias o Singenéticas | Estructuras internas | tamaño y forma del cuerpo sedimentario | |
| | Estructuras externas | Estratificación y laminación | Estratificación normal de corriente Estratificación cruzada Estratificación Gradada Estratificación Rítmica |
| | | Características de los planos de estratificación | Marcas ondulatorias Agrietamiento de barro Marcas de gotas de lluvia Salpicaduras y marcas de arroyo Formaciones tubulares o ranuradas Formaciones de carga |
| | | Estructuras de deformación | Derrumbes postdepositacionales Conglomerados interiores a la formación |
| | Estructuras orgánicas | externas | Biostromas, Biohermas |
| | | internas | Fósiles |

Fuente: Autor, adaptado de CRUZ GUEVARA. L.E. CABALLERO. V.M. guía de laboratorio sobre estructuras sedimentarias. UIS. 2007.

²⁵Cruz Guevara, L. E. Caballero V. M. descripción y clasificación de estructuras sedimentarias 2007, pág. 1.

²⁶Cruz, L. E. Mier, R. Sedimentología para ingenieros de petróleo, prácticas de laboratorio. Pág. 35.

2. ESTRUCTURAS SECUNDARIAS O EPIGENÉTICAS

Las estructuras sedimentarias secundarias o epigenéticas son las que se generan posteriormente a la sedimentación, se forman durante procesos diagenéticos o posteriores a la formación de la roca²⁷. Pueden ser estructuras físicas o estructuras químicas u orgánicas. VER TABLA 10.

Tabla 10. Tipos de estructuras sedimentarias secundarias o epigenéticas.

| | | | |
|---|---|-----------------------------|---|
| Estructuras Sedimentarias Secundarias o Epigenéticas | Estructuras físicas | Estructuras Externas | Tipo de Contactos entre estratos Pliegues y Fallas |
| | | Estructuras Internas | Diques Clásticos |
| | Estructuras químicas u orgánicas | Estructuras internas | Zonas de corrosión Concreciones Estilolitos Cono en cono Moldes y formaciones cristalizadas Vetas y diques |

Fuente: Autor, adaptado de CRUZ GUEVARA. L.E. CABALLERO. V.M. guía de laboratorio sobre estructuras sedimentarias. UIS. 2007.

²⁷Cecilia I. Caballero Miranda, Estructuras Sedimentarias, clase ciencias de la tierra, facultad Ciencias UNAM. Pág. 17.

3. DESCRIPCION DE ESTRUCTURAS PRIMARIAS, MECÁNICAS O SINGENÉTICAS.

La estructura primaria por excelencia en todas las rocas es la estratificación. Se expresa como unidades de roca de forma tabular o lenticular, que poseen alguna característica litológica o estructural que la distinguen de otras.

Las unidades de roca pueden tener diferentes dimensiones y se clasifican como:

Formación: la mayor de las unidades de roca, de considerable espesor y extensión, integrada por unidades menores o miembros, las que a su vez están conformadas por unidades sedimentarias menores o estratos y estas pueden contener unidades aún menores pero diferenciables llamadas laminaciones. Es de anotar que varias formaciones pueden conformar un grupo o una serie. De manera que el orden en magnitud de las unidades de roca sería el siguiente: **Serie – Grupo – Formación – Miembro – Estrato – Lámina.**

Estrato según Payne (1942), se define como una capa de roca con un espesor mayor de 1cm, visualmente reconocible entre una capa superior y otra inferior. VER FIGURA 22 Y FIGURA 23. Su separación se determina por cambios litológicos, físicos o ambos.

Figura 22. Imagen mostrando un ejemplo de cómo se observa la estratificación en un afloramiento.



Fuente: Francisco Javier Barba Regidor, la sedimentación como proceso formador de rocas y morfologías. Pág. 3. 2011.

El término **laminación** se utilizaría cuando la estratificación se encuentra muy cercana entre sí (escala de mm) FIGURA 24. Según Mckee y Weir los estratos pueden ser clasificados como se muestra en la TABLA 12.

Tabla 11. Tipos de estratos según Mckee y Weir.

| Estratos | Cm |
|------------------|-------------|
| Muy delgados | 1 - 5 cm |
| Delgados | 5 - 60 cm |
| Potentes | 60 - 120 cm |
| Estratos gruesos | > 120 cm |

Fuente: Autor, adaptado de Mckee y Weir.

Figura 23. Imagen mostrando ejemplos de estratos en un afloramiento.



Fuente: Francisco Javier Barba Regidor, la sedimentación como proceso formador de rocas y morfologías. Pág. 4. 2011.

Figura 24. Imagen mostrando ejemplos de laminación.

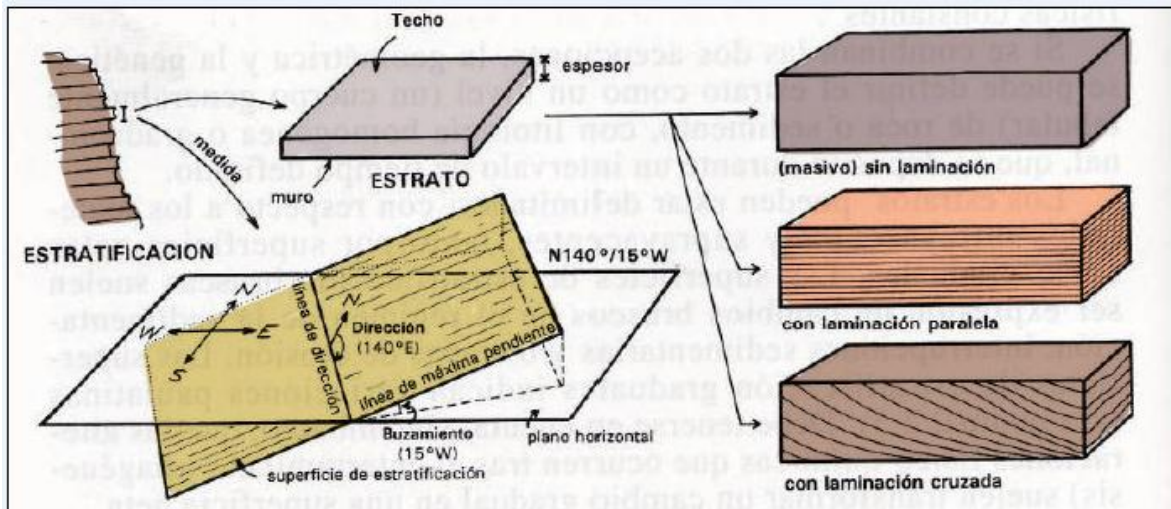


Fuente: <http://grupos.emagister.com/imagen/laminacion/1113-66896>.

3.1. Estratificación Interna

Un estrato está separado de otros por planos o superficies de estratificación (techo y base) y estos pueden ser; paralelos o no paralelos, rectos, ondulados o curvos, continuos o discontinuos. FIGURA 25.

Figura 25. Rasgos de los estratos y medidas de la estratificación, para un estrato concreto se marcan: techo, muro, espesor, ordenamientos internos y medida de la posición espacial

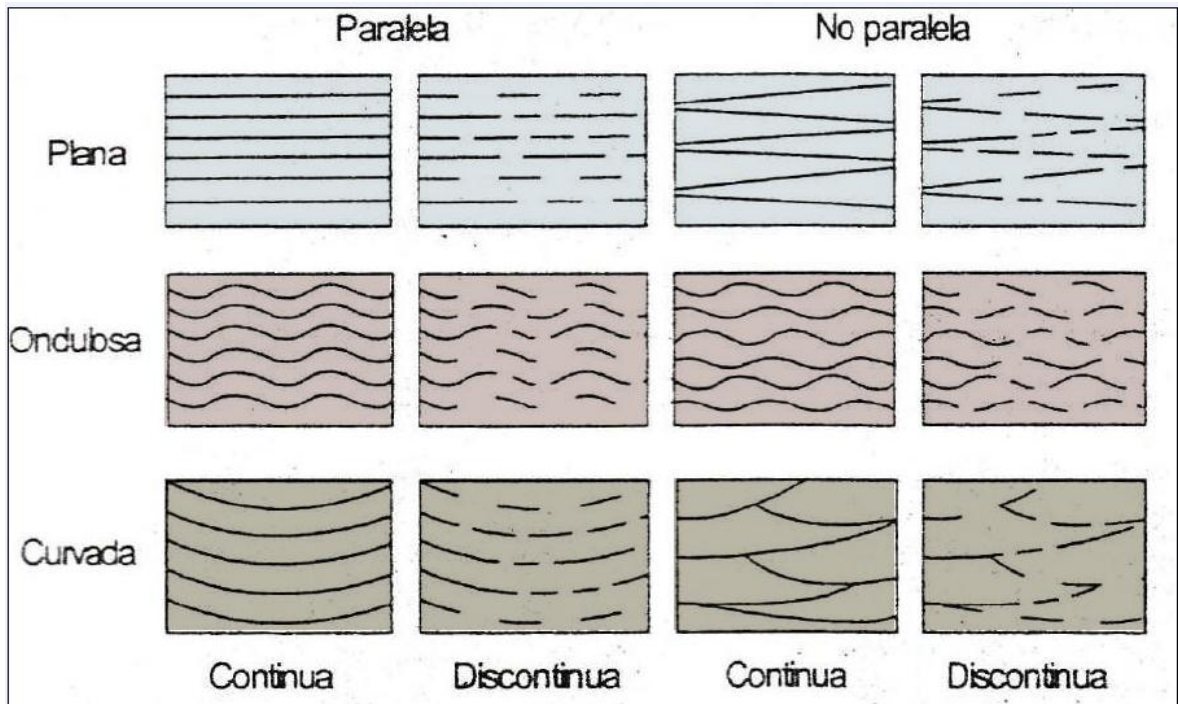


Fuente: Vera Juan Antonio. Estratigrafía, principios y métodos. 1994. Modificado.

Los planos o superficies de estratificación indican una pausa en el proceso de sedimentación. Igualmente es posible identificar sets o grupos de superficies de estratificación que representan variaciones de la fuente y del transporte de los sedimentos.

A las características observadas entre los planos de estratificación de un estrato se le denomina estratificación o laminación interna y esta puede ser; plana, ondulosa y curva, la cual a su vez puede ser paralela o no paralela y continua o discontinuos, tal como se muestra en la FIGURA 26.

Figura 26. Forma interna de los estratos, modificado de Campbell (1967) en Boggs (1987).

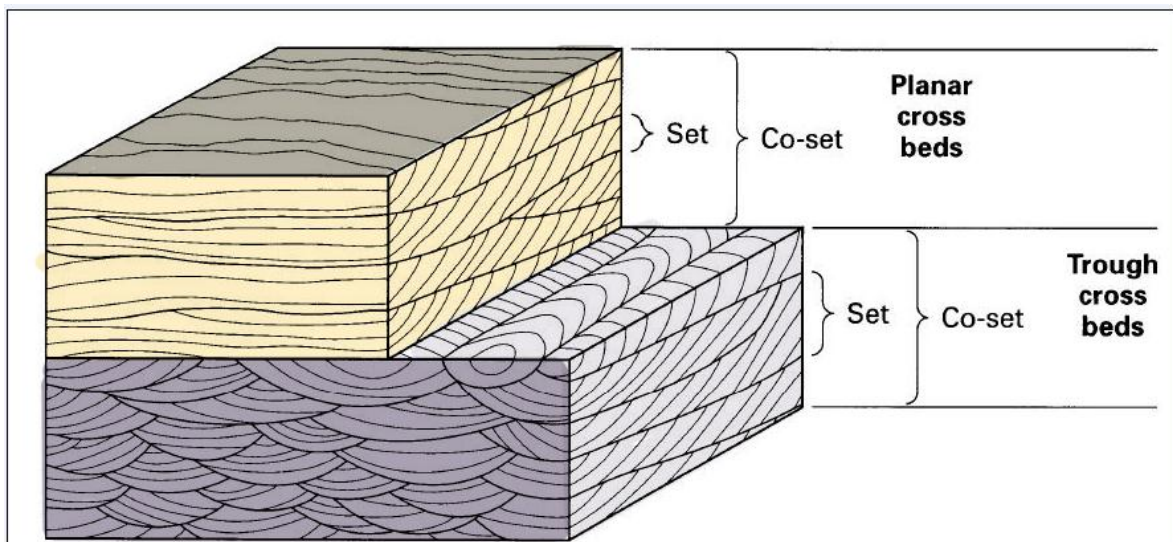


Fuente: Cruz Guevara. L.E. Caballero. V.M. guía de laboratorio sobre estructuras sedimentarias. UIS.2007. Modificado.

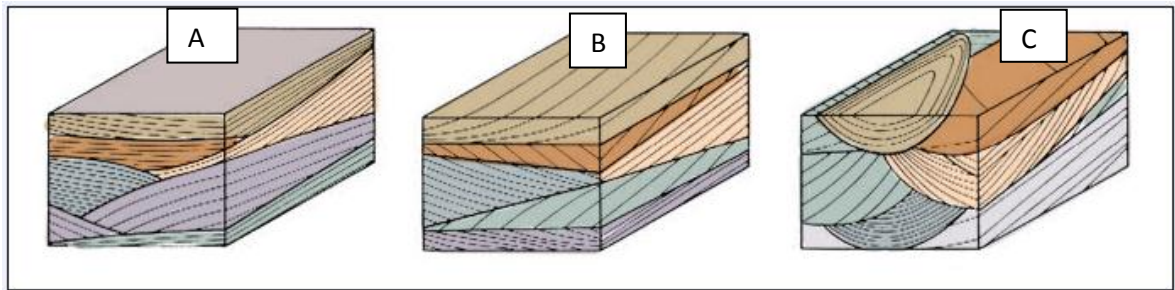
3.2. Estratificación Cruzada

Es una propiedad común de los sedimentos clásticos y es útil para determinar la dirección de las corrientes y para definir el techo y la base de un estrato. Según McKee Weir (1953) pueden clasificarse como: **Cruzada Simple**: las superficies inferiores no son erosionales, **Cruzada Plana**: las superficies inferiores son planas erosionales y **Cruzada de Depresión o Cóncava**: las superficies inferiores son curvas y erosionales. Así mismo una unidad sencilla de material con estratificación cruzada constituye un “set”; una sucesión de sets forma un “co-set”²⁸. FIGURA 27 y FIGURA 28.

Figura 27. Elementos básicos en la clasificación de McKee Weir (1953) de la estratificación cruzada, (A) cruzada simple, (B) cruzada plana y (C) cruzada de depresión o cóncava.



²⁸Francisco Javier Barba Regidor, los materiales geológicos (sedimentos y depósitos superficiales) y su caracterización. Universidad de Cantabria, tema 4: La sedimentación como proceso formador de rocas y de morfologías. Pág. 23.



Fuente:Barba RegidorFrancisco Javier, la sedimentación como proceso formador de rocas y morfologías. Pág. 23. Modificada.

Figura 28. Imagen mostrando como se observa la estratificación cruzada en un afloramiento.



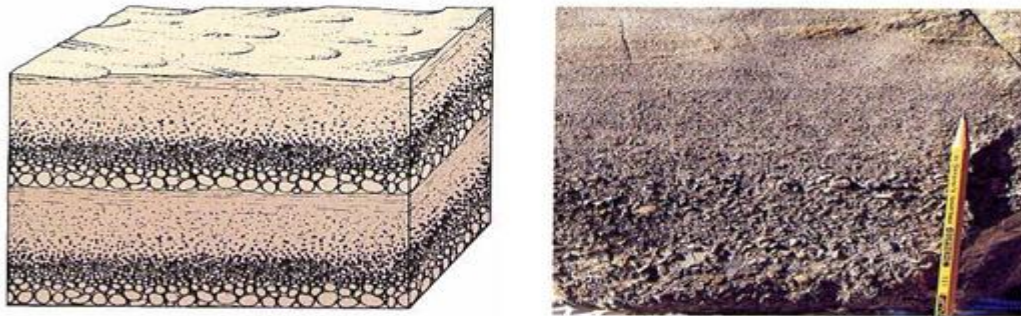
Fuente:<http://www.geos.ed.ac.uk/undergraduate/field/peasebay/crssbeds.jpg>.

3.3. Estratificación Gradada.

Util para determinar el orden de superposición de los estratos. Se caracteriza por una gradación de grano grueso – fino desde la base hacia el techo.

Existen dos tipos: 1) una granodecreciente con finos hacia el tope, producida por una corriente menguante y 2) otra donde los finos están distribuidos por todo el sedimento, llamada sedimentación diferencial o sedimentación por suspensión.FIGURA 29.

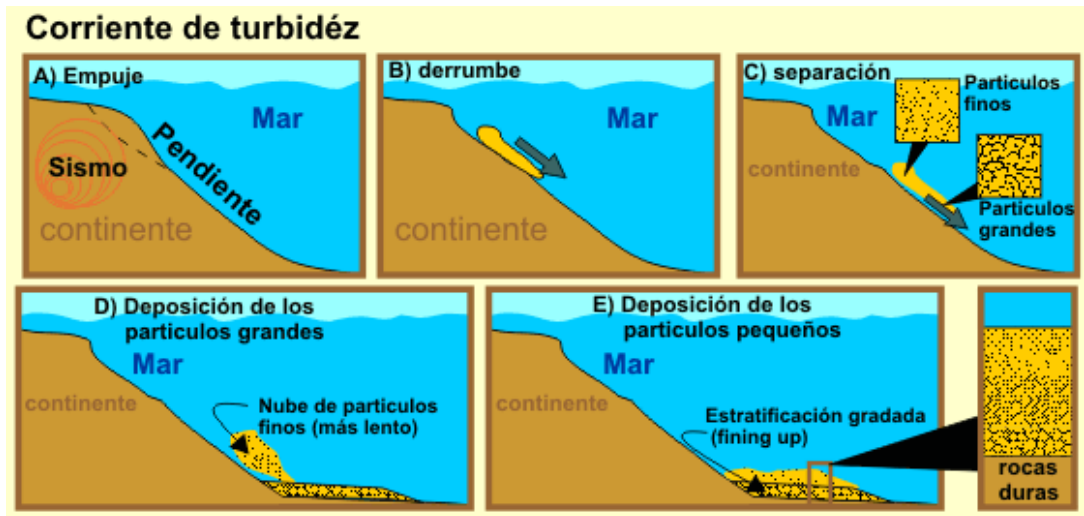
Figura 29. Imagen mostrando una estratificación gradada.



Fuente: http://intrawww.ing.puc.cl/siding/public/ingcursos/cursos_pub/descarga.phtml

Las areniscas con estratificación gradada, resultan de la decantación en aguas de fondo relativamente quietas. FIGURA 30.

Figura 30. Estratos gradados, cada capa muestra una gradación de tamaños que va de grueso en su base a finos en el techo.



Fuente: <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05c-2.htm>

3.4. Irregularidades y Marcas en los Planos de Estratificación

- 3.4.1. **Lineación Primaria de corrientes:** se presentan como una serie de crestas o surcos paralelos, débiles o poco definidos. Es indicadora de un ambiente fluvial o al de aguas poco profundas.
- 3.4.2. **Estructuras Espatuladas o Linguales:** se encuentran en el contacto de una lutita con un banco superior de arenisca. Son protuberancias del banco de arenisca que se incrustan en la lutita, se supone que su extremo romo está aguas arriba.
- 3.4.3. **Ondulas (ripple marks):** Cuando una corriente que fluye sobre un sustrato de arena alcanza cierta velocidad, las partículas de arena comienzan a moverse y se forma en su superficie una ondulación. Estas ondulas constan de crestas paralelas, alargadas y más o menos equidistantes, orientadas en líneas rectas perpendiculares a la corriente.

Son el resultado de la acción del viento y de corrientes, requieren de una velocidad de corriente mínima para formarse y de otra máxima, para evitar su destrucción. Las ondulas de corrientes vistas en planta, son asimétricas y son formadas por la acción de corrientes fluviales y las de oscilación son simétricas, formadas por acción de las olas, los ripple marks internamente presentan laminación cruzada²⁹.

- 3.4.4. **Marcas Diversas:** Tienen valor para determinar el ambiente de sedimentación. Pistas, huellas y estructuras afines producidas por organismos. Impresiones de lluvia, gotas y granizo, son pequeños hoyuelos formados en fangos húmedos. Grietas de Desecación, indican exposición subaérea y son diseños irregulares poligonales, que se presentan como calcos en areniscas, formados en lodos.

4. DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS SECUNDARIAS, QUÍMICAS O EPIGENÉTICAS

²⁹Francisco Javier Barba Regidor, los materiales geológicos (sedimentos y depósitos superficiales) y su caracterización. Universidad de Cantabria, tema 4: La sedimentación como proceso formador de rocas y de morfologías. Pág. 25.

Las estructuras secundarias son posteriores a la sedimentación, Son segregaciones de componentes secundarios, por ejemplo; la sílice en rocas calcáreas, el carbonato de calcio en lutitas o en areniscas o el sulfuro de hierro en lutitas negras³⁰.

- 4.1. **Nódulos:** De forma irregular sin estructura interna y a veces concéntrica, cuyo material es diferente al de la roca huésped. Las más comunes son de chert y de pedernal y normalmente se presentan en calizas.
- 4.2. **Esferulitas:** Cuerpos más o menos esféricos que varían en tamaño de microscópicos a diámetros de varios centímetros, presentan estructural radial y se forman en el mismo lugar, a diferencia de los oolitos.
- 4.3. **Rosetas:** Presentan crecimiento simétrico, siendo las más comunes de baritina, la marcasita; típica de ambientes oxidantes y pirita, típica de ambientes reductores.
- 4.4. **Concreciones:** Son producto de la acumulación de material mineral en los poros del sedimento alrededor de un núcleo o centro. Normalmente son esféricos o discoidales y algunos no poseen núcleo. Se presentan en areniscas y lutitas. Los componentes son los que normalmente representan el cemento de las rocas en que se encuentran, siendo los más comunes; sílice, calcita y óxidos de hierro. Se caracterizan por que no cortan la estratificación indicando que se formaron después de la depositación del material.
- 4.5. **Geodas:** Son cuerpos globulares, subesféricos, huecos, que varían en tamaño de centímetros a decímetros. Se caracterizan por una capa exterior delgada de calcedonia, presentando drusas interiores de cristales que crecen hacia adentro.
- 4.6. **Septarias:** Nódulos de varios centímetros a un metro, caracterizados por una serie de grietas radiales que se ensanchan hacia el centro y que están rellenas de calcita generalmente.

³⁰<http://introgeo.gl.fcen.uba.ar/Introduccion/TPpracticos/TP-Claudia/TP11.pdf>

- 4.7. **Cono en cono:** Son rasgos secundarios de algunas lutitas, caracterizándose por la presencia de conos circulares con la base hacia arriba y su eje perpendicular a la estratificación. En su interior son de calcita fibrosa, aunque también los hay de siderita y yeso.
- 4.8. **Estilolitos y otras estructuras de disolución:** Estilolitos, superficie que en perfil se asemeja a una sutura, comunes en superficies pulidas de mármoles y calizas, presentándose en rocas relativamente puras y homogéneas. Se cree que se han originado por un proceso de disolución o presión en la roca ya consolidada. Indican una intensa disolución intraestatal.

5. ESTRUCTURAS ORGÁNICAS.

Existen muchos organismos capaces de generar estructuras sedimentarias, la mayoría de ellos de hábitat marino. Es posible diferenciar dos grupos: los constructores de roca y los modificadores o destructores de la textura original de los sedimentos³¹. Las estructuras orgánicas encontradas en las rocas son los fósiles, trazas fósiles y actividad vegetal, bioturbación, pudiendo constituir un rasgo menor del sedimento o integrarlo en su mayor parte. Las estructuras orgánicas constituyen los mejores criterios para definir la edad de una roca y su ambiente de sedimentación. Las estructuras orgánicas de mayor tamaño, como los arrecifes, se denominan biohermos. Aquellas que no logran este tamaño, formando mantos, láminas o lentes se denominan biostromas.

5.1. Estructuras arrecifales

La mayor parte de los organismos con esqueleto, al morir son transportados, fragmentados y finalmente depositados como partículas granulares entre los sedimentos. Sólo aquellos que son capaces de construir colonias rígidas resistentes al oleaje pueden considerarse como característicos del ambiente sedimentario en el cual se depositan. Este tipo de estructuras se conocen con el nombre general de arrecifes, de los cuales se distinguen dos tipos principales: arrecifes dómicos (biohermos) y arrecifes estratificados (biostromos). Las condiciones que permiten su desarrollo incluyen, al menos actualmente, aguas poco profundas, claras y con salinidad normal, poca cantidad de sedimentos en suspensión y temperaturas cálidas.

³¹<http://geofacies.blogspot.com/2011/05/estructuras-sedimentarias-organicas.html>

5.2. Trazas de fósiles

Son marcas, rastros, huellas, galerías, excavaciones, perforaciones y otras estructuras hechas por organismos en o sobre un sustrato. Casi todas las trazas fósiles son estructuras secundarias porque requieren de un sustrato previamente formado para poder producirse. Sin embargo, se consideran en general estructuras primarias porque pueden ser indicativas de las condiciones reinantes en el medio sedimentario donde se producen. FIGURA 31.

Figura 31. Imágenes mostrando tipos de trazas fósiles, en la primera figura tenemos huellas de dinosaurios herbívoros bolivianos y en la segunda huellas dejadas por trilobites.



Fuente:Francisco Javier Barba Regidor, la sedimentación como proceso formador de rocas y morfologías. Pág. 49.

5.3. Bioturbación

La perturbación de la estructura interna de los sedimentos por los organismos se conoce como bioturbación, que puede conducir a la destrucción de las estructuras sedimentarias primarias FIGURA 32. Ya que numerosas trazas fósiles pueden estar conectadas a un ambiente deposicional específico, pueden ser usadas en

interpretaciones sedimentológicas³². La bioturbación es un indicador temporal relacionado al evento de sedimentación o posterior a él, que puede ayudar a interpretar las condiciones bajo las cuales fue producido el depósito.

El grado de bioturbación puede ser estimado de acuerdo con la destrucción de la laminación primaria. Ver TABLA 12.

Tabla 12. Descripción cualitativa de la bioturbación dependiendo de la destrucción de la laminación primaria.

| GRADO | GRADO DE BIOTURBACIÓN EN % | CLASIFICACIÓN DE LA BIOTURBACIÓN |
|-------|----------------------------|--|
| 0 | 0% | No bioturbación |
| 1 | 1% A 5% | Esporádicas trazas de bioturbación |
| 2 | 5% A 30% | Débilmente bioturbado |
| 3 | 30% A 60% | Medianamente bioturbado |
| 4 | 60% A 90% | Fuertemente bioturbada |
| 5 | 90% A 99% | Muy fuertemente bioturbada pero aún se observan rastros de laminación inorgánica |
| 6 | 100% | Completamente bioturbado, macizo. |

Fuente: Autor, adaptado de MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

Si las características texturales de los depósitos producidos por eventos de sedimentación lenta y rápida son diferentes los organismos tenderán a generar trazas distintas en ellos, asociadas con diferentes actividades; por ejemplo: huellas y galerías de alimentación en sedimentos de grano fino depositados en

³²Francisco Javier Barba Regidor, los materiales geológicos (sedimentos y depósitos superficiales) y su caracterización. Universidad de Cantabria, tema 4: La sedimentación como proceso formador de rocas y de morfologías. Pág. 50.

condiciones de sedimentación lenta y huellas de locomoción y reposo en sedimentos de textura gruesa asociados con eventos de sedimentación rápida. Otra causa para la ocurrencia de niveles alternos de bioturbación pueden ser eventos alternos de oxigenación o anoxia de substrato marino.

Figura 32. En la primera imagen una vista general de areniscas bioturbadas en la base de un afloramiento y en la segunda imagen un detalle de los niveles bioturbados.



Fuente: <http://ageologicas.blogspot.com/2011/09/hoy-presentamosla-bioturbacion.html>.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Hacer una descripción y caracterización de las estructuras sedimentarias presentes en las muestras de roca suministradas, intente observar gran variedad de estructuras sedimentarias.































1. Inicie elaborando un dibujo de la roca donde muestre las principales estructuras presentes en ella.
2. Describa la forma del plano de estratificación y el tipo de contacto entre las capas. Ver figura 26.
3. Determine qué tipo de estructuras presenta la roca (primaria o secundaria) y descríbalas, para esto utilice toda la información y figuras presentes sobre estructuras primarias y secundarias. Tabla 9 y tabla 10.
4. Describa la geometría de la estratificación, es decir el aspecto que presenta las capas. Y el espesor de las mismas. Tabla 11.
5. Señale otros tipos de rasgos no mencionados en estas actividades a realizar y que sean importantes destacar en la descripción de la muestra.
6. Realice un párrafo explicativo como resumen de todas estructuras que observó en la roca.
7. Busque en internet imágenes donde se puedan observar los diferentes tipos de irregularidades y marcas en los planos de estratificación y anéxelas. Bájelas y anéxelas al informe indicando la fuente.
8. Busque en internet imágenes donde se pueda observar las diferentes estructuras secundarias y anéxelas indicando la fuente.
9. Buscar información sobre cómo se puede estimar el nivel de bioturbación que presenta un afloramiento, estrato y rocas. Es decir si existe algún tipo de escala o como se hace para diferenciar si es alta, media o baja. Que sea diferente a la propuesta por este laboratorio.






PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. Indique un grupo de estructuras sedimentarias propias de un determinado ambiente de sedimentación.
2. Qué tipo de estructuras sedimentarias son indicativas de ambientes continentales.
3. ¿En qué tipo de ambientes las trazas fósiles pueden ser encontradas como galerías? Explique.
4. En qué tipo de ambientes se puede dar un tipo de bioturbación intensa.
5. Si tenemos un tipo de ambiente donde la sedimentación es rápida y continua, se puede presentar un buen registro icnofósil? Explique.
6. Cuando tenemos estratos con bioturbación alternados con estratos poco bioturbados, que podemos interpretar en estos casos en cuanto a la sedimentación.
7. Si ocurren eventos de sedimentación y erosión intermitentes, lo cual es muy usual, se producirán variadas combinaciones de unidades bioturbadas con no bioturbadas y erosionadas, en qué tipo de zonas es común encontrar estas secuencias.
8. Si se encuentran estructuras sedimentarias que consisten en una disposición paralela de láminas o estratos entre sí, es decir laminación y estratificación planar. Interprete y explique en qué tipos de ambientes se generan estas estructuras.
9. Los canales de ríos (patrones meándricos y trenzado), canales marginales y en antidunas de régimen de flujo alto, qué tipo de estructuras presentan.
10. El movimiento del agua cargada de sedimentos en las corrientes de turbidez son responsables de qué tipo de estructura. Analice, interprete y explique.

ANEXOS LABORATORIO N° 1c

Anexo 11. Imagen mostrando las convenciones de las estructuras sedimentarias.

| CONVENCIONES DE ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS | |
|--|---|
|  Laminación plana |  Gradación normal |
|  Laminación plana discontinua |  Gradación inversa |
|  Laminación ondulosa |  Grietas de desecación |
|  Laminación ondulosa discontinua |  Calcos de carga |
|  Estratificación cruzada planar |  Imbricación |
|  De bajo ángulo (5 – 15 grados) |  Flute cast |
|  De ángulo medio (15 – 25 grados) |  Estilolitos |
|  De alto ángulo (mayor de 25 grados) |  Intraclastos (Rip-up clasts) |
|  Estratificación cruzada en artesa |  Estructura contorsionada |
|  Ondulitas (Ripples) |  Laminación convoluta |
|  Ondulitas ascendentes (Climbing ripples) |  Est. de deform. penecontemp. |
|  Laminación lenticular |  Fracturas verticales |
|  Laminación flaser |  Nódulos y concreciones |
|  Laminación irregular |  Oolitos y pisolitos |
|  Laminación cruzada en artesa |  Laminación cruzada planar |

| | |
|---|--------------------------|
|  | Neto planar |
|  | Neto irregular (erosivo) |
|  | Gradacional |
|  | Indeterminado |
|  | Fallado |

Fuente: Mier. U. Ricardo. Presentaciones de clase de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

Anexo 12. Imagen mostrando las convenciones de las estructuras sedimentarias orgánicas.

| CONVENCIONES DE ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS ORGANICAS | |
|---|---|
|  | Bioperturbación no diferenciada |
|  | Marcas de raíces |
|  | Madrigueras horizontales no identificadas |
|  | Madrigueras verticales no identificadas |
| Ichnofacies Skolithos | |
|  | Diplocraterion |
|  | Skolithos |
|  | Thalassinoides |
|  | Arenicolites |
|  | Ophiomorpha |
| Ichnofacies Scoyenia | |
|  | Scoyenia |
| Ichnofacies Nereites | |
|  | Helmintoidea |
| Ichnofacies Cruziana | |
|  | Thalassinoides |
|  | Asterosoma |
|  | Teichichnus |
|  | Muensteria |
|  | Rizocoralium |
|  | Terebellina |
|  | Planolites |
|  | Ophiomorpha |
|  | Chondrites |
|  | Paleophycus |
|  | Roselia |
|  | Tubos de anélidos |
| Ichnofacies Zoophycus | |

Fuente: Mier. U. Ricardo. Presentaciones de clase de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

BILBIOGRAFÍA

BARBA REGIDOR FRANCISCO JAVIER. Los materiales geológicos (sedimentos y depósitos superficiales) y su caracterización. Universidad de Cantabria. Tema 4: La sedimentación como proceso formador de rocas y de morfologías

CRUZ GUEVARA. L.E. CABALLERO. V.M. guía de laboratorio sobre estructuras sedimentarias. UIS. 2007.

CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

CABALLERO MIRANDA CECILIA. Estructuras sedimentarias. Clase ciencias de la tierra. Facultad de ciencias. UNAM.

DORADO CASTRO ANTONIO. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Petrografía básica. Editorial: Paraninfo. 1989.

MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

VERA JUAN ANTONIO. Estratigrafía, principios y métodos. 1994.

Estructuras sedimentarias. (Documento virtual).
[//webs.uvigo.es/esuarez/MSL/ESTRUCTURAS%20SEDIMENTARIAS.pdf](http://webs.uvigo.es/esuarez/MSL/ESTRUCTURAS%20SEDIMENTARIAS.pdf).

Estructuras sedimentarias y bioturbación (documento virtual)
[//ageologicas.blogspot.com/2011/09/hoy-presentamosla-bioturbacion.html](http://ageologicas.blogspot.com/2011/09/hoy-presentamosla-bioturbacion.html).

Estructuras sedimentarias orgánicas. (Documento virtual)
[//geofacies.blogspot.com/2011/05/estructuras-sedimentarias-organicas.html](http://geofacies.blogspot.com/2011/05/estructuras-sedimentarias-organicas.html).

Estructuras secundarias, químicas, epigenéticas. (Documento virtual).
[//introgeo.gl.fcen.uba.ar/Introduccion/TPpracticos/TP-Claudia/TP11.pdf](http://introgeo.gl.fcen.uba.ar/Introduccion/TPpracticos/TP-Claudia/TP11.pdf).

Corrientes de turbidez. (Documento virtual).
[//www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05c-2.htm](http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap05c-2.htm).

Estratificación gradada. (Documento virtual).
[//intrawww.ing.puc.cl/siding/public/ingcursos/cursos_pub/descarga.phtml](http://intrawww.ing.puc.cl/siding/public/ingcursos/cursos_pub/descarga.phtml).

Estratificación cruzada. (Documento virtual).
[//www.geos.ed.ac.uk/undergraduate/field/peasebay/crssbeds.jpg](http://www.geos.ed.ac.uk/undergraduate/field/peasebay/crssbeds.jpg).

Laminación. (Documento virtual). [//grupos.emagister.com/imagen/laminación/1113-66896](http://grupos.emagister.com/imagen/laminación/1113-66896).

PRACTICA N° 2: ANÁLISIS DE RIPIOS

OBJETIVOS

- Describir los ripios y clasificarlos de acuerdo a su composición y textura.
- Construir una secuencia litológica con la descripción correspondiente.
- Elaborar una interpretación sedimentológica del conjunto de muestras.
- Interpretar los ambientes de depositación dados por las litologías.

INTRODUCCIÓN

El proceso de extracción de hidrocarburos se fundamenta en varias etapas, una de ellas es la perforación, la cual se hace utilizando un fluido o lodo de perforación que tiene como función, entre otras, controlar la presión de los fluidos, enfriar y lubricar la broca y traer los fragmentos de roca, denominados ripios, cuttings o muestras de zanja o de canal, a la superficie. Estos ripios juegan un papel importante debido a que gracias a ellos se puede tener una idea sobre el tipo de roca y la secuencia de roca que se encuentra en el subsuelo y también si estas están saturadas o no de hidrocarburos.

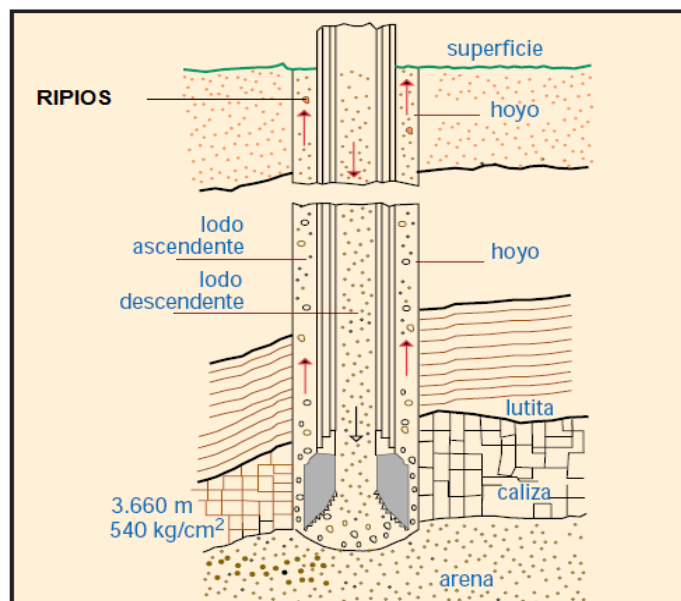
Como su nombre lo indica los ripios o muestras de canal son restos de roca que muestran la mineralogía, la textura, la forma de los granos que los componen, con ellos se pueden deducir facies, asociaciones de facies, ambientes y hasta las unidades o formaciones a las que pertenecen los tipos de rocas perforados.

Esta práctica consiste en hacer un análisis de los ripios, provenientes del laboratorio y describirlos teniendo en cuenta los criterios de composición, textura, forma, tamaño y calibrado. Para realizar una interpretación sedimentológica que permita descifrar el posible ambiente y reconstruir la historia de depositación.

MARCO TEÓRICO

El lodo de perforación es un líquido que contiene propiedades reológicas controladas, que circula por la sarta del taladro a través de la broca y vuelve a subir por el espacio anular a la superficie. Una de sus funciones es transportar los ripios de perforación a la superficie³³ Ver FIGURA 33.

Figura 33. Corte transversal de un pozo para mostrar el descenso y ascenso de un fluido de perforación.



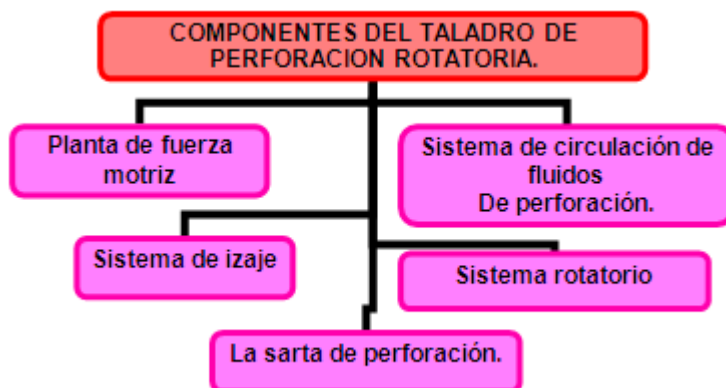
Fuente: Diapositivas de la asignatura Tópicos especiales en exploración y explotación. Escuela de petróleos. UIS.

Debido a que el lodo de perforación es el medio que permite traer a superficie los fragmentos de roca disgregados por la broca durante el proceso de perforación, a continuación se describen sus características y posteriormente se hace mención a la descripción de las muestras o ripios.

Para la utilización de los ripios en las etapas de exploración y explotación de yacimientos de hidrocarburos se debe conocer lo concerniente al método de perforación por rotación de taladro, con circulación de fluidos de perforación denominados lodos. FIGURA 34.

³³Javier Viana. Tratamiento y eliminación de desperdicios de perforación de exploración y producción. Arpel (asociación regional de empresas de petróleo y gas natural en Latinoamérica y el Caribe). Pág.3.

FIGURA 34. Componentes principales de una perforación rotatoria.

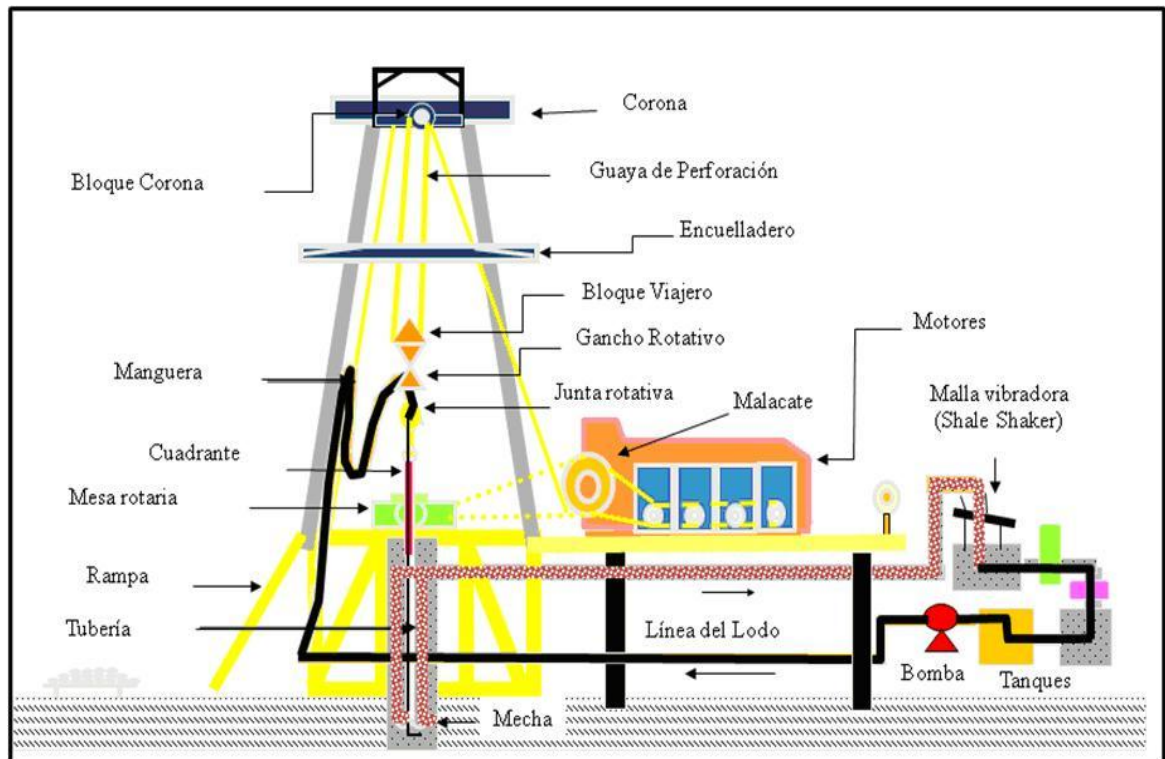


Fuente: Autor, adaptado de MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

En el sistema rotatorio de perforación la broca (bit) que se encuentra al final de la tubería está sostenida por el swivel y gira mientras perfora la roca. Durante la perforación se necesita bombear hacia la broca por la tubería: gas, aire, agua, espuma o lodo, el cual regresa por el espacio anular por fuera de la tubería, en donde el flujo que asciende trae a la superficie fragmentos de roca cortados por la broca lo que denominamos RIPIOS (cuttings). El lodo y los ripios son descargados del casing en la superficie sobre una malla agitadora o shale shaker, haciendo caer los ripios sobre una pila, mientras que el lodo de perforación va al tanque de lodo³⁴. VER FIGURA 35.

Figura 35. Diagrama de perforación por rotación.

³⁴Mier Umaña, R., Cruz Guevara, L E., 2001., Sedimentología para Ingenieros de Petróleo. Prácticas de laboratorio.



Fuente: <http://achjj.blogspot.com/2012/03/sistemas-del-equipos-de-perforacion.html>.

1. LODOS DE PERFORACIÓN

Los fluidos de perforación son mezclas líquidas de varios componentes que pueden ser: agua, aceite, arcilla, aditivos químicos, gas natural, aire, espuma, etc. Estos componentes deben contener un conjunto de propiedades reológicas que permitan mediante un buen diseño hidráulico, la evacuación y acarreos oportuno de ripios con el fin de obtener una tasa de penetración adecuada. Para conseguir esto es necesario controlar las propiedades del lodo, agregando aditivos poliméricos y químicos que garantizan la eficiencia del proceso. Adicionalmente hay que tener en cuenta el tipo de roca, el peso y un buen programa hidráulico que suministre las propiedades óptimas del fluido.

Existen tres tipos básicos de lodos de perforación

- Lodo base agua
- Lodo base aceite

- Lodo base aire o gas natural
- Sin embargo los más utilizados son los base tipo agua. VER TABLA 13.

Tabla 13. Cuadro resumen de los diferentes tipos de lodos.

| TIPO DE FLUIDO | CLASES | APLICACIÓN |
|----------------|------------------------|--|
| BASE AGUA | INHIBIDOS | <ul style="list-style-type: none"> • Retarda la hidratación o dispersión de las arcillas. • En donde se necesite la interacción de su fase líquida y las formaciones perforadas, e hidratación de arcillas. |
| | NO INHIBIDOS | |
| BASE ACEITE | EMULSION FIRME | <ul style="list-style-type: none"> • Para uso general en áreas de alta temperatura (hasta 5000F (260 C)). • Para proveer más altos índices de perforación • Para uso como fluido no perjudicial de extracción de núcleos y perforación. • Para reducir la retención de aceite en los recortes; usado principalmente en zonas costa afuera que son ambientes sensibles. |
| | FILTRADO RELAJADO | |
| | TODO ACEITE | |
| | ALTO CONTENIDO DE AGUA | |
| NEUMÁTICOS | AIRE/GAS | <ul style="list-style-type: none"> • Extremadamente baja presión de formación, no hay exposición formación acuífera. • Espacios anulares más grandes que la perforación con aire, formaciones acuíferas expuestas. • Formaciones débiles e inestables con presiones subnormales. |
| | ESPUMAS | |
| | LODO AIREADO | |

Fuente: Mier Umaña Ricardo. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

1.1. Funciones del fluido de perforación³⁵:

- Transportar los ripios de perforación y los derrumbes (caving) del fondo del hueco a superficie.
- Sostener los ripios cuando se suspende la perforación.

³⁵Diego Arredondo. UAGRM-Ingeniería Petrolera. Resumen de lodos para el primer parcial. 2009. Pág. 8.

- Controlar las presiones de las formaciones perforadas.
- Enfriar y lubricar la broca y la sarta de perforación.
- Sostener las paredes del pozo.
- Sostener parte del peso de la sarta de perforación.
- Transmitir potencia hidráulica sobre la formación debajo de la roca.
- Proveer un medio adecuado para llevar a cabo los registros.

1.2. Composición de los lodos:

Todo lodo debe estar constituido por cuatro fases³⁶:

1.2.1. Fase continua: es aquella que soporta los sólidos o líquidos emulsionados. La más usada es el agua.

1.2.2. Fase dispersa: Consta generalmente de materiales que le dan viscosidad, gelatinosidad y tarta al lodo, la más usada es la bentonita.

1.2.3. Sólidos inertes: Se clasifican en sólidos deseables y no deseables. Los deseables son los que se le agregan al lodo para aumentar su densidad, la barita es la más usada. Los sólidos no deseables son los materiales que entran al lodo en suspensión durante la perforación, estos pueden ser: arenas, carbonatos, limos, etc. Estos sólidos deben ser removidos del lodo en el mayor porcentaje posible.

1.2.4. Fase química: Son materiales que se usan para controlar las propiedades del lodo y los problemas de contaminación que sufren.

³⁶Mier Umaña, R. presentaciones geología de hidrocarburos, practica de Laboratorio número dos, ripios.

2. RIPIOS DE PERFORACIÓN:

Las muestras provenientes de las perforaciones son de dos tipos:

De canal y de núcleo. Las primeras son recogidas en la superficie mediante el sistema de circulación del lodo, a intervalos que varían según el tipo de pozo (de exploración o de explotación); el intervalo de muestreo está relacionado con la aproximación que se desee para obtener la información adecuada al objeto de la investigación, por ejemplo el grado de conocimiento de los contactos, las características particulares de los diferentes estratos, etc.

Las muestras de canal provenientes de la perforación con equipo rotatorio no proporcionan información precisa por el grado de contaminación causado por la recirculación del material de la formación. Este factor ocasiona que los contactos de las formaciones, tanto desde el punto de vista litológico, como paleontológico, sean difíciles de precisarse con la debida exactitud.

Los ripios de perforación constituyen una de las mejores maneras para conocer las formaciones atravesadas y son junto con los núcleos y las muestras de pared son el único contacto directo con el subsuelo.

A estos ripios se les denomina RESIDUOS DE PERFORACIÓN y a los ripios que no cumplen con las especificaciones y que por ende no podrían ser reciclados o reutilizados se les denomina DESECHOS DE PERFORACIÓN³⁷.

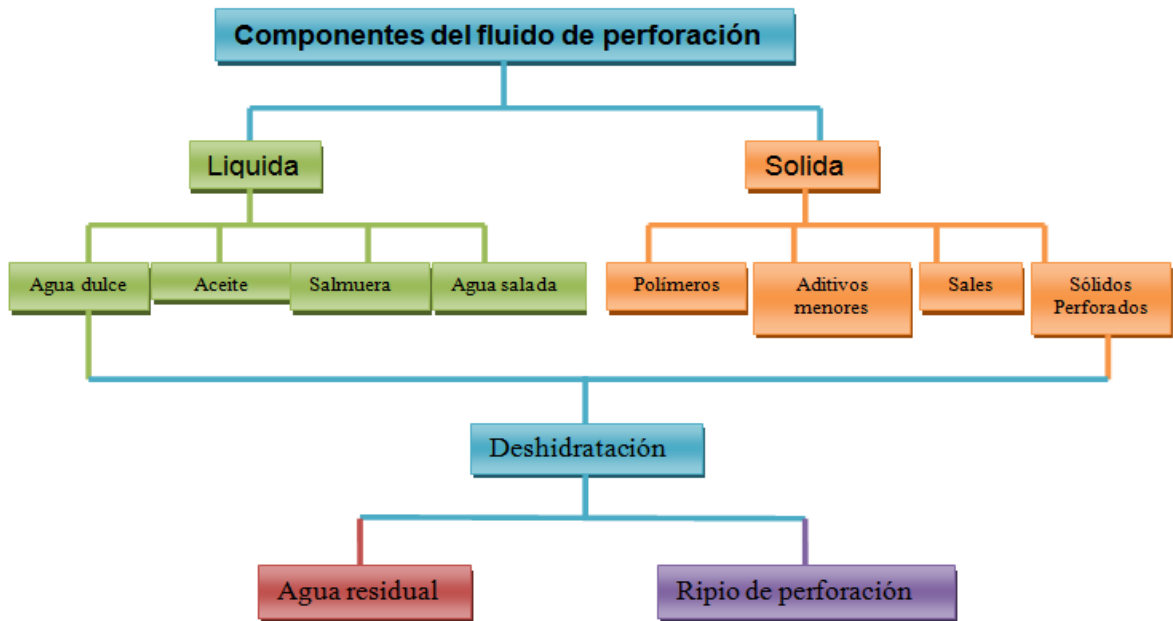
2.1. Generación de los ripios de perforación

El fluido de perforación el cual es una mezcla de líquidos (agua y/o aceite), sólidos disueltos y sólidos en suspensión que tiene propiedades físicas y químicas tendientes a favorecer la perforación, protegiendo las formaciones que se atraviesan, es preparado en el pozo y está compuesto de las siguientes partes: la fase líquida y la fase sólida. VER FIGURA 36. Una vez que este fluido es inyectado y llega al fondo del pozo, arrastra consigo los sólidos desprendidos hasta superficie (sólidos perforados) producidos durante la operación, los cuales se van incorporando al fluido por lo que debe ser acondicionado por el Equipo de Control de Sólidos que se encuentra en superficie.³⁸

³⁷Ibíd. Pág. 6.

³⁸Ibíd. Pág. 7.

Figura 36. Diagrama de los componentes del Fluido de Perforación.



Fuente: Autor, adaptado de MUÑOZ FERNANDO. Generalidades Sobre la Exploración y Explotación del Petróleo. Ingeniería de Petróleos. UIS. 1992

2.2. Control de rípios

En todos los sistemas de perforación se incluyen equipos especializados en la remoción de rípios y sólidos en exceso que contaminan el lodo. Se denominan rípios a todo un conjunto de sólidos de diferentes tamaños que resultan de la acción cortadora de la roca.

Los rípios vienen suspendidos en el lodo y es necesario retirarlos para evitar problemas operativos. Los rípios son extraídos por diferentes equipos que son seleccionados a partir del volumen, el tipo de lodo y el nivel de limpieza deseado para el nivel de perforación. FIGURA 37.

Figura 37. Circuito del Fluido de Perforación.



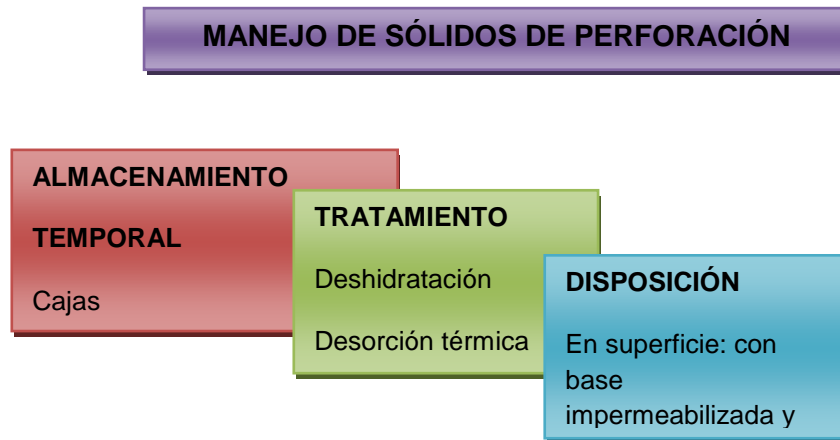
Fuente:

http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf

El tamaño del ripio puede variar de centímetros a pocos micrones como las partículas coloidales. Las partículas mayores a 72 micrones o que no puedan atravesar un tamiz de 200 se clasifican como arenas; partículas entre 70 y 2 micrones se denominan limos y aquellas menores a dos micrones coloidales.

Entre los sistemas de separación de ripios, los más útiles y conocidos están: las zarandas vibratorias, los hidrociclones, los desarenadores, desarcilladores y limpia lodos. Existen unas técnicas que se aplican en la actualidad en cada uno de los pasos para el Manejo de sólidos de perforación. FIGURA 38.

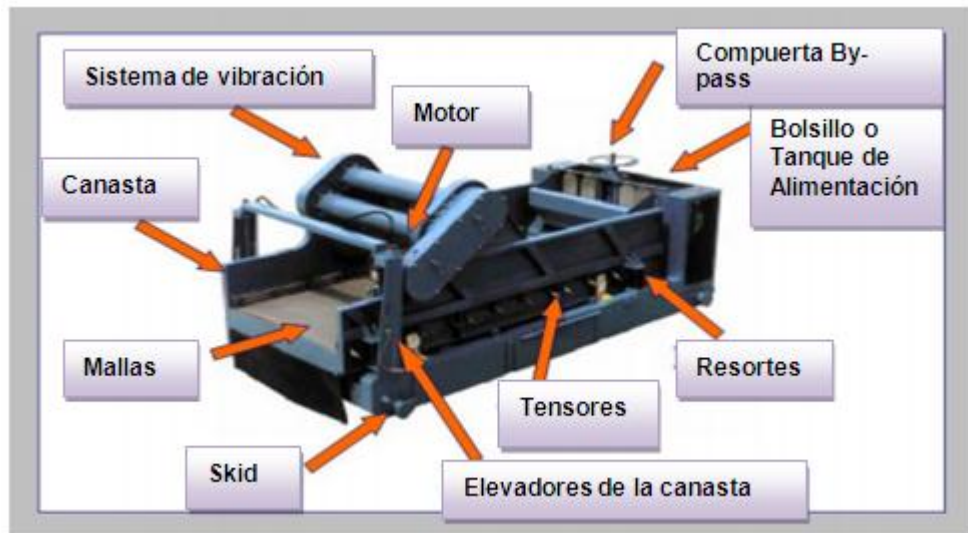
Figura 38. Proceso a seguir de los rípios de perforación.



Fuente: Autor, adaptado de MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Geología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

- 2.2.1. Zaranda vibratoria:** Consiste en un sistema vibratorio rotacional que separa los sólidos de un fluido a través de uno o más tamices. FIGURA 39.
- 2.2.2. Hidrociclones:** Forman una clase importante de equipos destinados principalmente a la separación de suspensiones sólido – líquido, funcionan con un principio de transformación mecánica. FIGURA 40.
- 2.2.3. Desarenadores:** Conos que separan tamaños de grano grande y son utilizados para descongestionar los desarcilladores. Manejan grandes caudales.
- 2.2.4. Desarcilladores:** Son conos de menor diámetro diseñado para manejar velocidades superiores a la que trae el lodo.
- 2.2.5. Limpia lodos:** Sistema combinado de desarcilladores y zarandas con la ventaja de que el sólido que se separa queda bastante seco para ser tratado fácilmente. FIGURA 41.

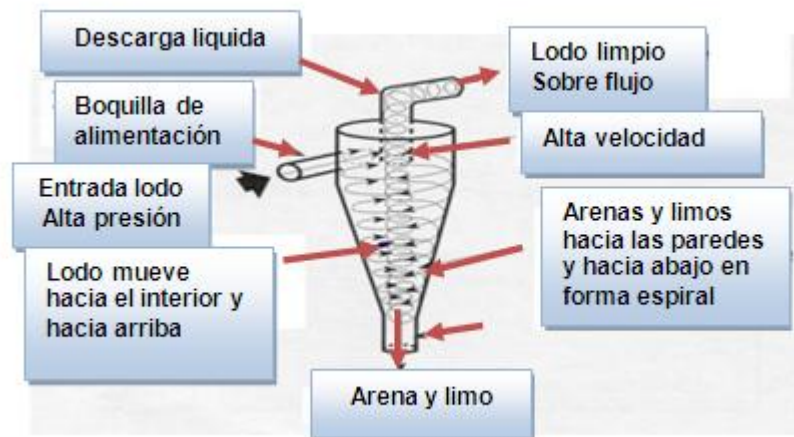
Figura 39. Imagen mostrando un ejemplo de una Zaranda Vibratoria.



Fuente: Modificado

de http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf.

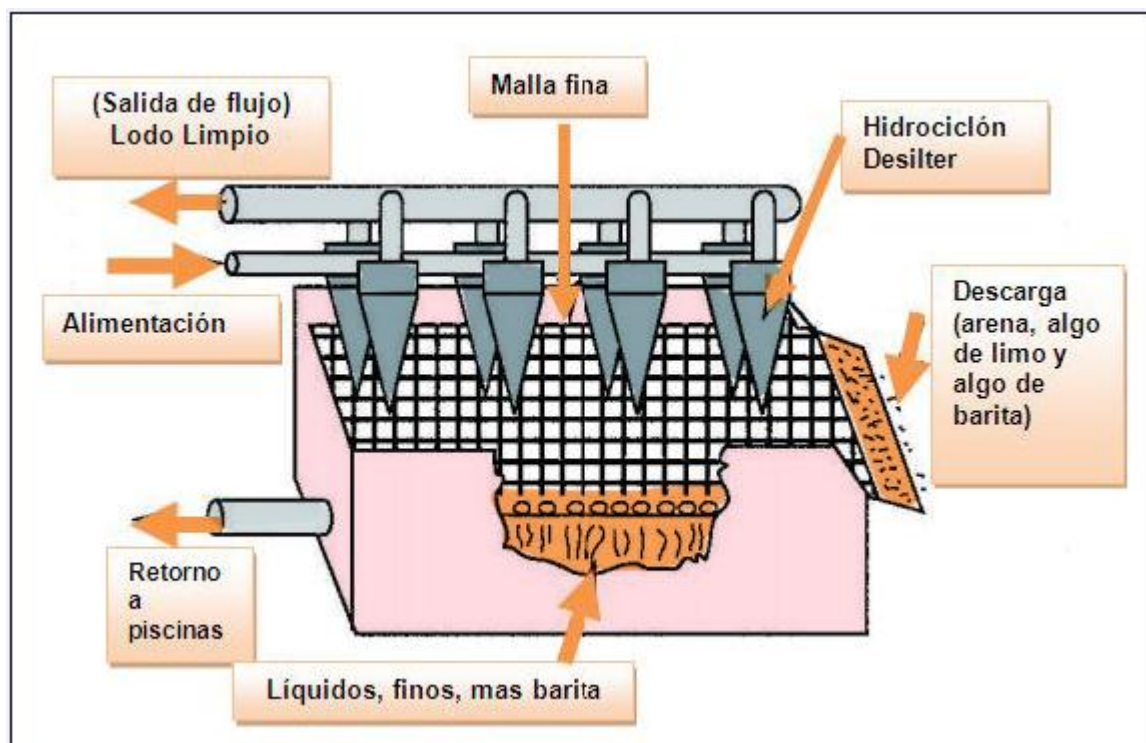
Figura 40. Imagen mostrando el funcionamiento de un Hidrociclón.



Fuente: Modificado de

http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf.

Figura 41. Imagen mostrando un limpiador de Lodo.



Fuente: Modificado de:

http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf.

Antes de iniciar el estudio de una muestra, debe tenerse la precaución de limpiarla perfectamente, para lo cual es necesario remover tanto los restos del fluido de perforación como el polvo que se hubiere acumulado: no tener esta precaución puede producir una confusión al determinar el carácter litológico de la muestra, por ejemplo, un fragmento de arenisca de grano fino cubierto por lodo de perforación, puede ser confundido fácilmente con una lutita o una Limolita³⁹.

En este laboratorio utilizaremos los diferentes fragmentos y describiremos el carácter litológico con ayuda de la lupa de mano o a simple vista⁴⁰.

³⁹Castillo. Tejero. Carlos. Consideraciones sobre el examen de las muestras provenientes de la perforación de pozos. Pág.3.

⁴⁰Ibíd. Pág. 3.

3. DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

Las muestras de rípios o de canal, constituyen una de las mejores maneras para conocer las formaciones atravesadas y son junto con los núcleos y las muestras de pared el único contacto directo con el subsuelo. El único inconveniente con estas muestras, es que representan un intervalo de la roca en profundidad, pero no se conoce la profundidad exacta de la que provienen.

Para la toma de muestras se debe calcular el tiempo que tardan en llegar a la superficie las muestras de determinada profundidad, este tiempo se denomina lag time.

Los intervalos de muestreo más utilizados son cada 5, 10 o 20 pies, por consiguiente, es posible calcular los intervalos de tiempo correspondientes.

Al tomar las muestras de la malla agitadora o shale shaker, estas se deben lavar con agua para retirar el lodo de perforación y luego se secan en una hornilla. De aquí se obtienen muestras que se denominan secas, las cuales son observadas y descritas textural y composicionalmente a la lupa. También se obtiene muestras denominadas húmedas, que son una porción de la anterior muestra, pero que en este caso se dejan secar naturalmente y posteriormente se utilizan para análisis geoquímicos⁴¹.

Finalmente las muestras se empacan en bolsas y se marcan con el nombre de la compañía, del pozo, el intervalo de profundidad y el tipo de muestra. FIGURA 42.

⁴¹Mier Umaña, R., Cruz Guevara, L E., 2001., Sedimentología para Ingenieros de Petróleo. Prácticas de laboratorio.

Figura 42. Empaque de un ripio de perforación.



Fuente:

http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf

Al realizar el análisis, se debe reconocer la parte contaminante proveniente de estratos superiores o de zonas de derrumbe, así como los fragmentos de lodo de perforación que aún puedan estar presentes.

El geólogo de pozo, al llevar a cabo el examen de las muestras debe considerar, preferentemente, que los datos obtenidos servirán para resolver muchos problemas tanto particulares del pozo, como locales o regionales y por consiguiente que la información que debe obtener, para tener utilidad, deberá ser abundante y sobre todo, probada⁴².

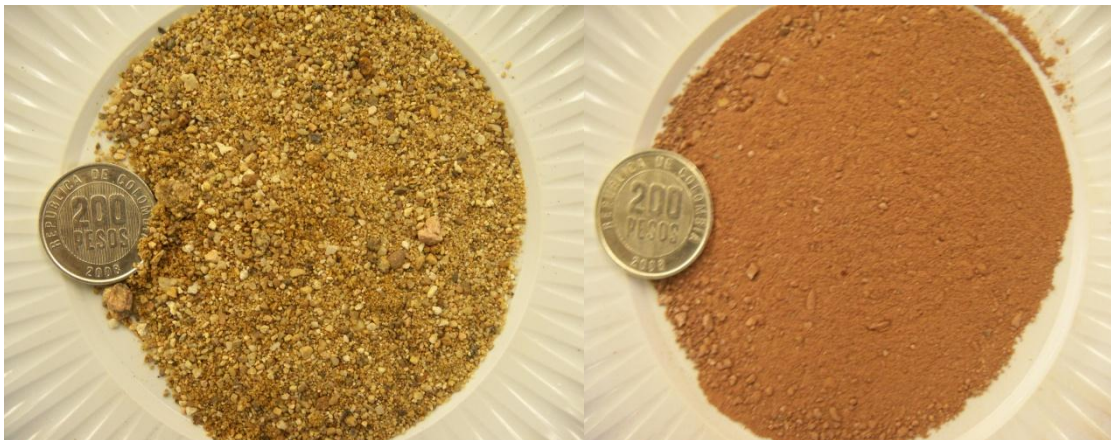
⁴²Castillo. Tejero. Carlos. Consideraciones sobre el examen de las muestras provenientes de la perforación de pozos. Pág.1.

El estudio de los cortes provenientes de la perforación de pozos tiene tres aspectos fundamentales.

- Determinar los contactos entre las diferentes formaciones del subsuelo.
- Interpretar la estratigrafía local para utilizarla en problemas de estructura regional y local, sedimentación y en su caso, acumulación de hidrocarburos.
- Investigar el carácter económico de los horizontes para poder aplicar en su caso, los métodos de producción adecuados.

Para iniciar la descripción de los ripios de perforación es necesario tomar un poco de la muestra y extenderla sobre una hoja blanca o cualquier superficie que permita observar bien el ripio VER FIGURA 43.

Figura 43. Muestras de ripios del laboratorio Geología de hidrocarburos. UIS.



Fuente: Autor.

El siguiente paso es determinar para cada fragmento del ripio el tipo principal de roca observado: sedimentaria, ígnea o metamórfica. Se recomienda revisar varios fragmentos o muestras al tiempo, para detectar cambios litológicos. Si los fragmentos pertenecen a rocas ígneas o metamórficas trate de hacer una descripción de la textura: fanerítica, afanítica o afanítica porfirítica, esquistosa, pizarrosa, néisica y después observe que minerales componen ese fragmento: cuarzo, feldespato, granate, grafito entre otros.

Considerando que las muestras de canal representan generalmente una mezcla de material de diversa índole, resulta muy conveniente para cuando no se conoce la columna geológica de la región donde se tomaron las muestras, consignar en forma gráfica los porcentajes de los diversos materiales encontrados en cada muestra. En la columna se puede utilizar colores como; azul para caliza, amarillo para arena y dejar sin colorear lo correspondiente a lutitas, para otros materiales utilice los símbolos convencionales⁴³.

Si los fragmentos son pertenecientes a rocas sedimentarias. Se recomienda revisar el laboratorio No 1.

En general se deben tomar los siguientes datos:

3.1. Sedimentos de grano medio a grueso (conglomerados y arenas)

- Color: uniforme, abigarrado, bandeado u otras variaciones.
- Tamaño de los granos grava, arena y lodo. Utilice la tabla de tamaño de grano de Wentword del laboratorio No 1a.
- Estructura: masivo, laminar, trenzado (fragmentos de roca)
- Grado de coherencia o de fragilidad: resistente, quebradizo
- Minerales primarios y accesorios: cuarzo, feldespato, pirita, glauconita, ferromagnesianos, magnetita, entre otros
- Redondez y esfericidad en los granos para cada fragmento del ripio, también determinar cristalinidad, alteraciones.
- Determine el calibrado o selección de las fracciones arena y grava para cada fragmento

Usar convenciones de la PRÁCTICA 1a y 1b. Ver anexos.

3.2. Sedimentos de grano fino: arcillas y limos

Para describir a los sedimentos de grano fino se usan diferentes términos de los cuales se indicaran los más usuales:

Lutita: lodolita físil o sedimento laminar, endurecido o quebradizo compuesto de material finamente dividido del tamaño lodo.

⁴³Castillo. Tejero. Carlos. Consideraciones sobre el examen de las muestras provenientes de la perforación de pozos. Pág.6.

- Lodolita: (lodo endurecido) (tamaño limo y arcilla), masivo, nunca laminado, compuesto por material del tamaño lodo.
- Limolita: roca sedimentaria constituida por partículas tamaño limo, es una roca compacta, sin fisilidad.
- Arcillolita: Es una roca compacta, sin fisilidad y formada por partículas del tamaño de la arcilla.

Cuando se examinan los sedimentos limo - arcillosos se recomienda anotar las siguientes características:

- Color: uniforme, bandeado, abigarrado, jaspeado, multicolor
- Estructura: masivo, laminar, quebradizo
- Carácter: arcillosos, limoso
- Minerales accesorios
- Contenido de fósiles.

3.3. Sedimentos calcáreos:

Los más importantes son las calizas y las dolomitas. Cuando se examinan sedimentos de este tipo se recomienda analizar las siguientes características. (Ver laboratorio No 2):

- Color
- Cristalinidad: fino, medio, grueso, denso
- Estructura: oolítica, pisolítica, entre otros.
- Minerales accesorios: sílice, pirita, glauconita
- Impurezas: arcilla, arena
- Contenido de fósiles

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

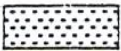
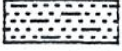


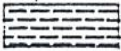




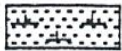
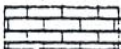
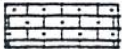


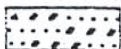



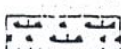
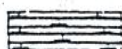
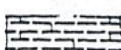
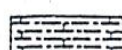
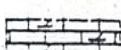
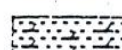
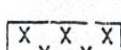
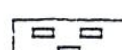
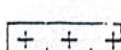

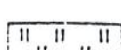
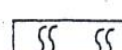
1. Utilice el formato anexo “Registro compuesto sedimentológico”, para descripción de ripios de perforación, establezca una escala vertical.
2. Es ideal describir de base a techo y utilizando grupos de 5 o 10 muestras.
3. Describa los ripios, de acuerdo a su composición, textura; tamaño de grano, calibrado, redondez, esfericidad.
4. Igualmente es de interés definir variaciones del tamaño de grano; expresadas en aumento o disminución del tamaño de grano.
5. Definir litofacies y asociaciones de facies.
6. Utilice las convenciones del laboratorio 1a y 1b, para llenar el formato anexo.
7. Realice una interpretación sedimentológica de acuerdo a las variaciones texturales y composicionales.
8. Plantee ambientes de sedimentación, a partir de litofacies y asociaciones de facies, mencionando las características de cada uno y los criterios utilizados para definirlos.
9. Plantee la historia de depositación para secuencia de roca estudiada.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. Defina un medio sedimentario. Tipos de medios.
2. Defina facies, secuencias y tipos de secuencias. De un ejemplo de cada una. Anexe un dibujo explicativo.
3. Defina; unidad, formación, miembro.
4. Indique las principales características para identificar un depósito fluvial.
5. Indique las principales características para identificar un depósito deltáico.
6. Indique las principales características para identificar un depósito marino somero.
7. Qué características presenta una roca reservorio, textural y composicionalmente.
8. ¿Es posible determinar el ambiente para cada muestra dada?
9. ¿En qué consisten los rípios secos y los rípios húmedos? ¿Cuál es su principal uso?
10. En que consiste la compartimentalización del yacimiento.

ANEXOS LABORATORIO N° 2

ANEXO 13. Imagen mostrando las convenciones litológicas para tener en cuenta cuando se descienda a llenar el formato.

| CONVENCIONES LITOLÓGICAS | | | |
|---|----------------------------|--|---|
|  | Arenisca |  | Arenisca lodosa |
|  | Conglomerado |  | Limolita arenosa |
|  | Arcillolita |  | Limolita arcillosa/ Arcillolita limosa |
|  | Limolita |  | Arcillolita arenosa |
|  | Shale |  | Arenisca calcárea |
|  | Caliza |  | Caliza arenosa |
|  | Arenisca conglomerática |  | Dolomita |
|  | Conglomerado arenoso |  | Caliza margosa |
|  | Conglomerado arcilloso |  | Carbón |
|  | Conglomerado calcáreo |  | Shale calcáreo |
|  | Arcillolita calcárea |  | Limolita calcárea |
|  | Caliza con dolomitización. |  | Arenisca dolomítica |
|  | Intrusivos |  | Brecha Sedimentaria |
|  | Volcánicos |  | Brecha de Falla |
|  | Piroclásticos |  | Metamórficos |

Fuente: Mier. U. Ricardo. Presentaciones de clase de la asignatura Geología de hidrocarburos. UIS.

ANEXO 14. Imagen mostrando las convenciones para fósiles. Con el fin de tenerse en cuenta cuando se descienda a llenar el formato.

| CONVENCIONES DE FOSILES | | | |
|---|-----------------------|--|-----------------------|
|  | Restos de raíces |  | Amonites |
|  | Tallos |  | Grinoideos |
|  | Fragmentos lenosos |  | Briozoos |
|  | Hojas |  | Huesos |
|  | Pelecípodos |  | Vertebras de peces |
|  | Braquiópodos |  | Espinas de peces |
|  | Ostrácodos |  | Equinoideos |
|  | Corales |  | Algas laminares |
|  | Gasterópodos |  | Algas no laminares |
|  | Foraminíferos |  | Fragmentos de conchas |
|  | Espículas de esponjas |  | Escamas de peces |
|  | Belemnites |  | Est. Geopetal |
|  | Calciesferas |  | Pellets |

Fuente: Mier. U. Ricardo. Presentaciones de clase de la asignatura Geología de hidrocarburos. UIS.

ANEXO 15. Formato propuesto para la descripción de rípios.

| Registro compuesto sedimentológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------------|---|---|---|----|------------|----|----|----|-------|----------------------|-----------|-------------|--------|--------|-------|----------|
| # M | Intervalo profundidad | Litología | Tamaño de grano | | | | | Carbonatos | | | | Color | Redondez Esfericidad | Selección | Descripción | Unidad | Facies | Fotos | Ambiente |
| | | | MG | G | M | F | MF | Lodo | MS | WS | PS | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Autor.

BIBLIOGRAFÍA

ARPEL (asociación regional de empresas de petróleo y gas natural en Latinoamérica y el caribe). Tratamiento y eliminación de desperdicios de perforación de exploración y producción.

ARREDONDO DIEGO. Resumen de lodos para el primer parcial. UAGRM. 2009.

CASTILLO TEJERO CARLOS. Consideraciones sobre el examen de las muestras provenientes de la perforación de pozos.

CRUZ GUEVARA, L, E. CABALLERO, V. M. Guía para la descripción de rocas sedimentarias en el terreno. Sedimentología, Prácticas de laboratorio, Escuela de Geología, UIS, 2002

CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

MIER. U. RICARDO. Presentaciones de clase de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

MIER RICARDO. Ejercicios de Geología del Petróleo. Universidad Industrial de Santander. Geología. 1194

MIER UMAÑA RICARDO. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

MUÑOZ FERNANDO. Generalidades Sobre la Exploración y Explotación del Petróleo. Universidad Industrial de Santander, Ingeniería de Petróleos. 1992

Fluidos de perforación, qué son y para qué sirven. (Documento virtual).
[//es.scribd.com/doc/46008924/Fluidos-de-perforacion](http://es.scribd.com/doc/46008924/Fluidos-de-perforacion).

Ripios de perforación. (Documento virtual).
[//www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_Tesi_sCBV.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_Tesi_sCBV.pdf).

Control de ripsos. (Documento virtual).
[//www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf).

Diagrama de perforación por rotación. (Documento virtual).
[//achijj.blogspot.com/2012/03/sistemas-del-equipos-de-perforacion.html](http://achijj.blogspot.com/2012/03/sistemas-del-equipos-de-perforacion.html).

PRÁCTICA Nº 3: DESCRIPCIÓN DE NÚCLEOS

OBJETIVOS

- Realizar la descripción macro petrográfica de núcleos o corazones en una sección dada.
- Describir los elementos composicionales y texturales de las rocas sedimentarias presentes en el núcleo.
- Realizar la descripción de la muestra de núcleo o corazón utilizando el formato anexo.
- Elaborar una columna litológica de la secuencia descrita.
- Realizar la interpretación sedimentológica del núcleo descrito.
- Establecer la historia de sedimentación.

INTRODUCCIÓN

La principal fuente de información básica en geología de yacimientos, exceptuando la información sísmica, es la que se obtiene de la perforación de pozos.

El estudio de sedimentos y rocas sedimentarias se inicia con la observación macroscópica de los núcleos en el lugar donde se colecta la muestra y posteriormente en el laboratorio. Un estudio completo incluye desde simples observaciones macroscópicas (examen detallado de estructuras sedimentarias, litología, contenido de fósiles, etc.) hasta la aplicación de una serie de técnicas instrumentales que en conjunto permiten definir los ambientes de depositación; así como los eventos físicos y químicos que han ocurrido en un ambiente sedimentario particular. La metodología completa incluye la recepción de las muestras, identificación, registros fotográficos, estudios geológicos específicos y entrega del informe de resultados.

MARCO TEÓRICO

Durante la perforación de los pozos se adquiere información acerca de las características internas del pozo y de las formaciones que se van atravesando. Este tipo de información se puede adquirir de dos formas; una directa que corresponde a los núcleos de perforación, que son muestras de roca extraídas dentro de la tubería de perforación, donde se pueden realizar medidas directas de las características petrofísicas de la formación⁴⁴. En general, el análisis de las muestras de canal o ripios obtenidas de las formaciones durante la perforación de pozos, así como los núcleos y los fluidos de perforación, indican parámetros y propiedades físicas de las rocas.

Este análisis permite determinar los límites de las formaciones, sus respectivas profundidades, presencia de fósiles, edad. Buzamientos y rumbos de las capas, localización de discordancias, presencia de fallas, contenido de fluidos, presiones y temperaturas de los fluidos, etc.

Durante la perforación se pueden obtener muestras de canal o ripio, núcleos y muestras de pared, con las cuales se pueden establecer las siguientes características:

- Tipo de roca
- Color de la roca, para consideraciones del ambiente en que esta se depositó.
- Permeabilidad, porosidad y tipo de porosidad.
- Tamaño de grano, angulosidad, selección, grado de laminación, carácter y estructura de los poros en rocas carbonatadas. Tipo de cemento.
- Procesos diagenéticos.
- Minerales accesorios en la roca y minerales pesados.
- Presencia de hidrocarburos y su composición.
- Saturaciones de fluidos y resistividad del agua de formación

Para una mayor seguridad con respecto a la información recogida en un programa de análisis de corazones es necesario tomar en cuenta que⁴⁵:

⁴⁴<http://es.scribd.com/doc/60214999/NUCLEOS>. pág. 1.

⁴⁵<http://es.scribd.com/doc/60214999/NUCLEOS>. pág. 2.

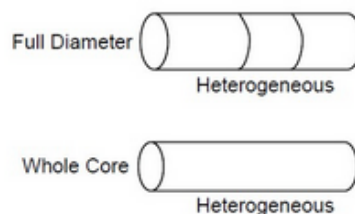
- El núcleo debe representar una sección del pozo.
- Se debe tomar en cuenta si el fluido de perforación es base aceite o agua.
- Para la determinación del grado de estabilidad de la roca, se deben recolectar varios pies de núcleos del pozo.
- Los núcleos deben ser analizados minuciosamente para recolectar información básica y datos especiales.
- El núcleo deber ser preservado y almacenado para futuros análisis.

1. TIPOS DE PROCEDIMIENTOS EN LOS ANALISIS DE NUCLEOS

1.1. Análisis de núcleos de diámetro completo. (Full Diameter)

Este análisis consiste en describir la totalidad del núcleo y una de las técnicas usadas, puede consistir en secciones que han sido cortadas en cilindros exactos de diámetro completo o parcial. En general una tercera parte del núcleo ya cortado se utiliza para su descripción y las dos terceras partes restantes se almacenan por aparte para futuros estudios. Este tipo de análisis es utilizado en formaciones heterogéneas⁴⁶. FIGURA 44.

Figura 44. Imagen mostrando las secciones en que se corta el núcleo en un análisis de núcleos de diámetro completo.



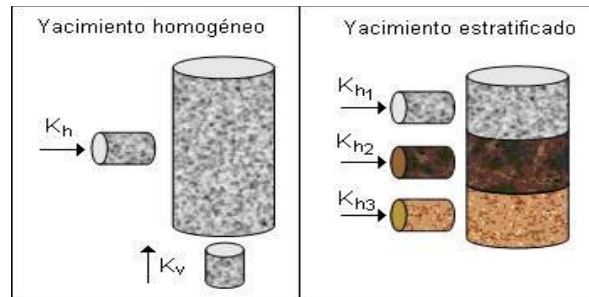
Fuente: <http://www.spec2000.net/09-corepore.htm>

⁴⁶González García A.Y. Rizalez R. Anyela. M. Tesis: Caracterización de las arcillas cementantes de las arenas productoras pertenecientes al campo el roble del distrito gas anaco. Universidad del oriente. Pág. 60.

1.2. Análisis de Tapones de Núcleos. (Plug - Type)

Los análisis de tapones de núcleos se realizan a partir de observaciones convencionales en el núcleo. Se toma solamente un pequeño intervalo el cual puede ser muestreado cada 3 o 4 pulgadas por pie de núcleo. Este tipo de análisis es utilizado en secciones homogéneas⁴⁷. FIGURA 45.

Figura 45. Ilustra el concepto de los tapones de núcleos.



Fuente: <http://www.lacomunidadpetrolera.com>

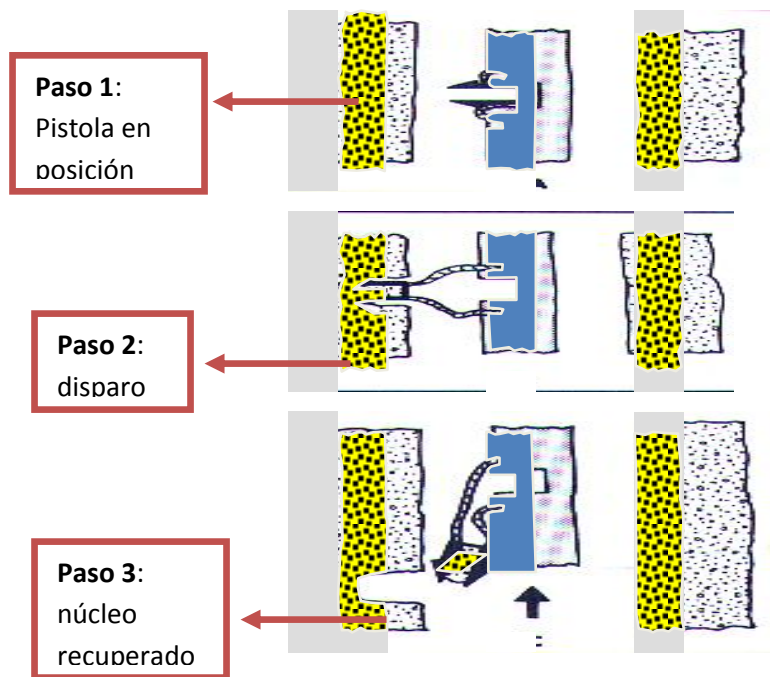
1.3. Análisis de muestras de Pared. (Side Wall)

Es una técnica de recolección de muestras posterior a la perforación de la roca, en la cual se utilizan mecanismos de percusión con diferentes arreglos geométricos. Esta técnica es más conocida como cañoneo de la formación⁴⁸. FIGURA 46.

⁴⁷Ibíd. Pág. 61.

⁴⁸Ibíd. Pág. 61.

Figura 46. Toma de los “Sidewall core”. Pequeñas muestras (1 x 2,5 pulgadas).



Fuente: Tipos de procedimientos en los análisis de núcleos.
[//www.lacomunidadpetrolera.com](http://www.lacomunidadpetrolera.com).

2. MANEJO O TRATAMIENTO DEL NUCLEO

Después de remover el núcleo del porta-núcleos, son necesarios los siguientes pasos⁴⁹:

- El núcleo debe ser extraído en orden y con cuidado, para ser colocado en el piso y limpiarlo.
- Se pintan líneas o flechas en el núcleo en dirección longitudinal para distinguir la base y el techo. Por ejemplo, se utiliza una línea roja a la derecha y otra azul o verde a la izquierda, para orientarlos siempre en la misma posición.

⁴⁹<http://es.scribd.com/doc/60214999/NUCLEOS>. pág. 3.

- La longitud del núcleo es registrada y si es posible se marca cada pie en el núcleo.
- Una descripción inicial pie a pie puede ser realizada en el lugar de la perforación.

Todos los núcleos de una sección deben ser transportados y analizados en el laboratorio y puestos en orden, tomando en cuenta su profundidad. El núcleo puede ser descrito utilizando un formato general, en este laboratorio utilizaremos el formato anexo. Es recomendable realizar análisis o registros gamma sobre él, conocidos como Core - Gamma, para posteriores correcciones de profundidad y correlaciones con registros de otros pozos.

3. PRESERVACIÓN DE NÚCLEOS

La técnica más utilizada para la preservación de núcleos es la siguiente:

- Sumergir el núcleo en agua desoxigenada.
- Empacar los núcleos en bolsas plásticas o de cierre seguro. Esto se recomienda para los primeros dos o tres días. También se pueden empacar en papel aluminio o papel parafinado por corto tiempo.
- Los núcleos deber ser colocados en cajas impermeables para evitar que se afecten o se contaminen.
- Se debe tomar en cuenta la humedad del ambiente para evitar alteraciones.
- Posteriormente en el laboratorio se cortan, preservan, muestrean y se preparan para efectuar mediciones, análisis y presentación de resultados.

Al relacionar las características petrofísicas de una roca y los registros eléctricos de un pozo, mediante el análisis de núcleos, es de vital importancia la correspondencia de profundidades entre el núcleo y los registros, para lo cual se recurre a un registro de curva de Core-Gamma, que consiste en tomar un registro Gamma directamente del núcleo y posteriormente comparar la curva de Gamma-Ray del pozo con la curva de Gamma-Ray del núcleo y así corregir la profundidad⁵⁰. Las medidas que se pueden efectuar una vez corregida la profundidad del núcleo son las siguientes: Arcillosidad, contaje de arena neta y arena neta petrolífera, porosidad estimada, correlaciones de permeabilidad y

⁵⁰<http://es.scribd.com/doc/60214999/NUCLEOS>. pág. 4.

elaborar modelos de electrofacies. Esto se entenderá mejor en el laboratorio de registros.

4. TIPO DE INFORMACIÓN REQUERIDA

Para casos de pozos exploratorios, se requieren evaluar los horizontes que por correlación tienen posibilidades de ser productores. Se toman núcleos por intervalo de interés, dependiendo del análisis de los primeros núcleos. Así mismo, se busca obtener información geológica adicional como⁵¹:

- Litología.
- Textura.
- Edad.
- Depositación.
- Planos de fractura
- Porosidad, permeabilidad y saturación de fluidos

Para casos de pozos en desarrollo, la información requerida depende de los antecedentes de producción de pozos de correlación.

- Distribución de porosidades.
- Distribución de permeabilidades.
- Permeabilidades relativas.
- Saturación residual de aceite.
- Mojabilidad.
- Contacto agua aceite.
- Presión en el volumen poroso.
- Por lo general se toman núcleos en cada una de las formaciones que son productoras.

5. TIPOS DE NÚCLEOS

Existen dos métodos para tomar núcleos:

- Núcleos de fondo.
- Núcleos laterales (Pared del pozo).

La selección del método depende de varios factores, entre ellos:

- Profundidad del pozo.

⁵¹Hernández Segovia L.F. Análisis, integración e interpretación de las propiedades petrofísicas de rocas por medio de registros eléctricos, descripción de corazones y resultados de laboratorio básicos y especiales del campo escuela colorado. UIS. 2012. Pág. 39.

- Condiciones del agujero.
- Costo de la operación.
- Porcentaje de recuperación.

5.1. Núcleos convencionales:

Este se realiza una vez que se ha llegado a la profundidad deseada.

- Se baja el barril muestreo con la sarta de perforación y se inicia el corte del núcleo.
- A medida que la operación continúa, el núcleo cortado se mueve al barril interior.
- Cuando se tiene cortada la longitud programada, se reduce el peso sobre la corona, se aumentan las (rpm) y en algunas ocasiones, se detienen la circulación para desprender el núcleo.
- Por este método, se obtienen muestras cilíndricas de 9 m de largo y con diámetros que van de 23/8" a 36/16".
- Una vez en la superficie, el núcleo se recupera en el piso de perforación y el geólogo se encarga de guardarlo en forma orientada.
- Este método es adecuado cuando se tienen formaciones compactas.

5.2. Núcleos encamisados:

Si se desea tomar un núcleo en formaciones pobremente consolidadas utilizando la técnica convencional, la recuperación será muy baja, inferior al 10% de longitud. Es preferible encamisar un núcleo en formaciones suaves, quebradizas o semiconsolidadas. El método consiste en cubrir el núcleo a medida que se corta, con una camisa de neopreno o de fibra de vidrio. La consolidación artificial del núcleo se lleva a cabo congelándolo o inyectándole gel plástico. Posteriormente se trasporta al laboratorio para su análisis⁵².

5.3. Núcleos orientados

Una de las ventajas geológicas de los núcleos sobre los ripios es que se pueden identificar estructuras sedimentarias a gran escala. Los estratos, las fracturas y otras estructuras sedimentarias o diagenéticas pueden evaluarse. Cuando se

⁵²Hernández Segovia L.F. Análisis, integración e interpretación de las propiedades petrofísicas de rocas por medio de registros eléctricos, descripción de corazones y resultados de laboratorio básicos y especiales del campo escuela colorado.UIS. 2012. Pág. 41.

desconoce la orientación horizontal del barril, el buzamiento, y los depósitos verdaderos no se pueden estimar⁵³.

5.4. Núcleos de pared

Esta técnica se utiliza para recuperar pequeñas muestras tras las formaciones ya perforadas a una profundidad determinada. La pistola se baja con cable y se disparan las cámaras de recuperación.

Cada herramienta puede recuperar un promedio de 30 a 50 muestras a diferentes profundidades y paredes del agujero. Por lo general, esta técnica se aplica una vez analizados los registros.

El costo es bastante inferior. Las mediciones realizadas a los núcleos, también pueden efectuarse a las muestras de pared⁵⁴.

6. MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS EN LA CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE NÚCLEOS.

6.1. Selección de muestras

La descripción macroscópica general de los núcleos se realiza considerando: color, lustre, reacción al HCl, textura, tamaño de fragmentos, tamaño de granos (si son macroscópicos), tipo de matriz, descripción de aspectos relevantes como pueden ser la presencia de estilolitos, macrofósiles, fallas, fracturas etc. Ver FIGURA 47.

⁵³Ibíd. Pág. 41.

⁵⁴Ibíd. Pág. 41.

Figura 47. Proceso de separación de muestras de Núcleo.



Fuente: <http://www.pacificrimelsalvador.com/s/Descripcion.asp>

6.2. Corte y preparación de muestras

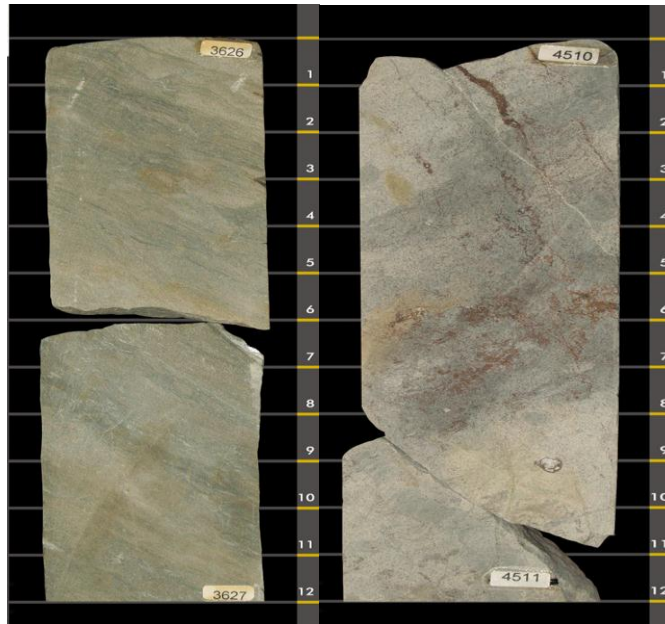
Cortes longitudinales. Estos cortes se realizan a un tercio del diámetro del núcleo. De este corte, se preparan láminas delgadas y superficies pulidas para llevar a cabo observaciones en el microscopio petrográfico. La parte restante del núcleo (2/3) se emplea para la descripción granulométrica, descripción megascópica y cuantificación de fracturas. Los recortes sobrantes de los cilindros completos y demás fragmentos se seleccionan para los estudios por difracción de rayos-X y microscopía electrónica. Ver FIGURA 48 y FIGURA 49.

Figura 48. Preparación de muestra de núcleo para sesgado longitudinal.



Fuente: Autor.

Figura 49. Corte longitudinal del núcleo.



Fuente: Descripción de núcleos y secciones delgadas. Campo Escuela Colorado. UIS.

6.3. Petrografía sedimentaria

La petrografía sedimentaria incluye la composición mineralógica, el origen de sedimentos y de clastos; así como la secuencia de eventos diagenéticos ocurridos. El estudio petrográfico de láminas delgadas constituye la base de la investigación de rocas sedimentarias, siliciclásticas, volcánicas, carbonatadas y evaporíticas.

6.4. Difracción de rayos X

La difracción de rayos-X es un método instrumental particularmente útil en el análisis de material cristalino de grano muy fino. Existe una variedad de aplicaciones para caracterizar los componentes de los sedimentos. Entre ellas se puede mencionar el análisis de roca total (donde es posible no detectar la presencia de minerales que están en muy baja proporción y que pueden encontrarse debajo del límite de detección para ese mineral). También se puede

realizar el análisis de la fracción arcillosa presente en la roca total, determinar el grado de cristalinidad en illitas, al igual que el contenido de Fe y Mg en cloritas.

6.5. Microscópio electrónico de barrido (SEM)

Brinda la posibilidad de tener una resolución excelente a grandes aumentos sin destruir la muestra; como es el caso de las preparaciones para estudios petrográficos, donde al desbastar la superficie de la muestra se pierden rasgos importantes de la misma. La principal contribución del SEM en sedimentología es en el campo de la diagénesis, donde la textura de la roca, poros y el material que rellena los poros pueden ser examinados sin destruir la superficie de la muestra. Otras aplicaciones son: la identificación de minerales por su morfología, diferenciación entre una matriz y un cemento, recubrimiento de granos etc.

6.6. Análisis de fracturas

El análisis de fracturamiento constituye una valiosa herramienta, el estudio se realiza en cortes longitudinales de los núcleos con un grosor de 1/3 del diámetro total del núcleo, éstos son pulidos con abrasivos muy finos. Finalmente, se realiza un pulido a espejo con cada muestra. El procesamiento digital consiste en reproducir la superficie pulida de cada muestra con un scanner a 1400 dpi a color. Se calibra la imagen de cada muestra, se cuantifican áreas, longitudes e intersecciones mediante el programa elaborado para tal fin. El resultado se presenta en un formato digital que incluye datos de identificación de la muestra y un resumen que incluye: área de la muestra, área de hoquedades, área de fracturas, número total de fracturas, número de intersecciones, número de fracturas por área, número de intersecciones por fractura y número de intersecciones por área.

7. DESCRIPCIÓN DEL NUCLEO

En la descripción macroscópica de las características sedimentológicas de una roca determinada, se tiene en cuenta una serie de aspectos tales como la composición mineralógica, la estructura y textura de la roca, a su vez se observa con claridad la granulometría de la roca.

Las muestras macroscópicas como lo son los núcleos de perforación, se clasifican utilizando los conceptos de descripción textural, estructural y composicional propuestos en los laboratorios anteriores (Laboratorio 1a, 1b y 1c), por lo tanto se recomienda volver a repasar los conceptos.

El análisis textural permite realizar una descripción de rocas sedimentarias con lo cual se identifican facies y características ambientales. En la descripción composicional se da un estimado del contenido de minerales, cemento y matriz para cada uno de los intervalos de interés, buscando realizar el mayor detalle posible para cada uno de los corazones⁵⁵.

Descripción:

1. Tome los núcleos de base a techo y obsérvelos con ayuda de la lupa de mano, si es necesario humedezca el núcleo para observar mejor, es importante escribir en orden la información recolectada, en el formato anexo y establecer una escala vertical.
2. Determine la litología, utilice las convenciones utilizadas para hacer la columna o secuencia litológica.
3. Para establecer si es grava, lodo, arena (tamaño de grano): Utilice el diagrama triangular para la clasificación textural, particularmente de tamaño de grano, de rocas siliciclasticas.

⁵⁵Castillo Martínez A. Ríos Sierra J.L. caracterización petrofísica a partir de núcleos de perforación y registros de pozo para las areniscas de la formación mugrosa del campo colorado bloques I y II. 2008. Pág.52.

4. También es importante analizar la forma de los granos y la relación entre ellos, ya que esto nos da una idea sobre la historia de deposición de la roca. En la determinación de la forma de la partícula utilice los criterios de redondez y esfericidad.
5. Es necesario hacer la descripción del calibrado , ya que esto es un reflejo de la energía de un medio y su capacidad para seleccionar los tamaños de las partículas que transporta y que deposita, también se puede establecer las fracciones de arena y grava, utilice las imágenes de calibrado de pettijhon.
6. En la descripción de los núcleos es importante analizar la fábrica, para esto tenga en cuenta el concepto de armazón (cambios en el tamaño de grano: selección), matriz (material en suspensión: limo, arcilla) y cemento.
7. Identifique las estructuras sedimentarias presentes, laminaciones o estratificaciones que se observen en el núcleo y la bioperturbación.
8. Determine la **saturación** de aceite o gas: analice si hay presencia de petróleo o gas en un núcleo, es muy importante a la hora de hacer una descripción. Igualmente es importante determinar la **porosidad** si es mala, regular o buena.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Utilizando el formato propuesto para descripción de núcleos ANEXO 16, establezca una escala vertical y describa las características mencionadas anteriormente, utilice las convenciones de la TABLA 15 para llenar el formato, en resumen las características son:

TABLA 14. Convenciones para llenar el formato propuesto: descripción de núcleos.

| CONVENCIONES | | |
|------------------|--------------|-------------|
| MATRIZ Y CEMENTO | SATURACIÓN | SELECCIÓN |
| E: ESCASA | M: MUY BUENA | N: NULA |
| M: MEDIO | R: REGULAR | M: MODERADA |
| A: ALTO | B: BUENA | B: BUENA |

Fuente: Autor.

- Litología
 - Aglutinante: matriz o cemento. Escaso, medio, alto, muy alto.
 - Porosidad: mala, regular, buena.
 - Saturación: mala, regular, buena.
 - Estructuras sedimentarias. Representación. (*Convenciones del laboratorio 1c*)
2. Definir unidades litoestratigráficas, indicando sus características.
 3. Definir facies y hacer una descripción de cada una de ellas. Definir asociaciones de facies y su significado ambiental. Ya que mediante la interpretación de estas se puede hacer una interpretación del ambiente de depositación.
 4. Plantee ambientes de sedimentación mencionando, las características de cada uno y los criterios utilizados para definirlos.
 5. Elabore una interpretación sedimentológica incluyendo la historia de depositación para secuencia de roca estudiada.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. Investigue cuál es la asociación de facies características de un ambiente fluvial.

2. Investigue cuál es la asociación de facies características de un ambiente deltaico.
3. ¿Cuáles tipos de rocas presentan problemas durante la perforación. Indique que tipo de problemas?
4. ¿Para qué se hacen estudios petrográficos de los núcleos?
5. ¿Para qué se hacen estudios de arcillosidad en los núcleos?
6. ¿Qué características se toman en cuenta para el estudio de fracturas en los núcleos?
7. ¿En qué casos se toman núcleos de pared y que utilidad tienen?
8. ¿Cómo se colocan los núcleos en su verdadera profundidad?
9. ¿En qué consiste un gráfico registro – roca y que utilidad tiene. Es normal que en un yacimiento se tengan la mayoría de los pozos con núcleos. O que situaciones se pueden presentar?

ANEXO 16. Formato propuesto para la descripción de núcleos.

| PROF | LITOLOGIA | AGLUTINANTE | | POROSIDAD LIBRE | SATURACION DE ACEITE | ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS | TRACCION | | | SALT | | SUSP ENSI | ROCAS CALCARIAS | | | | SELECCIÓN | UNIDADES | FACIES | AMBIENTE | OBSERVACIONES | |
|------|-----------|-------------|----------|-----------------|----------------------|---------------------------|----------|----|-------|------|---|-----------|-----------------|----|----|----|-----------|----------|--------|----------|---------------|----|
| | | MAT RIZ | CEMEN TO | | | | GRAVA | | ARENA | | | | LODO | MU | GR | PS | | | | | | VA |
| | | | | | | | GJ | GN | MG | G | M | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Autor.

BIBLIOGRAFIA

CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

CASTILLA MARTINEZ. A. RIOS SIERRA. J.R. Caracterización petrofísica a partir de perforación y registros de pozo para las areniscas de la formación mugrosa del campo colorado bloques I y II. Trabajo de grado. UIS. 2008.

GARCIA MANTILLA. J.A. FONSECA SALAS. C.A. Modelo sedimentológico y estratigráfico de la formación mugrosa en el campo escuela-colorado. UIS. 2009.

GONZÁLES GARCÍA A.Y. RIZALEZ R. ANYELA. M. Caracterización de las arcillas cementantes de las arenas productoras pertenecientes al campo el roble del distrito gas anaco. Proyecto de grado. Universidad del oriente.

HERNÁNDEZ SEGOVIA L.F. Análisis, integración e interpretación de las propiedades petrofísicas de rocas por medio de registros eléctricos, descripción de corazones y resultados de laboratorio básicos y especiales del campo escuela colorado. Trabajo de grado. UIS. 2012.

MIER UMAÑA RICARDO. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

RIZALES RIZALES. A.M. GONZALES GARCIA. A.Y. Caracterización geoquímica de las arcillas cementales de las arenas productoras pertenecientes al campo el roble del distrito gas anaco. Trabajo de grado. Universidad del oriente. 2011.

RAMIREZ ROJAS WILMAN ROLANDO. Caracterización petrofísica y mineralógica preliminar de facies arenosas y lodosas de la formación mugrosa (pozos: 11, 21, 26 y 27) en el sector del campo escuela colorado, cuenca del valle medio del magdalena, departamento de Santander, Colombia. Trabajo de grado. UIS. 2010.

Núcleos de perforación. (Documento virtual).
[//es.scribd.com/doc/60214999/NUCLEOS](https://es.scribd.com/doc/60214999/NUCLEOS).

Proceso de separación de muestras de núcleo. (Documento virtual).
[//www.pacificrimelsalvador.com/s/Descripcion.asp](http://www.pacificrimelsalvador.com/s/Descripcion.asp).

Tipos de procedimientos en los análisis de núcleos. (Documento virtual).
[//www.lacomunidadpetrolera.com](http://www.lacomunidadpetrolera.com).

LABORATORIO N° 4: REGISTROS DE POZOS

OBJETIVOS

- ✓ Identificar las diferentes zonas formadas durante el proceso de invasión.
- ✓ Conocer cuáles son los principales tipos de registros o perfiles de pozo utilizados en las etapas de exploración y desarrollo de un campo petrolífero.
- ✓ Conocer las relaciones útiles para identificar tipos de rocas y fluidos.
- ✓ Establecer los diferentes tipos de electrofacies y su utilidad.

INTRODUCCIÓN

Los registros de pozo proveen información indirecta sobre propiedades de rocas y fluidos en el subsuelo, son herramientas cuya integración con otros datos es muy importante. Además su interpretación permite determinar parámetros que son de fundamental importancia para la estimación de reservas, entre otras aplicaciones.

La importancia de los perfiles de pozo y el tipo de perfil tomado en las diferentes etapas de exploración o desarrollo de un campo petrolífero, comprenden una característica u objetivo al cual la industria apunta, como lo puede ser, el establecer cuantitativamente la cantidad de aceite que existe en la región, o la potencia de los niveles de rocas almacenadoras y la cantidad de fluidos asociados.

En la actualidad, los registros de pozos han sido mejorados utilizando los diversos avances tecnológicos en el campo de la informática, de las técnicas de detección nuclear, etc. Este desarrollo de la tecnología permite tener una mayor información de la formación rocosa adyacente al pozo, facilitando la interpretación u obtención de diversos parámetros físicos y geológicos. En la industria hoy en día son usados para hacer interpretaciones indirectas, algunos registros miden propiedades; como la variación de temperatura, flujo de gas y petróleo, dirección de planos de fractura y hasta la calidad del revestimiento de la pared del pozo.

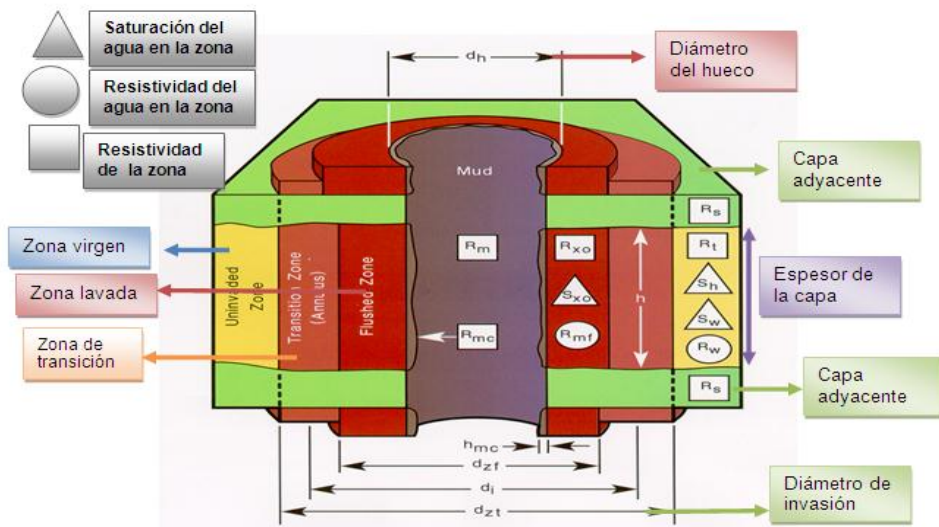
MARCO TEÓRICO

Los registros eléctricos son considerados métodos indirectos para determinar parámetros que permitan evaluar la formación petrolífera. Para evaluar un reservorio se requiere conocer los siguientes parámetros: porosidad, saturación de hidrocarburos, espesor de la capa y su permeabilidad, los cuales pueden ser deducidos de perfiles eléctricos, nucleares y acústicos⁵⁶.

De los parámetros obtenidos directamente de los perfiles, el de resistividad **R**, es esencial para determinar las saturaciones **S**. Se utilizan medidas de R, individuales o combinadas para conocer la resistividad de la zona no invadida **R_t**. También se puede calcular la R de la zona cercana a la pared del pozo, donde el filtrado de lodo ha reemplazado gran parte de los fluidos originales o zona lavada **R_{xo}**. FIGURA 50.

Los datos de R, porosidad y resistividad del agua de formación **R_w**, se utilizan para calcular valores de saturación agua **S_w** y con datos de saturación, se evalúan las posibilidades de la formación sea productora o saturación de petróleo **S_o**. La permeabilidad, solo puede ser estimada mediante relaciones empíricas y en este caso solo debe ser considerada para obtener un orden de magnitud.

Figura 50. Esquema de las diferentes zonas formadas durante el proceso de invasión.



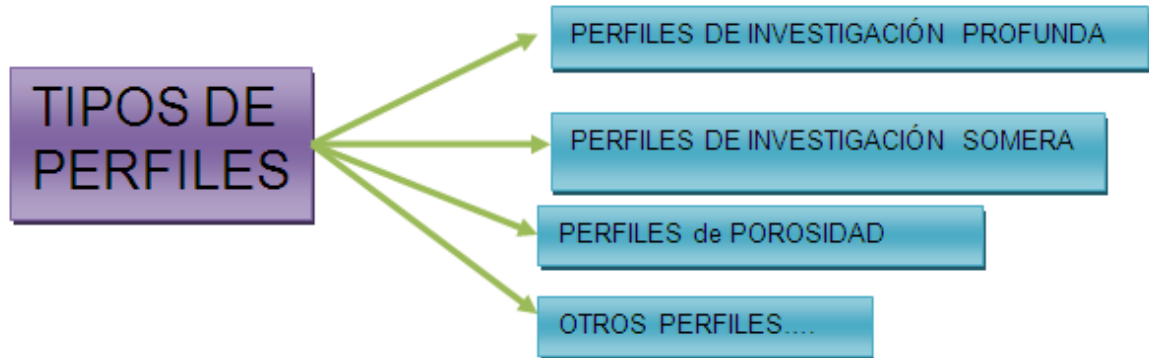
Fuente: Mier Ricardo. Diapositivas de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS. Modificado.

⁵⁶Mier. Umaña. R. introducción al perfilaje de pozos. UIS. 1997.

1. TIPOS DE PERFILES

Los siguientes son los principales tipos de perfiles, los cuales se encuentran resumidos en la FIGURA 51.

Figura 51. Tipos de perfiles, los perfiles se pueden agrupar en cuatro categorías.



Fuente: Autor.

1.1. Perfiles de Investigación Profunda. Miden Rt

1.1.1. Potencial espontaneo o SP.

1.1.2. Perfiles convencionales de Resistividad.

1.1.2.1. Dispositivo normal: normal corta (SN) y normal larga (NL)

1.1.2.2. Dispositivo lateral

1.2. Perfiles con electrodos enfocados o lateroperfiles.

1.2.1. Lateroperfil-3. Para capas delgadas.

1.2.2. Lateroperfil-7. Para capas menos delgadas.

1.2.3. Lateroperfil-8. Para cualquier condición de pozo.

1.2.4. Doble lateroperfil. Sin efecto en la zona invadida.

1.2.5. Perfil de enfoque esférico. Mayor resolución.

1.3. Perfiles de inducción. No afectados por la invasión.

1.3.1. Perfil inductivo eléctrico. Usado en fluidos no conductores.

1.3.2. Perfil de doble inducción. Para capas permeables.

1.4. Perfiles de Investigación somera (Perfiles Microresistivos).

Buena resolución vertical. Miden Rxo

- 1.4.1. Microperfil - Microcalibradores. En capas permeables.
- 1.4.2. Micro inversa. Lee la zona de revoque.
- 1.4.3. Micro normal. Lee la zona lavada.
- 1.4.4. Microlateroperfil. Sin efecto de revoque.
- 1.4.5. Perfil de proximidad. Sin el detalle del anterior pero más poderoso.
- 1.4.6. Perfil de enfoque microesférico. No requiere invasión de la zona profunda.

1.5. Perfiles de Porosidad

1.5.1. Perfil de densidad. Alta densidad indica baja porosidad.

1.5.2. Perfil Neutrónico. Alto neutrón indica baja porosidad.

1.5.2.1. Gamma – Neutron, GNT.

1.5.2.2. Side Wall Neutrón Porosity. SNP.

1.5.2.3. Composed Neutrón Log. CNL.

1.5.3. Perfil Sónico. BHC. Bajo delta T, baja porosidad.

1.6. Otros Perfiles

1.6.1. Perfil de Rayos Gamma.

1.6.2. Perfil de tiempo de degradación termal. TDT.

1.6.3. Dipmeter.

La interpretación de los registros es el proceso por el cual dichos parámetros medibles se traducen a los parámetros petrofísicos deseados de porosidad, saturación de hidrocarburos, permeabilidad, productividad, litología etc⁵⁷.

2. DESCRIPCION DE LOS REGISTROS

En este laboratorio se describirán algunos de los registros mencionados anteriormente, para después realizar una interpretación de los mismos.

⁵⁷Schlumberger. Principios/Aplicaciones de la interpretación de registros. Pág. 27.

2.1. CURVA DE POTENCIAL ESPONTANEO SP.

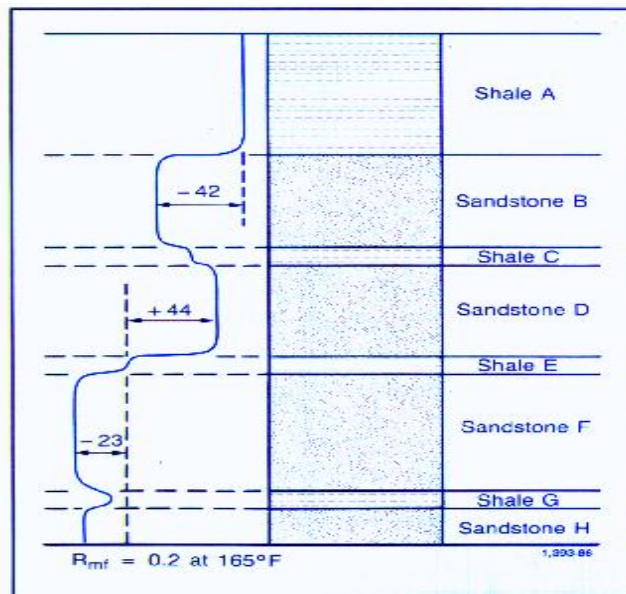
Esta curva representa el registro de un fenómeno físico natural que ocurre en las rocas de una formación. La curva SP registra la diferencia de potencial eléctrico (voltaje) producido por la interacción del agua de formación y el fluido de perforación⁵⁸.

Sus principales usos son:

1. Seleccionar zonas permeables, solo cualitativamente, no proporciona un valor de permeabilidad (k), ni compara permeabilidades.
2. Encontrar los límites entre capas y permitir correlacionarlas.
3. Determinar valores de la resistividad del agua de la formación (R_w).
4. Dar valores cualitativos del contenido arcilloso de una capa.

Es un registro de la diferencia de potencial entre un electrodo móvil en el pozo y un potencial fijo de un electrodo de superficie, en función de la profundidad. FIGURA 52. Su origen es el resultado del flujo de corrientes naturales existentes dentro del lodo en el pozo.

Figura 52. Imagen mostrando cómo se reconoce una sección de lutitas o shales.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

⁵⁸Ibíd. pág. 28.

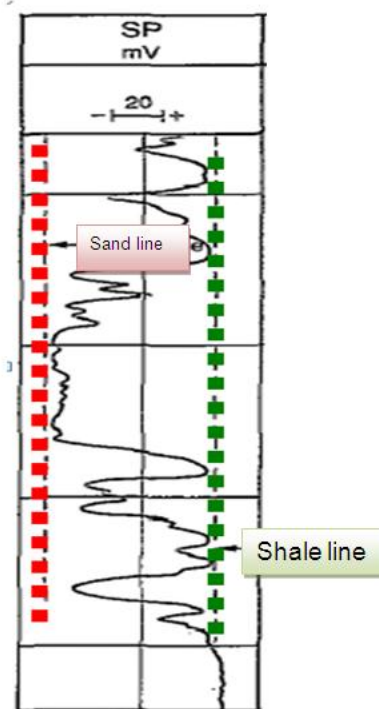
La curva del SP es medida en mili voltios (mv) y la escala aparece en el tope del registro. Es posible establecer en las curvas del SP, una línea base muy bien definida más o menos recta que corresponde a la sección de lutitas (shale) FIGURA 53. Este tipo de perfil no es posible registrarlo en pozos con lodos no conductores (base-aceite), pues estos lodos no permiten la generación de una corriente eléctrica natural que pueda registrarse.

Si el fluido de perforación es menos salino que el agua de formación la curva de SP se desplaza a la izquierda. Situación normal en los registros.

Si el fluido de perforación es más salino que el agua de formación la curva de SP se desplaza a la derecha.

La forma y la amplitud de la curva SP se utilizan para diferenciar las capas permeables de las arcillas o shales. Los cambios de pendientes de la curva se suceden en los límites entre las dos capas.

Figura 53. Ejemplo de un registro SP en una serie de lutitas y arenas.



Fuente: Marín. A., Plata. A., Suarez F. La curva de potencial espontáneo. UIS.

2.2. PERFILES CONVENCIONALES DE RESISTIVIDAD.

Los dispositivos utilizados para medir la resistividad de la formación, utilizan corriente continua conmutada, pulsatoria, o corriente alterna con el fin de evitar la polarización de los electrodos. La herramienta se debe correr en huecos con lodo base agua para que exista la conexión entre la roca y la herramienta, además estos registros traen dispositivos capaces de medir tanto en la zona lavada como en la zona virgen, para ello en la columna de la resistividad por lo general aparecen dos curvas con lecturas diferentes debido a que cada una pertenece a zonas diferentes dentro de la formación⁵⁹.

En este tipo de perfil se envía corriente a la formación a través de electrodos y se miden los potenciales eléctricos en otros. La medición de estos potenciales permite determinar los valores de resistividad, que indican la presencia de hidrocarburos o no. Para realizar la medición es necesario que el pozo esté lleno de un fluido conductor.

De acuerdo a la forma como se dispongan los electrodos, se presentan dos clases de arreglos llamados **normal y lateral**.

Curvas que presentan: en las curvas normales su principal característica es su simetría con respecto al centro de la capa. En las curvas laterales se presentan asimétricas.

La curva normal se divide en: la **normal corta y la normal larga**. Para la normal corta, el objetivo es la resistividad de la zona invadida R_{xo} . Para la normal larga es la resistividad en una zona intermedia entre la zona invadida y la zona virgen.

Utilizando ambas curvas normales en forma combinada, se pueden determinar valores aceptables de resistividad para cada zona y del diámetro de invasión usando cartas de interpretación⁶⁰.

La curva lateral fue diseñada para hacer una investigación profunda de las formaciones y por esto su objetivo es la resistividad real o verdadera de la formación.

⁵⁹Téllez. Romero W. D., Villarreal. Rueda. R. J. Determinación de potenciales de producción a partir de registros de pozo. aplicación campo colorado. UIS. 2008. pág. 40.

⁶⁰Mier. Umaña. R. Introducción al perfilaje de pozos. UIS. 1997. Pág. 21

En combinación con las curvas normales, se usa para determinar la resistividad de la zona invadida R_{xo} y el diámetro de invasión⁶¹.

La resistividad se mide en ohmio-m, siendo la R de las formaciones por lo general entre 0.2 y 1000 ohmio-m. TABLA 16.

Tabla 16. Valores De Resistividad Para Distintos Sustratos.

| Formación | Ohm-m |
|--|------------|
| Formación compacta | 1000-10000 |
| Areniscas y calizas conteniendo agua | 50-500 |
| Arenas y gravas conteniendo agua dulce | 30-300 |
| Agua potable | 10-100 |
| Arenas y gravas conteniendo agua salobre | 4-30 |
| Arcillas, lutitas | 2-10 |
| Lodo de perforación | 1-10 |
| Arenas y gravas conteniendo agua salada | 0.1- 4 |

Fuente: www.univalle.edu.co/~naturambiente/pregrado/aguas/CAP%CDTULO%20VI.doc.

⁶¹Ibíd. Pág. 21.

Para la lectura de la resistividad se interpreta en general de la siguiente manera:

- Un reservorio que contiene agua salada usualmente se reconoce por una resistividad profunda relativamente baja.
- Un reservorio que contiene hidrocarburos se reconoce por una resistividad profunda relativamente alta.

Los registros eléctricos son de gran utilidad porque permiten diferenciar entre petróleo y agua, tomando en cuenta que el agua salada presenta baja resistividad, mientras que el petróleo es altamente resistivo. FIGURA 54.

2.3. PERFILES DE POROSIDAD.

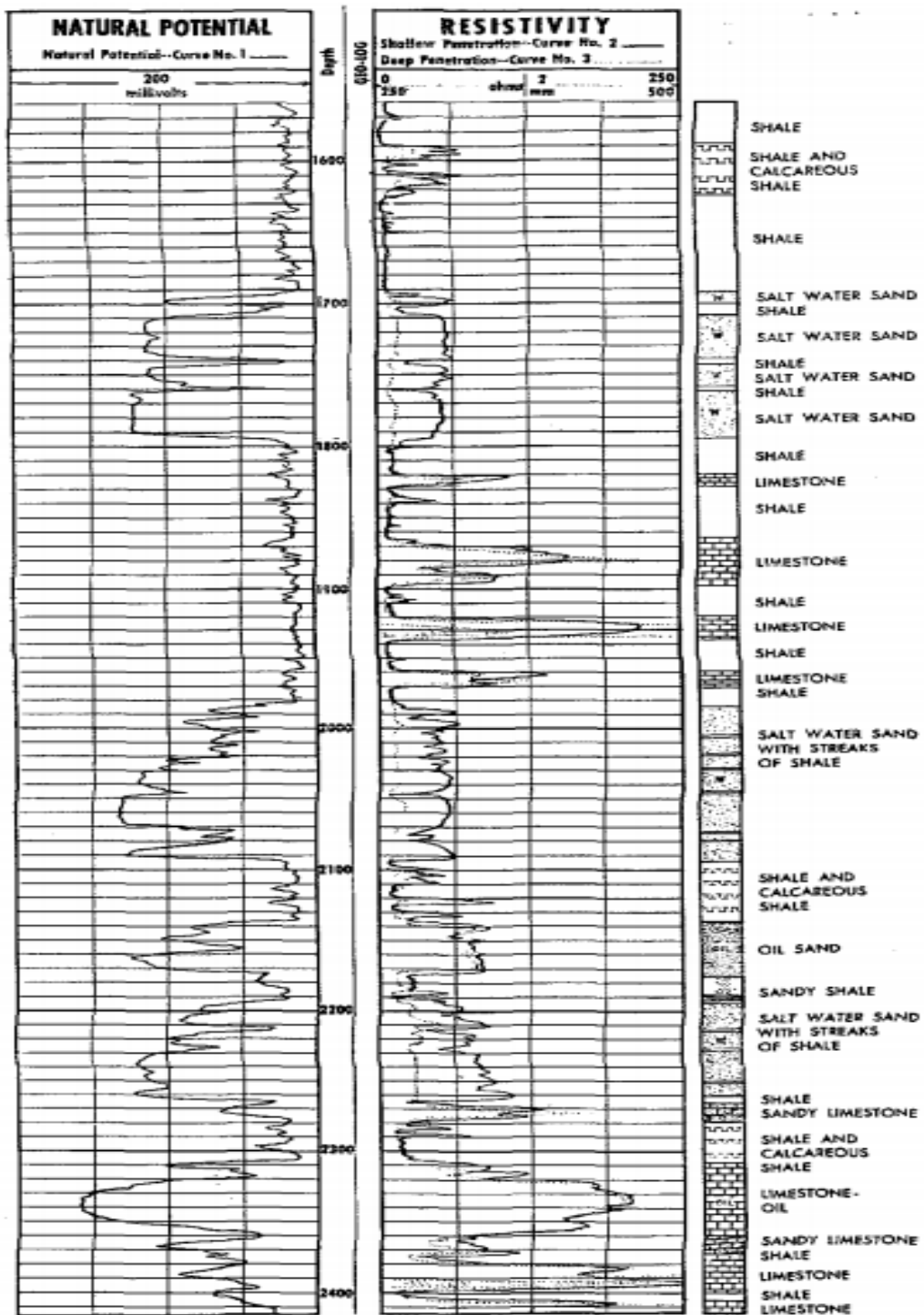
La porosidad de las rocas puede obtenerse a partir del registro sínico, el registro de densidad o el registro de neutrones. Todas estas herramientas ven afectada su respuesta por la porosidad, los fluidos y la matriz de la formación. Por lo tanto estos instrumentos se mencionan con frecuencia como registros de porosidad.

2.3.1. REGISTROS SÓNICOS.

Una herramienta sínica consiste de un transmisor que emite impulsos sínicos y un receptor que capta y registra los impulsos. El registro sínico es simplemente un registro en función del tiempo que requiere una onda sonora para atravesar un pie de formación, tiempo conocido como tiempo de tránsito, El tiempo de tránsito para una formación determinada depende de su litología y su porosidad, cuando se conoce la litología esta relación con la porosidad hace que el registro sínico sea muy útil como registro de porosidad⁶².

⁶²Schlumberger. Principios/Aplicaciones de la interpretación de registros. Pág. 43.

Figura 54. Imagen mostrando un típico registro eléctrico mostrando la respuesta del registro a la formación característica y la forma de presentación.



Fuente: John C. Stick, JR. Electrical logging of oil Wells. Pág. 13.

Existen herramientas como el BHC o registro sónico compensado, el LLS o registro sónico de espaciamiento largo y la herramienta Array-Sonic.

2.3.1.1. Aplicaciones:

- Determinar porosidad y litología, en conjunto con otras herramientas (nucleares).
- Determinar las propiedades mecánicas de la formación.
- Identificar zonas sobrepresionadas, y determinar la magnitud de la sobrepresión.
- Evaluar fracturas, y en condiciones favorables, permeabilidad, a partir de la atenuación de la energía acústica.
- En zonas de porosidad alta, en sistemas agua-aceite de gravedad API media a alta, puede servir para monitoreo de fluidos.
- Combinados con los registros de densidad sirven para generar trazas sísmicas o sismogramas sintéticos.

2.3.1.2. Velocidades sísmicas en las formaciones:

En formaciones sedimentarias, la velocidad del sonido depende entre otros parámetros del material de la matriz de roca (arenisca, caliza, dolomita...) y de la distribución de porosidad en la roca. En la TABLA 17 se presentan los rangos de valores de la velocidad sísmica y del tiempo de tránsito para matrices de rocas y revestimientos comunes.

La porosidad disminuye la velocidad del sonido a través del material de la roca y al mismo tiempo aumenta el tiempo de tránsito.

Tabla 17. Se presentan los rangos de valores de la velocidad sísmica y del tiempo de tránsito para matrices de rocas y revestimientos comunes.

| | V m/a (pies/seg) | Δt m/a (μ seg/pie) | Δt m/a (μ seg/pie) más usado |
|------------------|------------------|---------------------------------|---|
| Areniscas | 18.000-19.500 | 55.5- 51.0 | 55.5- 51.0 |
| Calizas | 21.000-23.000 | 47.6-43.5 | 47.5 |
| Dolomitas | 23.000 | 43.5 | 43.5 |
| Anhidritas | 20.000 | 50.0 | 50.0 |
| Sal | 15.000 | 66.7 | 67.0 |
| Tubería (hierro) | 17.500 | 57.0 | 57.0 |

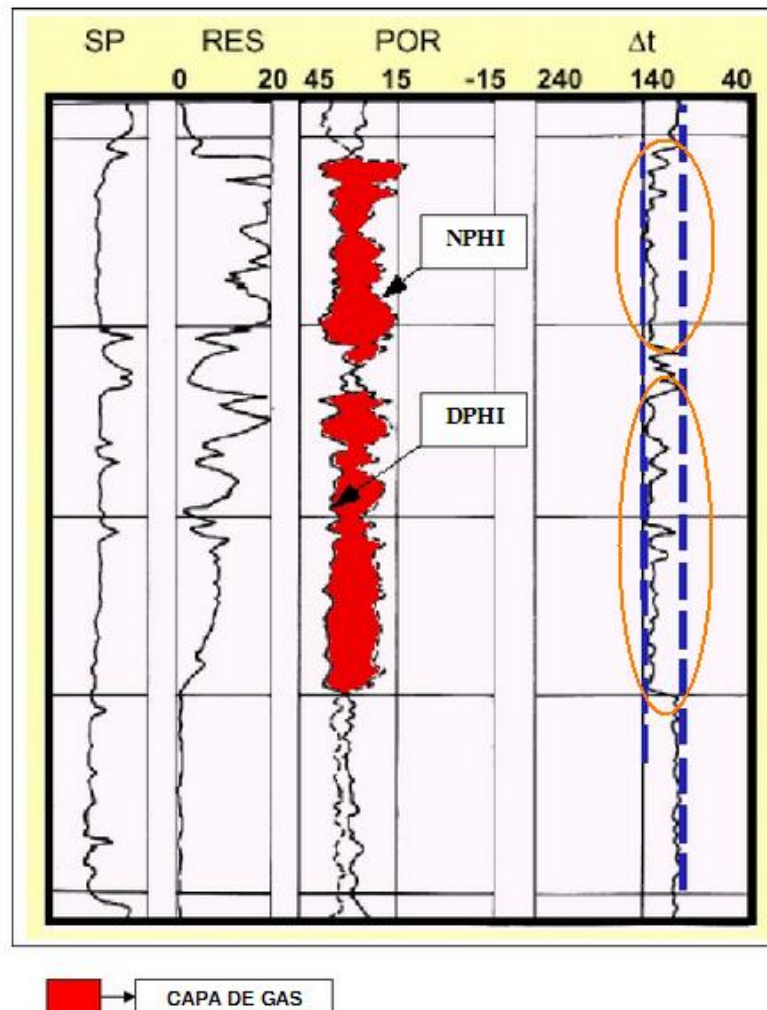
Fuente: Schlumberger. Principios/aplicaciones de la interpretación de registros. Modificado.

La porosidad calculada en base al registro acústico generalmente se compara con la obtenida mediante el registro de densidad, a fin de tener una estimación de la porosidad secundaria o del volumen de lutitas.

2.3.1.3. Efecto del gas en el perfil sónico:

Si la formación se encuentra saturada de gas, el tiempo de tránsito Δt de la formación será mayor, debido a que la densidad del gas es menor que la de otros fluidos, por lo tanto la curva se desviará hacia la izquierda FIGURA 55.

Figura 55. Imagen mostrando cómo se comporta la curva del registro sónico cuando hay presencia de gas.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos>.

2.4. REGISTRO NEUTRÓNICO

Los perfiles neutrónicos son usados principalmente para ubicar formaciones porosas. Dichos registros responden principalmente a la cantidad de hidrógeno presente en la formación. Así, en formaciones limpias, es decir, con poca presencia de arcillas, cuando los poros están llenos de agua o petróleo, el perfil neutrónico da el valor del espacio poroso lleno de fluido⁶³. El registro neutrónico no diferencia entre el hidrogeno presente en los fluidos del espacio poroso, o el agua adherida a los granos.

En formaciones limpias (acuíferas o petroleras) la lectura del neutrón proporciona una lectura aproximada de la porosidad, por lo cual al combinar esta herramienta con otra de porosidad y con las debidas correcciones, se puede obtener una lectura confiable de la porosidad de la formación.

2.4.1. Tipo de fluido:

- Agua: Fresca: sin efecto en la porosidad neutrón.
- Agua Salina: baja la porosidad del neutrón.
- Petróleo: poco o nada de efecto en la porosidad neutrón.
- Gas: muy baja la porosidad neutrón.

2.4.2. Aplicaciones:

- Determinar porosidad.
- Identificar zonas con gas en combinación con el registro de densidad.
- Determinar el volumen de shale en combinación con el registro de densidad.
- Identificar litologías complejas en combinación con el registro de densidad y con el registro sísmico.

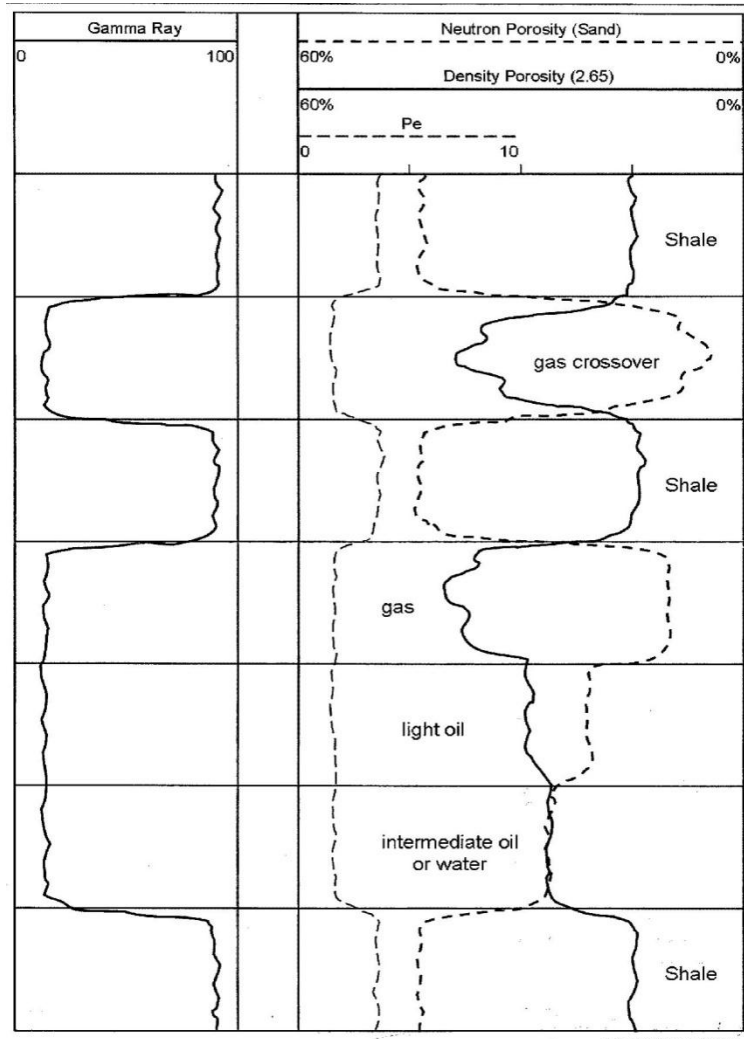
Se trabajan 3 tipos de herramientas principales para este tipo de registro: Series GNT, SNP (Sidewall Neutron Porosity) y CNL (Compensated Neutron Log).

2.4.3. Respuesta a los hidrocarburos: los hidrocarburos tienen índices de hidrogeno cercanos al agua. Por lo tanto la presencia de crudo no afecta la porosidad neutrónica. Sin embargo, el gas generalmente tiene una concentración de hidrogeno considerablemente más baja que varía con la temperatura y la presión. Por lo tanto, cuando el gas está presente a una distancia suficiente del

⁶³Schlumberger. Principios/Aplicaciones de la interpretación de registros. Pág. 59.

agujero para estar dentro de la zona de investigación de la herramienta, el registro de neutrones lee una porosidad muy baja. Por lo tanto este registro puede detectar zonas de gas e identificar contactos gas/líquidos⁶⁴. FIGURA 56.

Figura 56. Imagen mostrando cómo se comporta la curva del registro neutrónico.



Fuente: [http://www.epgeology.com/acronym/943/Neutron-Porosity\(NPHI\).html](http://www.epgeology.com/acronym/943/Neutron-Porosity(NPHI).html)

⁶⁴Schlumberger. Principios/Aplicaciones de la interpretación de registros. Pág. 63.

2.5. REGISTRO DE DENSIDAD

Los registros de densidad se usan principalmente como registros de porosidad. Otros usos incluyen identificación de minerales en depósitos de evaporitas, detección de gas, determinación de la densidad de hidrocarburos, evaluación de arenas con arcilla y de litologías complejas, determinación de producción de lutitas con contenido de aceite, cálculo de presión de sobrecarga y propiedades mecánicas de las rocas⁶⁵.

Se utiliza una herramienta que se compensa automáticamente y por esto se llama perfil de densidad de formación compensado FDC. Sirve para estimar la densidad del sistema roca-fluido (RHOB) que posteriormente servirá para calcular la porosidad por densidad (DPHI). En general si el registro de densidad es bajo indica alta porosidad y si es alto indica baja porosidad.

2.5.1. Aplicaciones:

- Determinación de la porosidad
- Evaluación de arenas arcillosas
- Identificación de minerales en depósitos evaporíticos
- Detección de gas
- Determinación de la densidad de los hidrocarburos

Es de relativamente poca profundidad de investigación y con una resolución vertical de 3 pies aproximadamente. La medición se efectúa mediante un patín que se apoya en la pared del pozo, del cual se emite radiación gamma y tiene dos detectores que compensan por las condiciones del pozo. En las formaciones de baja densidad (alta porosidad) se leen más conteos de rayos gamma. En la medida que la densidad se incrementa (porosidad decrece), menos conteos de rayos gamma pueden ser detectados. Se usa principalmente como registro de porosidad total.

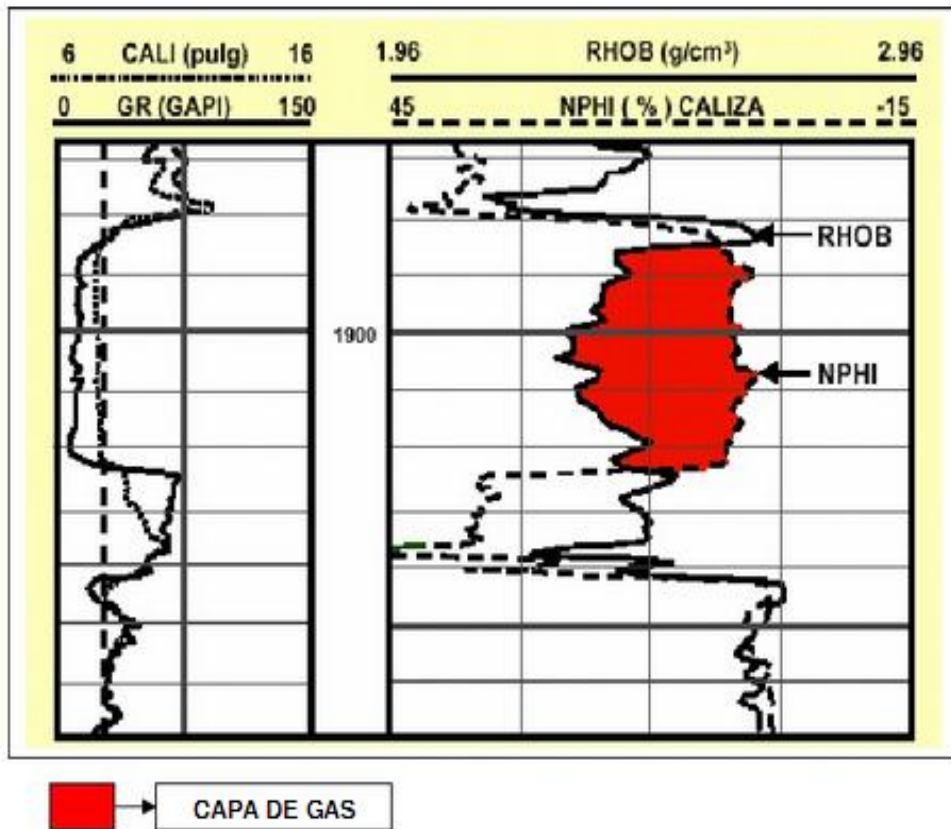
2.5.2. Efecto del gas en los perfiles neutrónico y densidad:

Si la formación se encuentra saturada de gas, las medidas de densidad (RHOB) serán bajas, debido a que una formación saturada de gas presenta densidades electrónicas menores que cuando se encuentra saturada de agua. Por lo tanto la curva se desviará hacia la izquierda. Igualmente las mediciones de la

⁶⁵Ibíd. Pág. 51.

herramienta neutrónica (NPHI) serán bajas, debido a que una formación saturada de agua presenta porosidades neutrónicas menores que cuando se encuentra saturada de gas. Por lo tanto la curva se desviara fuertemente hacia la derecha. FIGURA 57.

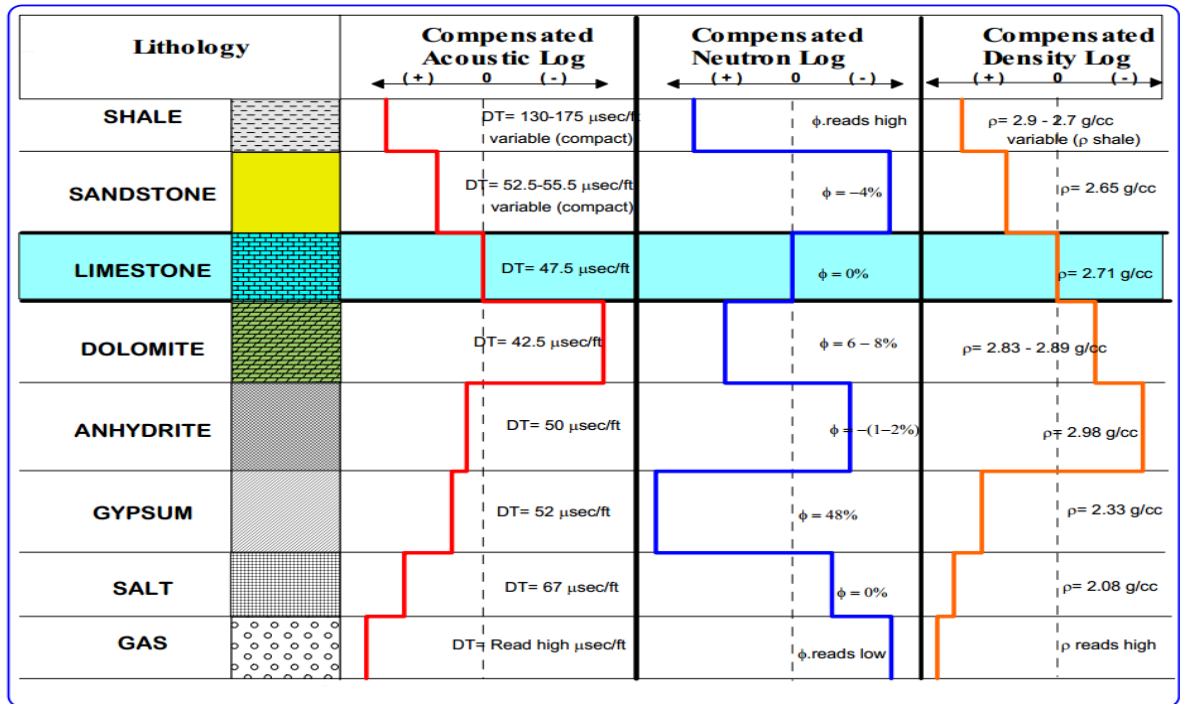
Figura 57. Imagen mostrando el comportamiento de los registros neutrónico y densidad cuando se encuentra una capa de gas.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos>.

En la FIGURA 58, se presenta un cuadro resumen donde se muestra el comportamiento de las curvas de los registros: sónico, densidad y neutrón, frente a diferentes litologías.

Figura 58. Resumen del comportamiento de los registros de porosidad frente a litologías características.



Fuente: <http://geojager.tripod.com/loginter.pdf>.

2.6. REGISTRO DE RAYOS GAMMA (GR)

El registro de GR es una medición de la **radioactividad natural de las rocas**. El uranio, potasio y el torio son los elementos más comunes cuyos rayos emitidos son detectados por la herramienta. FIGURA 59.

En las formaciones sedimentarias el registro normalmente refleja el contenido de arcilla de las formaciones porque los elementos radioactivos tienden a concentrarse en arcillas y lutitas. El dispositivo de GR fue diseñado para diferenciar la lutita de otras litologías. Así mismo el GR puede tener más colisiones por unidad de distancia en un material de alta densidad que en uno de baja densidad.

Las formaciones limpias generalmente tienen un nivel muy bajo de radioactividad, a menos que contaminantes radioactivos como cenizas volcánicas o residuos de granito con minerales radioactivos estén presentes o que las aguas de formación contengan sales radioactivas disueltas⁶⁶.

El registro de GR puede ser corrido en pozos entubado o abierto. Con frecuencia se usa para complementar el registro SP y como sustituto para la curva SP en pozos perforados con lodo salado, aire o lodos a base de aceite. Es útil para la localización de capas con y sin arcilla y, lo más importante, para la correlación general⁶⁷.

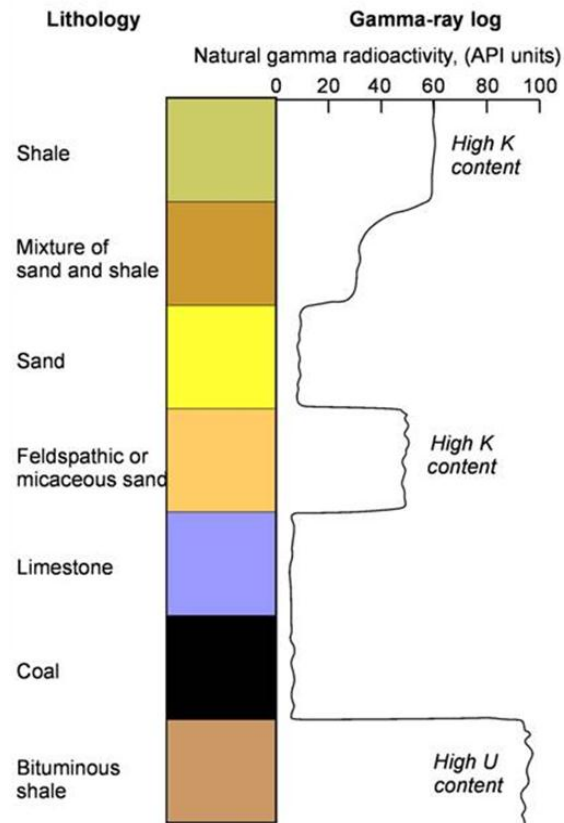
Uranio por lo general indica un material de origen orgánico, los como organismos son muy buenos para concentrar y almacenar uranio. Los iones de uranio son solubles o insolubles dependiendo de su estado de oxidación. En la FIGURA 10 se observa el comportamiento del gamma ray frente a litologías con altos contenidos de uranio y potasio.

La curva del GR tiene una escala definida en rayos gamma API hacia el extremo izquierdo se encuentran las zonas permeables y hacia el extremo derecho las lutitas y shales. FIGURA 60.

⁶⁶Schlumberger. Principios/Aplicaciones de la interpretación de registros. Pág. 34.

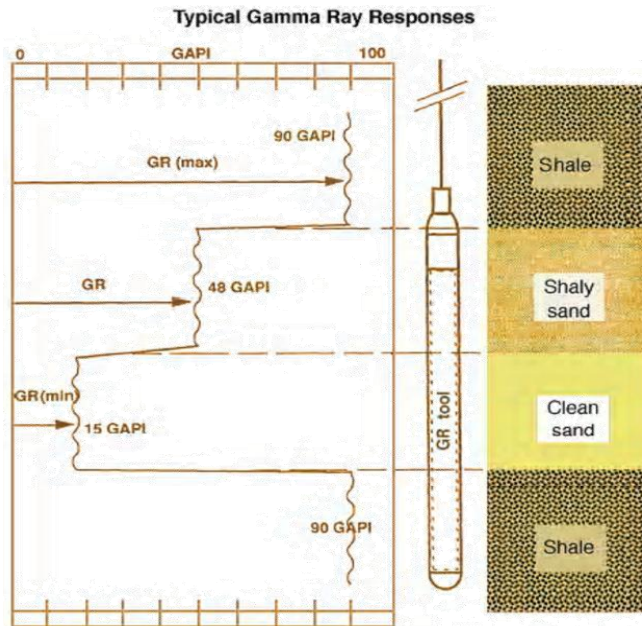
⁶⁷Ibíd. Pág. 34.

Figura 59. Imagen mostrando el comportamiento típico de la curva de un registro gamma ray frente a litologías características, que presentan alto contenido de uranio y potasio.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: registros de pozo. Escuela de geología. UIS.

Figura 60. Imagen mostrando el comportamiento típico de la curva de un registro gamma ray frente a litologías características.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: registros de pozo. Escuela de geología. UIS.

Para tener una mejor idea de la respuesta que presentan los principales tipos de registros con respecto a la litología y a los fluidos presentes, se anexa una tabla resumen. ANEXO17.

3. ELECTROFACIES

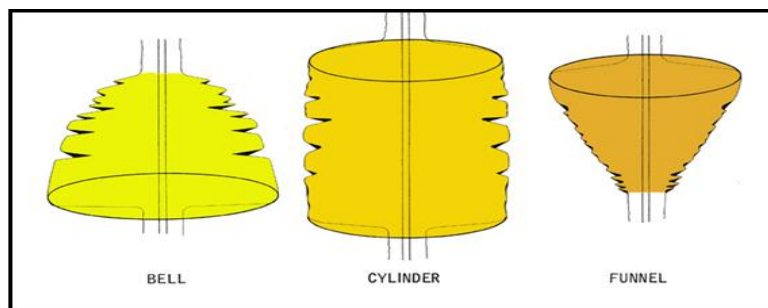
3.1. RELACIONES ENTRE LOS PERFILES Y LAS FACIES DE ROCAS SILICICLASTICAS.

Las electrofacies es el conjunto de respuesta de las diagráfías, también llamadas perfiles de testificación geofísica o logs que caracterizan un estrato y permiten que este pueda ser diferenciado de los otros que lo rodean. Esta definición es equivalente al concepto de facies sedimentarias.

Para obtener un mejor conocimiento de un yacimiento, es posible relacionar los paleo ambientes de depositación y las variaciones en el tamaño de grano con la forma de las curvas de los registros SP o GAMMA RAY.

En general en los registros, las variaciones en el tamaño de grano se pueden clasificar dentro de los siguientes tres tipos: 1) EMBUDO, 2) CAMPANA, 3) CILINDRO. FIGURA 61.

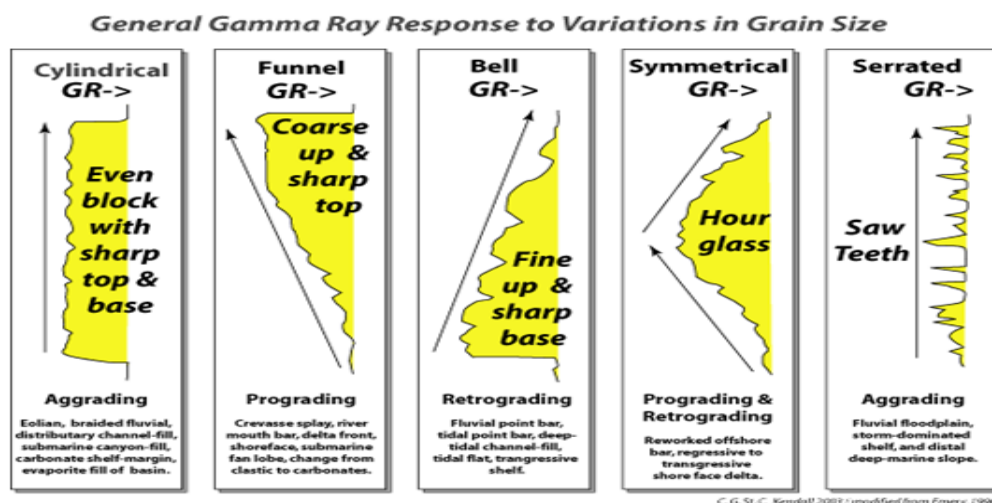
Figura 61. Imagen mostrando la clasificación de las electrofacies según la respuesta de los perfiles.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: registros de pozo. Escuela de geología. UIS.

En la FIGURA 62 se observa la respuesta del registro gamma ray con respecto a las variaciones en el tamaño de grano y el ambiente de sedimentación al cual pertenecen.

Figura 62. Imagen respuesta del registro gamma ray con respecto a las variaciones en el tamaño de grano.



Fuente: <http://www.slideshare.net/jchilon/modelo-sedimentologico-estratigrafico>.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

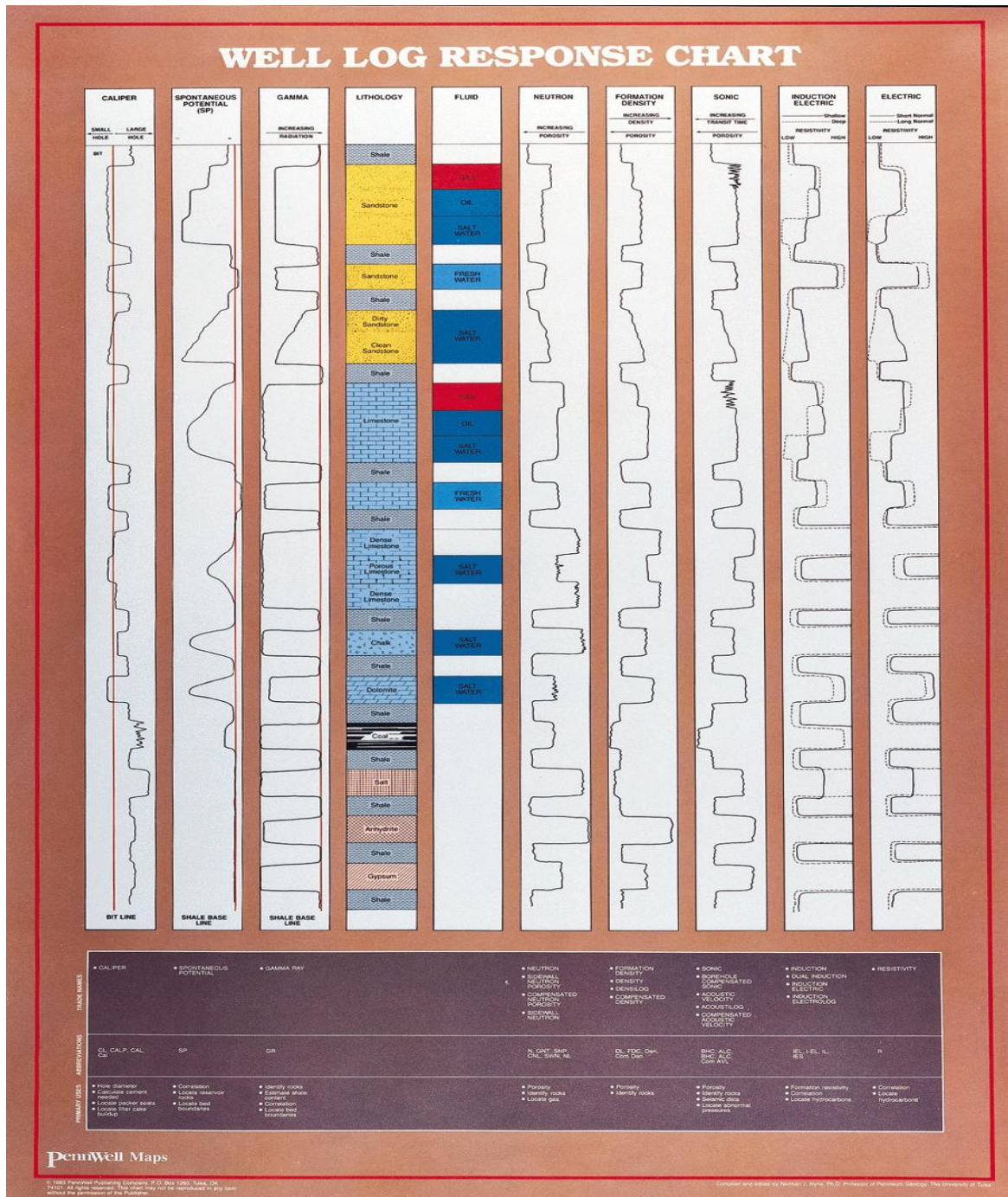
Para el desarrollo de la práctica, el docente encargado de la asignatura proporcionará el material necesario para realizar las siguientes actividades

1. Determine y establezca tipos de litología, fluidos y electrofacies para los registros dados. (SP, Lateral y Short Normal, gamma ray, Long Normal y Microlog, entre otros).
2. Determine las electrofacies presentes en el registro dado y su posible ambiente de sedimentación.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cuándo se dice que hay presencia de un gamma ray limpio y un gamma ray sucio a que nos estamos refiriendo?
2. ¿De qué tipo de roca se está hablando si presenta un contenido de torio muy bajo y abundancia de potasio?
3. ¿De los tipos de lodos que existen, cuándo un lodo es resistivo y cuando es un lodo conductivo?
4. Ordene de menor a mayor con respecto a la resistividad: caliza, agua salada, aceite, gas, agua dulce.
5. ¿Cómo se comporta la curva del registro SP dentro de una capa permeable? Explique.
6. Cuando las curvas del registro neutrón y densidad se me unen y forman una sola línea FIGURA 8. Puede estar indicándonos petróleo o agua, como podemos diferenciar que tipo de fluido tiene la formación? Analice y Explique, anexe los registros que sean necesarios para exponer el caso.
7. Con un registro SP se puede conocer la permeabilidad de manera cualitativa? explique. Así mismo anexe y explique en el informe que factores afectan las curvas del registro SP?
8. Consultar sobre registros de inducción y laterolog. Para qué sirven, en qué casos son utilizados. Anexar al informe y mostrar ejemplos.
9. Consultar sobre el proceso de invasión y cada una de las zonas: virgen, lavada, transición, etc.
10. ¿Es posible obtener imágenes de la pared del pozo a través de algún tipo de registro de pozo? Cual, explicar, así mismo mostrar un ejemplo de como se observa una imagen y que se puede diferenciar en ella ejemplo fracturas, tipo de roca, polarizaciones.

Anexo 17. Carta de respuesta de los registros de pozo para diferentes litologías.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: registros de pozo. Escuela de geología. UIS.

BIBLIOGRAFIA

CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

CIFUENTES MUÑOZ ALLAN ALFREDO. Análisis sedimentológico y estratigráfico del sector central del campo llanito. Trabajo de grado. UIS. 2008.

ELLIS DARWIN. SINGER JULIAN. Well logging for earth scientists. Second edition. Springer.

HALLIBURTON. Introducción al análisis de los registros de pozos.2006.

MIER UMAÑA R. presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS

MIER UMAÑA RICARDO. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

MIER UMAÑA RICARDO. Introducción al perfilaje de pozos. UIS. 1997.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

QUISBERT CHAVEZ RONALD MAURICIO. Informe ampliado practica 11: registros de resistividad. Universidad Mayor de San Andrés. 2012.

SCHLUMBERGER. Principios/Aplicaciones de la interpretación de registros.

SIERRA O. fundamentals of well-log interpretation, 1. The acquisition of logging data. 1984.

STICK C. JOHN. Electrical logging of oil wells.

TELLEZ. ROMERO W. D., VILLARREAL. RUEDA. R. J. Determinación de potenciales de producción a partir de registros de pozo. Aplicación campo colorado. UIS. 2008.

VALENCIA RAUL. Fundamentos de interpretación de registros eléctricos convencionales. Escuela politécnica nacional. 2007.

Manual de registros de pozo. (Documentos virtuales).
[//www.4shared.com/office/sV1D7wZS/Manual_Registros_de_Pozos_CIED.htm](http://www.4shared.com/office/sV1D7wZS/Manual_Registros_de_Pozos_CIED.htm).

Registro gamma ray. (Documentos virtuales). [//www.slideshare.net/jchilon/modelo-sedimentologico-estratigrafico](http://www.slideshare.net/jchilon/modelo-sedimentologico-estratigrafico).

Registros de pozo. (Documento virtual). [//geojager.tripod.com/loginter.pdf](http://geojager.tripod.com/loginter.pdf).

Registro neutrico y densidad. (Documento virtual).
[//es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos](http://es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos).

Registro neutrónico. (Documento virtual).
[//www.epgeology.com/acronym/943/Neutron-Porosity\(NPHI\).html](http://www.epgeology.com/acronym/943/Neutron-Porosity(NPHI).html)

Registro sónico. (Documento virtual). [//es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos](http://es.scribd.com/doc/26228291/Registro-o-Perfilaje-de-Pozos).

Valores de resistividad para distintos sustratos. (Documento virtual).
www.univalle.edu.co/~naturambiente/pregrado/aguas/CAP%CDTULO%20VI.doc.

PRÁCTICA N° 5: CORRELACION DE REGISTROS DE POZO

OBJETIVOS

- ✓ Realizar las correlaciones estratigráficas y estructurales con los pozos suministrados para interpretar el subsuelo entre los pozos.
- ✓ Elaborar correlaciones estratigráficas a partir de la litología para establecer la continuidad de las secuencias.
- ✓ Elaborar correlaciones estructurales para interpretar la tectónica y las estructuras presentes en el subsuelo.
- ✓ Determinar las arenas de interés petrolífero a partir de los valores de resistividad, su continuidad y estructuras que presenten.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad y desde hace varios años atrás, el estudio de yacimientos petrolíferos está relacionado con la interpretación y análisis de una serie de datos que son obtenidos a partir de núcleos, rípios, perfiles de pozo, sísmica, entre otros. Todo con el fin de desarrollar un modelo geológico, que permita explicar la geometría y diseño del reservorio.

La correlación de registros de pozo se realiza de manera visual y subjetiva, es decir cada individuo puede crear de los mismos pozos, correlaciones y por lo tanto interpretaciones desiguales. Las correlaciones no son únicas por lo cual da como resultado una diversidad de soluciones posibles que no infringen con las técnicas generales de correlación.

El análisis y la correlación de secuencias geológicas mediante registros de pozos se fundamenta en describir objetivamente las formaciones atravesadas durante la perforación, analizando la respuestas de los perfiles, con lo que se busca el reconocimiento de las distintas unidades geológicas, a fin de pronosticar su evolución vertical, continuidad lateral y asociación con otras secuencias.

Esta guía de laboratorio tiene como objetivo fundamental, que los estudiantes desarrollen competencias interpretativas, de análisis, entre otras. Cuando experimenten la aplicación de diferentes técnicas de correlación de registros de pozo.

MARCO TEORICO

En la exploración y producción de hidrocarburos, la identificación de secuencias es muy importante para la interpretación del subsuelo, estas secuencias no son fáciles de establecer con seguridad, ya que su identificación se ha realizado utilizando un criterio visual. De manera muy general se puede exponer que este criterio principalmente consiste en hacer una división del intervalo de estudio de secuencias a partir de un análisis de las variaciones de las curvas registradas, para posteriormente reconocer un conjunto de características específicas que diferencien entre sí, cada una de las secuencias que conformen la columna geológica en cada pozo.

La correlación de registros entre pozos pretende determinar la extensión lateral de las formaciones de interés y la relación espacial entre estas a lo largo y ancho del yacimiento. A partir del reconocimiento de patrones en los diferentes perfiles registrados para zonas específicas de la sección de estudio⁶⁸.

Para llevar a cabo esta tarea, se hace necesario identificar patrones característicos también conocidos como marcadores, que son de fácil identificación en los registros de pozo y luego buscar su correspondencia entre los diferentes pozos del yacimiento a través de los patrones identificados.

1. CORRELACIÓN

La correlación puede ser definida como la determinación de unidades estratigráficas o estructurales equivalentes en tiempo, edad, o posición estratigráfica con el propósito de preparar mapas del subsuelo y secciones, las dos fuentes principales de datos de correlación son las secciones sísmicas y los registros de pozo.

Fundamentalmente, las curvas de registros de pozos son usadas para delinear los límites de las unidades del subsuelo en la preparación de mapas del subsuelo y secciones. Estos mapas y secciones son usados para desarrollar una interpretación del subsuelo con el propósito de explorar y explotar reservas de hidrocarburos.

⁶⁸Br. Betancourt M., Grisel D. Análisis de registros de pozos para la correlación de secuencias estratigráficas mediante técnicas estadísticas multivariantes. Tesis de grado. Caracas. 2009. Pág. 13.

2. REGISTRÓ TIPO DE CORRELACIÓN

Un registro tipo de correlación, se define como un registro en el cual se exhibe una sección estratigráfica completa de un campo o área de estudio. El registro tipo debe mostrar la profundidad y el espesor de la sección estratigráfica más profunda penetrada. A causa de las fallas, disconformidades, y variaciones en la estratigrafía que afecta la sección sedimentaria. Un registro tipo de correlación está a menudo compuesto de secciones de varios registros individuales y es llamado registro compuesto⁶⁹.

Un registro tipo de debe ser confundido con otros tipos de registros, como los registros de tipo estratigráfico, un registro tipo estratigráfico se prepara normalmente para describir los ambientes deposicionales que existen en un determinado campo o área de estudio.

3. SECCIONES DE CORRELACIÓN DE POZOS

Consisten en comparar la información existente entre diferentes pozos, para identificar en corte las relaciones geológicas mutuas (estructurales o estratigráficas) de las unidades de roca del subsuelo en un área de estudio o exploración.

Para esto se necesita conocer

- La profundidad en cada pozo del horizonte seleccionado o unidad de interés
- La altura de la mesa rotaria con referencia al nivel del mar
- Profundidad vertical verdadera y localización del curso de la perforación en el subsuelo.

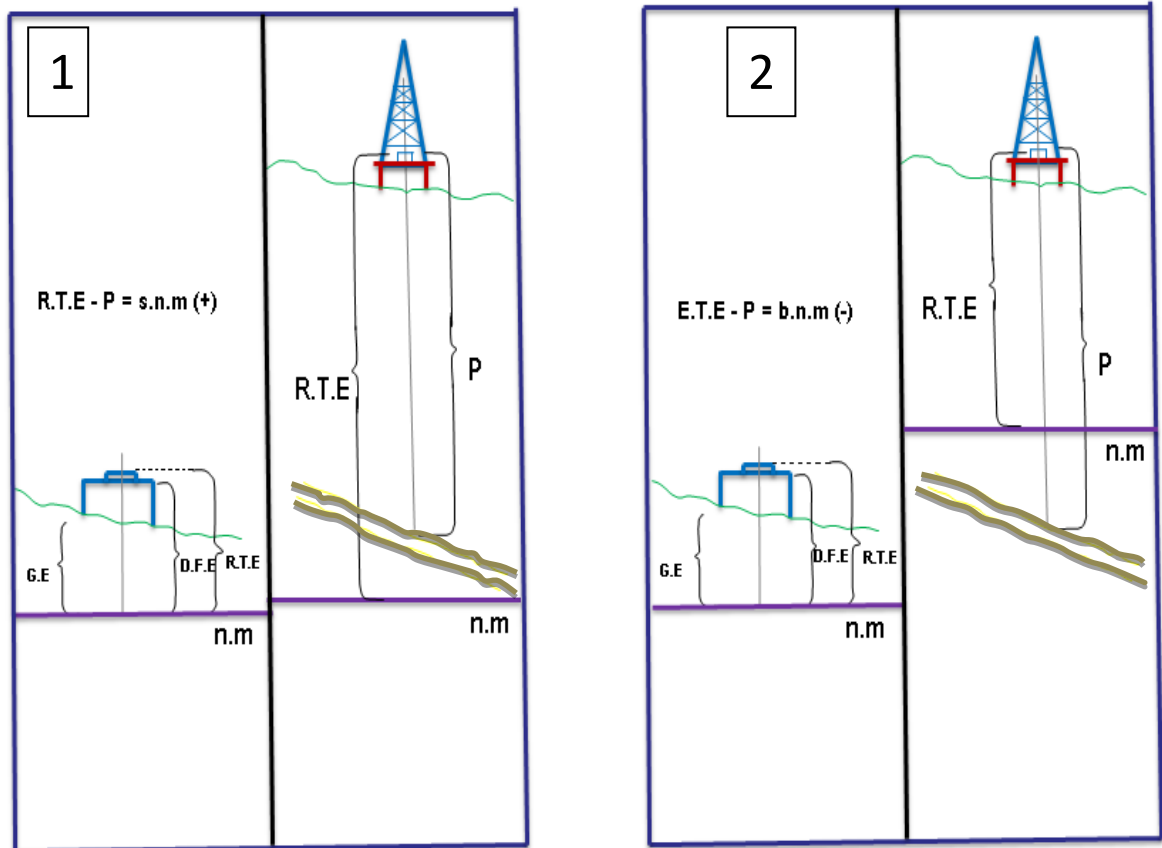
Con respecto a la anterior información se pueden dar los siguientes casos. FIGURA 63.

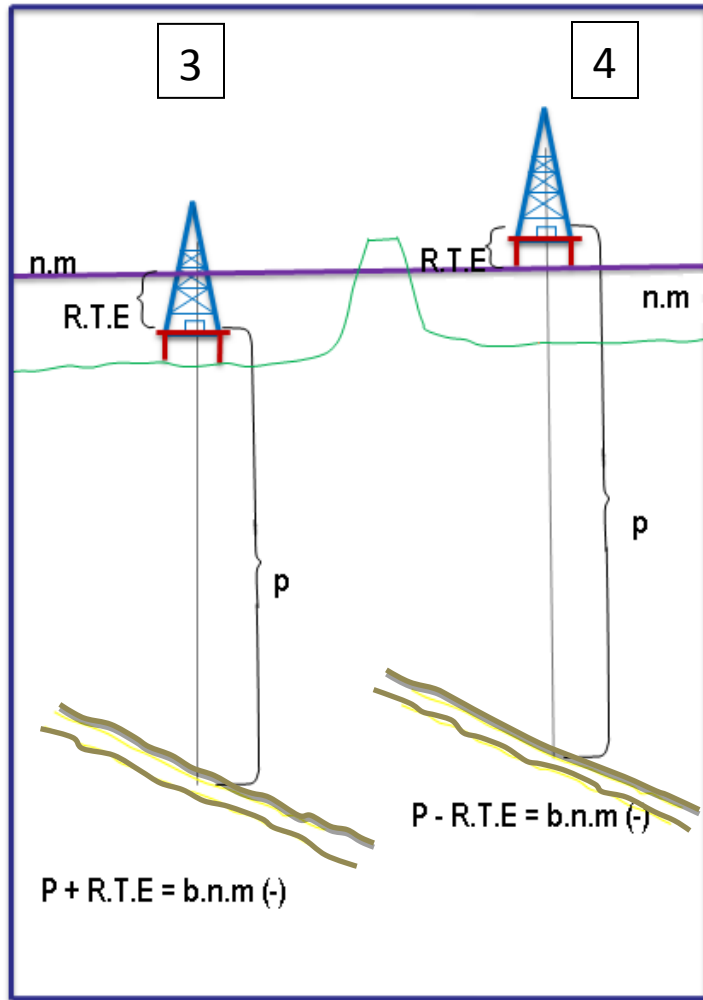
- El horizonte seleccionado está por encima del nivel del mar.
- El horizonte seleccionado está por debajo del nivel del mar.

⁶⁹Suarez R. Yessica C. Tesis de grado. Estudio estratigráfico de las arenas O1,O2,P1,P2 y P3, de la formación oficina del yacimiento O1-P3 GG-3, para determinar la coalescencia en el campo Guara oeste, distrito San Tome, estado Anzoategui. Ciudad Bolívar, Marzo 2011.Pag. 26.

- La mesa rotaria está por debajo del nivel del mar.
- La mesa rotaria está por encima del nivel del mar.

Figura 63. Ilustración de los cuatro casos que se pueden presentar. (1) El horizonte seleccionado está por encima del nivel del mar. (2) El horizonte seleccionado está por debajo del nivel del mar. (3) La mesa rotaria está por debajo del nivel del mar. (4) La mesa rotaria está por encima del nivel del mar.





Fuente: Mier. R. presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS. Modificado.

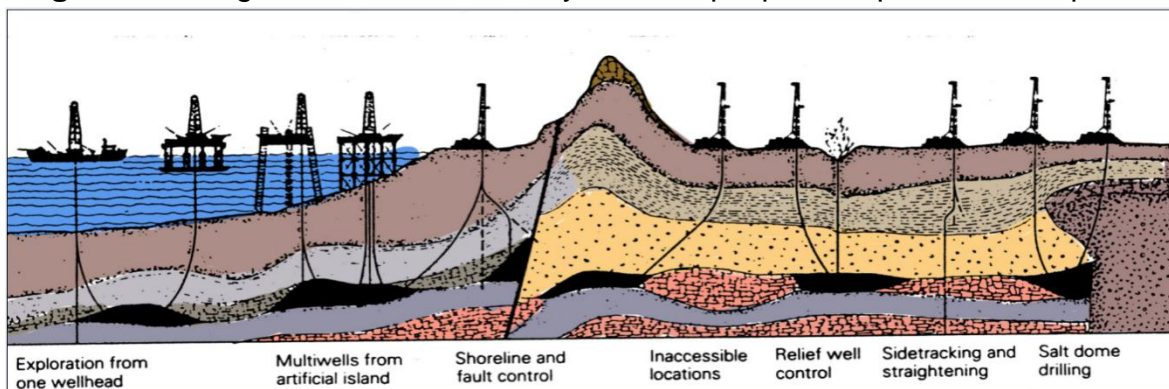
Tabla 18. Tabla para trasladar los pozos con buzamiento real a buzamiento aparente hasta la línea de corte o correlación.

| Conversion of true dip to component in the line of section | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Degrees | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| angle between line of section and strike of strata | 5 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8.5 | 10 | 13 | 18 | 26 | 44 |
| | 10 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8.5 | 10 | 12 | 14 | 16.5 | 20 | 25 | 32 | 44 | 62 |
| | 15 | 1.5 | 3 | 4 | 5.5 | 7 | 8.5 | 10.5 | 12 | 15 | 17.5 | 20 | 24 | 29.5 | 35 | 43 | 55 | 70 |
| | 20 | 1.5 | 3.5 | 5.5 | 7 | 9 | 11 | 13.5 | 16 | 19 | 22.5 | 26 | 31 | 36 | 42.5 | 51 | 62 | 75 |
| | 25 | 2 | 4.5 | 6.5 | 9 | 11 | 13.5 | 17 | 19.5 | 22.5 | 27 | 31 | 36.5 | 42 | 48.5 | 57 | 67 | 78 |
| | 30 | 2.5 | 5 | 8 | 10.5 | 13 | 16 | 19 | 23 | 26 | 31 | 35.5 | 41 | 46.5 | 53 | 61 | 70.5 | 80 |
| | 35 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 23 | 26 | 29 | 34.5 | 39.9 | 45 | 50.5 | 57.5 | 65 | 73 | 82 |
| | 40 | 3 | 6.5 | 10 | 13.5 | 16.5 | 20.5 | 24 | 28 | 32 | 37.5 | 43 | 48 | 54 | 61 | 67 | 75 | 83 |
| | 45 | 3.5 | 7 | 11 | 14.5 | 18 | 22 | 26.5 | 31 | 35.5 | 40 | 45.5 | 51 | 56.5 | 63 | 69 | 76.5 | 83.5 |
| | 50 | 3.5 | 7.5 | 11.5 | 16 | 19.5 | 24 | 28 | 33 | 37.5 | 42.5 | 47.5 | 53 | 59 | 65 | 71 | 77.5 | 84 |
| | 55 | 4 | 8 | 12 | 17 | 21 | 25 | 30 | 35 | 39.5 | 44.5 | 49.5 | 55 | 60.5 | 66.5 | 72 | 78 | 84 |
| | 60 | 4.5 | 9 | 13 | 18 | 22 | 27 | 31.5 | 36.5 | 41 | 46 | 51 | 56.5 | 61.5 | 67.5 | 73 | 79 | 84 |
| | 65 | 4.5 | 9 | 13.5 | 18.5 | 23 | 28 | 32.5 | 37.5 | 42 | 47 | 52 | 57.5 | 62.5 | 68.5 | 73.5 | 79.5 | 84.5 |
| | 70 | 4.5 | 9 | 14 | 19 | 23.5 | 28.5 | 33.5 | 38 | 43 | 48 | 53 | 58.5 | 63.5 | 69 | 74 | 79.5 | 85 |
| | 75 | 5 | 9.5 | 14.5 | 19.5 | 24 | 29 | 34 | 39 | 44 | 49 | 54 | 59 | 64 | 69.5 | 74.5 | 80 | 85 |
| | 80 | 5 | 10 | 15 | 20 | 24.5 | 29.5 | 34.5 | 39.5 | 44.5 | 49.5 | 54.5 | 59.5 | 64.5 | 69.5 | 74.5 | 80 | 85 |
| 85 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 44.5 | 49.5 | 54.5 | 59.5 | 64.5 | 69.5 | 75 | 80 | 85 | |
| Degrees | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | |
| true dips at 90 to the strike | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Mier. R. presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS. Modificado.

La mayoría de los pozos a medida que se perforan tienden a desviarse de la vertical, mientras que otros son intencionalmente desviados con el fin de buscar ciertos objetivos. FIGURA 64. La desviación de un pozo se puede representar horizontalmente sobre un mapa, donde se coloca la profundidad final.

Figura 64. Imagen mostrando las trayectorias que pueden presentar los pozos.



Fuente: Mier. R. presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS. Modificado.

4. PRINCIPIOS QUE RIGEN LA CORRELACIÓN GEOLÓGICA

Algunos de los principios y conceptos en los cuales se establece el proceso de correlación son mostrados y referidos a continuación

4.1. El Principio de Causalidad

Este principio establece que las mismas causas producen los mismos efectos. Así, el mismo conjunto de condiciones sedimentarias en un periodo geológico dado debería producir en el perfil las mismas respuestas, al igual que ellas generan la misma litología y facies.

La aplicación de este principio permite afirmar que la constancia de cierto criterio entre un punto de observación (un pozo) y otro es una prueba de que las causas originales fueron las mismas en ambos lugares. Por eso, si se observan rasgos de perfiles equivalentes, se puede concluir que las condiciones sedimentarias fueron las mismas en ambos sitios, o que es probablemente la misma formación.

Todos los fenómenos geológicos de importancia considerable, tales como periodos de soterramiento, erosión, transgresión o movimiento tectónicos dejaran su huella en las mediciones de los perfiles, de la misma manera en que lo hacen en rocas y formaciones, sin tener en cuenta las facies y el ambiente. Estos rasgos en los perfiles de pozo indicaran por ello la presencia de estos fenómenos geológicos⁷⁰.

4.2. Concepto de Similitud

Este concepto se define como el más elocuente y más intuitivo. Esta esencialmente basado en la forma de las curvas, o sea la frecuencia, amplitud y posición de los eventos del perfil en sucesiones verticales.

Naturalmente, para cada evento, debe ser tenido en cuenta el valor de todos los parámetros del perfil, de otro modo puede haber correlaciones equivocadas. Este concepto es usado, para correlaciones de gran detalle, para estudios muy precisos y con un espaciamiento mínimo entre puntos de control, por ejemplo en

⁷⁰Br. Betancourt M., Grisel D. Análisis de registros de pozos para la correlación de secuencias estratigráficas mediante técnicas estadísticas multivariantes. Tesis de grado. Caracas. 2009. Pág. 14.

el caso de un yacimiento. Puede ser útil consultar perfiles con una muy buena resolución vertical.

Este concepto es muy importante, ya que permite identificar fenómenos geológicos mostrando una buena sincronización y aun predecir cierto retardo o diferencia temporal, entre una parte de la cuenca y otra. Tales fenómenos incluyen interrupciones en la sedimentación debidos a movimientos tectónicos, periodos transgresivos o ciclos eustáticos, erosión y huecos en la sedimentación⁷¹.

4.3. Concepto de Variabilidad Lateral

Este concepto está basado en dos tipos de evidencias

- La relación lateral de las facies que no es al azar, debido a que de acuerdo con la ley de Walther, a escala de la secuencia sedimentaria existe una relación entre secuencias elementales yuxtapuestas y superpuestas. En otras palabras, en el mismo instante en una cuenca dada, transcurrirá por ejemplo una sedimentación de arenas, limos, arcillas y carbón.
- El espesor de los depósitos durante el mismo periodo depende del tipo de litología y ambiente sedimentario, al igual que de la capacidad de compactación, de la subsidencia, y de una combinación de los dos fenómenos señalados previamente.

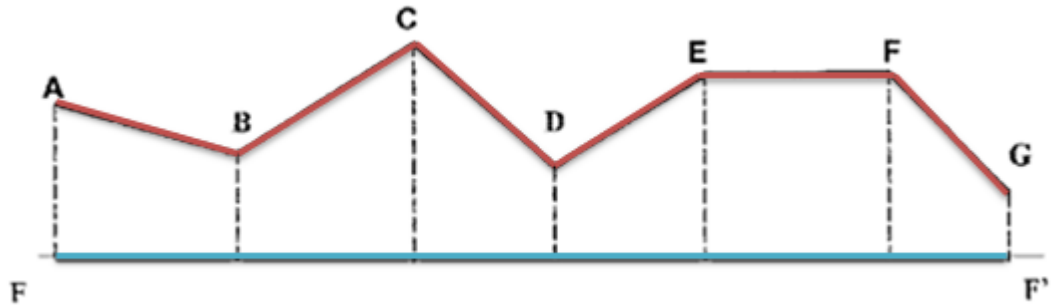
5. ELABORACIÓN DE SECCIONES DE CORRELACIÓN

5.1. Línea de sección como regla, las secciones son construidas a lo largo de una línea recta, cada uno de cuyos tramos une dos o más pozos. Si sucede que los pozos están situados a lo largo de una línea recta, entonces la sección será representativa del subsuelo en toda su longitud, pero por lo general esto no ocurre, sino que están conectados por una línea quebrada, en este caso los pozos deben proyectarse sobre una línea recta de igual longitud a la que une los pozos extremos⁷². FIGURA 65.

⁷¹Ibíd.pág. 15.

⁷²Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Pág. 32

Figura 65. Imagen mostrando la proyección de los pozos de una línea de correlación (azul) a una línea de igual longitud a la distancia entre los pozos (roja).



Fuente: Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Modificado.

6. TIPOS DE CORRELACIONES

6.1. Territorialmente se dividen en:

- 6.1.1. Locales, cuando se correlacionan pozos entre los límites de un campo.
- 6.1.2. Zonales, cuando se correlacionan pozos entre los límites de un área petrolera (varios campos).

6.2. Estratigráficamente se dividen en:

- 6.2.1. Generalizadas, cuando se correlacionan las unidades estratigráficamente más grandes o solo horizontes típicos.
- 6.2.2. Detalladas, cuando se diferencia cada uno de los niveles que conforman una unidad estratigráfica.

También se pueden diferenciar de acuerdo a la información que se use, litológica, geofísica, paleontológica, geoquímica o perfiles de pozo, utilizando las electrofacies de estos últimos⁷³.

7. SECCIONES ESTRUCTURALES

Las **secciones estructurales** muestran las profundidades y deformaciones sufridas por los estratos, posterior a su depositación. Las secciones estructurales simulan un corte verdadero o retrato de la roca del subsuelo. El **datum** aquí es un **valor numérico de profundidad**, desde el cual se agregan los perfiles de los pozos que se estudian, las líneas que unen unidades tienen sus dimensiones reales. Como datum de referencia clásico se toma el nivel del mar, al cual se le asigna una profundidad de cero y a este nivel referimos las mediciones. Se debe considerar que los valores de profundidad están referidos al nivel del mar.⁷⁴

7.1. Bases para crear una correlación estructural

Una sección estructural busca mostrar la posición real que tienen las unidades estratigráficas y las estructuras que las afectan en el subsuelo. Con estas secciones también se estudia la trampa, además permiten trazar el contacto agua/petróleo y ayuda a ubicar futuros pozos de desarrollo⁷⁵.

Los pasos a seguir en su construcción son:

- Escoger el nivel del mar como plano de referencia estructural, aunque se puede utilizar cualquier profundidad dependiendo del propósito.
- Elegir cada punto de control a lo largo de la línea del corte perpendicular al rumbo general de los estratos.
- Colocar las columnas o los perfiles de los pozos a su distancia correspondiente a la línea de corte, a escala horizontal, representando el nivel del mar con una línea horizontal, o en su efecto otra profundidad que sirva de datum.

⁷³Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Pág. 33

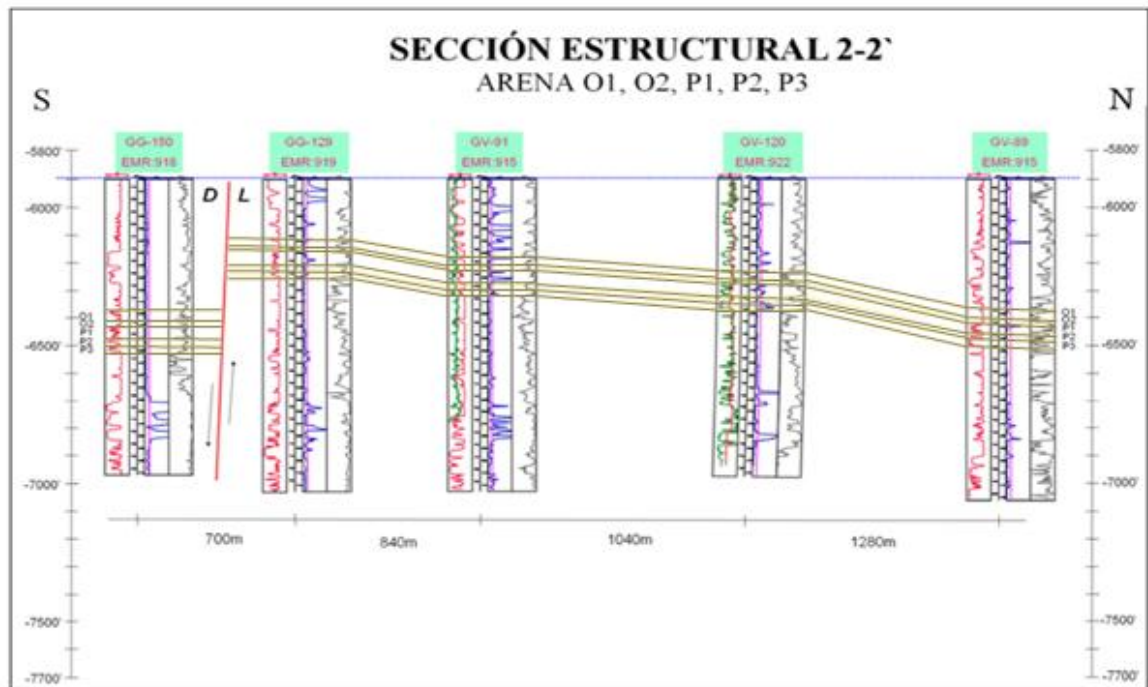
⁷⁴Suarez R. Yessica C. Tesis de grado. Estudio estratigráfico de las arenas O1, O2, P1, P2 y P3, de la formación oficina del yacimiento O1-P3 GG-3, para determinar la coalescencia en el campo guara oeste, distrito San Tome, estado Anzoátegui. Ciudad Bolívar, Marzo 2011. Pág. 60.

⁷⁵Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Pág. 34.

- La litología de los estratos se puede representar cuando se necesite destacar. De lo contrario solo se trazan los topos y bases de las unidades correlacionadas.
- Identificar en cada registro la capa guía, unidad de interés o marcador y unir con líneas de correlación para definir la configuración estructural de esta. Se interpretan fallas, pliegues o cualquier otra estructura presente. En la sección puede haber más de una unidad de interés.

A continuación se muestra un ejemplo de una sección estructural, donde se correlacionan cinco pozos, con el fin de conocer rasgos estructurales importantes de una parte de un yacimiento. FIGURA 66.

Figura 66. Imagen mostrando un ejemplo de sección estructural.



Fuente: Suarez R. Yessica C. Estudio estratigráfico de las arenas O1, O2, P1, P2 y P3, de la formación Oficina del yacimiento O1-P3 GG-3, para determinar la coalescencia en el campo Guara oeste, distrito San Tome, Estado Anzoátegui. Ciudad Bolívar. Tesis de grado. Marzo 2011. Pag. 57.

7.2. SECCIONES ESTRATIGRAFICAS

Las **secciones estratigráficas**, son secciones de correlación que se usan para identificar unidades semejantes que permitan establecer la continuidad de las mismas, así como las relaciones verticales entre las unidades que conforman la columna estratigráfica. El objetivo de hacer estas secciones es determinar las relaciones laterales y verticales entre las unidades geológicas atravesadas por diferentes pozos⁷⁶.

7.2.1. Bases para crear una correlación estratigráfica

Con este tipo de secciones se pretende mostrar la situación que existía al final de la depositación de determinada secuencia, con el propósito de visualizar su continuidad lateral⁷⁷.

Pasos de construcción:

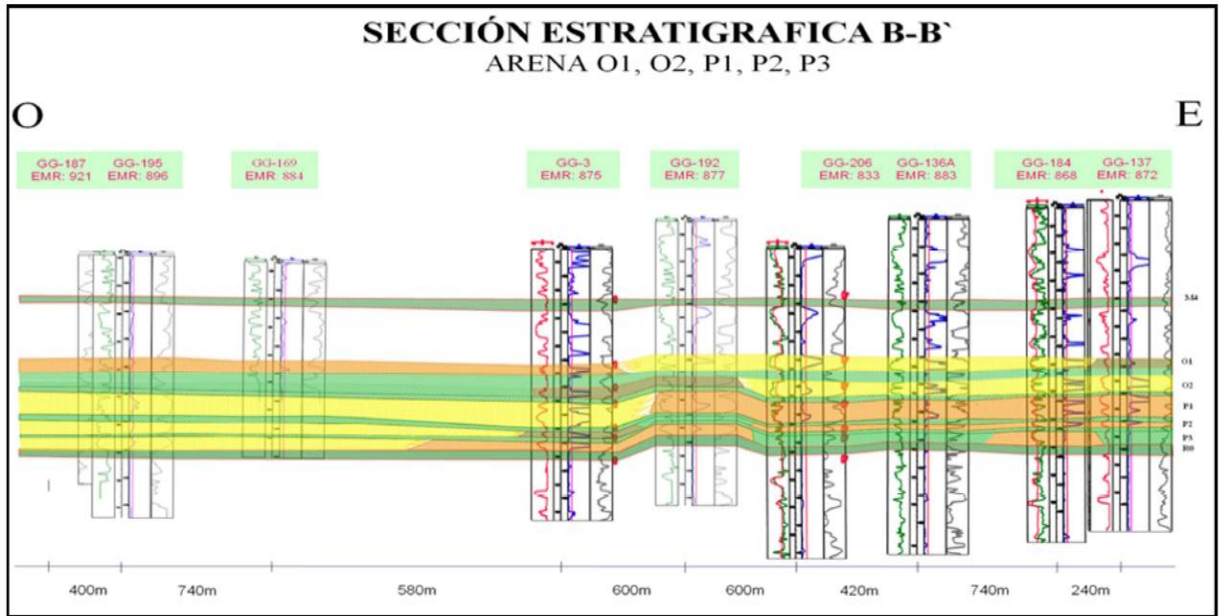
- Elegir en el mapa base los pozos que se consideren más representativos para una mejor interpretación de la estratigrafía del área y con ellos se orienta la línea de corte. Ideal tomar pozos en la dirección el rumbo regional.
- Identificar en los registros de pozo (litológico o registros eléctricos) el tope de una misma unidad, o el tope de una misma litología, ideal el tope de un shale, la cual se toma como **datum o línea de referencia**.
- En la sección se colocan con su distancia a escala los perfiles eléctricos de los pozos o en su defecto el registro litológico de estos (columna estratigráfica).
- El horizonte de interés lo determina el objetivo del trabajo.
- En esta sección se eliminan los efectos estructurales (pliegues, fallas), a cambio se muestra la litología y su variación lateral. Se interpreta el posible ambiente de depósito y su continuidad lateral.

A continuación se muestra un ejemplo de un tipo de sección estratigráfica, en la cual se correlacionan las arenas O1, O2, P1, P2, P3, pertenecientes a una formación de interés. El datum establecido es una litología superior. FIGURA 67.

⁷⁶Suarez R. Yessica C. Tesis de grado. Estudio estratigráfico de las arenas O1,O2,P1,P2 y P3, de la formación Oficina del yacimiento O1-P3 GG-3, para determinar la coalescencia en el campo Guara oeste, distrito San Tome, Estado Anzoategui. Ciudad Bolívar, Marzo 2011.Pag. 57.

⁷⁷Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Pág. 33

Figura 67. Imagen mostrando un ejemplo de sección estratigráfica.



Fuente: Suarez R. Yessica C. Estudio estratigráfico de las arenas O1, O2, P1, P2 y P3, de la formación Oficina del yacimiento O1-P3 GG-3, para determinar la coalescencia en el campo Guara oeste, distrito San Tome, Estado Anzoátegui. Ciudad Bolívar. Tesis de grado. Marzo 2011. Pag. 57.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Realice una **correlación estratigráfica** a partir de los registros entregados por el profesor.
 - Establezca el área de interés en la vertical y una litología o tope de alguna formación que se observe en todos los registros a correlacionar para utilizarla como datum.
 - Coloque sobre un papel los diferentes registros de pozo a correlacionar a las distancias observadas en la línea de correlación y haciendo corresponder el datum marcado en cada pozo con el datum marcado en el papel.
2. Realice una **correlación estructural** a partir de los registros entregados por el profesor.

- Establezca el área de interés en la vertical y un valor de profundidad en todos los registros a correlacionar. Este valor servirá de datum para la correlación.
- Coloque sobre un papel los diferentes registros de pozo a correlacionar a las distancias observadas en la línea de correlación y haciendo corresponder el datum marcado en cada pozo con el datum marcado en el papel, que en este caso es un valor de profundidad.

Después de colocar los pozos con respecto al datum y a las distancias correctas:

1. Elabore la *correlación estratigráfica* uniendo los topes y bases de las mismas litologías identificas en cada pozo. De esta manera elaborará una correlación litoestratigráfica, donde se podrá observar la continuidad lateral de las litologías entre los pozos.
2. Luego de terminada la correlación haga sus comentarios sobre la continuidad lateral de las litologías de interés
3. Elabore una *correlación estructural* uniendo los topes y bases de las mismas litologías identificas en cada pozo. Tome en cuenta que en este caso las litologías no se pueden acuñar, todo cambio de espesor entre pozos implica una pérdida o ganancia de espesores que debe ser explicada con una falla.
4. Luego de terminada la correlación haga sus comentarios sobre las estructuras encontradas y / o las fallas presentes.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿El datum se puede colocar en cualquier parte de la sección o preferiblemente en algún sitio en especial?
2. ¿Qué se puede observar en una correlación estratigráfica?
3. ¿Qué se puede observar en una correlación estructural?
4. ¿Por qué la línea de la sección debe ser igual a la distancia entre los pozos de los extremos?
5. ¿Todos los pozos deben tener la misma escala vertical o pueden tener diferente escala para correlacionarlos?
6. ¿Cómo se conoce la trayectoria en corte y en planta de un pozo?
7. ¿Es posible verticalizar un pozo? ¿Cómo se hace?
8. ¿Cuándo se correlacionan pozos inclinados es aconsejable verticalizarlos?
9. ¿Qué software permite hacer estas correlaciones?
10. ¿En qué áreas de la geología son de utilidad estas correlaciones?

BIBLIOGRAFÍA

BETANCOURT M. GRISEL D. Análisis de registros de pozos para la correlación de secuencias estratigráficas mediante técnicas estadísticas multivariantes. Tesis de grado. Caracas. 2009.

MANRIQUE B. JESÚS. A., MORA. H. CESAR. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003.

MANTILLA GARCIA A., SALAS FONSECA A. modelo sedimentológico y estratigráfico de la formación mugrosa en el campo escuela colorado. Trabajo de grado. UIS. 2009.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

SUAREZ R. YESSICA C. Tesis de grado. Estudio estratigráfico de las arenas O1, O2, P1, P2 y P3, de la formación Oficina del yacimiento O1-P3 GG-3, para determinar la coalescencia en el campo Guara oeste, distrito San Tome, estado Anzoátegui. Ciudad Bolívar, Marzo 2011.

PRÁCTICA N° 6: DIAGRAMAS PANEL

OBJETIVOS

- ✓ Aprender a construir diagramas panel, estratigráficos y estructurales.
- ✓ Conocer la importancia de los diagramas panel, en la exploración de hidrocarburos y la acción que adquieren en la industria.
- ✓ Efectuar, analizar e interpretar las correlaciones con diagramas panel, estratigráficas y estructurales para los pozos propuestos.

INTRODUCCIÓN

En la exploración y explotación de hidrocarburos un mapa o un corte solos no pueden usualmente representar un cuadro complejo de la geología del subsuelo, debido a que cada uno está limitado a dos dimensiones.

Las técnicas como diagramas panel, proyecciones isométricas, modelos estructurales tridimensionales y bloques diagrama, ayudan a tener una visualización tridimensional.

Por medio de secciones transversales, el geólogo del subsuelo puede reunir en un solo dibujo la información que se encuentra distribuida en varios planos. En una sola sección transversal se puede mostrar la topografía, la columna estratigráfica, cambios de facies, convergencias y estructuras a diferentes niveles. La desventaja de estas secciones transversales reside en su limitación a dos dimensiones, por lo tanto estas deben usarse en unión con planos y viceversa.

Esta guía de laboratorio tiene como fin que los estudiantes tengan conocimiento de la presencia de los diagramas panel, como se construyen y la función que tienen en la exploración de hidrocarburos, así mismo que desarrollen habilidades interpretativas y de análisis cuando realicen una ilustración de estos mismos.

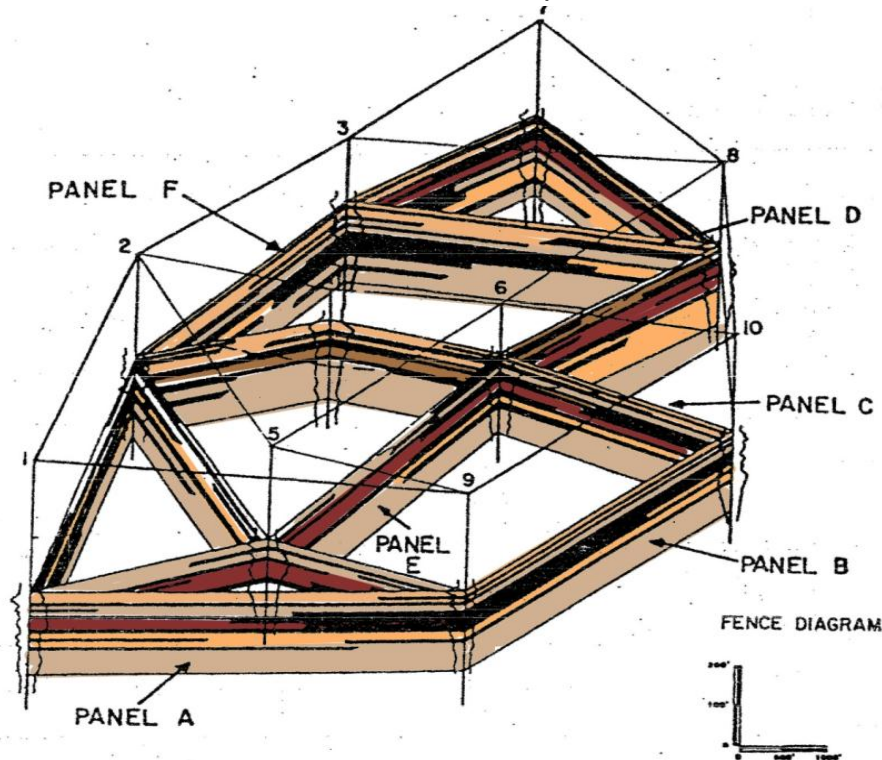
MARCO TEORICO

Los diagramas de Barrera, también llamados **diagramas de panel**, consisten de una red tridimensional de secciones cruzadas dibujadas en dos dimensiones. Están diseñados para ilustrar la relación en área entre varios pozos que están localizados próximos uno de otro. Permiten una apreciación espacial de los diferentes rasgos geológicos. Los diagramas de barrera pueden ser estructurales o estratigráficos⁷⁸.

La FIGURA 68 es un ejemplo típico de un diagrama de barrera en el que los segmentos de registro eléctrico han sido delineados para su uso en cada ubicación de pozo. Los diagramas de barrera son frecuentemente preparados usando solo varas de registro, aunque las varas de registro no proveen del detalle de correlación es usualmente necesario para un trabajo detallado. Los diagramas de barrera son además normalmente diagramáticos porque rara vez tienen una escala horizontal y vertical común.

⁷⁸Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 185.

Figura 68. Imagen mostrando la disposición de un diagrama panel estratigráfico típico, en el que el segmento de registro eléctrico para cada pozo fue diagramado en la ubicación del pozo.



Fuente: Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 185. Modificado.

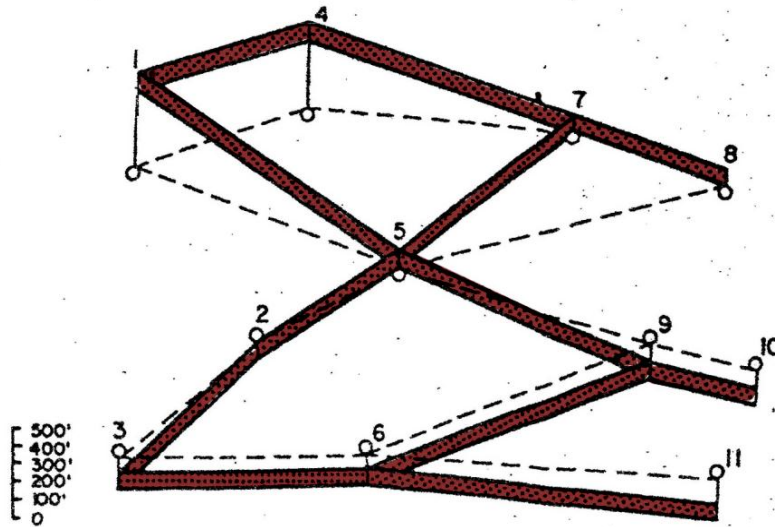
1. CONSTRUCCIÓN DE UN DIAGRAMA PANEL

Inicialmente se requiere un mapa base de los pozos. El plano del mapa base representa el plano del datum escogido, y cada localización de pozo es tomada como el punto donde el pozo intersecta el plano del datum. Una línea es dibujada en cada punto de control del pozo y los datos del pozo o las curvas de los registros son colocados según la escala utilizada a lo largo de esta línea. Por ejemplo, en la FIGURA 69, las curvas de SP y de resistividad fueron diagramadas a mano a partir de reducciones del registro actual.

Para la construcción de un **diagrama de barrera estructural**, el plano del mapa es el punto de referencia elegido, que puede ser el nivel del mar o cualquier elevación elegida por encima o por debajo de este.

Por ejemplo el punto de referencia elegido por el diagrama panel en la FIGURA 2 es de 1500 ft, que es un dato equivalente a 1500 ft debajo del nivel del mar.

Figura 69. Imagen mostrando un diagrama panel estructural. El plano de referencia (la línea cortada) está a 1500 pies por debajo del nivel del mar.



Fuente: Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 186. Modificado.

Las secciones de registro o curvas dibujadas a mano se usan en la línea vertical en cada posición del pozo con respecto al datum escogido. El perfil estructural de la sección se dibuja inicialmente conectando los marcadores de mayor correlación para cada pozo. El número de correlaciones depende del detalle deseado para el diagrama.

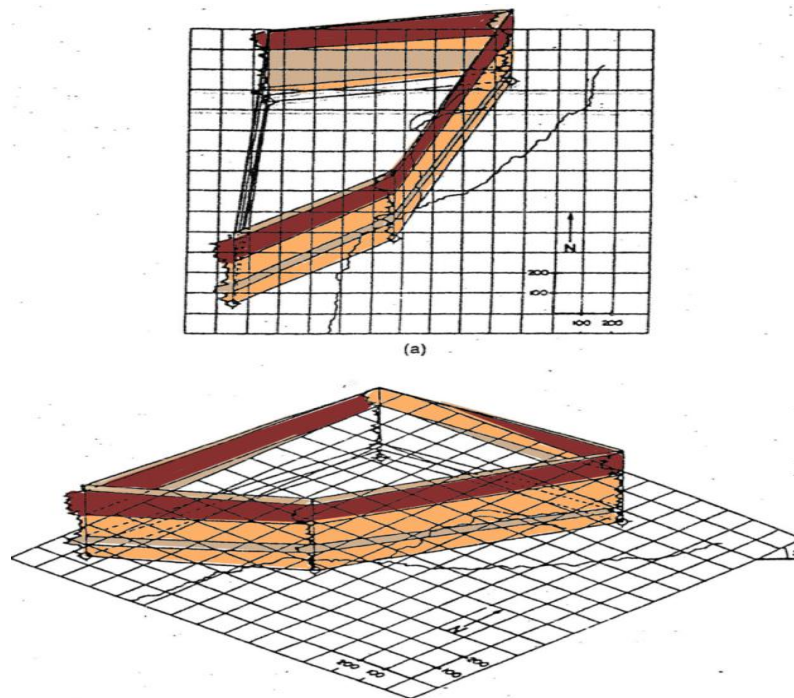
Es importante tratar de minimizar la interferencia de un panel con otro para reducir el efecto del enmascaramiento de datos. Es una buena idea comenzar a completar los paneles comenzando con la sección Este-Oeste primero, y en particular, el panel más cercano al punto más bajo o frontal del mapa (VER **paneles A, B, C** DE LA FIGURA 68). Los paneles Noroeste-Sureste o Noreste-Suroeste se completan después hasta un punto en que se cruzan con los paneles Este-Oeste por el frente o donde desaparezcan detrás de estos paneles, como los **paneles E y F** en la FIGURA 68.

Una vez que todos los marcadores de correlación han sido conectados en todos los paneles, el diagrama está terminado. Si las caídas son más prominentes en la dirección Norte-Sur, una proyección isométrica puede ser de más ayuda, o el diagrama puede dibujarse con el norte hacia la derecha en lugar hacia el tope del mapa, como es más común⁷⁹. También es conveniente rotarlos con la ayuda de una cuadrícula. FIGURA 70. Ya que esta permite obtener las siguientes características:

1. Mediciones reales de longitud y pendiente pueden realizarse.
2. Hay más paneles disponibles para estudio, permitiendo un análisis más detallado y preciso.
3. Debido al sistema de cuadrícula de ángulos rectos, hay menos datos ocultos en este modelo cuando se compara con otros tipos de diagrama de panel.
4. Al medir el total de arena neta en cada intersección de la cuadrícula y ubicación del pozo, es posible construir un mapa isópaco (de grosor) de hidrocarburos y arena netos más preciso.
5. La apariencia general del modelo es más placentera a la vista y más fácil de entender y seguir.

⁷⁹Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 185.

Figura 70.Imagen mostrando un ejemplo de una correlación por diagramas panel estratigráfico con ayuda de una cuadrícula.

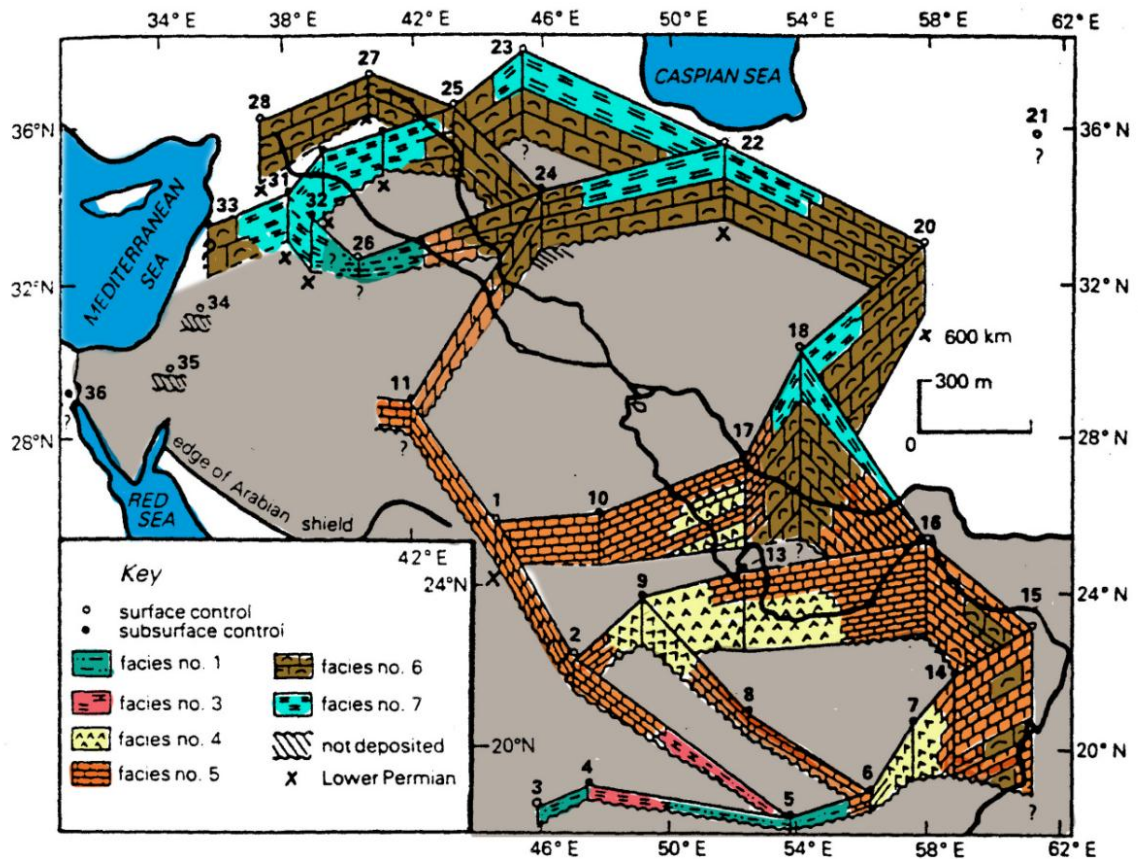


Fuente: Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 187. Modificado.

Para la construcción de un **diagrama de barrera estratigráfico**, el plano del mapa es considerado o bien como un **plano de estratificación** o como una **discordancia**, que será el horizonte escogido como **datum**. De igual manera una línea vertical será dibujada en cada localidad del pozo.

La mayoría de estos diagramas se preparan para ilustrar correlaciones, cambio de facies, barreras de permeabilidad, acuñamientos sedimentarios o alguna otra característica del horizonte de interés. FIGURA 71.

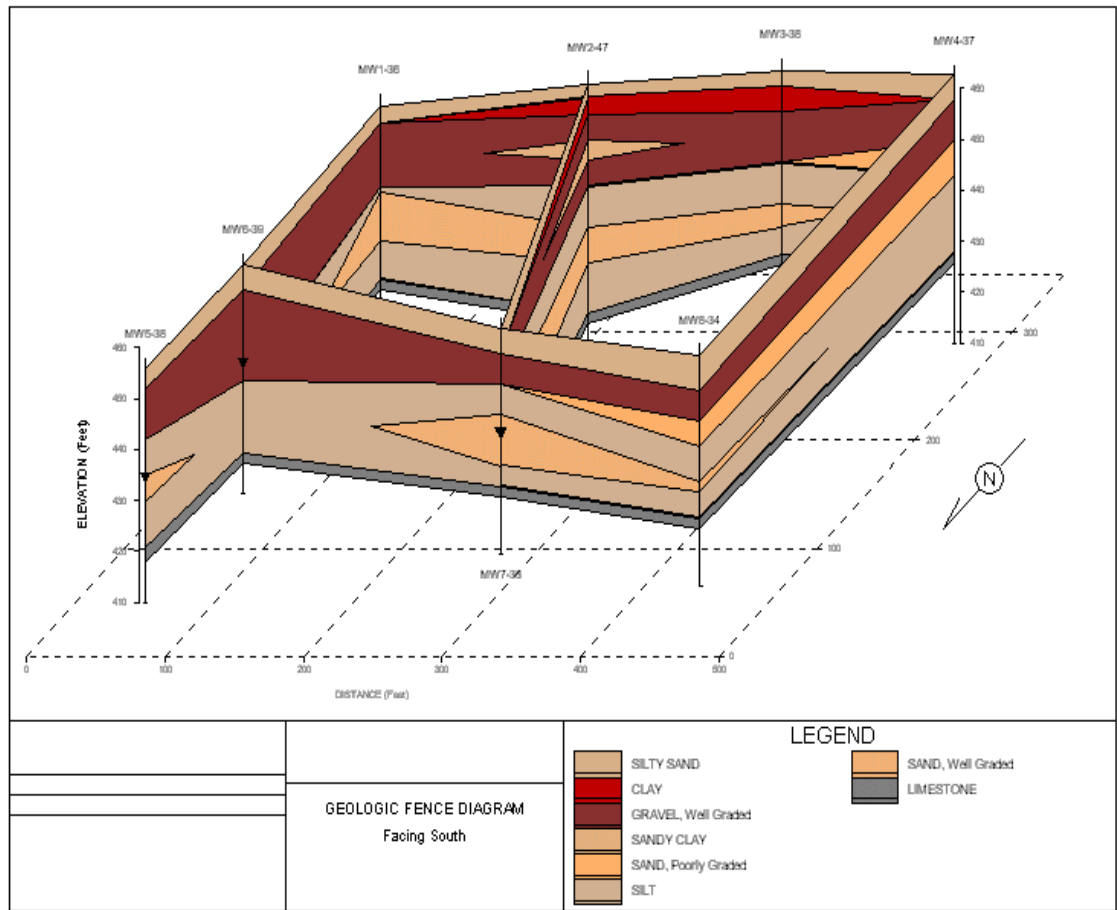
Figura 71. Imagen mostrando un ejemplo de diagrama panel utilizado para ilustrar correlaciones, acuñaamientos sedimentarios y características del horizonte de interés.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: diagramas panel. Escuela de geología. UIS. Modificado.

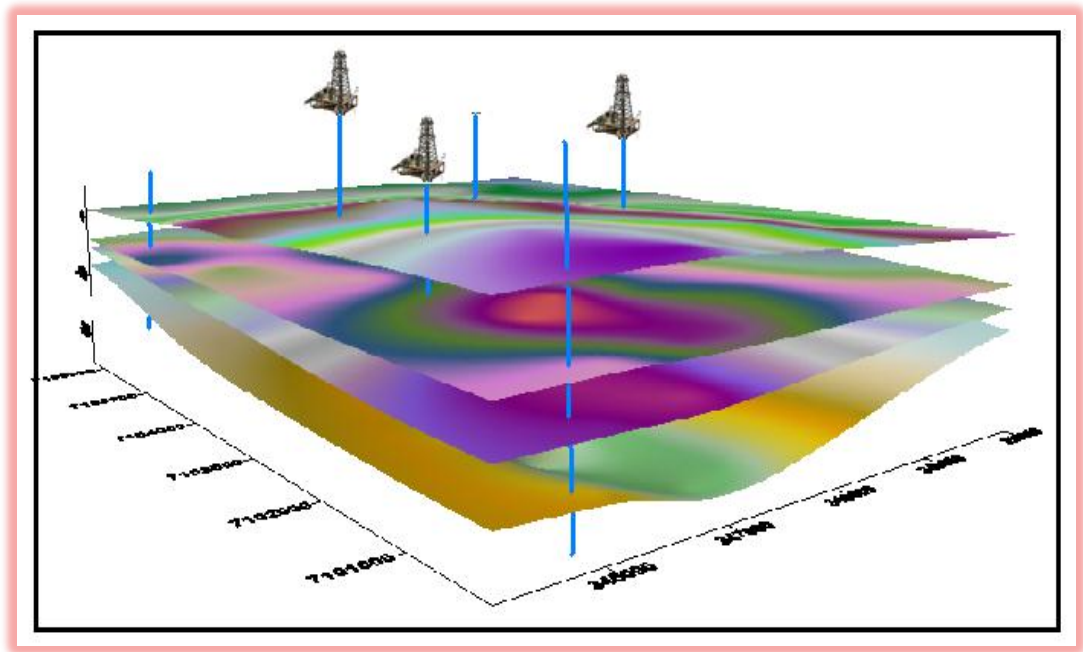
Actualmente existen software que permiten hacer correlaciones con diagramas panel de forma tridimensional, las FIGURAS 72 Y 73 muestran ejemplos de estos.

Figura 72. Imagen mostrando un ejemplo de diagrama panel en 3D.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: diagramas panel. Escuela de geología. UIS.

Figura 73. Diagrama panel mostrando las capas en el subsuelo en 3D.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: diagramas panel. Escuela de geología. UIS.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. A partir del ejercicio suministrado por el profesor elabore un diagrama panel. Tenga en cuenta que los pozos que se encuentran en la parte baja del mapa de localización de pozos, son los que se encuentran más cerca de usted y los ubicados en la parte alta asuma que se encuentran más lejos.

Todos los pozos deben estar correlacionados con otros dos formando triángulos. No tenga en cuenta los toques ni las bases de cada pozo al hacer la correlación.

Terminada la correlación haga sus comentarios sobre lo observado entre los pozos, según se halla elaborado un diagrama panel estratigráfico o estructural.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. Cuando varios pozos se encuentran enfrentados es posible rotar la cuadrícula de localización de los pozos. Explique cómo se hace.
2. ¿Es posible hacer mediciones, como distancias reales sobre los diagramas panel?
3. ¿Cuál es la principal utilidad de los diagramas panel y en qué casos son más utilizados?
4. Existen software que permiten elaborar estos diagramas. Indique cuales y que utilidad tienen.
5. ¿Cómo se logra la profundidad al dibujar un diagrama panel. Ilustre con un dibujo como se hace?
6. ¿Es posible elaborar diagramas panel estructurales?
- 7.Cuál es la razón para que se deban correlacionar siempre tres pozos entre sí.
8. ¿Cuál es el datum utilizado en los diagramas panel?
9. ¿Cómo se ubican los pozos con respecto al datum utilizado en el mapa base? Indicarlo para el caso de un diagrama panel estratigráfico y para uno estructural.
10. Es posible hacer diagramas panel con datos de afloramientos. Explique.

BIBLIOGRAFIA

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

MORALES M. ERICA. Interpretación estratigráfica del área Socororo oeste del convenio Socororo, operado por petroucv, edo. Anzoátegui. Tesis de grado. Caracas. 2002.

PEROPADRE C. MELÉNDEZ N. Las facies continentales del cretácico inferior en la zona meridional de la sierra de altomira (cordillera ibérica): estratigrafía, sedimentología y discusión sobre su correlación regional. Departamento de Estratigrafía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

TEARPOCK DANIEL J.,BISCHKE Richard E. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 293.

PRÁCTICA N^o 7: MAPAS ESTRUCTURALES

OBJETIVOS

- ✓ Conocer las reglas básicas para la elaboración de isolíneas y los principales errores que se pueden cometer al trazar mapas con este tipo de líneas.
- ✓ Elaborar mapas estructurales, teniendo en cuenta las normas de construcción para estos.
- ✓ Conocer qué tipo de información se puede obtener a partir de la elaboración de mapas estructurales así mismo desarrollar habilidades en su interpretación y aplicaciones.

INTRODUCCION

La mayoría de los mapas usados en la geología del petróleo son mapas del subsuelo, siendo los mapas geológicos de superficie, tectónicos y geofísicos parte de la información utilizada en la evaluación de un yacimiento.

Los mapas de contornos como lo son los estructurales, son la parte más significativa y fundamental de cualquier informe o trabajo de exploración o explotación. Los mapas estructurales consisten en trazar el comportamiento físico de las estructuras geológicas en el subsuelo.

Cuando se preparan o se interpretan estos tipos de mapas lo más importante es tratar de tener en la mente una visión tridimensional de la superficie que se está configurando, además de usar el sentido común. El intérprete debe ser capaz de visualizar estructuras en tres dimensiones a partir de datos en dos dimensiones.

Esta guía de laboratorio hace énfasis en el desarrollo de las habilidades en la interpretación de la información del subsuelo, mediante la construcción y análisis de mapas estructurales, los estudiantes deben finalizar realizando un número de ejercicios y responder unas preguntas interpretativas para afianzar este conocimiento.

MARCO TEORICO

Lo principal a la hora de construir cualquier tipo de mapa, consiste en tener en cuenta las siguientes previsiones:

- Aunque los datos puedan ser fácilmente representados según una escala y un intervalo, estos deben ser los más apropiados para su elaboración, ya que el efecto visual da una aparente exactitud tanto en mapas como en secciones.
- Los mapas no deben ser sobrecargados de datos, ya que esto hace que se pierda claridad y que se tornen confusos. Se debe tener en cuenta que un mapa es un documento de trabajo, el cual debe ser informativo y comprensible no solo para quienes lo hicieron. Por esta razón las escalas, las convenciones y los colores están estandarizados.
- Todos los mapas y secciones de cualquier área, deben guardar relación con las áreas adyacentes, así como con los mapas geofísicos.

Un mapa estructural está representado por **isohipsas estructurales**, una isohipsa es un tipo de isolínea que une valores de la misma altura, también llamadas curvas de nivel. Probablemente son las **isolíneas** más conocidas y utilizadas cuya información es la base para la construcción de otras isolíneas⁸⁰.

1. ISOLINEAS O CONTORNOS

Las isolíneas son líneas que unen puntos de igual valor. FIGURA 74. Dichos puntos provienen de mediciones y de interpolaciones de las mismas⁸¹. Sin importar de qué isolínea se trate, estas presentan las siguientes características:

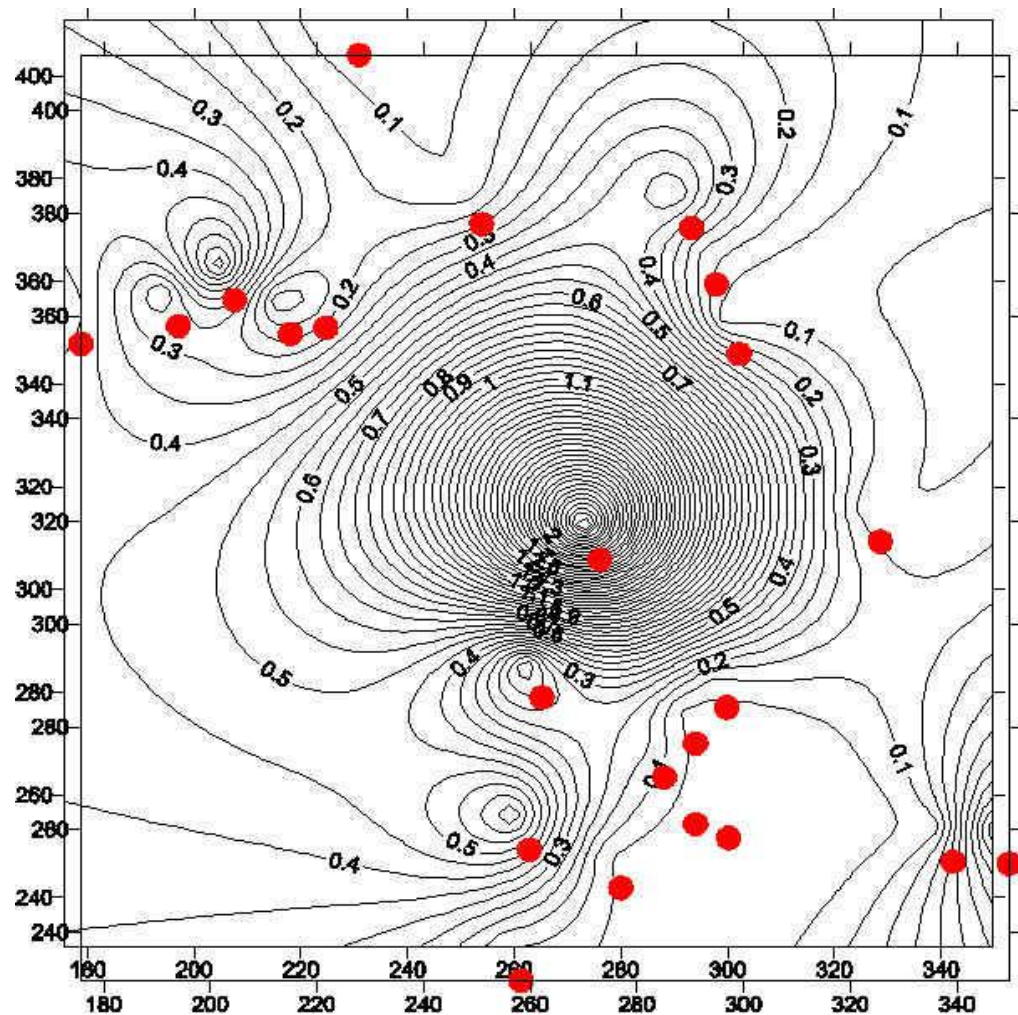
- Todas las isolíneas se cierran, a pesar de que los mapas no las muestren de manera completa, se asume que la distribución del fenómeno que representan es continua y no pueden desaparecer de manera brusca.
- No es posible que las isolíneas se crucen puesto que cada una representa un único valor.

⁸⁰<http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/7/06CAPI05.pdf>. Pág. 2

⁸¹Ibíd. Pág.6.

- El acercamiento o la separación entre las isolíneas, muestra las características de la variación del fenómeno en relación con la distancia. Cuando estas se acercan expresan un cambio notorio del fenómeno y cuando se separan el cambio es gradual, más suave o lento.

Figura 74. Imagen mostrando un ejemplo de un mapa de isolíneas.



Fuente: Díaz Roció. S., Padilla Andrés J., Pineda Medina J. Mapas de isolíneas. Facultad de humanidades. Departamento de geografía. Cartografía temática. Universidad del valle.

2. ERRORES EN EL TRAZADO ISOLINEAS

Cuando bosquejamos isolíneas de cualquier categorización podemos exhibir los siguientes errores:

- Las isolíneas tienden a ser suaves, excepto donde el análisis experto identifique rasgos de mesoescala.
- Las isolíneas no se intersectan
- “Ondas cortas” en las isolíneas deben eliminarse.
- No interceptar o romper un alto/altos con bajos.
- No hacer contornos paralelos del mismo nivel o valor a través de grandes distancias haciendo meandros.
- No configurar o contornear un alto dentro de un bajo al menos que se encuentren características geológicas muy especiales.
- No tratar de apretar o unir los contornos para acomodar los puntos de control los cuales pueden ser configurados de otra manera.
- Tratar de configurar principalmente en rumbos o direcciones definidas si los datos lo permiten y es práctico.
- Tratar de hacer los contornos muy suaves (sin picos) con buen sentido de flujo.
- No hay que hacer cierres de bajos innecesarios, naturalmente sin sacrificar otros principios evitando los bajos con cierre.
- No hay que dejar un exceso o gran cantidad de contornos terminando al borde del prospecto o mapa al menos que sea necesario para demostrar alguna idea muy puntual.
- Trate de configurar o contornear optimistamente pero que sea dentro de la realidad geológica del área.

forma de la superficie y son análogas a las curvas de nivel por ser líneas imaginarias que conectan puntos de igual altura⁸².

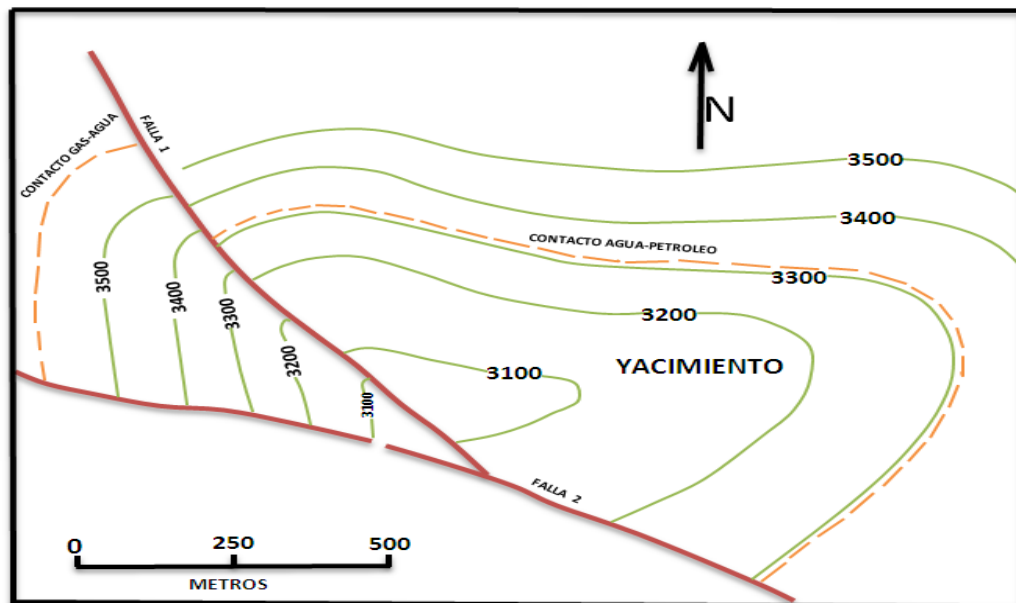
La superficie representada por ellas puede sobresalir o puede estar interrumpida por fallas. En determinadas circunstancias también puede resultar útil tomar como plano de referencia uno inclinado en lugar de uno horizontal.

3. PREPARACION Y ELABORACION DE MAPAS ESTRUCTURALES

Las fuentes de información para la construcción de este tipo de mapa, son en primera instancia los datos sísmicos y los registros de pozo. El mapa estructural está conformado por los contornos o curvas estructurales y las trazas de fallas. FIGURA 76. Los contornos estructurales nos informan sobre la orientación del estrato mapeado (rumbo), la inclinación y magnitud del estrato en relación al plano horizontal (buzamiento), la morfología de la estructura (pliegues, anticlinales, homoclinales), el desplazamiento de las fallas, etc.

Un buen control estructural permite establecer los mejores diseños de perforación, por ejemplo, establecer las profundidades hasta donde perforar, garantizando encontrar el objetivo y no perforar en exceso.

Figura 76. Imagen mostrando un ejemplo de un mapa estructural.

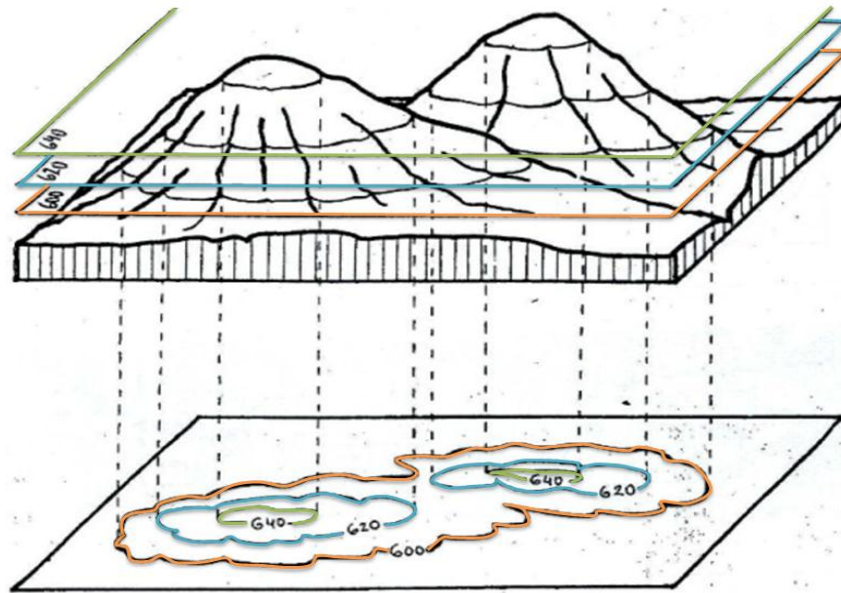


Fuente: autor.

⁸²<http://www.slideshare.net/luisclaritos100/mapas-estructurales#btnPrevious>

Una curva estructural es una línea imaginaria que conecta puntos de igual posición estructural en el subsuelo, por consiguiente un mapa estructural muestra la configuración de un horizonte o estrato. FIGURA 77.

Figura 77. Imagen mostrando la representación de un relieve a partir de líneas de contornos.



Fuente: <http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1KM5CMN6P-151KNYZ-1F58/1KKDZ2YJGIN32CL8I3B7Iimage>

Todos los datos utilizados para su construcción deben ser referidos a una línea base o datum, que por lo general es el nivel del mar.

Información requerida:

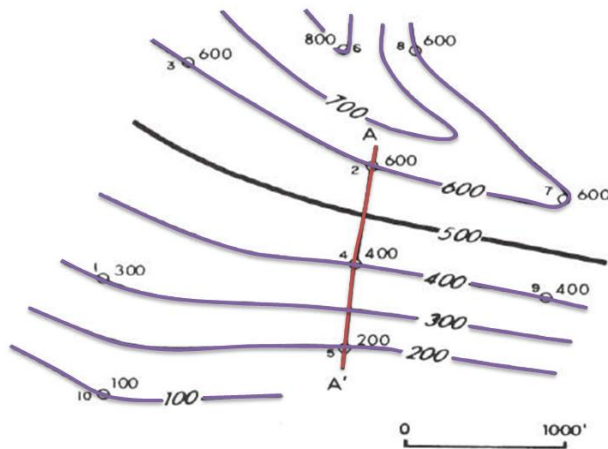
- Ubicación exacta de cada punto de observación.
- Marcadores estratigráficos seleccionados.
- Profundidad de los marcadores bajo la superficie.
- Composición conocida de las rocas.

4. METODOS DE TRAZADO

En los mapas estructurales la información disponible por ser escasa, está sujeta al factor de la interpretación individual, excepto en un avanzado estado de exploración. Los siguientes son los métodos para su elaboración.

- 4.1. Método de trazado mecánico:** La diferencia en elevación entre cada dos puntos se distribuye aritméticamente, de acuerdo a la distancia horizontal y al intervalo elegido. Este método produce un mapa geoméricamente exacto, pero si los datos son escasos, el relieve obtenido puede ser muy diferente a las formas comunes en la naturaleza⁸³. FIGURA 78.

Figura 78. Imagen mostrando un ejemplo del método de trazado mecánico.

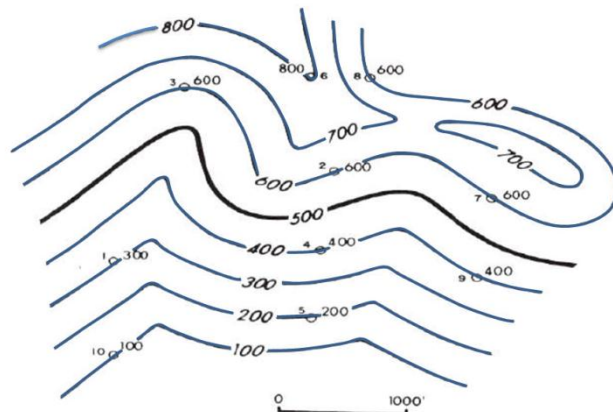


Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS. Modificado.

- 4.2. Método paralelo:** con este método, las líneas de contorno son dibujadas paralelas o cercanamente paralelas a las otras. FIGURA 79.

⁸³Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura geología de hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Facultad fisicoquímicas. 2012. Pág. 3.

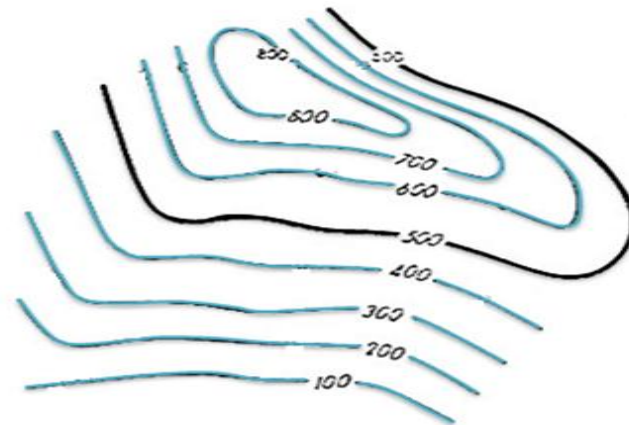
Figura 79.Imagen mostrando un ejemplo del método de trazado paralelo



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS. Modificado.

- 4.3. Método de igual espaciamiento:** este método asume pendiente o ángulo de buzamiento uniforme sobre un área entera o al menos sobre un flanco individual de una estructura⁸⁴. FIGURA 80.

Figura 80.Imagen mostrando un ejemplo del método de igual espaciamiento.

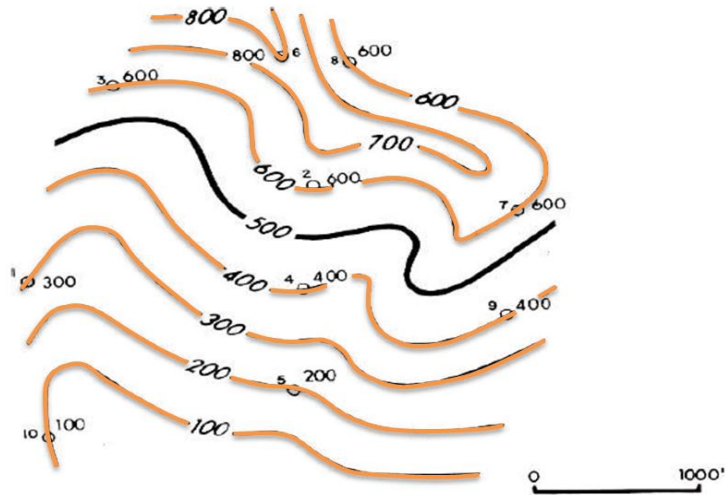


Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS. Modificado.

⁸⁴Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura geología de hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Facultad fisicoquímicas. 2012. Pág. 3.

- 4.4. Método interpretativo:** traza las curvas mostrando un patrón estructural consistente con los valores dados y también con la estructura regional. FIGURA 81.

Figura 81. Imagen mostrando un ejemplo del método de trazado interpretativo.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS. Modificado.

Cuando se cuenta con suficiente control el trazado mecánico es más exacto. Cuando los datos son limitados, el trazado interpretativo es el más satisfactorio.

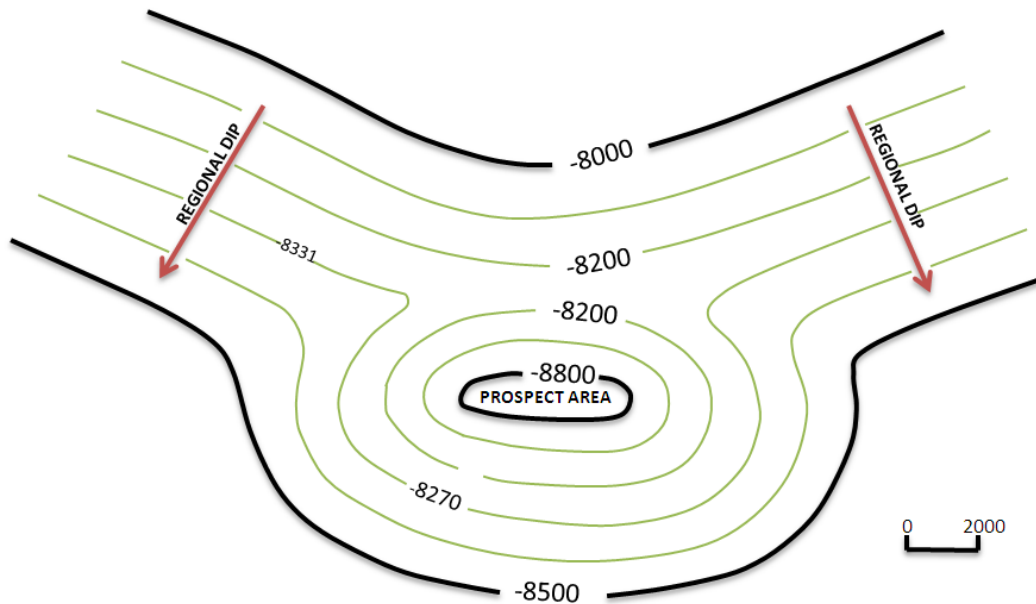
En un área varias interpretaciones estructurales son posibles, la mejor y más lógica será hecha por aquellos geólogos que estén más familiarizados con el área y con áreas adyacentes similares. Además la interpretación más simple es siempre la más lógica y la que posteriormente verifican los pozos adicionales.

5. CONSTRUCCIÓN DE ISOLINEAS EN MAPAS ESTRUCTURALES

- Todos los mapas de contornos deben tener una referencia seleccionada con la cual los valores de las líneas de contorno son comparadas.
- El intervalo de contorno sobre un mapa debe ser constante.
- El espaciamiento del contorno depende del buzamiento de la estructura a ser mapeada.
- Todos los mapas deben incluir una escala gráfica.

- Cada quinto contorno es un contorno indicador. Debe ser más oscuro o más ancho y etiquetado con su valor. FIGURA 82.
- Deben utilizarse líneas rayadas para indicar una depresión cerrada.

Figura 82. Imagen ejemplo de una estructura alta localizada indicado por un cambio en la inmersión regional.

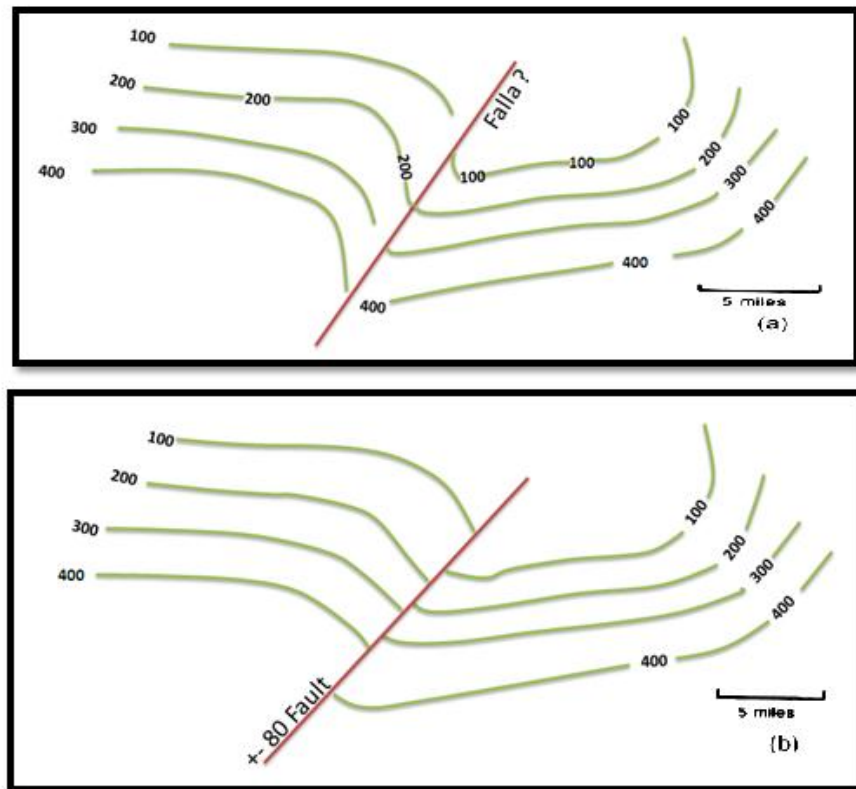


Fuente: Autor.

- El contorno debe ser comenzado en áreas con el máximo número de puntos de control.
- Es preferible construir un grupo de líneas de contorno que una línea de forma individual.
- Usar un estilo de contorno suave es preferible que un estilo ondulado a menos que la data indique otro modo.
- Inicialmente un mapa debe ser contorneado en lápiz con líneas dibujadas suavemente tal que ellas puedan ser borradas cuando el mapa requiera revisión.
- Establecer el buzamiento regional cuando sea posible. Cualquier cambio en la rata de inclinación podría ser una indicación de estructuras locales.
- El contorneo puede ser optimista o pesimista dependiendo de su experiencia, normas corporativas y filosofía de explotación. El geólogo debe usar toda su pericia técnica para mapear realísticamente.

- En áreas de limitado control o de fallas verticales, es importante contornear la limitada data para reflejar la interpretación geológica tan simple como sea posible.
- Cualquier cambio radical en la dirección de los contornos puede sugerir fallamiento, aun cuando las fallas no han sido reconocidas por el pozo control. FIGURA 83.
- Un incremento en el valor de buzamiento acompañado por un cambio abrupto en la dirección es una fuerte evidencia de fallamiento. FIGURA 9.

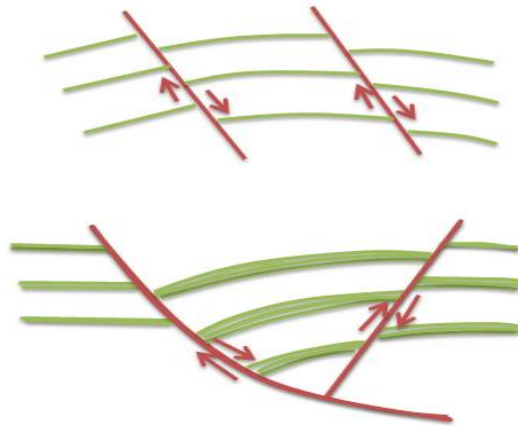
Figura 83. Imagen mostrando un cambio abrupto en la dirección de los contornos lo cual sugiere la posibilidad de una falla.



Fuente: Autor.

- Un cambio o inversión en la dirección del buzamiento sugiere el cruce del eje de un pliegue. FIGURA 84.
- Las estructuras pueden o no tener compatibilidad de contorno a través de una falla.

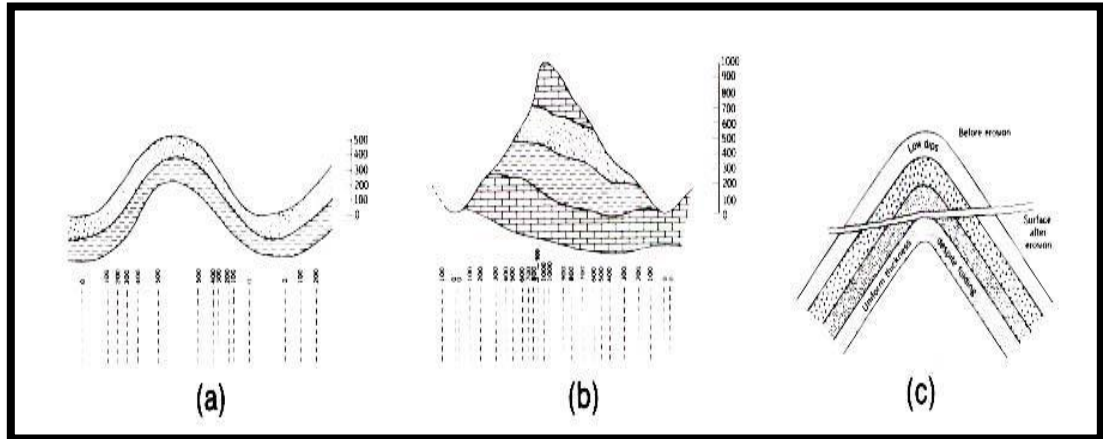
Figura 84. Imagen mostrando una sección cruzada con compatibilidad estructural entre fallas y otra sección cruzada que no muestra compatibilidad estructural entre las fallas de crecimiento mayor.



Fuente: Autor.

- Las estructuras altas se aplanan en el eje con buzamientos suaves al tope de la estructura, generando espaciamientos grandes de las líneas de contorno a través de la cresta de la estructura comparada al espaciamiento en los flancos.
- Una pendiente abrupta continua hacia la cresta con escaso o nulo aplanamiento de la pendiente, indica que la superficie ha sido afectada por la erosión o indica la presencia de una discordancia. FIGURA 85.
- Las estructuras bajas cerradas no son comunes.

Figura 85. Imagen mostrando picos y valles estructurales e inconformidades pueden a veces ser reconocidas por su efecto en el espaciamiento del contorno.



Fuente: Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 287.

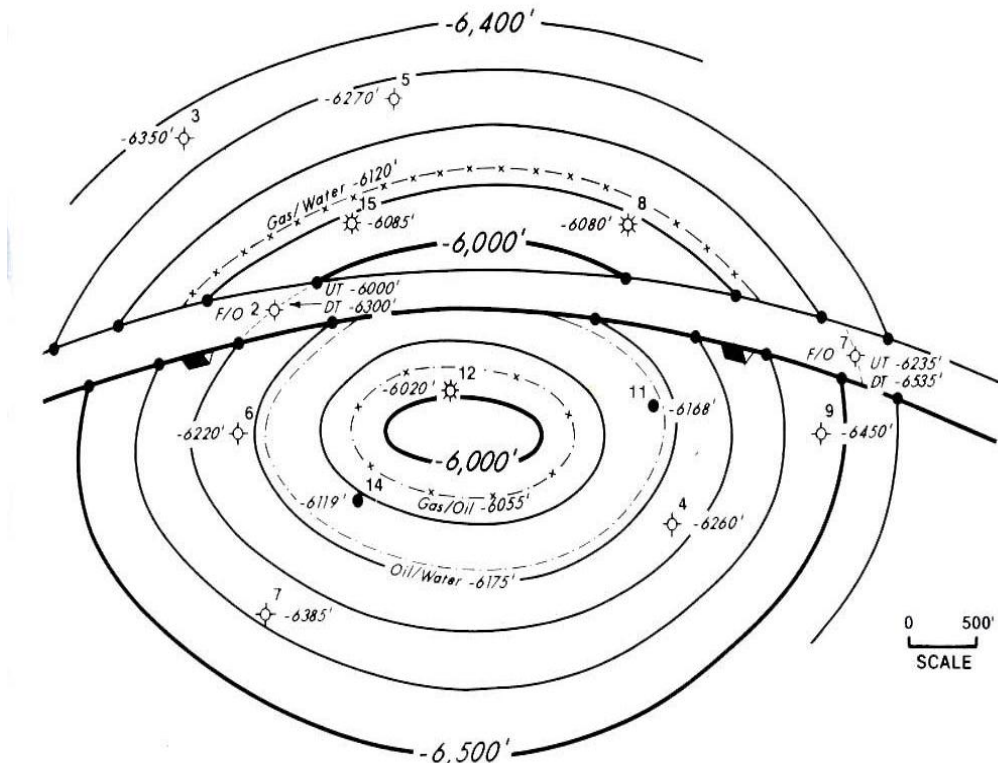
- El geólogo puede contornear una estructura en la forma que mejor ajuste a la data geológica y de ingeniería, y que mejor represente el tipo de estructura presente en el ambiente tectónico.
- La mejor prueba de la validez geométrica tridimensional de un mapa estructural de contorno es la capacidad de pronóstico. El ajuste del modelo interpretativo con data nueva de pozos o líneas sísmicas indican la consistencia y validez del modelo estructural.

6. CONTORNEO DE PLANOS DE FALLA

Para la construcción de un contorneo de planos de falla es necesario tener en cuenta lo siguiente.FIGURA 86.

- Delinea la posición de las trazas de la falla tanto en el bloque levantado y en el bloque deprimido.
- Representa la separación vertical de la falla en el horizonte particular a ser mapeado.
- Define los límites de los yacimientos delimitados por fallas.
- Provee el correcto contorneo del horizonte mapeado a través de la falla.

Figura 86. Mapa estructural y de fallas integradas para una arena de 6000ft. Los círculos remarcados delinean la intersección de cada contorno estructural con el contorno de la falla de la misma elevación.



Fuente: Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 293.

6.1. Normas de Construcción:

- Son mapas similares a los de curvas de nivel y siguen las normas generales del trazado de isolíneas.
- Excepcionalmente las isolíneas pueden cruzarse en el caso de pliegues volcados y fallas inversas. Por lo regular no se muestran las curvas en el bloque hundido o en el flanco inferior del pliegue volcado. Una curva finaliza solamente en una falla, línea de costa o discordancia
- Curvas juntas representan buzamientos pronunciados y vice versa.
- Excepcionalmente las isolíneas pueden converger en una sola curva, donde representen un buzamiento vertical o donde una falla hace desplazar las isolíneas a lo largo del rumbo.

- Líneas del mismo valor deben ser repetidas para expresar un cambio en la dirección del buzamiento.
- Las pequeñas depresiones se pueden indicar achurados.
- La geología regional proporciona indicadores del tipo de estructuras que pueden encontrarse en el área.
- Cuando los mapas estructurales están destinados al desarrollo exploratorio o al cálculo de reservas, no se debe ser excesivamente optimista en cuanto al número, área y cierre de domos o anticlinales.
- Es conveniente mantener el buzamiento constante y mostrar gradualmente los cambios de rumbo, a menos que las cotas obliguen a cambios marcados de rumbo o buzamiento. Las áreas donde no se presenten cambios anómalos deben ser cuidadosamente estudiadas en busca de posibles fallas.
- En los mapas estructurales, una falla normal suele originar una zona donde el horizonte clave no se presenta y esta zona es mayor cuanto menor es el buzamiento del plano de falla. La zona vacía puede ser determinada en los mapas estructurales cuando existe suficiente control para fijar la posición del marcador en cada bloque y que por lo menos tres pozos deben haber cortado el plano de falla.
- En sinclinales cuyo eje no es horizontal las curvas de nivel están subiendo por un flanco, cruzan el eje y regresan bajando por el flanco opuesto, formando una V con el extremo abierto hacia la caída del pliegue.
- A medida que se obtiene más información las curvas estructurales deben ir siendo modificadas.

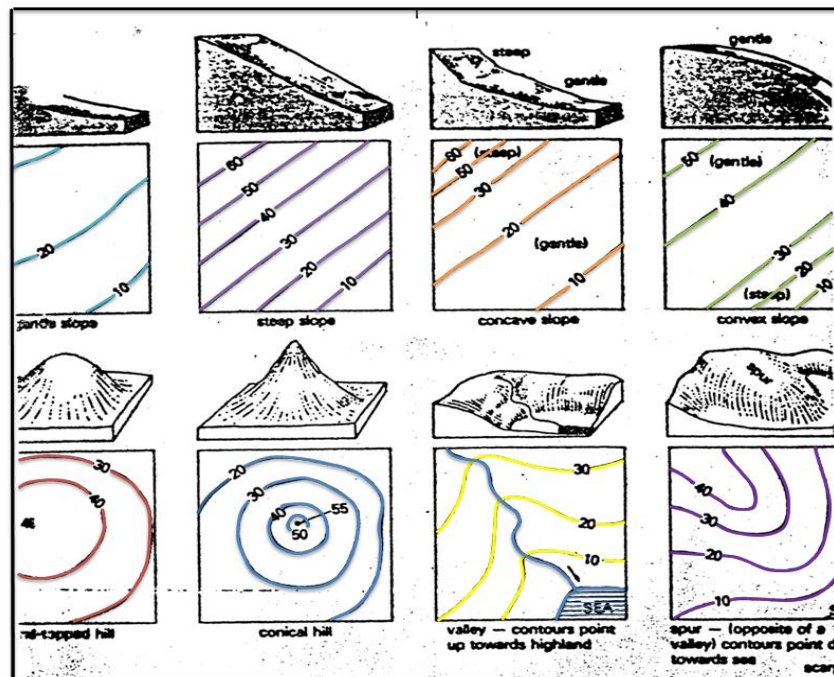
6.2. Requerimientos para una interpretación estructural razonable

- Correlaciones correctas (de registros y sísmica).
- Un buen entendimiento del escenario tectónico que ha sido trabajado.
- Un claro entendimiento de los principios básicos de geología, incluyendo la geometría de intersección de formaciones y fallas.
- Validación tridimensional de la interpretación.
- Uso de toda la data disponible.
- Un entendimiento de la exactitud de la data.
- Uso de técnicas de mapeo correctas y exactas.
- Construcción e integración de todos los mapas requeridos.
- Construcción de secciones estructurales.
- Mapeo de múltiples horizontes.

- Buena documentación de todo el trabajo.

En la FIGURA 87 se observan algunos ejemplos de estructuras y como pueden ser representadas en los mapas estructurales, estas deben ser tomadas en cuenta a la hora de elaborar un mapa estructural.

Figura 87. Imagen mostrando los ejemplos comunes en el trazado de isolíneas para algunas estructuras.



Fuente: Mier U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS. Modificado.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Utilizando el mapa base y la tabla anexa elabore:

1. Elabore un mapa estructural del tope de la unidad seleccionada, defina el intervalo de contorno IC a utilizar.
2. Sobreponga los anteriores mapas y defina el mapa isópaco en profundidad. Elabore un mapa estructural de la base de la unidad seleccionada.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Qué diferencia existe entre un mapa estructural y un mapa geológico?
2. ¿Cuál es la principal utilidad de los mapas estructurales?
3. ¿Por qué se elaboran con respecto al techo de la unidad de interés y no de la base?
4. ¿Cómo se puede determinar la presencia de una falla al elaborar un mapa estructural?
5. ¿Cómo se determina el intervalo de contornos IC?
6. ¿Existen software que laboren este tipo de mapas? ¿Cuáles?
7. ¿Por qué para expresar un cambio de buzamiento se debe repetir una línea?
8. Es posible obtener diferentes interpretaciones o siempre se debe llegar a un único mapa
9. Es posible elaborar el mapa estructural de una discordancia.
10. ¿Cuál es la razón para que las profundidades de los horizontes de interés estén referidas al nivel del mar.

BIBLIOGRAFIA

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

TEARPOCK DANIEL J., BISCHKE RICHARD E. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 293.

Diseño de isolíneas y uso del premapa. (Documento virtual).
[//www.bdigital.unal.edu.co/1239/7/06CAPI05.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/7/06CAPI05.pdf)

Líneas de contorno. (Documento virtual). [//cmapspublic2.ihmc.us/rid=1KM5CMN6P-151KNYZ1F58/limage](http://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1KM5CMN6P-151KNYZ1F58/limage).

Mapas estructurales. (Documento virtual).
[//www.slideshare.net/luiscaarlitos100/mapas-estructurales#btnPrevious](http://www.slideshare.net/luiscaarlitos100/mapas-estructurales#btnPrevious)

Tipos de mapas geológicos. (Documento virtual).
[//es.scribd.com/doc/26718205/Map-As](http://es.scribd.com/doc/26718205/Map-As).

Diseño de isolíneas y uso del premapa. (Documento virtual).
[//www.bdigital.unal.edu.co/1239/7/06CAPI05.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/7/06CAPI05.pdf)

PRÁCTICA N° 8: MAPAS ISÓPACOS

OBJETIVOS

- ✓ Elaborar mapas isópacos, interpretarlos y conocer sus aplicaciones.
- ✓ Conocer sus aplicaciones en la exploración y desarrollo de hidrocarburos.
- ✓ Aplicación en el cálculo del volumen de hidrocarburos de un reservorio.

INTRODUCCION

En la geología petrolera los más utilizados son los mapas estructurales, **mapas isópacos**, mapas de continuidad de arenas entre otros.

Los mapas son instrumentos considerados importantes e indispensables por lo cual deben presentar la información de manera clara, nítida y confiable y deben ser elaborados siguiendo patrones de aceptación universal. Dado el dinamismo de la información en la industria petrolera, los mapas que utilizan deben ser un instrumento de fácil modificación

En el caso del petróleo, puede decirse que la mayor parte de las propiedades que definen los yacimientos, son posibles de ser representadas mediante mapas son dispuestas de ser constituidos mediante uno o más mapas, como es el caso de: áreas, espesores, formas, límites, orientación, etc.

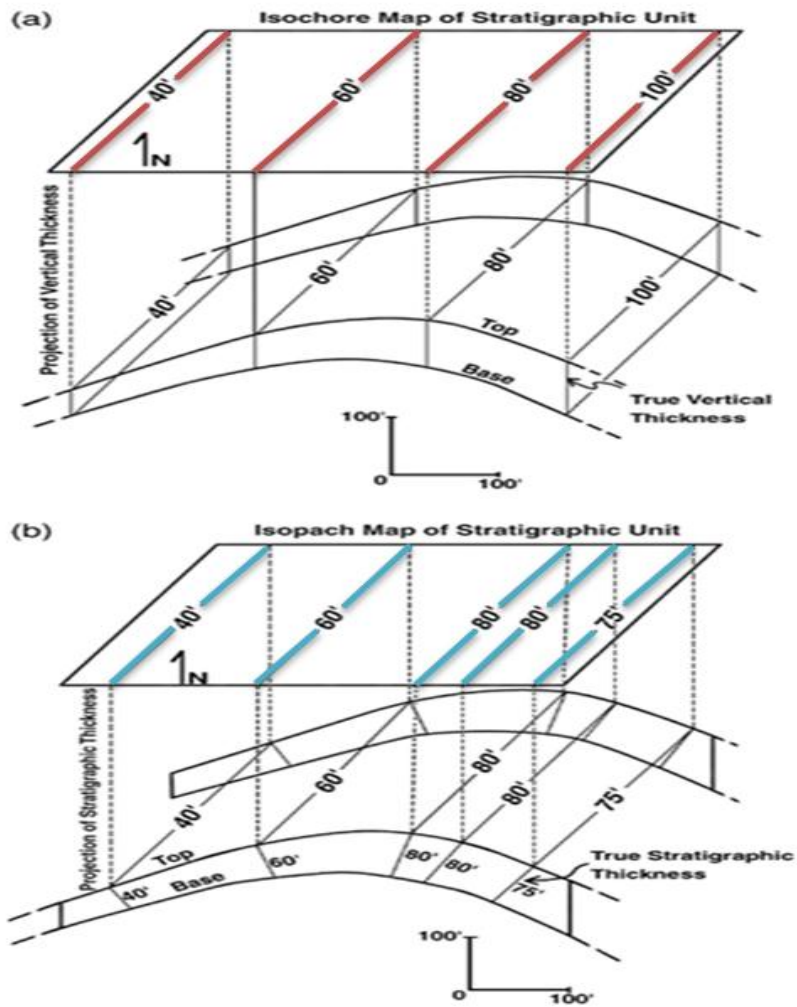
En esta guía de laboratorio se estudiarán los mapas isópacos, ya que son considerados una herramienta indispensable a la hora de evaluar un yacimiento.

MARCO TEORICO

Dos términos claves, isópaco e isócoro, a menudo se utilizan como sinónimos en la industria petrolera como medidas de espesor, pero son diferentes. Un mapa isócoro define el espesor vertical verdadero de un intervalo estratigráfico, mientras que un mapa isópaco ilustra el espesor real estratigráfico de un intervalo estratigráfico. FIGURA 88. Estos dos términos se confunden a menudo con respecto a su significado geológico. Es de vital importancia tanto para los trabajos de exploración y desarrollo que este claro el significado de cada uno y más importante aún, entender la correcta aplicación de los espesores de cada uno⁸⁵.

Figura 88. Imagen mostrando (a) un mapa isócoro delinea el verdadero grosor vertical de un intervalo estratigráfico, tal como una unidad de roca que contiene un reservorio. (b) un mapa isópaco delinea el verdadero grosor estratigráfico de un intervalo estratigráfico. La misma unidad de inmersión estratigráfica se usa en las dos figuras (a) y (b), con los mismos límites en el borde del mapa. Nóteselos diversos valores de grosor asignados al mapa isócoro contra los del mapa isópaco de la misma unidad.

⁸⁵Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping. 1991. pág. 489.



Fuente: Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping.1991.

Los mapas isópacos son utilizados para:

- Estudios de ambientes de depositación.
- Estudios genéticos de cuerpos de arenas.
- Historia de movimiento de fallas.
- Caracterización de yacimientos.
- Estudio de recuperación de crudos.
- Calculo de volúmenes de hidrocarburos⁸⁶.

⁸⁶Daniel J. Tearpock, Richard E. Bischke. Applied subsurface geological mapping.1991. pág. 489.

Una vez perforado un conjunto de pozos exploratorios y haber obtenido y analizado la data, se procede a evaluar la extensión areal del yacimiento en estudio, con el fin de poder analizar acerca del contenido de hidrocarburos.

La extensión areal está definida como la superficie que alcanza o abarca una acumulación de hidrocarburos, ésta extensión se representa de manera horizontal o por planos horizontales, ya que si tomamos en cuenta algún tipo de pliegue la superficie que abarca sería un poco mayor hecho que nos arrojaría errores significativos al momento de efectuar cálculos de volúmenes.

La técnica adecuada para el cálculo del área, consiste principalmente en plasmar la información obtenida por medio de pozos en mapas ya sean isópacos o estructurales, un **mapa isópaco**, consiste en una serie de curvas trazadas por puntos de igual espesor de la arena en estudio. Éstos pueden ser de espesor total, de arena bruta y de arena neta de hidrocarburo y poseen como finalidad dar un indicio del espesor de las capas. Los mapas isópacos son de gran ayuda para el cálculo de volumen de roca a través del método gráfico, una vez plasmada las curvas del mapa isópaco, se podrá calcular por medio de técnicas matemáticas o por medio de un instrumento llamado: planímetro, el área encerrada por cada curva o extensión de la arena contenedora.

1. TIPOS DE MAPAS ISOPACOS

1.1. Según el tipo de arena:

- 1.1.1. **Mapas isópacos de arena total:** Es la representación en el plano horizontal de los espesores de los cuerpos de arena, medidos en los perfiles de pozos, el espesor de arena total de cada cuerpo de arena se determina estableciendo el tope y la base del cuerpo completo.
- 1.1.2. **Mapas isópacos de arena neta:** Es la representación de las arenas contables permeables restando los espesores de intervalos de lutitas y otros materiales no considerados permeables.
- 1.1.3. **Mapas isópacos de arena neta de petróleo y gas:** Determina la geometría de las arenas saturadas de hidrocarburos, se elabora a partir de las arenas que integran los límites del yacimiento.

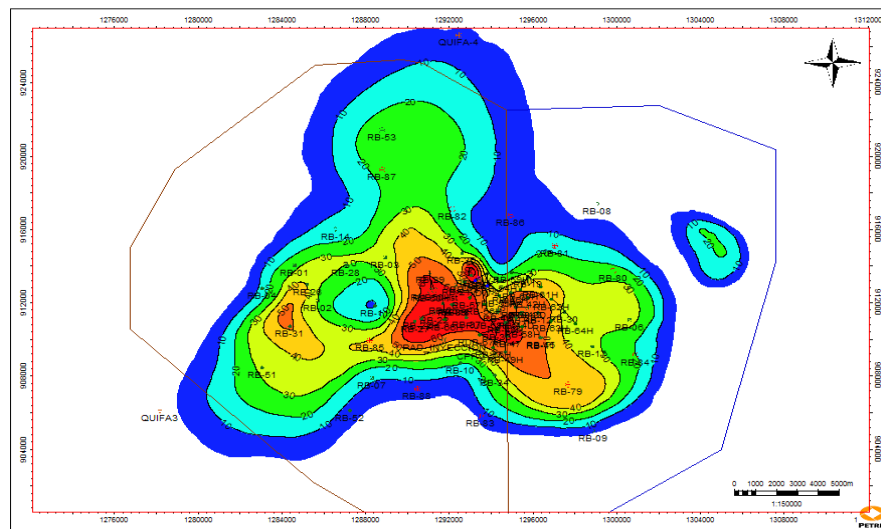
1.2. Según su espesor:

- 1.2.1. **Mapa isópacos de espesor bruto:** Este tipo de mapa isópacos muestra todo el intervalo entre el tope y la base del yacimiento de cada pozo.
- 1.2.2. **Mapas isópacos de espesor bruto petrolífero:** Este tipo de mapa muestra las posiciones del espesor bruto que contenga agua. Este tipo de mapa es el más descriptivo de la geometría del yacimiento de los mapas isópacos.

2. CONSTRUCCION DE MAPAS ISOPACOS

Un mapa isópaco es aquel que por medio de isóneas muestra la distribución real del espesor de una unidad de roca. FIGURA 89. Un mapa construido sin ajustar los espesores se llama **mapa isócoro** y muestra con líneas isócoras el espesor perforado de una unidad estratigráfica. Cuando los ángulos de buzamiento de los estratos son menores de 5° , la diferencia entre el isópaco y el isócoro es insignificante. Para ángulos mayores de 10° se deben hacer las correlaciones pertinentes⁸⁷.

Figura 89. Imagen mostrando un ejemplo de mapa isópaco.



Fuente: Mier. R. presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas isópacos. Escuela de geología. UIS.

⁸⁷Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Pág. 35.

Los espesores obtenidos con base en núcleos o perfiles, deben ser corregidos cuando los pozos no son perpendiculares a la superficie de estratificación.

En el caso de pozos inclinados, el espesor estratigráfico o real, se corrige multiplicando el intervalo perforado por el coseno del ángulo de desviación del pozo:

Espesor estratigráfico = (intervalo perforado) x (cos ángulo de desviación).

De igual manera se calcula si el pozo es vertical y el estrato inclinado, en este caso será el coseno del ángulo de buzamiento.

En el caso de capas inclinadas y pozos inclinados, se debe hacer una doble corrección y se calcula así:

Espesor real = (intervalo perforado) x (cos del ángulo de desviación) x (cos ángulo de buzamiento).

En los casos en que el pozo está inclinado, se deben corregir las coordenadas del pozo para la profundidad a la cual corta el estrato de interés y se debe ubicar nuevamente sobre el mapa base.

Es de anotar que de igual forma se debe proceder en el caso de mapas estructurales, para conocer las profundidades reales del horizonte seleccionado⁸⁸.

Una vez que se elige la unidad estratigráfica que se va a representar con el mapa isópaco, se determina el espesor en cada pozo y su cifra se coloca en el mapa base encima o debajo del símbolo del pozo. Luego se trazan las isópacas siguiendo las normas generales del dibujo de isolíneas.

El intervalo empleado o intervalo de contornos, depende de la calidad del mapa, exactitud y variación entre los valores. Puede ser de centenares de metros para un mapa regional hasta fracciones del metro para mapas gran detalle en unidades estratigráficas delgadas⁸⁹.

⁸⁸Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Pág. 35.

⁸⁹Ibíd., pág. 35

3. NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

- Los mapas de isovalores siguen las normas generales del trazado de isolíneas.
- Curvas del mismo valor deben ser repetidas donde se presenta un cambio de un adelgazamiento a un engrosamiento de la unidad.
- La línea CERO, determina el límite de la presencia de la unidad estratigráfica.
- Pequeñas curvas cerradas que indican adelgazamientos locales o engrosamientos, adquieren mayor significado sin se les da un achurado especial.
- Se debe tomar en cuenta la geología regional del área, la cual suministra la información de la geometría que puede encontrarse.
- Cuando los mapas isópacos están destinados al desarrollo exploratorio o al cálculo de reservas, es conveniente evitar en la construcción de los mapas un optimismo excesivo en cuanto al espesor y extensión de las unidades productoras o potencialmente productivas.
- En las fallas normales es frecuente que se acerquen las líneas isópacos, indicando una sedimentación mayor en el bloque hundido o deprimido.
- A medida que se obtiene información adicional de nuevos pozos, las isópacos deben ser modificadas conforme a los datos.

Es importante anotar que el mapa isópaco no está definido con respecto a la forma. La forma queda definida por el marcador utilizado.

Un adelgazamiento puede indicar un levantamiento y un engrosamiento puede indicar una acumulación como el caso de un relleno de canal.

El mapa isópaco difiere de otros mapas de isovalores en que **su plano de referencia es el techo de la unidad estratigráfica**. Por esta razón, este tipo de

mapa muestra un plano superior y las variaciones de espesores se extienden hacia abajo de ese límite superior.

Esta convención invertida nace del hecho de que la parte superior del intervalo es la primera en ser atravesada por la broca y el horizonte superior o capa clave, se utiliza como plano de referencia a representar. **Mediante esta convención el mapa isópaco muestra directamente el relieve estructural del horizonte inferior, respecto al horizonte superior tomado como plano de referencia⁹⁰.**

Además el mapa isópaco no está definido respecto a la profundidad, sus profundidades quedan determinadas con un mapa estructural correspondiente a esa unidad. Por lo general se dibuja un mapa isópaco con líneas a trazos, sobre el mapa estructural del tope de la misma unidad. Así queda determinada la profundidad, la forma y la posición geográfica.

Finalmente los mapas isópacos se pueden utilizar para expresar; la paleoestructura, para indicar el grado de hundimiento que ocurrió durante la acumulación de un depósito sedimentario y también pueden ser usados como mapas paleogeomorfológicos. Sirven además para determinar la geometría en planta y en corte de las unidades de roca al final de su depositación, ayudan a determinar el ambiente de depósito y se necesitan en el cálculo de reservas; también en algunos casos se puede con ellos determinar la dirección de aporte.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Utilizando el mapa base y la tabla anexa suministrada por el profesor elabore:

1. Defina el intervalo de contorno a utilizar.
2. Elabore un mapa isópaco para la unidad seleccionada.
3. Elabore un corte representativo a partir del mapa isópaco.

⁹⁰Manrique B. Jesús. A., Mora. H. Cesar. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003. Pág. 37.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Qué diferencia existe entre mapas isócoro y mapas isópacos?
2. ¿Qué diferencia existe entre espesor estratigráfico y espesor perforado?
3. ¿Qué diferencia existe entre un mapa isópaco de arena neta y un mapa isolito de arena?
4. ¿En un mapa isópaco qué características estructurales y estratigráficas pueden ser observadas?
5. ¿Cómo se lee un mapa isópaco, en alto relieve o en bajo relieve? Explique.
6. ¿Cómo se establece la profundidad de lo observado en un mapa isópaco?
7. ¿De qué manera es útil el mapa isópaco en el cálculo de reservas? Explique.
8. A partir de qué ángulo de buzamiento de las capas se deben hacer correcciones para los espesores.
9. ¿Es posible observar canales de sedimentación o líneas de playa en los mapas isópacos?
10. Cuando se superponen un mapa estructural del tope de un intervalo y su correspondiente mapa isópaco, qué tipo de mapa se puede obtener.

BIBLIOGRAFIA

MANRIQUE B. JESÚS. A., MORA. H. CESAR. A. Manual de ejercicios aplicados a los métodos de exploración de hidrocarburos. Universidad de Caldas. 2003.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas isópacos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

TEARPOCK DANIEL J., BISCHKE RICHARD E. Applied subsurface geological mapping. 1991. Pág. 293.

Tipos de mapas geológicos. (Documento virtual).
[//es.scribd.com/doc/26718205/Map-As](https://es.scribd.com/doc/26718205/Map-As).

Líneas de contorno. (Documento virtual). [//cmapspublic2.ihmc.us/rid=1KM5CMN6P-151KNYZ1F58/limage](https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1KM5CMN6P-151KNYZ1F58/limage).

PRÁCTICA N° 9: CLASIFICACIÓN DE POZOS

OBJETIVOS

- ✓ Conocer la clasificación alfanumérica de pozos propuesta por Lahee (1965).
- ✓ Analizar y plantear en qué áreas se pueden encontrar los tipos de pozos clasificados por Lahee.
- ✓ Estudiar e Interpretar los tipos de trayectorias que pueden tener los pozos en el momento de la perforación, explicando en que yacimiento es necesario utilizar cada una de ellas.

INTRODUCCION

Una vez que el reservorio ha sido descubierto a través de las operaciones de exploración la siguiente etapa es perforar los pozos productores. La perforación puede ser en tierra firme o costa afuera. Estas operaciones agrupan muchos procesos por medio de los cuales es necesario usar complejos procedimientos y tecnologías de perforación.

Perforar un pozo de gas o petróleo es un proceso por medio del cual se debe determinar el perfil del pozo, el tipo de lodo a ser utilizado y otras consideraciones más. Es muy importante mencionar que la tecnología de perforación está mejorando cada día para de esta manera tener pozos más largos y profundos.

Es importante tener en cuenta que todos los pozos perforados no son productores, existe una clasificación de pozos de acuerdo al área donde se perfora y según el objetivo, esta clasificación fue propuesta por el doctor Frederich Henry Lahee, donde se muestra que nombre y que código es asignado para cada tipo de pozo.

Esta guía de laboratorio consiste en que los estudiantes de la asignatura geología de hidrocarburos conozcan esta clasificación y adicionalmente comprendan, analicen e interpreten las trayectorias que pueden presentar los pozos en el momento de la perforación para llegar al objetivo.

MARCO TEORICO

Un pozo representa la única forma que se tiene para comunicar al yacimiento con la superficie; si esa comunicación ocurre de forma correcta y si existe hidrocarburos en alguna formación, es posible garantizar una producción del yacimiento. Cabe destacar que los pozos representan el mayor gasto en el desarrollo del yacimiento.

En 1965, Frederick Henry Lahee, estableció una clasificación de los pozos considerando diversos criterios como: objetivo original, área donde se perfora, trayectorias, entre otros⁹¹.

1. CLASIFICACIÓN DE POZOS DE ACUERDO A F.H. LAHEE

Los pozos en general se clasifican en exploratorios y de desarrollo.

1.1. POZOS EXPLORATORIOS

Estos pozos se pueden dividir en:

1.1.1. Pozo Exploratorio A3.

Corresponde a un pozo perforado en un *área completamente desconocida*, con el propósito de descubrir un nuevo campo.

1.1.2. Pozo Exploratorio A2.

Es un pozo perforado para *determinar la profundidad de nuevos horizontes* productivos superiores o en profundidad con respecto a un yacimiento ya descubierto.

1.1.3. Pozo Exploratorio A1.

Son pozos perforados *para determinar la extensión horizontal* del yacimiento. También se denominan pozos de avanzada.

Los pozos A1 y A2 son utilizados para hacer un cálculo estimativo de las reservas de hidrocarburos presentes en el yacimiento.

⁹¹Laguna Moreno Enrique Ramón. Desarrollo de una metodología de trabajo para la optimización del proceso de evaluación de los pozos exploratorios de pdvsa división centro sur. Trabajo de grado. universidad de oriente. Barcelona. 2011. Pág. 27.

1.2. POZOS DE DESARROLLO. A0

Este tipo de pozo *se perfora después* de haber terminado de perforar los pozos exploratorios y de confirmarse la existencia de hidrocarburos.

Esto se hace debido a que casi siempre *se necesitan varios pozos de desarrollo* o de producción, para producir eficientemente el yacimiento.

Su número está en función de la extensión del yacimiento, del tipo de fluido y de las presiones con que se encuentren confinados los fluidos en los intervalos productores.

1.2.1. Pozos Productores

Son los pozos a través de los cuales se extraen los fluidos de las formaciones productoras.

Estos pozos se realizan con la finalidad de producir eficientemente hidrocarburos, por lo general son productores, pero en algunas ocasiones pueden resultar secos

De acuerdo al área donde se perfora:

Los pozos pueden ser: de **Desarrollo**, si se encuentran en un área probada y de **Avanzada**, si se encuentran fuera de la misma.

1.2.2. Pozos de Desarrollo

- ✓ Estos pozos son perforados después de evaluar el reservorio con el pozo exploratorio.
- ✓ Se necesita mayor infraestructura tal como vías de acceso y facilidades de producción.

Una vez que la presencia de hidrocarburos es confirmada con el pozo exploratorio, el siguiente paso es perforar los pozos de desarrollo para producir los hidrocarburos del yacimiento. Muchos pozos serán producidos para originar petróleo para lo que será necesario construir carreteras y facilidades de producción. En el caso de los pozos de desarrollo el perfil del pozo será muy importante ya que de esto dependerá la accesibilidad al reservorio.

Son los pozos que se perforan con el objetivo de extraer y drenar las reservas de un yacimiento. Al perforar un pozo de desarrollo lo que se quiere principalmente es incrementar la producción del campo, por esta razón, se perforan dentro del área probada; pero es importante destacar que algunos pozos de desarrollo pueden generar resultados negativos al no encontrar hidrocarburos, esto puede deberse a la incertidumbre que existe acerca de la forma o el confinamiento de los yacimientos.

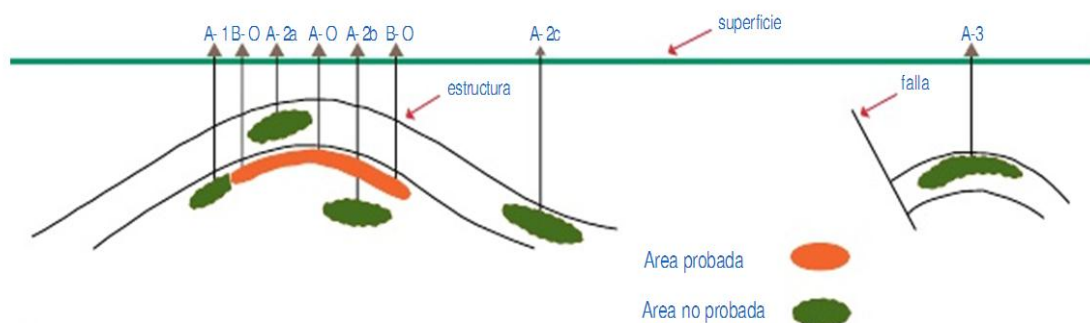
1.2.3. Pozos de Avanzada

Estos pozos presentan un riesgo mucho mayor que los pozos de desarrollo, debido a que se perforan en una zona no probada. El objetivo principal es establecer los límites de un yacimiento y, se ejecutan después de haber perforado un pozo exploratorio, que arroja resultados positivos al encontrar hidrocarburos. Sin embargo, los pozos de avanzada también se pueden realizar para ampliar el área probada de un yacimiento, pero para esto, se debe disponer de información que indique que el yacimiento podría extenderse más allá de los límites establecidos originalmente.

Frederich Henry Lahee, en su clasificación, asigna un código alfanumérico que diferencia a cada pozo considerando el objetivo que estos persigan y el área donde se perforen. FIGURA90. El código asignado a cada pozo antes de ser perforado siempre será diferente al código que se establece después de terminar la construcción del pozo, debido a que al final de la completación deben considerarse los resultados obtenidos, es decir, si se consigue o no hidrocarburos⁹². TABLA 19.

⁹²Laguna Moreno Enrique Ramón. Desarrollo de una metodología de trabajo para la optimización del proceso de evaluación de los pozos exploratorios de pdvsa división centro sur. Trabajo de grado. universidad de oriente. Barcelona. 2011. Pág. 32.

Figura 90. Imagen mostrando la ubicación y clasificación de los pozos de acuerdo a F.H. Lahee.



Fuente: <http://yacimientos-de-gas-condensado.lacomunidadpetrolera.com>

Tabla 18. Clasificación Lahee para la identificación de los pozos.

| OBJETIVO ORIGINAL | AREA DONDE SE PERFORA | A | CLASIFICACION ANTES DE LA PERFORACION | CLASIFICACION DESPUES DE LA PERFORACION | | | |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------|--|---|--|-----------------|---|
| | | | | B | RESULTADOS POSITIVOS | C | RESULTADOS NEGATIVOS |
| DESARROLLAR Y EXTENDER YACIMIENTOS | DENTRO DEL AREA PROBADA | A ₀ | DESARROLLO | B ₀ | DESARROLLO PRODUCTOR | C ₀ | DESARROLLO SECO |
| | FUERA DEL AREA PROBADA | A ₁ | AVANZADA | B ₁ | EXTENSION | C ₁ | AVANZADA SECO |
| DESCUBRIR NUEVOS YACIMIENTOS | DENTRO DEL AREA PROBADA | A _{2a} | EXPLORATORIO DE YACIMIENTOS SUPERIORES | B _{2a} | DESCUBRIDOR DE YACIMIENTOS SUPERIORES | C _{2a} | EXPLORATORIO DE YACIMIENTOS SUPERIORES SECO |
| | FUERA DEL AREA PROBADA | A _{2b} | EXPLORATORIO EN PROFUNDIDAD | B _{2b} | DESCUBRIDOR DE YACIMIENTOS MAS PROFUNDOS | C _{2b} | EXPLORATORIO EN PROFUNDIDAD SECO |
| | | A _{2c} | EXPLORATORIO DE NUEVOS YACIMIENTOS | B _{2c} | DESCUBRIDOR DE NUEVOS YACIMIENTOS | C _{2c} | EXPLORATORIO DE NUEVOS YACIMIENTOS SECO |
| DESCUBRIR NUEVOS CAMPOS | AREAS NUEVAS | A ₃ | EXPLORATORIO DE NUEVO CAMPO | B ₃ | DESCUBRIDOR DE NUEVO CAMPO | C ₃ | EXPLORATORIO DE NUEVO CAMPO SECO |

Fuente: Mier Umaña Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: clasificación de pozos. Escuela de geología. UIS.

2. TIPOS DE POZOS

Existen diversas razones por las que se perforan los pozos, aunque el objetivo principal de un pozo es producir hidrocarburos, también se pueden realizar para: inyectar fluidos en el yacimiento, obtener información del subsuelo o del comportamiento de los pozos, realizar actividades complementarias en el desarrollo del campo, y finalmente cuando exista una pérdida de control del pozo (reventón).

2.1. Pozo Productor

Su finalidad es extraer hidrocarburos de un yacimiento.

2.2. Pozos de Inyección

Estos pozos se realizan para inyectar fluidos en las formaciones que se atraviesan durante la perforación. Existen diferentes fluidos que pueden ser inyectados, dentro de estos se pueden mencionar el gas, agua, vapor de agua o productos químicos. La inyección de fluidos se realiza principalmente para: mantener la presión del yacimiento o para desplazar los fluidos que se encuentran en la formación hacia los pozos productores.

2.3. Pozo Estratigráfico

Su objetivo principal es estudiar la columna estratigráfica, para obtener información geológica del subsuelo o petrofísica de gran importancia, por esta razón este tipo de pozo no se termina de completar.

2.4. Pozo Observador

Son pozos que después de cumplir las funciones de productores o inyectores al final de su vida útil, son destinados al estudio del comportamiento del yacimiento.

2.5. Pozo de Disposición

Este tipo de pozo se perfora con la finalidad de disponer agua de formación, fluidos de perforación, desechos, cuando no hay forma de manejarlos en superficie.

2.6. Pozo de Alivio

El objetivo de estos pozos es disminuir la presión en un pozo cuando existe un reventón.

2.7. Pozos de Servicio

Son aquellos pozos cuya función principal se vincula con actividades complementarias dentro de un campo petrolero, por ejemplo: para el suministro de agua del campo.

El diseño del pozo para llegar hasta el reservorio dependerá de:

- Accesibilidad al reservorio
- Presupuesto de la compañía
- Disponibilidad de tecnología
- Regulaciones ambientales

2.8. Según la Trayectoria: Los pozos se clasifican en verticales y direccionales.

Los primeros pozos perforados mantenían trayectorias verticales o al menos eso se pensaba, ya que no se tomaba en cuenta la tendencia natural del hoyo a desviarse, sin embargo, con el transcurrir del tiempo, la tecnología ha permitido desarrollar la perforación direccional controlada, a través de la cual se pueden construir pozos de alivio, atravesar varias arenas, llegar a zonas inaccesibles, evitar complicaciones geológicas, etc. Dentro de los pozos direccionales que se realizan se encuentran: inclinados, tangenciales, tipo J, tipo S, tipo S especial, horizontales y multilaterales.

2.8.1. Pozos Verticales

La verticalidad en un pozo realmente no existe, el término pozo vertical es utilizado para identificar aquellos pozos donde el ángulo de desviación es pequeño.

Usualmente, los pozos exploratorios tienen un perfil vertical. Sin embargo, los pozos de desarrollo no pueden ser desarrollados como pozos verticales ya que

estos no son la mejor alternativa para proteger el medio ambiente. Es necesario limpiar extensas áreas para perforar estos pozos verticales.⁹³

2.8.2. Pozos Direccionales

Son pozos donde la trayectoria ha sido desviada para alcanzar un objetivo determinado, esto sucede cuando las coordenadas de fondo se encuentran en un área inaccesible desde superficie. Los pozos direccionales se clasifican dependiendo de la forma que toma el ángulo de inclinación y pueden ser: Tipo Tangencial, Tipo S, Tipo S Especial, Inclinados o de Alto Ángulo, **Horizontal**, Reentradas o **Multilaterales**.

No son tan costosos debido a que usan tecnología estándar. Estos pozos pueden producir volúmenes más grandes de petróleo que los verticales. Además, estos pozos son usados para perforar reservorios con formas complejas.

Este perfil de pozo puede ser una alternativa para disminuir la degradación ambiental debido a que estos pueden alcanzar reservorios que se encuentran en ecosistemas frágiles sin instalar el equipo dentro de estos lugares.⁹⁴

2.8.2.1. Pozos horizontales

La tecnología horizontal está basada en la sección horizontal del pozo. Cada año existen pozos con secciones horizontales más largas. Esto ayuda que se perforen menos pozos verticales y direccionales. Además, los pozos horizontales más largos podrían evitar invadir ecosistemas sensibles. Sin embargo, la perforación de pozos horizontales significa usar equipos más grandes y costosos lo cual incrementa el costo de la perforación.

Existen otras consideraciones que se toman en cuenta tales como la geología y la litología del reservorio. Por ejemplo, los pozos con una sección horizontal bien larga son difíciles de maniobrar y perforar en presencia de arenas poco consolidadas. En este caso, es necesario usar fluidos de perforación muy costosos para evitar problemas en el proceso de perforación. Por lo tanto, la decisión final de perforar un pozo horizontal dependerá de la producción diaria ya

⁹³Bastida José Luis. Una introducción a la ingeniería de petróleos. Ingeniería de petróleos. Oxfam. 2008. Pág.43.

⁹⁴Ibíd. Pág.44.

que solo pozos con una alta producción de hidrocarburos pueden amortizar estas operaciones en un corto tiempo⁹⁵.

Los pozos horizontales están llegando a ser más comunes cada día ya que estos tienen ventajas económicas y ambientales. Estos son costosos porque se debe utilizar tecnología avanzada para la perforación de dichos pozos. Sin embargo, el área de drenaje de estos pozos es mucho más grande que el área de drenaje de los pozos verticales o direccionales. Un horizontal puede reemplazar algunos pozos verticales y direccionales. Finalmente, los pozos horizontales son parte de la perforación en racimo la cual minimiza la degradación ambiental en ecosistemas sensibles especialmente.

2.8.2.2. Pozos multilaterales:

Estos pozos consisten en un pozo piloto del cual salen ramales o secciones horizontales. Estos pozos son muy costosos y necesitan avanzada tecnología. En muchos de los casos, los pozos multilaterales son perforados para específicos tipos de reservorios. Estos pozos pueden ser una de las mejores alternativas para proteger el medio ambiente de las operaciones de perforación. Estos pozos pueden reemplazar muchos pozos direccionales y verticales⁹⁶.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. En el dibujo (anexo 18), identifique y clasifique según Frederich Henry Lahee, que tipo de pozos se están mostrando. Explique la clasificación de cada pozo.
2. Analice, identifique y explique qué áreas pueden ser áreas probadas con hidrocarburos y que áreas pueden ser para descubrir nuevos yacimientos y campos. Según dibujo anexo (anexo 18).

⁹⁵Bastida José Luis. Una introducción a la ingeniería de petróleos. Ingeniería de petróleos. Oxfam. 2008. Pág.45.

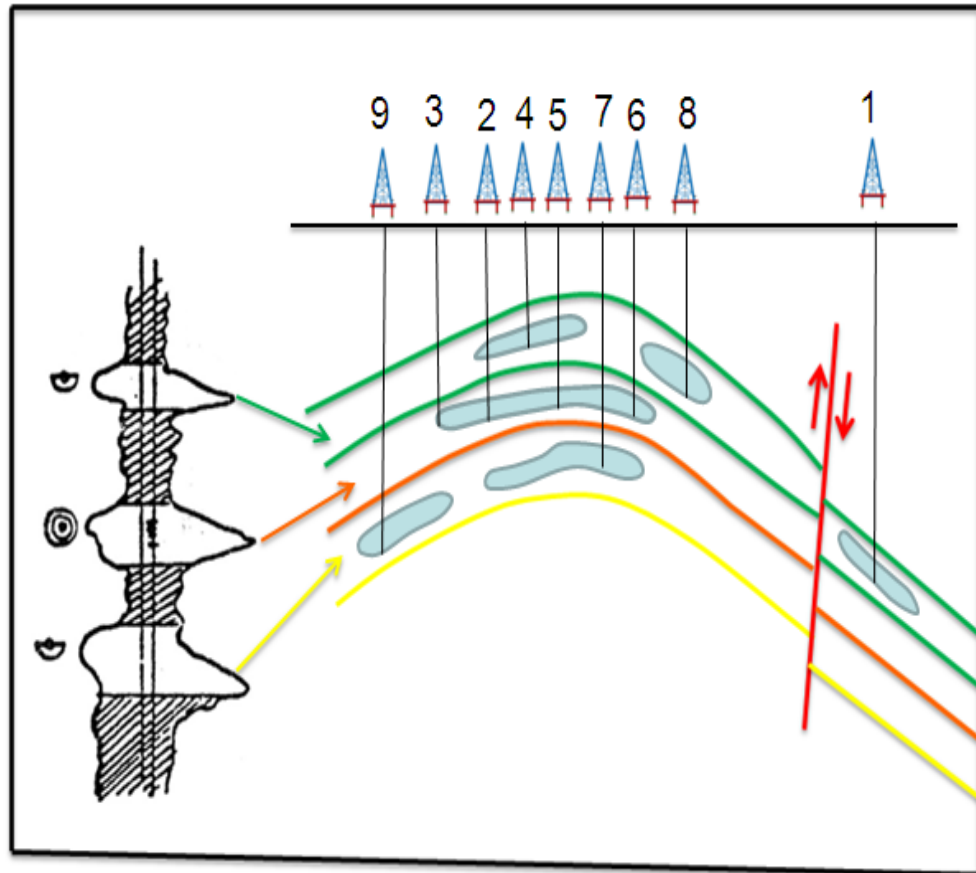
⁹⁶Bastida José Luis. Una introducción a la ingeniería de petróleos. Ingeniería de petróleos. Oxfam. 2008. Pág.46.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Por qué es importante en la industria conocer la clasificación de un pozo?
2. ¿Con la clasificación de pozos es posible reconocer la existencia de un yacimiento o de un campo?
3. ¿Es posible solo con un símbolo conocer la clasificación inicial de un pozo?
4. Explique cómo un pozo de desarrollo puede resultar seco.
5. ¿Un pozo de inyección se puede convertir en un pozo productor?
6. Indique un caso en que se requiera perforar un pozo desviado.
7. ¿Qué ventajas tienen los pozos horizontales?
8. ¿Es posible a un pozo horizontal hacerle otros pozos adicionales?
9. ¿Cómo se toman los registros de pozos en pozos horizontales?
10. ¿Por qué hoy en día no se perfora sino se navega?

Anexos laboratorio No 8

Anexo 18. Imagen para realizar los ejercicios propuestos en la práctica.



Fuente: Autor.

BIBLIOGRAFIA

BASTIDA JOSÉ LUIS. Una introducción a la ingeniería de petróleos. Ingeniería de petróleos. Oxfam

LAGUNA MORENO ENRIQUE RAMÓN. Desarrollo de una metodología de trabajo para la optimización del proceso de evaluación de los pozos exploratorios de pdvsa división centro sur. Trabajo de grado. Universidad de oriente. Barcelona. 2011.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: clasificación de pozos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

Clasificación de pozos. (Documento virtual). //yacimientos-de-gas condensado.lacomunidadpetrolera.com

Clasificación de pozos. (Documento virtual). //es.scribd.com/doc/50593770/40/Pozos-Exploratorios.

LABORATORIO N^o 10: CALCULO DE VOLUMENES

OBJETIVOS

- ✓ Conocer los métodos volumétricos para el cálculo del volumen original de hidrocarburos a condiciones de yacimiento.
- ✓ Aprender a efectuar cálculos de volúmenes usando secciones horizontales y verticales.

INTRODUCCION

Con el fin de pronosticar el comportamiento de un yacimiento petrolero se necesita conocer el volumen original de hidrocarburos en el yacimiento. Un yacimiento petrolífero está confinado por límites geológicos como también por límites de fluidos, los cuales deben determinarse lo más exactamente posible. Dentro del confinamiento de tales límites, el aceite está contenido en lo que se refiere a la zona bruta.

El volumen neto es la parte del yacimiento de donde se produce aceite o gas y se determina de acuerdo con los valores de permeabilidad, porosidad y saturación de agua. La información que se obtiene de las muestras de formación del análisis de núcleos y de los registros geofísicos de los pozos es básica en la evaluación del volumen del reservorio.

Si se conocen el volumen del espacio poroso y las propiedades de los fluidos que lo saturan, el cómputo de los hidrocarburos en el yacimiento se convierte en una operación bastante simple. El volumen original de hidrocarburos se puede calcular aplicando varios métodos, para fines de esta guía de laboratorio solamente se considerara el método volumétrico.

El método volumétrico es uno de los métodos más usados, empleándose en las etapas iniciales en que se comienza a conocer el campo o yacimiento, se fundamenta en la estimación de las propiedades petrofísicas de la roca y de los fluidos que se encuentran en el yacimiento aun cuando no se haya empezado a producir.

MARCO TEORICO

El cálculo volumétrico de petróleo y/o gas es una herramienta para la estimación de reservas. Primero se debe calcular el área de cada contorno en el mapa isópaco, después el volumen será calculado por diversas técnicas. Estas técnicas definen la geometría del yacimiento de diferentes maneras⁹⁷.

Hay dos métodos comúnmente usados para determinar el volumen de un reservorio a partir de mapas isópacos de arena neta o neta petrolífera, estos son; utilizando secciones horizontales o secciones verticales.

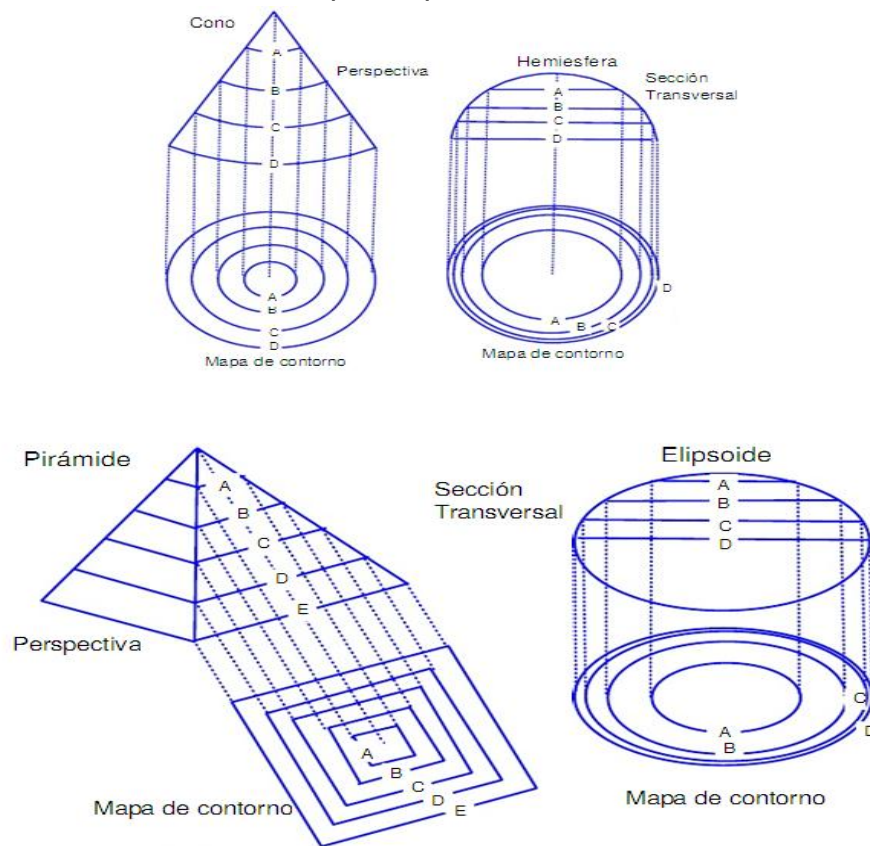
1. MÉTODO DE SECCIONES HORIZONTALES

Hay dos ecuaciones que generalmente son usadas para determinar volúmenes a partir de áreas medidas con métodos tales como el planímetro, utilizando cuadrículas o digitalizando el mapa y calculando las áreas en Autocad. De esta manera se miden las áreas de cada contorno. En algunos casos los volúmenes se pueden proyectar y de esta manera se obtienen áreas que se pueden medir⁹⁸. FIGURA 91.

⁹⁷Unioriente ITP. Estructura de los yacimientos. Modulo III, 2008. Pág. 44.

⁹⁸Ph.D Freddy H. Escobar. Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos. pág. 191.

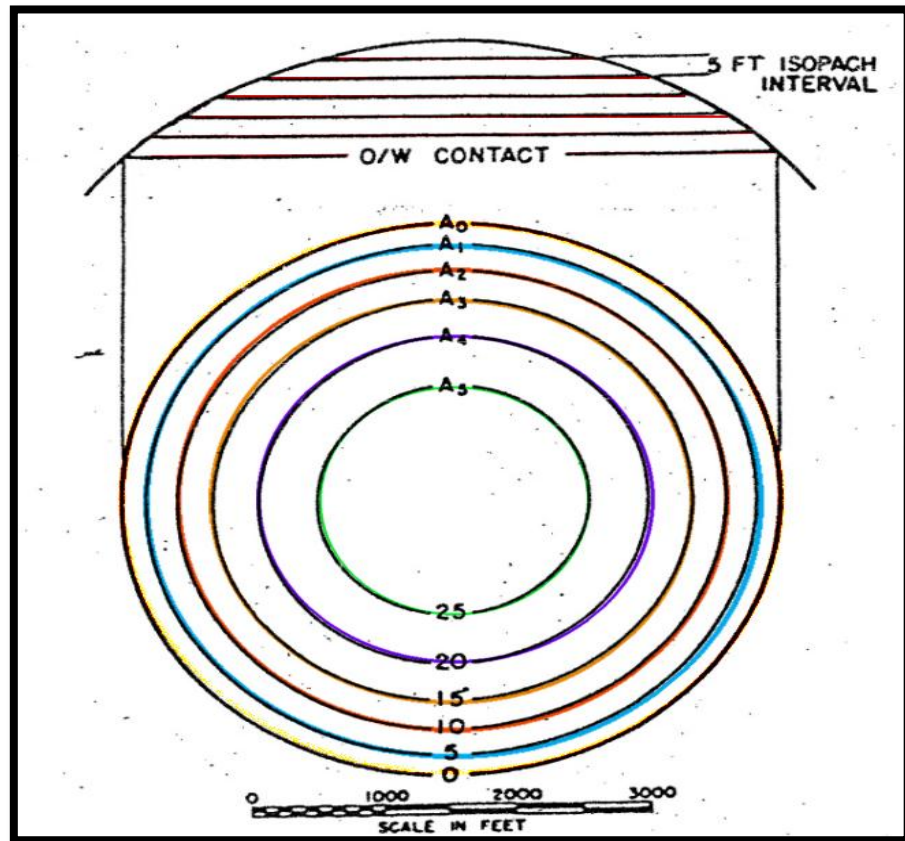
Figura 91. Imagen mostrando como se proyectan los volúmenes para así obtener áreas que se puedan leer.



Fuente: Ph.D Freddy H. Escobar. Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos. pág. 191.

Continuando con el método de secciones horizontales, FIGURA 92, existen dos métodos de calcular los volúmenes, que son:

Figura 92. Sección transversal e isópacas de la formación productiva de un yacimiento reservorio. La sección trasversal muestra las líneas isópacas divididas en fracciones horizontales.



Fuente: Mier Umaña Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de volúmenes. UIS. Escuela de geología.

2. MÉTODO DE LA PIRÁMIDE

El cálculo de volúmenes por el método piramidal, es una técnica para la determinación del volumen que computa las áreas del tronco de una pirámide o de un cono.

$$\text{VOLUMEN} = 1/3 h (A_n + A_{n+1} + \sqrt{A_n \times A_{n+1}})$$

h: intervalo de contorno, de las líneas isópacas en pies

An: área incluida por la isópaca de menor valor, en acres.

An +1: área incluida por la isópaca de mayor valor

Se determina el volumen entre isópacas

El volumen Total será la suma de los Vol. Calculados

3. MÉTODO TRAPECIO

El método trapezoidal calcula el volumen del área sumando las áreas desde la más baja a la más alta y luego multiplicando el área promedio por el espesor o intervalo de contorno utilizado.

El método trapezoidal históricamente ha servido comúnmente para calcular volúmenes del mapa por su facilidad, comprensibilidad y exactitud.

$$\text{VOLUMEN} = 1/2 h (A_0 + 2A_1 + 2A_2 \dots 2A_{n-1} + A_n) + T_{avg} \times A_n$$

h: intervalo de contorno utilizado

A₀: área incluida por la isópaca cero, en acres.

A₁, A₂,...: áreas incluidas por las isópacas siguientes

T_{avg}: espesor promedio de la máxima isópaca.

Para determinar cuál fórmula se debe utilizar, se establece una relación de áreas dividiendo el área menor entre el área mayor, como A_1/A_0 , A_2/A_1 , etc., ver TABLA 19.

Tabla 19. Relación de áreas para establecer si se utiliza la fórmula de trapecio o pirámide.

| Area | Planimeter Area Sq. In. | Area Acres | Ratio of Acres | Interval H feet | Equation | AV AC Ft |
|----------------------|-------------------------|------------|----------------|-----------------|-----------|----------|
| A₀ | 19.64 | 450 | - | - | - | - |
| A₁ | 19.34 | 375 | 0.83 | 5 | Trapezoid | 2063 |
| A₂ | 13.19 | 303 | 0.80 | 5 | Trapezoid | 1695 |
| A₃ | 10.05 | 231 | 0.76 | 5 | Trapezoid | 1335 |
| A₄ | 6.69 | 154 | 0.67 | 5 | Trapezoid | 963 |
| A₅ | 3.22 | 74 | 0.48 | 5 | Pyramid | 558 |
| A₆ | 0.00 | 0 | 0.00 | 4 | Pyramid | 99 |
| Total ac.ft. | | | | | | 6713* |

Fuente: Mier Umaña Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de volúmenes. UIS. Escuela de geología. Modificada.

- **Determinación de fórmula a utilizar:**
 - ✓ Relación áreas $A_1/ A_0 \dots > 0.5$ **Trapezio**
 - ✓ Relación áreas $A_4/ A_5 \dots < 0.5$ **Pirámide**

4. MÉTODO DE SECCIONES VERTICALES

Denominado también método de secciones circulares, debido a que las áreas sucesivas para determinar los volúmenes se dan en líneas isópacas de contornos circulares. FIGURA 93.

La ecuación utilizada es:

$$VOL = h (A_0 - A_1) + h (A_1 - A_2) + h (A_{n-1} - A_n) + h \text{ avg} \times A_n$$

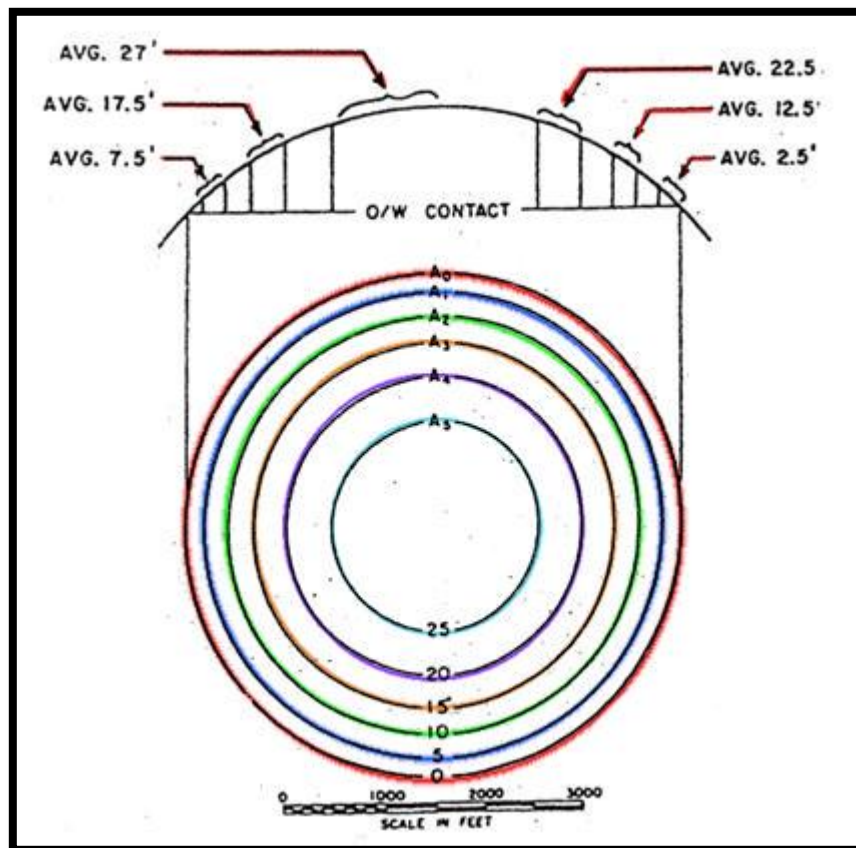
h = espesor promedio de las isópacas entre líneas de contorno.

A₀ = línea de isópaca cero.

A₁ = siguiente espesor o línea isópaca

A_n = espesor de la última línea isópaca

Figura 93. Sección transversal e isópacas de la formación productiva de un yacimiento reservorio. La sección trasversal muestra las líneas isópacas divididas en fracciones verticales.



Fuente: Mier Umaña Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de volúmenes. UIS. Escuela de geología.

Al utilizar este método también es posible elaborar un cuadro de resultados que permite conocer los datos y sumas los volúmenes parciales. Ver TABLA 20.

Tabla 20. Tabla de resultados por el método de secciones verticales.

| Area | Planimeter Area Sq. In. | Area Acres | Difference in Areas $A_{n-1} - A_n$ | Average Thickness | AV AC Ft |
|---------------------|----------------------------|------------|--|-------------------|--------------|
| A0 | 19.64 | 450 | - | - | - |
| A1 | 19.34 | 375 | 75 | 2.5 | 187 |
| A2 | 13.19 | 303 | 72 | 7.5 | 540 |
| A3 | 10.05 | 231 | 72 | 12.5 | 900 |
| A4 | 6.69 | 154 | 77 | 17.5 | 1347 |
| A5 | 3.22 | 74 | 80 | 22.5 | 1800 |
| A6 | 0.00 | 0 | 74 | 27.0 | 1998 |
| <i>Total ac ft.</i> | | | | | <i>6772*</i> |

Fuente: Mier Umaña Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de volúmenes. UIS. Escuela de geología.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. A partir de un mapa isópaco de arena neta petrolífera en el cual se tiene el contacto agua – petróleo, calcule las áreas de las isópacos incluidas en el contacto agua- aceite o agua – gas.
2. Establezca un cuadro comparativo de áreas y defina cuál método de cálculo se debe utilizar
3. Según los datos proporcionados haga el cálculo de volúmenes por el método de secciones transversales.
4. Según los datos proporcionados haga el cálculo de volúmenes por el método de secciones horizontales.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. Es posible aplicar el método de cálculo volumétrico con la información de dos pozos.
2. ¿En qué momento de la exploración se puede aplicar el método de cálculo volumétrico?
3. ¿Qué diferencia existe con respecto a los resultados finales entre el método de secciones horizontales y el método de secciones verticales?
4. Los métodos de cálculo de reservas diferentes al método volumétrico requieren datos de producción de cuantos años, para ser confiables.
5. Finalmente al comparar los datos de otros métodos con el método volumétrico cual debe dar mayor y por qué.
6. Indique tres métodos utilizados para medir áreas.
7. ¿Cuándo se utiliza la fórmula de trapecio o la de la pirámide para calcular áreas?
8. Las áreas A_0 , A_1 , A_2 , etc siempre deben ser cada vez menor una con respecto a la otra o pueden tener valores que no cumplan esa condición.
9. ¿Quién hace el cálculo volumétrico el área de geología o ingeniería?
10. ¿Cómo se calcula el factor de merma?

BIBLIOGRAFIA

ESCOBAR FREDDY H. PH.D. Fundamentos de Ingeniería de Yacimientos. Primera edición. Editorial universidad Surcolombiana. 2007.

INSTITUTO ASESORIAS Y TECNICAS DE PETROLEO (Unioriente - ITP). Estructura de los yacimientos. Modulo III. Técnico en producción y reacondicionamiento de pozos de petróleo. 2008.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de volúmenes. UIS. Escuela de geología.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: mapas estructurales. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

Método volumétrico. (Documento virtual). //ingenieria-de-yacimientos.lacomunidadpetrolera.com/2009/01/clculo-volumetrico-de-hidrocarburos.html.

Calculo volumétrico de hidrocarburo. (Documento virtual). //es.scribd.com/doc/90191490/81/CALCULO-VOLUMETRICO-DE-HIDROCARBUROS.

LABORATORIO N^o 11: CALCULO DE RESERVAS

OBJETIVOS

- ✓ Conocer los tipos de reservas que existen y como se clasifican.
- ✓ Calcular las reservas in situ de un yacimiento, aceite original en el sitio POES o gas original en el sitio (GOES) o OOIP (siglas en Ingles)

INTRODUCCION

El petróleo es la mayor fuente de energía utilizada en el mundo y es un elemento clave en el continuo desarrollo de los países. Es fundamental para la proyección futura que los gobiernos y la industria tengan un estimado de las cantidades de petróleo disponible para producción y cantidades que se espera estén disponibles dentro de un tiempo prudencial a través del desarrollo adicional de los yacimientos, avances tecnológicos o exploración.

Para lograr tal cuantificación, es necesario que la industria adopte una nomenclatura consistente para estimar las cantidades actuales y futuras del petróleo que se espera sea recuperado de acumulaciones en el subsuelo. Tales cantidades son definidas como reservas y su cuantificación es de considerable importancia para gobiernos, agencias internacionales, economistas y la industria energética internacional.

Las reservas son volúmenes de hidrocarburos presentes en los yacimientos que pueden ser recuperados por técnicas tradicionales o recobro primario. El concepto puede ampliarse cuando se piensa en inducir energía en el yacimiento o cambios físicos-químicos a la matriz de la roca y la reología de los fluidos obteniéndose una recuperación adicional de los hidrocarburos presentes originalmente en el yacimiento

MARCO TEORICO

Las reservas son cantidades de petróleo que se considera pueden ser recuperados comercialmente a partir de acumulaciones conocidas a una fecha futura. Todos los estimados de reservas involucran algún grado de incertidumbre. La incertidumbre depende principalmente de la cantidad de datos de ingeniería y geología, confiables y disponibles a la fecha del estimado y de la interpretación de estos datos. El grado relativo de incertidumbre es aplicado para colocar las reservas en una de las dos clasificaciones principales, ya sea **probadas o no-probadas**. FIGURA 94.

Las reservas no-probadas son menos ciertas a ser recuperadas que las probadas y pueden ser sub-clasificadas como reservas **probables** y **posibles** para denotar progresivamente el incremento de la incertidumbre en su recuperación. *La estimación de las reservas se efectúa bajo condiciones de incertidumbre.*

El método de estimación es llamado "determinístico" cuando se obtiene *un solo valor*, como el mejor estimado de reservas, basado en el conocimiento geológico y de ingeniería y de datos económicos.

El método de estimación es llamado "probabilístico" cuando el conocimiento geológico y de ingeniería y los datos económicos son usados para generar *un rango de estimados* de reservas y sus probabilidades asociadas.

La identificación de las reservas como **probadas, probables y posibles** ha sido el método más frecuente y proporciona una indicación de la probabilidad de la recuperación. Debido a la diferencia en la incertidumbre, se debe tener cuidado cuando se suman reservas de diferente clasificación.

Figura 94. Cuadro de clasificación de las reservas, los dos grandes grupos son las probadas y no probadas.



Fuente: Autor, adaptado de Mier. U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de reservas. UIS. Escuela de geología.

1. RESERVAS PROBADAS

Las reservas probadas son las cantidades de petróleo que, por análisis de datos de geología e ingeniería, pueden ser estimadas con "razonable certeza" que serán recuperables comercialmente, a partir de una fecha dada, de reservorios conocidos y bajo las actuales condiciones económicas, métodos de operación y regulaciones⁹⁹.

Las reservas probadas pueden ser sub-divididas **en desarrolladas y no desarrolladas**. Si se emplea el método determinístico, el término "razonable certeza" quiere decir que se considera un alto grado de confianza en que las cantidades serán recuperadas. Si se emplea el método probabilístico, debe existir al menos un 90 % de probabilidad que las cantidades a ser recuperadas serán iguales o excederán al estimado.

En general, las reservas son consideradas probadas si la producción comercial futura del reservorio esta soportada en pruebas de formación o producción

⁹⁹Mier Umaña Ricardo. ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

actuales. En este contexto, *el término probado se refiere a las actuales cantidades de reservas de petróleo y no a la productividad de un pozo o reservorio*. En ciertos casos, las reservas probadas pueden ser asignadas sobre la base de registros de pozos y/o análisis de núcleos que indican que el reservorio contiene hidrocarburos y es análogo a reservorios en la misma área, donde están produciendo o han demostrado que son factibles de ser producidos sobre la base de pruebas de formación.

El área de un reservorio considerado con reservas probadas incluye:

- El área delimitada por la perforación y definida por los contactos de los fluidos.
- El área no perforada del reservorio, que puede ser razonablemente considerada como productiva comercialmente, sobre la base de datos disponibles de geología e ingeniería.

Las reservas pueden ser clasificadas como probadas si las facilidades para procesar y transportar las reservas hacia un mercado, están en operación a la fecha del estimado o existe una razonable expectativa que tales facilidades serán instaladas.

2. LAS RESERVAS EN ÁREAS NO DESARROLLADAS

Pueden ser clasificadas como **probadas no desarrolladas**, si cumplen:

- Las ubicaciones de otros pozos a perforar corresponden con las direcciones de pozos que han mostrado producción comercial en la formación objetivo
- Que es razonablemente cierto que tales ubicaciones están dentro del límite productivo conocido como probado para la formación objetivo
- Las ubicaciones están acorde con la regulación existente referida de espaciamiento
- Es razonablemente cierto que las ubicaciones serán desarrolladas.

Las reservas para otras ubicaciones son clasificadas como probadas no desarrolladas solo cuando la interpretación de los datos de geología e ingeniería de los pozos cercanos indican con razonable certeza, que la formación objetivo es lateralmente continua y contiene petróleo comercialmente recuperable.

Las reservas que se consideran a ser producidas a través de la aplicación de métodos establecidos de recuperación mejorada, son incluidas en la clasificación de probadas cuando:

- La prueba exitosa de un proyecto piloto o respuesta favorable de un programa instalado en el mismo o en un reservorio análogo con similares propiedades de roca y fluido, proporcionan soporte para el análisis sobre el cual está basado el proyecto
- Es razonablemente cierto que el proyecto será ejecutado.

Las reservas a ser recuperadas por métodos de recuperación mejorada que tienen todavía que ser establecidos a través de aplicaciones comerciales exitosas, son incluidas en la clasificación de probadas solo:

- Después de una favorable respuesta de producción de otro reservorio similar que es: (a) Un piloto representativo, o (b) Un programa instalado donde la respuesta proporciona soporte para el análisis sobre el cual está basado el proyecto.
- Es razonablemente cierto que el proyecto será ejecutado

3. RESERVAS NO PROBADAS

Las reservas no probadas están basadas en datos de geología y/o ingeniería, similares a los usados en el estimado de las reservas probadas; pero presentan incertidumbre en las técnicas contractuales, económicas o de regulación que hacen que estas reservas no sean clasificadas como probadas.

Las reservas no probadas pueden ser sub-clasificadas como **probables y posibles**. Las reservas no probadas pueden ser estimadas asumiendo condiciones económicas futuras diferentes a las vigentes a la fecha del estimado. El efecto de posibles mejoras futuras en las condiciones económicas y desarrollo tecnológico puede ser expresado por una clasificación apropiada de las cantidades de reservas en probables y posibles¹⁰⁰.

¹⁰⁰Mier Umaña Ricardo. ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

3.1. RESERVAS PROBABLES

Las reservas probables son las reservas no probadas que el análisis de datos de geología e ingeniería sugieren que son menos ciertas que las probadas. En este contexto, cuando se usen métodos probabilísticos, debe existir al menos una probabilidad de 50 % de que la cantidad a ser recuperada será igual o excederá a la suma del estimado de reservas probadas más las probables¹⁰¹.

En general, las reservas probables pueden incluir:

- Reservas que se anticipaban como probadas por perforación de un pozo normal (step-out), pero el control del subsuelo es inadecuado para clasificar estas reservas como probadas
- Reservas en formaciones que parecen ser productivas y están basadas en características de perfiles eléctricos pero faltan datos de núcleos o pruebas definitivas y que no son análogos a reservorios en producción o reservorios probados existentes en el área.
- Reservas incrementales que se atribuyen a perforación de inter ubicaciones (infill) que podrían ser clasificados como probadas si es que el espaciamiento reducido hubiera sido aprobado a la fecha del estimado
- Reservas que se atribuyen a un método de recuperación mejorada que ha sido establecido por una repetida aplicación comercial exitosa, cuando: (a) un proyecto o piloto que está planeado pero no en operación, y (b) las características de reservorio, fluido y roca aparecen como favorables para una aplicación comercial
- Reservas en un área donde la formación parece estar separada del área probada por fallamiento y la interpretación geológica indica que el área objetivo esta estructuralmente más alta que el área probada.
- Reservas atribuibles a un futuro reacondicionamiento, tratamiento, re-tratamiento, cambio de equipo u otro procedimiento mecánico, donde tal procedimiento no ha sido probado exitosamente en pozos que muestran similar comportamiento en reservorios análogos.
- Reservas incrementales en reservorios probados donde una interpretación alternativa de los datos de comportamiento o volumétricos indican reservas mayores a las que fueron clasificadas como probada.

¹⁰¹Mier Umaña Ricardo. ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

3.2. RESERVAS POSIBLES

Las reservas posibles son las reservas no probadas que el análisis de los datos de geología e ingeniería sugieren que son menos ciertas a ser recuperadas que las reservas probables. En este contexto, cuando se utilicen métodos probabilísticos, debe existir al menos una probabilidad de 10 % de que las cantidades a ser recuperadas serían iguales o excederían la suma de las reservas probadas más probables y las posibles¹⁰².

En general, las reservas posibles pueden incluir:

- Reservas que, basadas en interpretaciones geológicas, podrían existir más allá del área clasificada como probable
- Reservas en formaciones que parecen contener petróleo basado en análisis de núcleos y registros, pero pueden no ser productivas a tasas comerciales.
- Reservas incrementales atribuidas a perforación infill que están sujetas a incertidumbre técnica
- Reservas atribuidas a métodos de recuperación mejorada cuando (a) Un proyecto piloto está planeado pero no en operación, y (b) Las características de reservorio, roca y fluido son tales que existe una razonable duda que el proyecto será comercial.
- Reservas en un área donde la formación parece estar separada del área probada por fallamiento y la interpretación geológica indica que el área objetivo esta estructuralmente más baja que el área probada.

EN RESUMEN:

RESERVAS PROBADAS: aquellas que pertenecen a áreas o yacimientos ya conocidos, en los cuales se puede extraer hidrocarburos con razonable certeza, según la información geológica. Aquí se perforan pozos de desarrollo A-0. Posteriormente con las pruebas de producción se habla de reservas probadas.

RESERVAS PROBABLES: es el volumen estimado de hidrocarburos, en los cuales la información geológica y de ingeniería indican que " existe cierto grado de incertidumbre " para su recuperación. Es posible estimar reservas suponiendo condiciones económicas futuras. Aquí corresponden los pozos de avanzada A-1, A-2 (A, B, C).

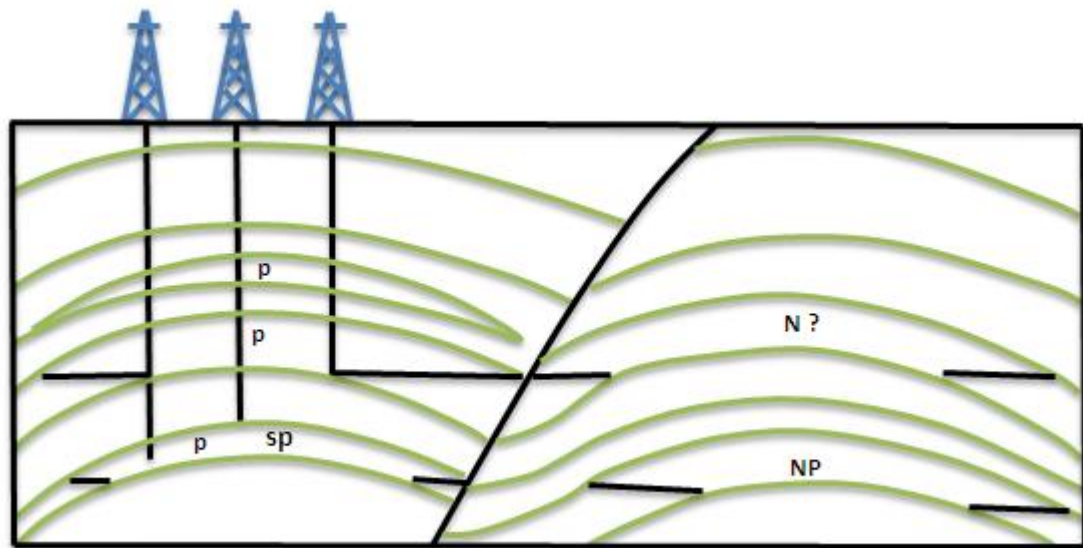
¹⁰²Mier Umaña Ricardo. ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

RESERVAS POSIBLES: son los volúmenes estimados de hidrocarburos asociados a acumulaciones conocidas y los cuales según geología e ingeniería es posible obtenerlos.

En el área de reservas posibles no se tienen pozos perforados, lo único es que está cerca de una zona conocida y existe la posibilidad de recuperarlos. En esta zona se perforan pozos exploratorios de nuevo yacimiento A-3.

En la siguiente FIGURA 95, se hace un resumen gráfico de las anteriores reservas

Figura 95. Clasificación y definición de reservas.



PROBABLES (SP)

Volumen que podría producir. Pero no se tiene suficiente evidencia para clasificarlo como probadas.

POSIBLES (NP)

Volumen estimado en base a estudios geológicos-geofísicos que puede ser recuperado de estructuras identificadas.

PROBADAS (P)

Volúmenes de hidrocarburos en yacimientos conocidos recuperables con razonable certeza de acuerdo a la información geológica y de ingeniería disponibles y bajo condiciones operacionales económicas y regulaciones.

Fuente: Mier. U. Ricardo. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de reservas. UIS. Escuela de geología.

4. CALCULO DE RESERVAS

Para calcular reservas se utilizan distintas metodologías, o sus combinaciones, de acuerdo a la información disponible y el estado de desarrollo de los yacimientos.

El cálculo de las reservas de hidrocarburos es un proceso complejo que se efectúa aplicando a la información geológica y de ingeniería, los métodos determinísticos y el uso de sus diferentes formas de cálculo depende de la cantidad y la calidad de la información disponible y al grado de desarrollo de los yacimientos. Uno de los métodos más comúnmente utilizados es el método volumétrico¹⁰³.

4.1. MÉTODO VOLUMÉTRICO

Para la cuantificación de las reservas son utilizadas distintas metodologías, de acuerdo al desarrollo de los yacimientos y a la información geológica y de ingeniería disponible. Entre los métodos determinísticos se halla el *método volumétrico*, el cual no estima como tal el volumen de las reservas, sino que está asociado a la determinación de los hidrocarburos originales en sitio (Petróleo Original En Sitio **POES**, Gas Original en Sitio **GOES**)¹⁰⁴.

4.1.1. Cálculo del POES. (Petróleo Original en Sitio).

Se debe definir:

- ✓ Volumen = área (acres) x espesor (pies)
- ✓ Propiedades físicas de los fluidos
- ✓ Área de drenaje

$$\text{POES (N)} = 7758 \times V \times O \times So \text{ 1/ Boi}$$

Dónde:

V = volumen en acre/ pie

O = porosidad en %

So = saturación de petróleo (1 - Saturación de agua) en %

¹⁰³Mier Umaña Ricardo. ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

¹⁰⁴Mier Umaña Ricardo. ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

Boi = factor volumétrico inicial del yacimiento. Dado en Barriles de yacimiento / barriles normales

1/ Boi = Fm o factor de merma. En %

Para pasar de la cantidad de petróleo en sitio a la cantidad producida se debe tomar en cuenta: el factor de contracción o merma y el factor de recuperación. Una vez obtenido el POES, al aplicarle el factor de recobro, se obtienen las reservas de petróleo recuperables originales.

4.1.2. Cálculo del **GOES**, (Gas Original en Sitio)

El gas original en sitio a partir de la capa de gas definida se obtiene mediante la siguiente relación:

$$\text{GOES (G)} = 43560 \times V \times O \times S_{gi} / B_{gi}$$

Dónde:

V = volumen (área en acres x espesor en pies)

O = porosidad

S_{gi} = saturación de gas inicial

B_{gi} = Factor volumétrico inicial del gas, en PCN/ BN

4.2. **RESERVAS RECUPERABLES(Rrec)**

Es el petróleo que se puede extraer del pozo.

$$R \text{ rec} = N \times Fr$$

Donde **Fr** = factor de recuperación

4.3. RESERVAS REMANENTES(REM)

Son las reservas de petróleo que quedan en el yacimiento, después de haberlo extraído por mecanismos de producción.

$$R_{rem} = R_{rec} - N_p$$

Dónde:

Rrec= reservas recuperables

Np = producción acumulada

5. OTROS MÉTODOS

- 5.1. **Método de curvas de comportamiento y declinación:** Se obtienen estos datos de la historia de producción del pozo o pozos del yacimiento.
- 5.2. **Método de Balance de Materiales:** Requiere de; Historia de presiones, Historia de producción, Análisis de pruebas PVT, etc.
- 5.3. **Método de Simulación Numérica:** Utiliza modelos de simulación, dividiendo el yacimiento en numerosos bloques. Requiere de; Un modelo geológico, definir la extensión del yacimiento, conocer la estructura y el estudio de las propiedades petrofísicas¹⁰⁵.

Todos los métodos anteriores son para evaluar reservas probadas.

- 5.4. **Método de Montecarlo:** Es un método probabilístico útil para calcular reservas posibles acumuladas

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

- ✓ A partir del ejercicio propuesto, calcule: el POES, las reservas recuperables y las reservas remanentes.
- ✓ En el informe anexe los cálculos elaborados.
- ✓ De acuerdo a los datos obtenidos indique el tamaño del yacimiento.

¹⁰⁵Mier Umaña Ricardo. ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿En cuántos millones de barriles de petróleo se estima por Ecopetrol el recurso de petróleo y de gas con que cuenta Colombia?
2. ¿Cuántas son las reservas probadas de petróleo en Colombia calculadas a diciembre de este año?
3. ¿Cuántas son las reservas probadas de gas en Colombia calculadas a diciembre de este año?
4. ¿Cuántas han sido las reservas de petróleo y gas descubiertas en este año?
5. ¿Cuál fue el factor de recobro de un campo como La Cira – Infantas en sus inicios y cual es hoy en día?
6. Investigue y describa un método para calcular reservas de hidrocarburos no convencionales.
7. ¿Cuál es la relación actual de reservas / producción de petróleo y gas para Colombia, según Ecopetrol?
8. Mencione algún estudio donde se evalúen las reservas de algún hidrocarburo no convencional para Colombia.
9. ¿Cómo han variado las reservas, la producción y el consumo mundial de petróleo a la fecha?
10. ¿En qué cuencas en Colombia se pueden encontrar crudos pesados?

BIBLIOGRAFIA

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Tema: cálculo de reservas. UIS. Escuela de geología.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

Calculo de reservas. (Documento virtual).
<http://es.scribd.com/doc/58981418/CALCULO-DE-RESERVAS>.

Evaluación de reservas. (Documento virtual).
http://www.bdigital.unal.edu.co/1047/4/169_-_3_Capi_3.pdf.

Calculo del POES. (Documento virtual).
<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/mvictoria/materia/GEOLOGIADELPELOLEO/TEMA%20%20RESERVAS.pdf>.

ANEXO B

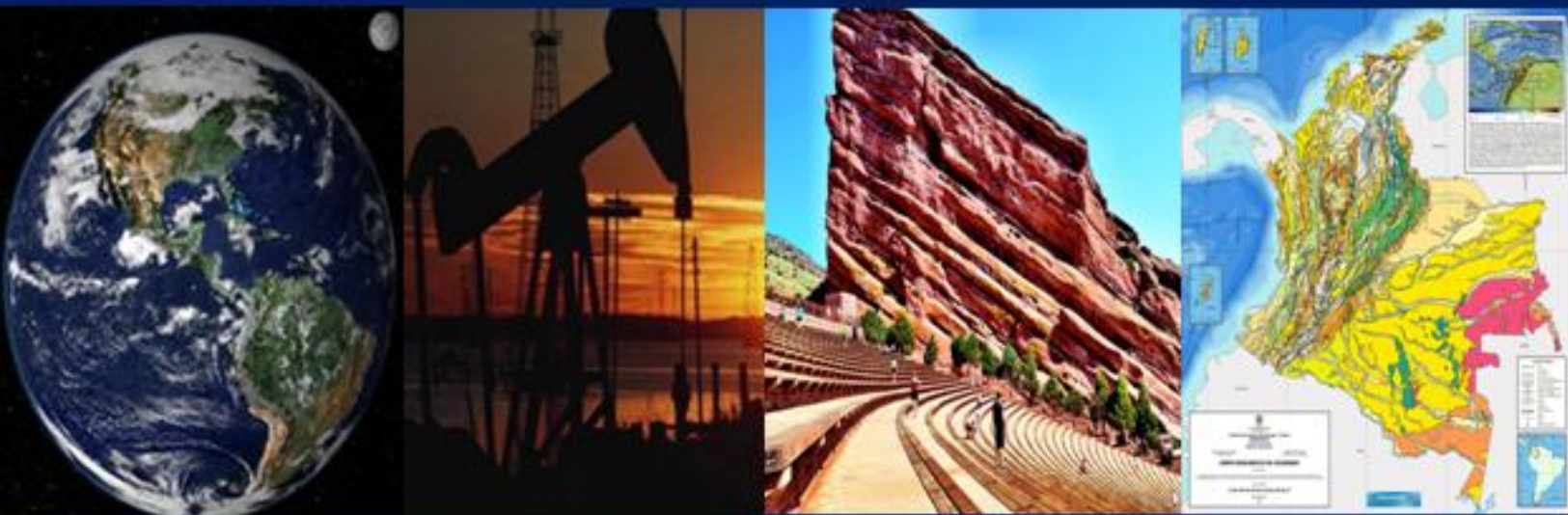
MANUAL PARA LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA
GEOLOGIA GENERAL

(El presente anexo contiene numeración de página independiente del resto del
libro)

Manual de Laboratorio Geología General

Director:
Ricardo Mier Umaña

Autores:
Susan Katherine Colmenares Salcedo
Jennifer Tatiana Murillo Suarez



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
2013

MANUAL PARA LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LA ASIGNATURA
GEOLOGIA GENERAL

SUSAN KATHERINE COLMENARES SALCEDO
JENNIFFER TATIANA MURILLO SUAREZ

Trabajo de Grado para optar al título de
Geóloga

Director
Ricardo Mier Umaña
Geólogo

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2013

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| PRACTICA N° 1 MINERALES | 3 |
| OBJETIVOS..... | 3 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| MARCO TEÓRICO | 4 |
| 1. SISTEMAS CRISTALINOS..... | 4 |
| 2. PROPIEDADES FISICAS | 9 |
| 3. PROPIEDADES QUE DEPENDEN DE LA LUZ | 11 |
| 4. PROPIEDADES ELÉCTRICAS Y MAGNÉTICAS | 11 |
| 5. PROPIEDADES QUIMICAS..... | 12 |
| 6. PROPIEDADES OPTICAS | 13 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 13 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 14 |
| BIBLIOGRAFIA | 17 |
| PRACTICA N° 2 MAPAS TOPOGRAFICOS | 18 |
| OBJETIVOS..... | 18 |
| INTRODUCCION | 18 |
| MARCO TEÓRICO | 19 |
| 1. ESCALA DE LOS MAPAS..... | 19 |
| 2. LÍNEAS DE CONTORNO | 21 |
| 3. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN | 23 |
| 4. PENDIENTE..... | 25 |
| 5. ELABORACIÓN DE UN PERFIL A PARTIR DE UN MAPA TOPOGRÁFICO | 27 |
| 6. MAPAS EN COLOMBIA..... | 30 |
| 7. INDICE DE CUBRIMIENTO, PLANCHAS ESCALA 1:100.000..... | 31 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 32 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 32 |
| BIBLIOGRAFIA | 37 |

| | |
|--|-----------|
| PRACTICA N° 3 TERREMOTOS - TEMBLORES | 38 |
| OBJETIVOS..... | 38 |
| INTRODUCCION | 38 |
| MARCO TEÓRICO | 38 |
| 1. ESCALA DE MERCALLI..... | 39 |
| 2. ESCALA DE RICHTER | 39 |
| 3. ONDAS Y TIEMPO DE LLEGADA..... | 42 |
| 4. SISMOGRAMAS Y TIEMPOS DE VIAJE..... | 43 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 45 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 45 |
| BIBLIOGRAFIA | 54 |
| PRACTICA N° 4 ROCAS IGNEAS | 55 |
| OBJETIVO | 55 |
| INTRODUCCION | 55 |
| MARCO TEORICO | 56 |
| 1. ROCAS IGNEAS..... | 57 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 63 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 63 |
| BIBLIOGRAFIA | 70 |
| PRACTICA N° 5 ROCAS METAMÓRFICAS | 71 |
| OBJETIVO | 71 |
| INTRODUCCION | 71 |
| MARCO TEÓRICO | 72 |
| 1. TIPOS DE METAMORFISMO..... | 72 |
| 2. TEXTURA..... | 74 |
| 3. PRINCIPALES TIPOS DE ROCAS METAMÓRFICAS..... | 77 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 82 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 82 |
| BIBLIOGRAFIA | 84 |
| PRACTICA N° 6 FOTOGRAFÍAS AEREAS | 85 |
| OBJETIVOS..... | 85 |

| | |
|---|------------|
| INTRODUCCION | 85 |
| MARCO TEÓRICO | 85 |
| 1. IMÁGENES SATELITALES..... | 85 |
| 2. CONTROL DE LA VISIÓN TOPOGRÁFICA | 89 |
| 3. ORIENTACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS | 92 |
| 4. INTERPRETACIÓN TOPOGRÁFICA..... | 93 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 94 |
| BIBLIOGRAFIA | 95 |
| PRACTICA N° 7 ROCAS SEDIMENTARIAS | 96 |
| OBJETIVO | 96 |
| INTRODUCCION | 96 |
| MARCO TEÓRICO | 97 |
| 1. ROCAS SILICICLASTICAS..... | 97 |
| 2. ROCAS CALCAREAS..... | 103 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 105 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 106 |
| BIBLIOGRAFIA | 109 |
| PRACTICA N° 8 RIPIOS DE PERFORACION | 110 |
| OBJETIVO | 110 |
| INTRODUCCION | 110 |
| MARCO TEORICO | 111 |
| 1. LODOS DE PERFORACION | 111 |
| 2. RIPIOS DE PERFORACION..... | 113 |
| DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 119 |
| PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 119 |
| BIBLIOGRAFÍA | 122 |
| PRACTICA N° 9 ESTRUCTURAS Y MAPAS GEOLOGICOS | 123 |
| OBJETIVO | 123 |
| INTRODUCCION | 123 |
| MARCO TEORICO | 123 |
| 1. MAPAS GEOLOGICOS | 123 |

| | | |
|----|---|------------|
| 2. | CONSTRUCCIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS | 127 |
| 3. | CONSTRUCCIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS EN ROCAS PLEGADAS. | 128 |
| 4. | FALLAS..... | 131 |
| | DESARROLLO DE LA PRÁCTICA | 133 |
| | PREGUNTAS INTERPRETATIVAS | 133 |
| | PRACTICA N° 10 SALIDA DE CAMPO | 136 |
| | OBJETIVO | 137 |
| | INTRODUCCION | 137 |
| | MARCO TEORICO | 137 |
| 1. | Localización geográfica..... | 137 |
| 2. | Descripción Grafica del Afloramiento..... | 138 |
| 3. | Descripción Geológica del afloramiento..... | 138 |
| | Recorrido: | 138 |
| | DESARROLLO DE LA PRACTICA | 139 |
| | BIBLIOGRAFIA | 141 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-----------|
| Figura 1. Cristal de Halita, mineral con Sistema Cristalino Cubico. | 4 |
| Figura 2. Cristal de Zircón, mineral con Sistema Cristalino Tetragonal | 5 |
| Figura 3. Cristal de Azufre, mineral con Sistema Cristalino Ortorrómbico. | 5 |
| Figura 4. Cristal de Yeso, mineral con Sistema Cristalino Monoclínico. | 6 |
| Figura 5. Cristal de Albita, mineral con Sistema Cristalino Triclínico. | 6 |
| Figura 6. Cristal de Apatita, mineral con Sistema Cristalino Hexagonal. | 7 |
| Figura 7. Tabla de Escala de Dureza de Mohs. | 10 |
| Figura 8. Mapa topográfico de Santander, Colombia. | 18 |
| Figura 9. Escalas Graficas. | 20 |
| Figura 10. Escala 1:10.000. | 21 |
| Figura 11. Representación de las curvas de nivel. | 22 |
| Figura 12. Métodos de Construcción de un mapa topográfico. | 24 |
| Figura 13. Errores que no deben cometerse, al momento de elaborar un mapa. | 25 |
| Figura 14. Representación Gráfica del Cálculo de la pendiente. | 25 |
| Figura 15. Representación del método analítico para el cálculo de la pendiente. | 26 |
| Figura 16. Representación del método grafico para el cálculo de la pendiente | 27 |
| Figura17. Pasos para elaborar un perfil a partir de un mapa topográfico. | 29 |
| Figura 18. Plancha de Referencia Esc. 1:100.000 | 31 |
| Figura 19. Sub División de una Plancha Esc. 1:100.000 | 31 |
| Figura 20. Imagen de la Escala de Richter | 41 |
| Figura 21. Imagen de las Ondas Sísmicas A. Onda P, B. onda S, C. Onda L | 42 |
| FIGURA 22. Sismógrafo | 43 |
| FIGURA 23. Registro de un Sismograma | 44 |
| FIGURA 24. Curvas de tiempo de viaje, para ondas P, S y L. | 46 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 25. Sismograma de llegada de ondas P, S Y L tomado en la estación de registro. | 47 |
| Figura 26. Localización de un temblor a partir de tres estaciones. | 48 |
| Figura 27. Localizaciones de diferentes estaciones sísmicas | 49 |
| Figura 28. Ciclo de las Rocas | 56 |
| Figura 29. Textura Afanítica, Muestra de Riolita. | 58 |
| Figura 30. Textura Fanerítica, Muestra de Granito. | 59 |
| Figura 31. Textura Porfirítica, Muestra de Pórfido. | 60 |
| Figura 32. Variación del metamorfismo en función de la temperatura y la profundidad. | 73 |
| Figura 33. Texturas blásticas en rocas metamórficas. A) Granoblástica. B) Lepidoblástica. C) Nematoblástica. D) Porfidoblástica. | 75 |
| Figura 34. Muestra de mano Hornfels negro. | 77 |
| Figura 35. Muestra de mano Roca Milonita. | 77 |
| Figura 36. Muestra de mano Roca Milonita. | 78 |
| Figura 38. Muestra de mano Roca Esquisto. | 79 |
| Figura 39. Muestra de mano Roca Neis. | 79 |
| Figura 40. Muestra de mano Roca Anfibolita. | 80 |
| Figura 41. Muestra de mano Roca Granulita. | 80 |
| Figura 42. Muestra de mano Roca Eclogitas. | 81 |
| Figura 43. Sensor en Satélite artificial desde el espacio. | 86 |
| Figura 44. Mosaico Landsat Colombia. | 87 |
| Figura 45. Mosaico Landsat Colombia, Plancha 7-56, Cordillera Oriental. | 88 |
| Figura 46. Tabla de pruebas Zeiss de figuras estereoscópicas. | 90 |
| Figura 47. Estereoscopio de bolsillo utilizado para realizar la prueba de visión estereoscópica | 90 |
| Figura 48. Ejemplo de la profundidad relativa de cada uno de los círculos. | 90 |
| Figura 49. Ejemplo de la secuencia de altura de los elementos del círculo 1.91 | |
| Figura 50. Formulario Zeiss para el control de la prueba de visión estereoscópica. | 91 |

| | |
|--|------------|
| Figura 51. Imágenes de calibrado de las partículas según Pettijhon. | 91 |
| Figura 52. Imagen mostrando el diagrama de clasificación composicional según Pettijhon et, 1987. | 103 |
| Figura 53. Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura deposicional según Dunham 1962. | 104 |
| Figura 54. Corte transversal de un pozo para mostrar el descenso y ascenso de un fluido de perforación. | 111 |
| Figura 55. Empaque de un ripio de perforación. | 115 |
| Figura 56. Mapa geológico de Colombia Esc 1:2.800.000 | 124 |
| Figura 57. Rumbo y Buzamiento de una roca. | 125 |
| Figura 58. Símbolos para diferentes valores de rumbos y buzamientos. | 126 |
| Figura 59. Topografía por curvas de nivel y distribución de diferentes tipos de rocas. | 127 |
| Figura 60. Distribución de varias capas o estratos de rocas sedimentarias. | 129 |
| Figura 61. Ejercicio Propuesto. | 130 |
| Figura 62. Falla con movimiento horizontal. | 131 |
| Figura 63. Falla con una componente principal en la vertical. | 132 |
| Figura 64. Ejercicio propuesto. Corte A – B e historia geológica. | 134 |
| Figura 65. Imagen y localización del recorrido de la salida de Campo. | 136 |

LISTA DE TABLAS

| Pág. | | |
|-------------|--|------------|
| | Tabla 1. Tabla de Sistemas Cristalinos. | 8 |
| | Tabla 2. Tabla de Escala de Dureza de Mohs. | 10 |
| | Tabla 3. Tabla de Clasificación según las propiedades químicas. | 12 |
| | Tabla 4. Escala de Mercalli | 40 |
| | Tabla 5. Escala de Richter | 41 |
| | Tabla 6. Principales tipos de Metamorfismo. | 72 |
| | Tabla 7. Tabla de tamaños de grano (textura) de Wentwort | 99 |
| | Tabla 8. Términos de redondeamiento y esfericidad de Powers 1953. | 100 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------------|
| ANEXO 1. Carta de identificación de minerales comunes formadores de Roca. | 15 |
| ANEXO 2. Carta de identificación de minerales comunes formadores de Roca. | 16 |
| ANEXO 3. Mapa N° 1 del Desarrollo de la Práctica. | 33 |
| ANEXO 4. Corte Topográfico del Desarrollo de la Práctica. | 35 |
| ANEXO 5. Desarrollo de la Práctica. | 36 |
| ANEXO 6. Gráfico de Tiempo vs Distancia | 51 |
| ANEXO 7. Mapa Sísmico de Santander. | 52 |
| ANEXO 8. Mapa de amenaza sísmica de Colombia. | 53 |
| ANEXO 9. Clasificación General de Rocas Ígneas. | 64 |
| ANEXO 10. Muestra una clasificación general macroscópica para rocas ígneas. | 65 |
| ANEXO 11. Identificación de Importantes Rocas ígneas faneríticas. | 66 |
| ANEXO 12. Identificación de Importantes Rocas ígneas Afaníticas. | 67 |
| ANEXO 13. Identificación de Importantes Rocas ígneas Piroclásticas. | 68 |
| ANEXO 14. Cuadro de Información general de rocas ígneas analizadas. | 69 |
| ANEXO 15. Formato general de Características texturales de rocas metamórficas. | 83 |
| ANEXO 16. Identificación de Rocas Sedimentarias | 107 |
| ANEXO 17. Identificación de Rocas Sedimentarias | 108 |
| ANEXO 18. Imagen de las convenciones litológicas. | 120 |
| ANEXO 19. Imagen de las convenciones para fósiles. | 121 |
| ANEXO 20. Formato general para la descripción de afloramientos. | 140 |

INTRODUCCIÓN

Este manual se nace como respuesta a la necesidad de la escuela de Geología de implementar manuales para las asignaturas teórico-prácticas, en este caso dicho manual de laboratorio de la materia Geología General para Ingenieros de Petróleos, es un complemento esencial para adquirir un conocimiento general de lo que es la geología, su importancia y aplicación para el Ingeniero de Petróleos.

Por medio de este manual se brinda una visión amplia y clara sobre lo que es la Geología y sus generalidades, dando al estudiante nociones básicas y precisas sobre los fundamentos de esta ciencia, base indispensable en la Ingeniería de Petróleos.

Las prácticas se trabajan en forma sencilla y secuencial, iniciando con la identificación de los principales minerales formadores de rocas, a partir de propiedades como; exfoliación, dureza, fractura, color, brillo, etc. Su identificación es básica para la clasificación de los diferentes tipos de rocas.

La segunda práctica trata sobre la construcción, uso e interpretación de los mapas topográficos, los cuales son de gran ayuda para el trazado de carreteras, líneas eléctricas, oleoductos, poliductos, gasoductos, localización de pozos y demás facilidades de superficie que permitan operar, desarrollar y comercializar un campo petrolero.

Las prácticas tercera, cuarta y quinta se enfocan al conocimiento general de los temblores, sus características y localización y la identificación y clasificación de rocas ígneas y metamórficas.

Las prácticas siguientes involucran el uso y aplicación de las fotografías aéreas e imágenes satelitales. La identificación y clasificación de rocas sedimentarias dada su importancia en la exploración de hidrocarburos. El reconocimiento,

descripción y clasificación de ripios de perforación y los conceptos de rumbo y buzamiento, tipos de pliegues y fallas que afectan las rocas

Finalmente se lleva a cabo una salida de campo donde los estudiantes podrán concluir su asignatura de una manera práctica y didáctica, alcanzando los objetivos trazados desde la práctica N° 1.

PRACTICA N° 1 MINERALES

OBJETIVOS

- ✓ Conocer e identificar las propiedades (físicas, químicas, de luz, eléctricas) de los principales minerales formadores de rocas y utilizarlas para su identificación.
- ✓ Afianzar los conocimientos básicos de las rocas, comprendiendo la importancia de reconocer los principales minerales de roca a partir de sus principales propiedades.

INTRODUCCIÓN

Un mineral es un sólido de composición química y estructura cristalina determinadas, que se ha formado de modo natural. Frecuentemente los minerales forman granos pequeños esparcidos en las rocas, de las cuales son los constituyentes, y deben cumplir con cuatro condiciones básicas para poder ser definidos como tal:

- ✓ Ser una sustancia natural, o sea, no estar hecho por el hombre.
- ✓ Ser una sustancia inorgánica, por lo tanto pertenece al reino mineral.
- ✓ Ser una sustancia cristalina, por lo tanto debe presentar una estructura cristalina (sistema) definido.
- ✓ Presentar una composición química definida.

Los minerales se solían clasificar en la antigüedad con criterios de su aspecto físico; Teofrasto, en el siglo III a. C., creó la primera lista sistemática cualitativa conocida; Plinio el Viejo (siglo I), en su "Historia Natural", realizó una Sistemática Mineral, trabajo que, en la Edad Media, sirvió de base a Avicena; Linneo (1707-1778) intentó idear una nomenclatura fundándose en los conceptos de género y especie, pero no tuvo éxito y dejó de usarse en el siglo XIX; con el posterior desarrollo de la química, el químico sueco Axel Fredrik Cronstedt (1722-1765) elaboró la primera clasificación de minerales en función de su composición; el

geólogo estadounidense James Dwight Dana, en 1837, propuso una clasificación considerando la estructura y composición química. La clasificación más actual se funda en la composición química y la estructura cristalina de los minerales. Las clasificaciones más empleadas son las de Strunz y Kostov.

A continuación en este laboratorio, veremos las principales propiedades y clasificaciones de los minerales formadores de roca, ya que cada uno de estos elementos constituye una característica particular de las condiciones de formación de la roca y su identificación es primordial para el reconocimiento general de la misma.

MARCO TEÓRICO

1. SISTEMAS CRISTALINOS

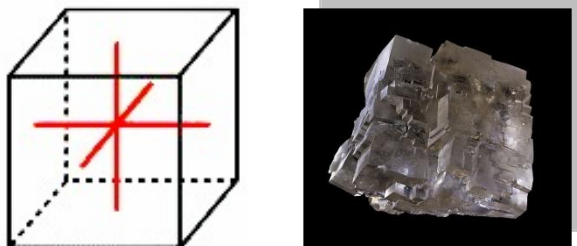
Los minerales de la naturaleza se forman a partir de la cristalización de diferentes elementos que se encuentran en la naturaleza en estado de fusión.

La ordenación sistemática que toman las partículas que conforman la materia cristalina, da lugar a 32 clases cristalinas, que se pueden agrupar en 6 sistemas cristalinos a saber:

Cúbico, Tetragonal, Hexagonal, Romboédrico, Monoclínico y Triclínico.

1.1. Sistema Cristalino Cúbico.

Figura1. Cristal de Halita, mineral con Sistema Cristalino Cubico.

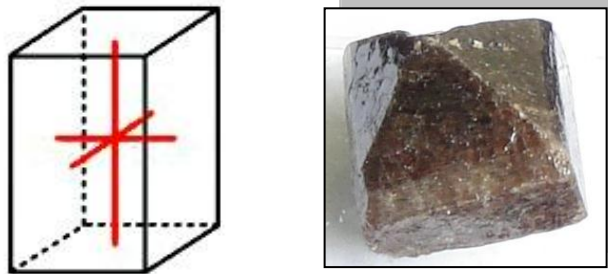


Fuente: Autor.

Los cristales cúbicos, como el de la halita o la pirita, tienen tres ejes perpendiculares con la misma longitud. La estructura cúbica, o isométrica, es la más simétrica entre todos los cristales.

1.2. Sistema Cristalino Tetragonal.

Figura 2. Cristal de Zircón, mineral con Sistema Cristalino Tetragonal.

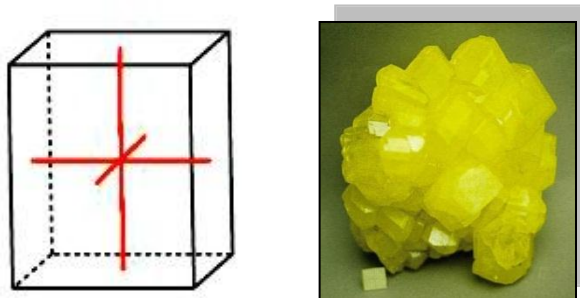


Fuente: Autor.

En los cristales tetragonales todos los ejes son perpendiculares y dos de ellos tienen la misma longitud. Se asocia con la estructura cristalina de la idocrasa siberiana.

1.3. Sistema Cristalino Ortorrómico.

Figura 3. Cristal de Azufre, mineral con Sistema Cristalino Ortorrómico.

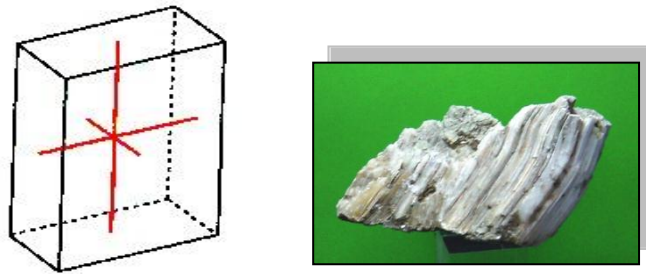


Fuente: Autor.

Los cristales ortorrómbicos tienen tres ejes perpendiculares dos a dos con longitudes distintas. Generalmente muestran exfoliación perfecta, esto es, se divide con facilidad a lo largo de planos secantes específicos.

1.4. Sistema Cristalino Monoclínico.

Figura 4. Cristal de Yeso, mineral con Sistema Cristalino Monoclínico.

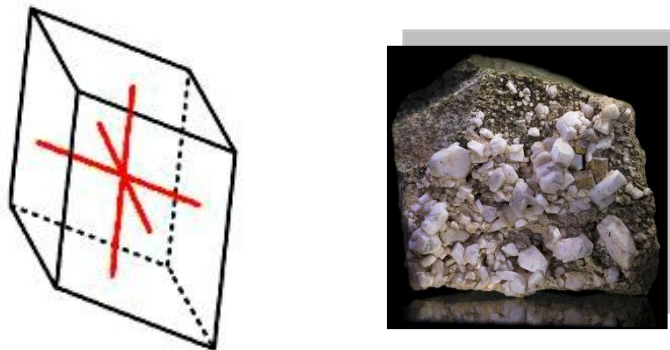


Fuente: Autor.

Estos cristales tienen tres ejes desiguales, dos de los cuales son perpendiculares al tercero, pero no entre sí. El yeso es un ejemplo de mineral con estructura cristalina monoclinica.

1.5. Sistema Cristalino Triclinico.

Figura 5. Cristal de Albita, mineral con Sistema Cristalino Triclinico.



Fuente: Autor.

Los cristales triclinicos muestran la menor simetría entre todos los sistemas cristalinos. Sus ejes son desiguales y nunca forman ángulos rectos. La axinita brasileña es un ejemplo de cristal triclinico.

1.6. Sistema Cristalino Hexagonal.

Figura 6. Cristal de Apatita, mineral con Sistema Cristalino Hexagonal.

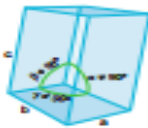



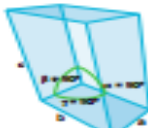



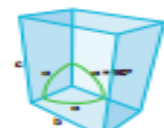


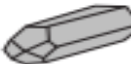
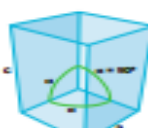



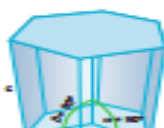



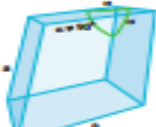



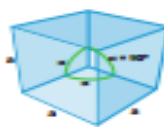





Fuente: Autor.

Un cristal hexagonal, tiene cuatro ejes de simetría. Tres de ellos tienen la misma longitud y están dispuestos de forma simétrica en un plano. El cuarto eje es perpendicular a los demás. Ej. El Berilo, Apatita.

A continuación se muestra la **Tabla 1**, donde se resumen los sistemas Cristalinos, sus principales características y algunas formas cristalinas.

Tabla 1. Tabla de Sistemas Cristalinos.

| Sistema cristalino | Parámetros fundamentales y ángulos | Algunas formas cristalinas |
|--------------------|---|---|
| Triclinico |  |    albita cianita rodenita |
| Monoclinico |  |    yeso rejalgar ortosa |
| Ortorrómbico |  |    azufre olivino barita |
| Tetragonal |  |    rutilo zircón calcopirita |
| Hexagonal |  |    berilo apatita pirrotina |
| Romboédrico |  |    calcita cuarzo turmalina |
| Cúbico |  |    galena pirita granate almandino |

Fuente: Centro de Estudios de la Nieve y de la Montaña de Andorra, (Barcelona).

2. PROPIEDADES FISICAS

Las propiedades físicas de los minerales aplicadas correctamente son de gran ayuda para su identificación, a continuación se describen algunas de ellas:

- 2.1. **Exfoliación:** Es un rasgo característico, cuando el mineral se rompe dejando superficies planas, siendo estas paralelas a caras reales o posibles del cristal. La exfoliación se da en varias direcciones.
- 2.2. **Partición:** Se observa cuando en el mineral se producen superficies planas por ruptura a lo largo de algún plano predeterminado
- 2.3. **Fractura:** Es la manera como se rompe cuando no se exfolia o se parte. Existen varias clases de fracturas; concoidea, fibrosa, astillosa, etc.
- 2.4. **Tenacidad:** Resistencia que un mineral opone a ser roto, molido, doblado, desgarrado, o sea tiene que ver con la cohesión del mineral.
- 2.5. **Peso Específico:** Es la relación entre el peso del mineral y el peso de un volumen igual de agua.
- 2.6. **Dureza:** Los minerales ofrecen resistencia a ser rayados por un objeto u otro mineral. Existe una escala de dureza en relación con otros minerales.

2.6.1. Escala de Dureza de Mohs

La dureza de un material determina su durabilidad. La escala de Mohs se utiliza para evaluar la dureza relativa de una muestra al realizar pruebas de rayado sobre ella.

Tabla 2. Tabla de Escala de Dureza de Mohs.

| ESCALA DE DUREZA DE MOHS | | |
|--------------------------|--------|--|
| Mineral | Dureza | Prueba Común |
| Talco | 1 | Se raya con la uña. |
| Yeso | 2 | También se raya con la uña, pero con mayor dificultad. |
| Calcita | 3 | Se raya con una moneda de cobre. |
| Fluorita | 4 | Se puede rayar con acero, la hoja de un cuchillo o navaja. |
| Apatito | 5 | También se raya con la hoja de un cuchillo o el cristal de una ventana, pero con mayor dificultad. |
| Feldespato | 6 | Se puede rayar con lija. |
| Cuarzo | 7 | Raya una hoja de cuchillo o el cristal de una ventana. |
| Topacio | 8 | |
| Corindón | 9 | |
| Diamante | 10 | Raya todos los materiales comunes. |

Fuente: Autor, adaptado de Escala de dureza de Mohs del Instituto Carnegie. 2012

También la dureza se puede comparar con la de otros objetos así:

Figura 7. Tabla de Escala de Dureza de Mohs.



Fuente: Autor, adaptado de Escala de dureza de Mohs del Instituto Carnegie. 2012

3. PROPIEDADES QUE DEPENDEN DE LA LUZ

- 3.1. **Brillo:** Aspecto general de la superficie de un mineral cuando refleja la luz, puede ser; metálico, no metálico; vítreo, resinoso, adamantino, nacarado, sedoso.
- 3.2. **Color:** El color no es una propiedad confiable para la identificación de un mineral.¹⁰⁶ Algunos minerales tienen color constante y se llaman idiocromáticos. Otros tienen colores que varían mucho. Esta variación se debe a la presencia de pigmentos, inclusiones y otras impurezas. Dichos minerales se llaman alochromáticos.
- 3.3. **Raya:** Es el color del polvo fino de un cristal y frecuentemente se ha usado en la determinación de minerales. Aunque el color de los minerales varíe, el de la raya suele ser constante. El color de la raya se determina por corte, limado o rasguño.¹⁰⁷

4. PROPIEDADES ELÉCTRICAS Y MAGNÉTICAS

- 4.1. **Piezoelectricidad:** Al ejercer presión sobre el mineral que coincida con un eje cristalográfico, se desarrolla una carga eléctrica.
- 4.2. **Piroelectricidad:** Desarrolla descargas positivas y negativas opuestas al eje cristalográfico al sufrir cambios de temperatura.
- 4.3. **Magnetismo:** Existen minerales que en su estado natural pueden ser atraídos por un imán.

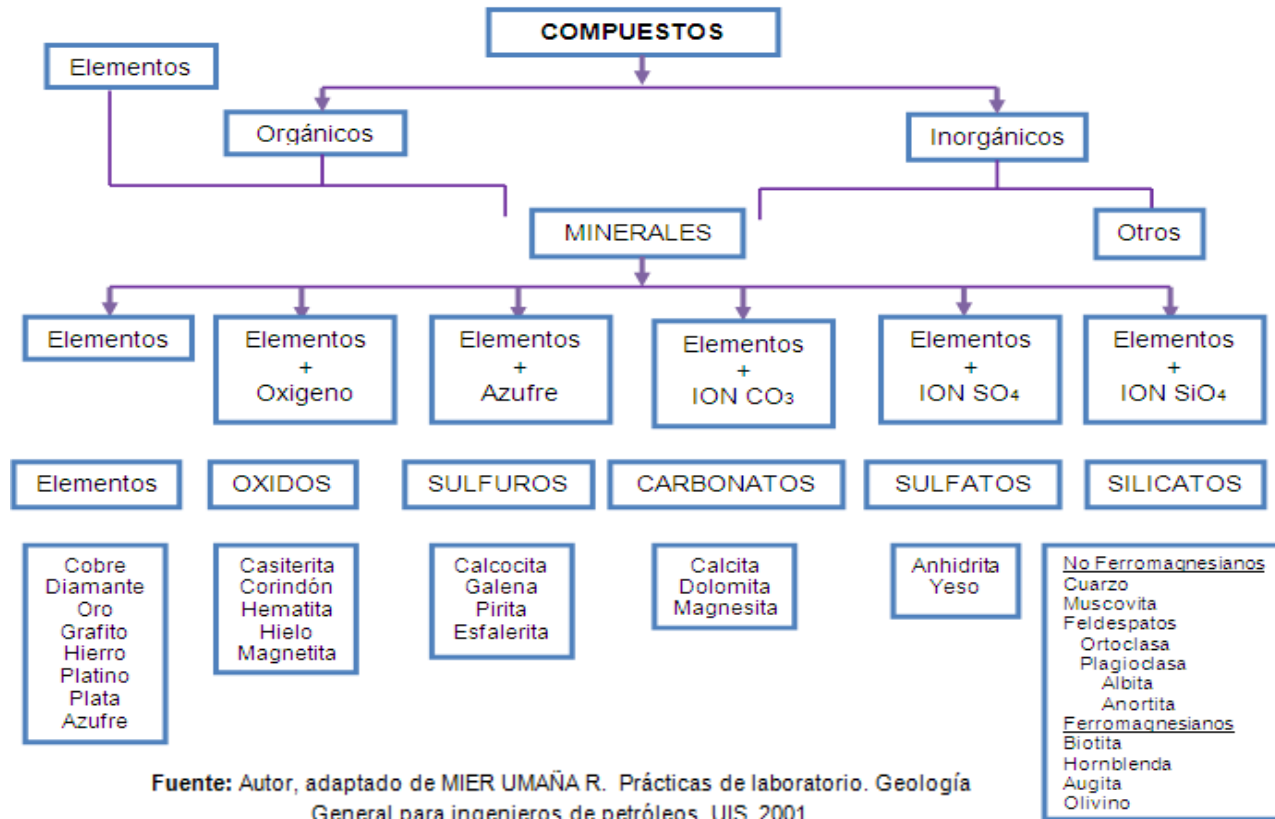
¹⁰⁶Fundamentos de mineralogía para geólogos; John Nahid Phillips; Ed. Limusa.

¹⁰⁷Manual de Mineralogía; Klein, Cornelis. Hurlbut; 4a ed. Ed Reverte.

5. PROPIEDADES QUIMICAS

La clasificación de los principales minerales formadores de rocas se basa en su composición química, comprendiendo las siguientes clases:

Tabla 3. Tabla de Clasificación según las propiedades químicas.



6. PROPIEDADES OPTICAS

Existe una mineralogía óptica, con la cual es posible identificar los minerales de acuerdo a las propiedades que presentan al ser atravesados por la luz. En este caso se requiere cortar el mineral y pulirlo hasta un espesor de 25 micras para luego observarlo en el microscopio petrográfico, este tipo de preparación se denomina una sección delgada.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Elabore un informe que contenga la siguiente información:

1. Elabore su propia tabla de dureza indicando los minerales que la conforman.
2. Con 10 de los minerales propuestos para la práctica elabore una tabla identificando e indicando sus propiedades físicas más importantes.
3. Indique las propiedades de los siguientes minerales:
Hornblenda, biotita, calcita, clorita, dolomita, galena, granate, yeso, halita, hematita, limonita, muscovita, olivino, ortoclasa, plagioclasas, pirita, augita, cuarzo.
4. Cuadro propuesto para la identificación de minerales:

Muestra N°

Dureza _____

Exfoliación o fractura _____

Brillo _____

Raya _____

Color _____

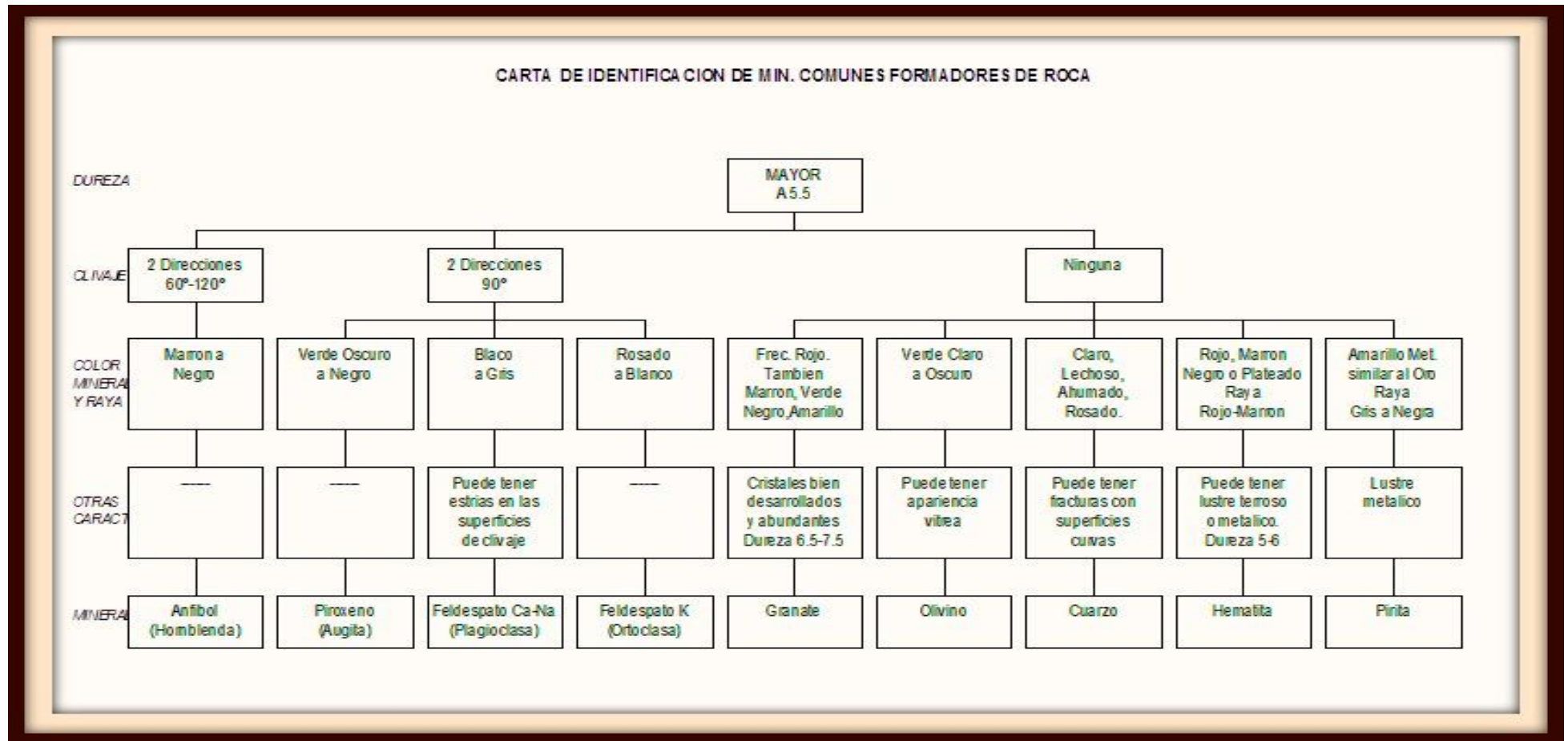
Otras Carác. _____

Nombre del Mineral: _____

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

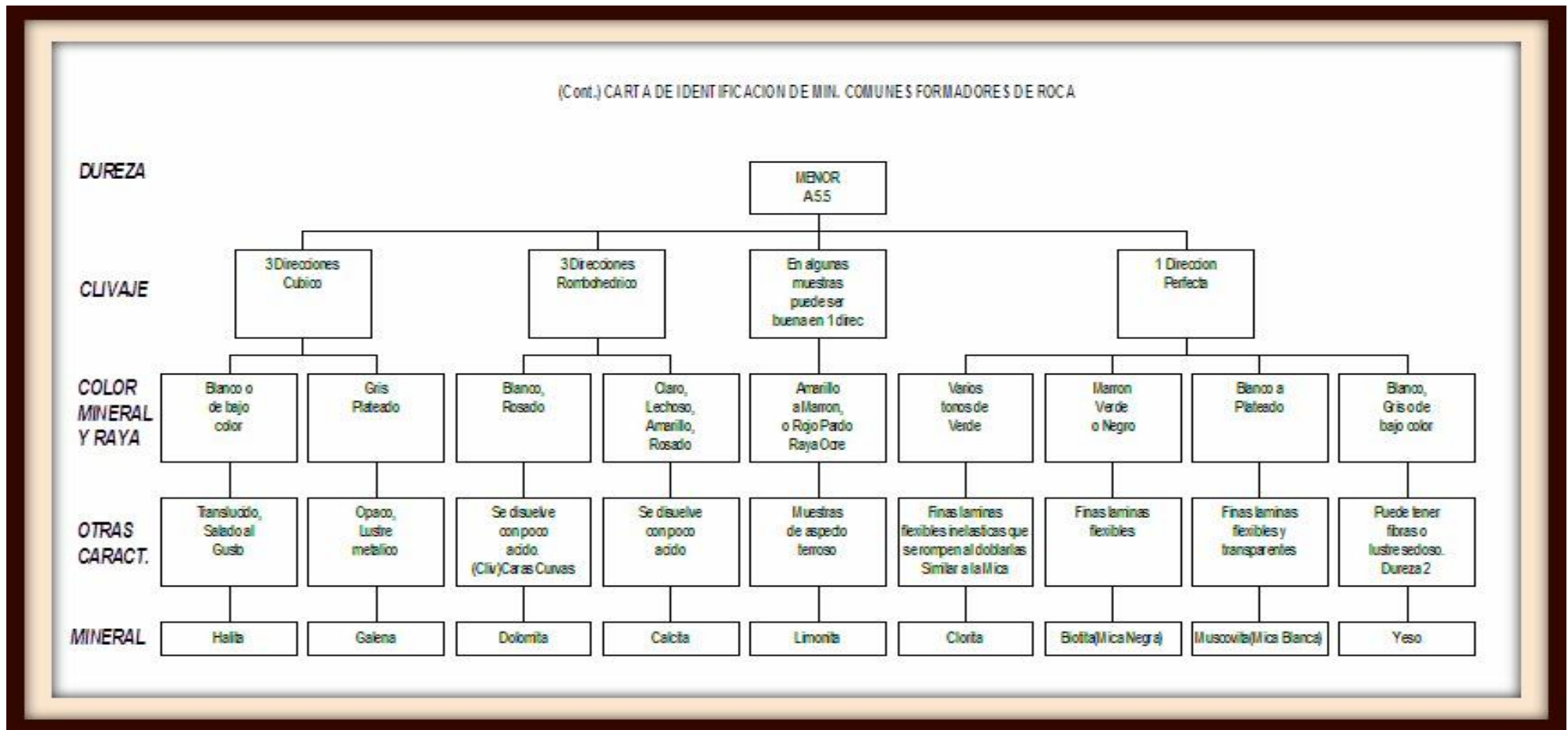
1. Observando la escala de Mohs, ¿qué mineral raya a todos los minerales de dureza igual o mayor que 7?
2. ¿Qué sistema cristalino tiene cuatro ejes de simetría. Tres de ellos tienen la misma longitud y están dispuestos de forma simétrica en un plano?
3. ¿Cuáles son las tres propiedades fundamentales que dependen de la luz?
4. ¿Es normal que los minerales se encuentren solos o asociados con algo en especial?
5. Proponga una metodología para identificación de minerales.

Anexo 1. Carta de identificación de minerales comunes formadores de Roca.



Fuente: Mier Umaña R. Presentaciones de clase de la asignatura Geología General. UIS. Escuela de Geología. 2012.

Anexo 2. Carta de identificación de minerales comunes formadores de Roca.



Fuente: Mier Umaña R. Presentaciones de clase de la asignatura Geología General. UIS. Escuela de Geología. 2012.

BIBLIOGRAFIA

KLEIN, CORNELIS. HURLBUT, CORNELIUS. Manual de Mineralogía. 4a ed. Ed Reverte. 1997.

LEET. JUDSON. Fundamentos de Geología Física. Ed. Limusa. 1996.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura Geología General. Tema: Minerales Formadores de Roca. UIS. Escuela de geología.

PHILLIPS JOHN NAHID. Fundamentos de mineralogía para geólogos. Ed. Limusa. 1986.

Tabla de Sistemas Cristalinos. Centro de Estudios de la Nieve y de la Montaña de Andorra. (Documento virtual). www.cenma.ad

PRACTICA N° 2 MAPAS TOPOGRAFICOS

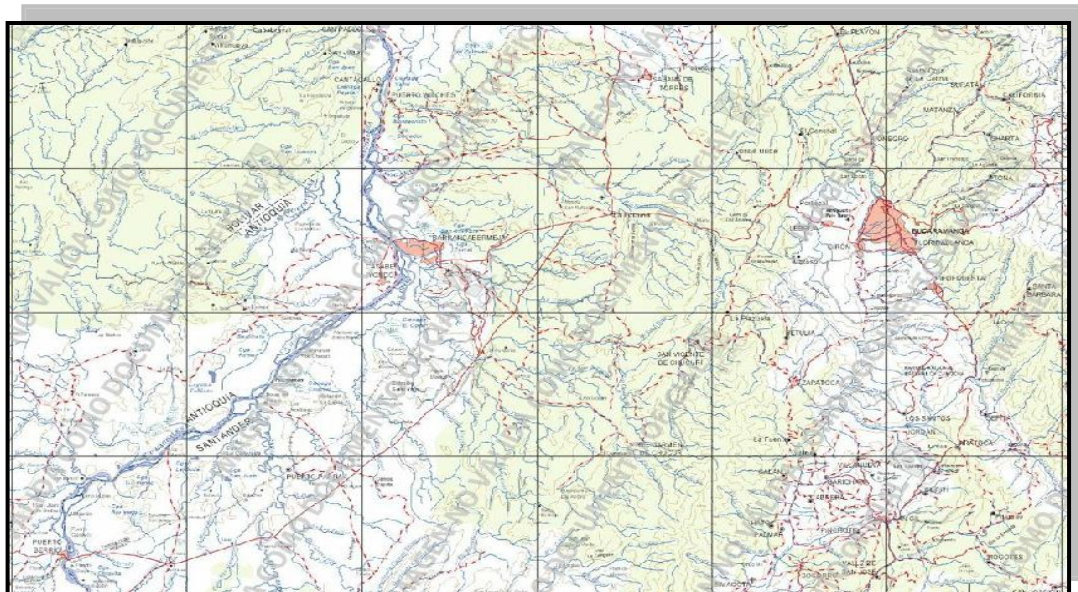
OBJETIVOS

- ✓ El objetivo de esta práctica es la construcción, uso e interpretación de los mapas topográficos.
- ✓ Reconocer la importancia de los mapas topográficos como la base de apoyo de todo otro mapa específico (o temático) como por ejemplo: mapas geológicos, mapas de suelos, mapas floro-faunísticos, etc.

INTRODUCCION

El mapa topográfico es una representación de la superficie terrestre mediante curvas de nivel que tiene como finalidad mostrar las variaciones del relieve de la Tierra. Además de las curvas de nivel, suelen incluirse otras variables geográficas como la vegetación, los suelos, la red hidrográfica, las localidades, todas ellas con su correspondiente color y símbolo.

Figura8. Mapa topográfico de Santander, Colombia.



Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC. 2007.

MARCO TEÓRICO

Un mapa topográfico es la representación de la distribución de los rasgos morfológicos (naturales y artificiales) de una región, en proyección horizontal. Estos rasgos se pueden clasificar en tres grupos principales:

Relieve: Comprende los accidentes naturales del terreno que en su conjunto constituyen elevaciones, depresiones, llanuras y que dan origen a serranías, colinas, valles y planicies.

Hidrografía: Comprende ríos, mares, lagos, lagunas, etc., ya sean cuencas abiertas o cerradas.

Obras y construcciones civiles: Corresponden a rasgos del terreno introducidos por la mano del hombre en el paisaje natural, para satisfacer sus exigencias y comodidades. Tales obras, se traducen en caminos, puentes, embalses, vías férreas, ciudades, pueblos, etc.

Los mapas topográficos difieren de otros mapas, en que estos introducen una tercera dimensión de la superficie terrestre.

Estos mapas son herramientas importantes en muchas actividades, como por ejemplo; para definir las rutas de nuevas carreteras, líneas eléctricas, poliductos, localización de pozos, uso de la tierra, localización de aeropuertos, industrias, desarrollo de ciudades, para delimitar áreas de riesgo como deslizamientos e inundaciones y hasta para usos recreacionales indicando sitios de interés.

Los mapas topográficos muestran la localización de cosas con respecto a ciertas referencias, como ríos, quebradas, caminos, pueblos y además indican la configuración del terreno.

1. ESCALA DE LOS MAPAS

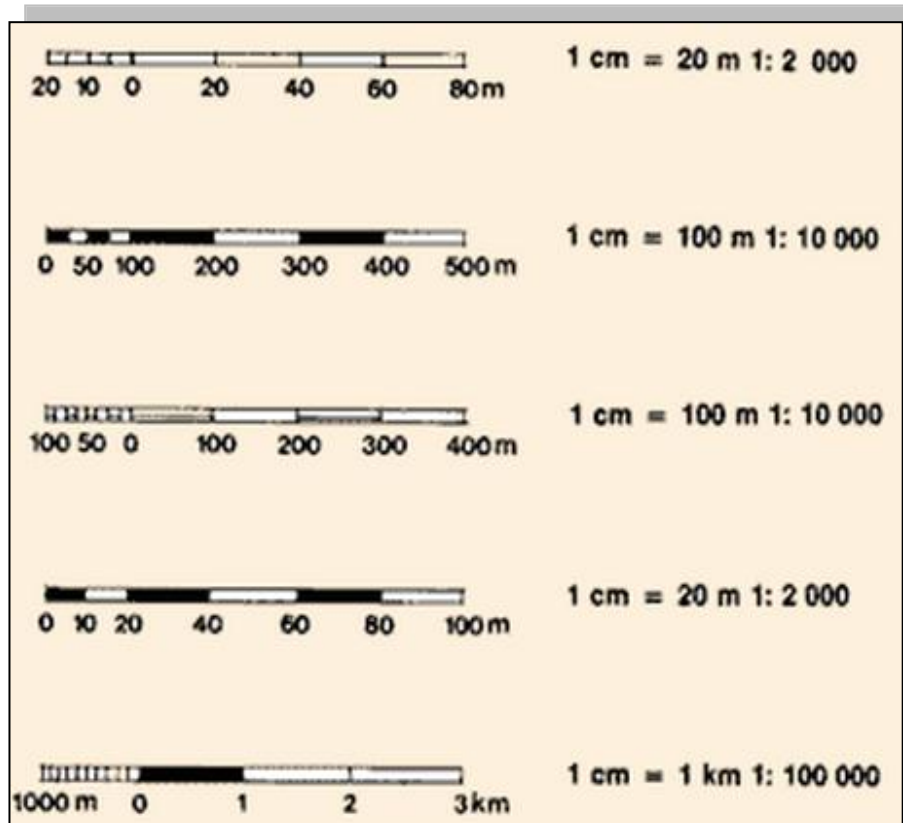
La escala de un mapa es la relación entre la distancia sobre un mapa y la distancia real en el terreno. Esta relación se expresa como una fracción de la siguiente manera:

$$1 : 25.000 = 1 / 25.000$$

Esta escala significa que una unidad de distancia en el mapa, ya sea centímetros, pulgadas, pies, representa una distancia igual a 25.000 veces la misma unidad en el terreno.

Los mapas usualmente también presentan una escala gráfica, donde se indica la relación en diferentes unidades. Esta escala se puede utilizar para efectuar medidas directamente sobre el mapa

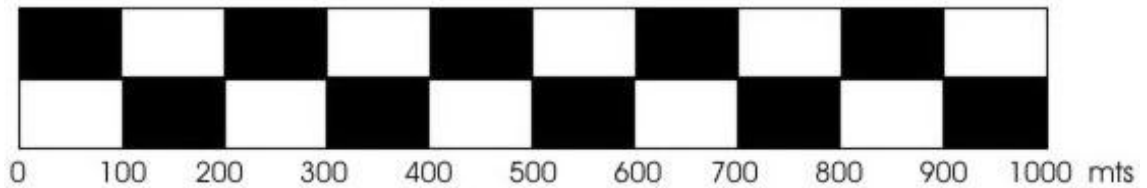
Figura 9. Escalas Graficas.



Fuente: Universidad de León, Servicio de Cartografía.

Si el mapa es ampliado o reducido, es lógico que la escala gráfica también lo sea en la misma proporción para que pueda seguir siendo de utilidad.

Figura 10. Escala 1:10.000.



Escala 1: 10000

Fuente: Autor.

También existen escalas híbridas, que indican una relación diferente de unidades entre las distancias del mapa y el terreno, pero que son equivalentes, por ejemplo:

1 pulgada: 24.000 pulgadas

Puede ser expresado como 1 pulgada: 2.000 pies

1 metro: 25.000 metros o 1 m: 25 Km

2. LÍNEAS DE CONTORNO

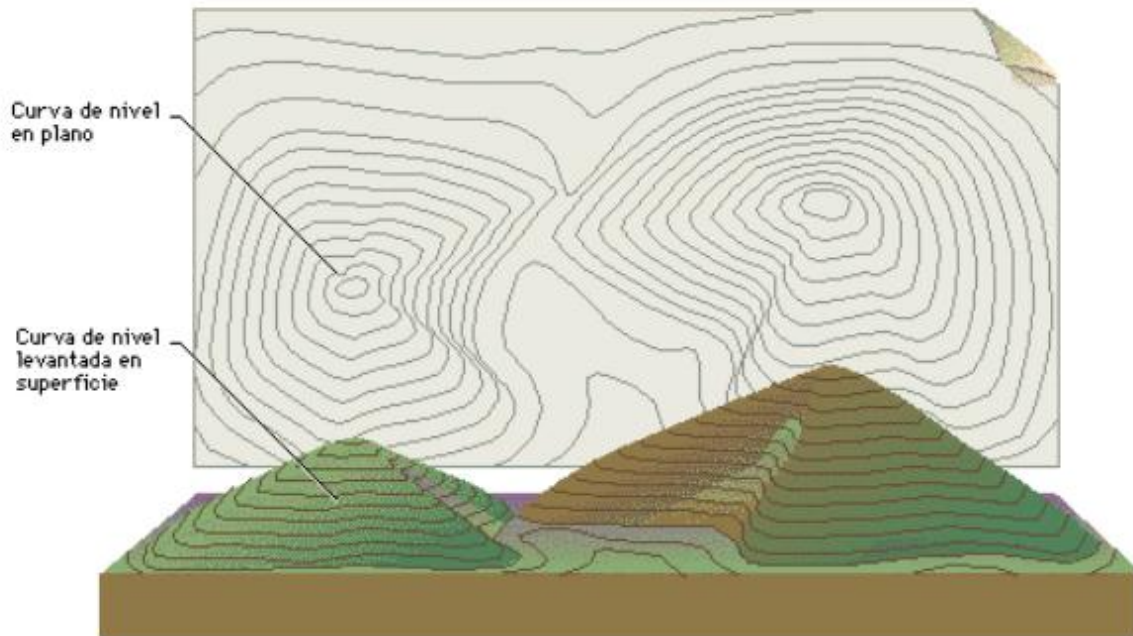
Los mapas topográficos representan el terreno utilizando Líneas de Contorno o Isohipsas. Una línea de contorno o contorno, representa la unión de puntos de igual altura sobre el nivel del mar.

Esto quiere decir que si una persona camina sobre una línea de contorno, lo está haciendo sobre una superficie plana, como sería el caso de una línea de costa de una playa o un lago.

Los contornos deben representar valores prácticos para su uso, como líneas de 100, 200 metros de altura y no valores de 122.3 metros. La distancia vertical entre las líneas de contorno se conoce como Intervalo de Contorno o **IC** y este debe ser un valor constante al elaborar el mapa y estar de acuerdo a la escala del mapa.

Un mapa escala 1: 25.000 con líneas de contorno cada 2 metros tendría tantas líneas que sería imposible de leer. Además también depende de la cantidad y exactitud de los datos con que se cuentan para su elaboración.

Figura 11. Representación de las curvas de nivel.



Fuente: Universidad de León, Servicio de Cartografía.

Ya elaborado el mapa, las líneas que se acercan indican altas pendientes y aquellas que estén separadas indicaran relieves suaves.

El IC utilizado en el mapa debe ser indicado en el mismo, generalmente debajo de la escala gráfica. Es común que cada cierto intervalo estas líneas se representen con una línea más gruesa, lo cual ayuda en la lectura del mapa.

3. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

- 3.1. Método de trazado mecánico:** La diferencia en elevación entre cada dos puntos se distribuye aritméticamente, de acuerdo a la distancia horizontal y al intervalo elegido.

Este método produce un mapa geoméricamente exacto, pero si los datos son escasos, el relieve obtenido puede ser muy diferente a las formas comunes en la naturaleza¹⁰⁸.

- 3.2. Método interpretativo**

Traza las curvas mostrando un patrón morfológico consistente con los valores dados y también con la topografía general.

- 3.3. Método de igual espaciamento**

Este método asume pendiente o ángulo de buzamiento uniforme sobre un área entera o al menos sobre un flanco individual de una estructura¹⁰⁹.

- 3.4. Método paralelo**

Con este método, las líneas de contorno son dibujadas paralelas o cercanamente paralelas a las otras.

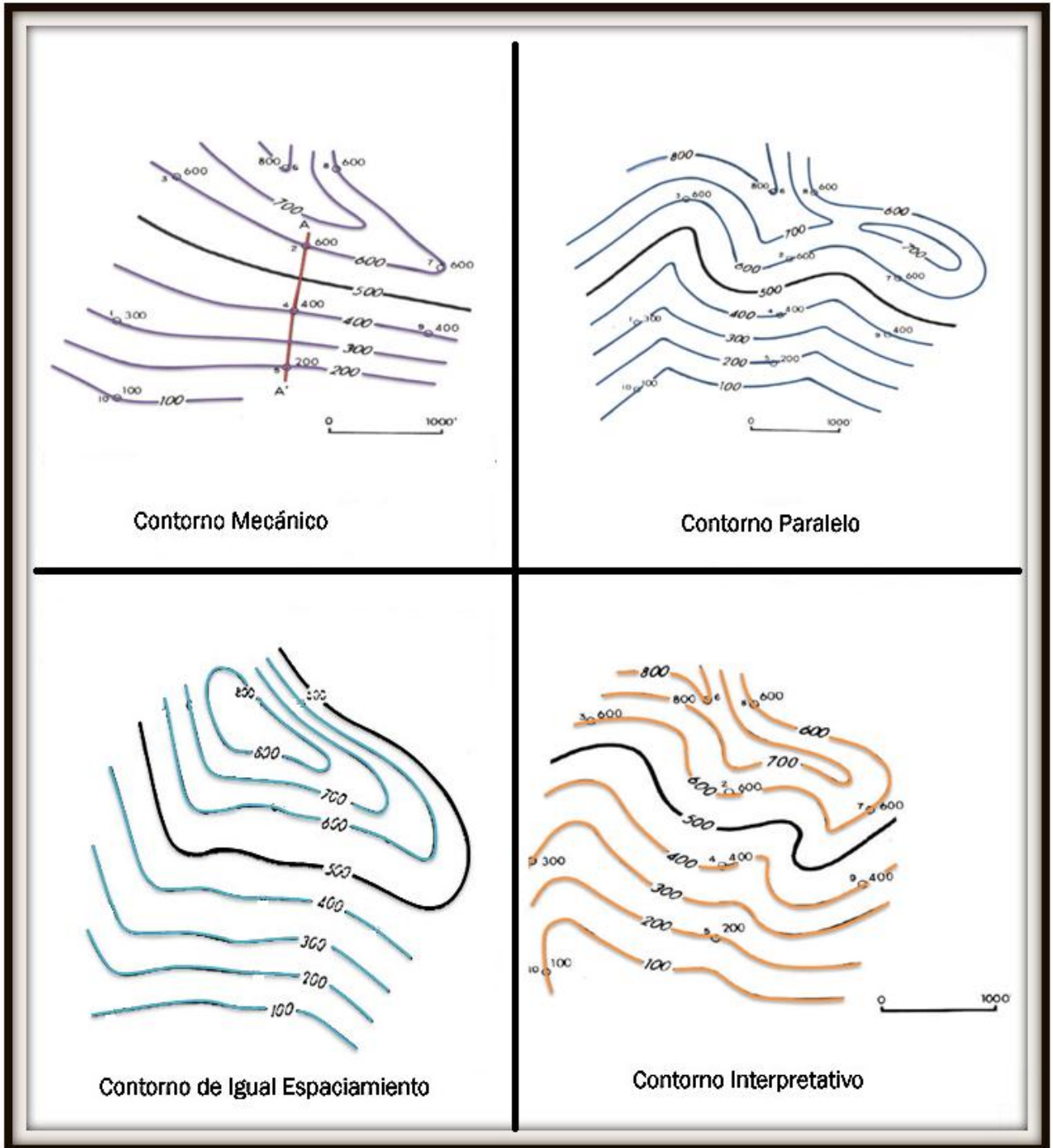
Cuando se cuenta con suficiente control el trazado mecánico es el más exacto, cuando los datos son limitados, el trazado interpretativo es el más satisfactorio. (VerFigura 12. Métodos de trazado).

Al elaborar un mapa topográfico o de curvas de nivel hay ciertos errores que no deben cometerse los cuales se ilustran en la Figura 13.

¹⁰⁸Mier Umaña R. Presentaciones de clase de la asignatura geología de hidrocarburos. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología. Facultad fisicoquímicas. 2012.

¹⁰⁹ Ibíd., pág. 3.

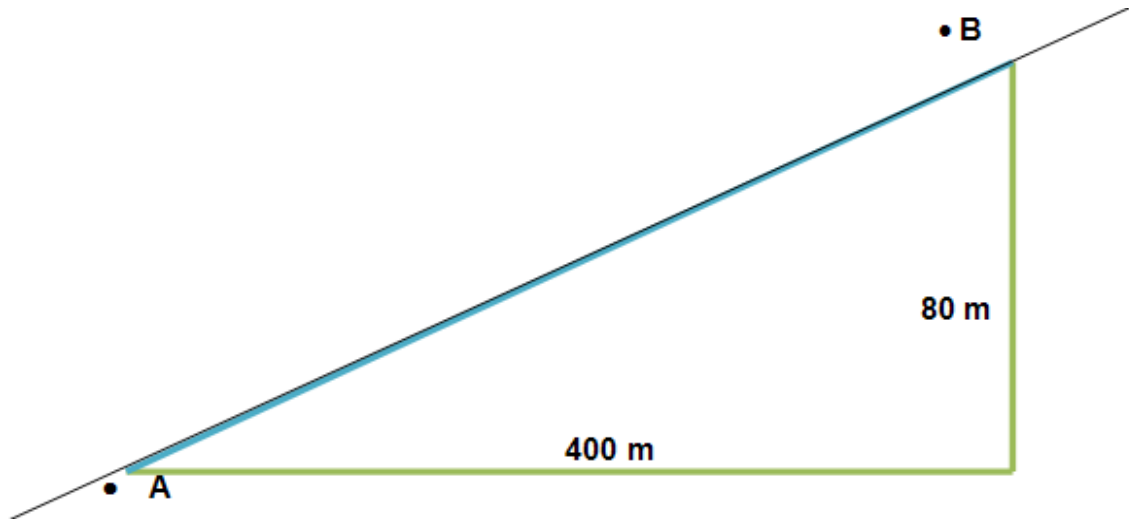
FIGURA 12. Métodos de Construcción de un mapa topográfico.



Fuente: Autor, adaptado de Ricardo Mier. Presentaciones de clase de la asignatura geología de hidrocarburos.

Dados dos puntos A y B, los cuales se encuentran a una diferencia de altura de 80 metros y a una distancia de 400 metros. ¿La pendiente entre estos es de 0.2 o 20%?

Figura15. Representación del método analítico para el cálculo de la pendiente.



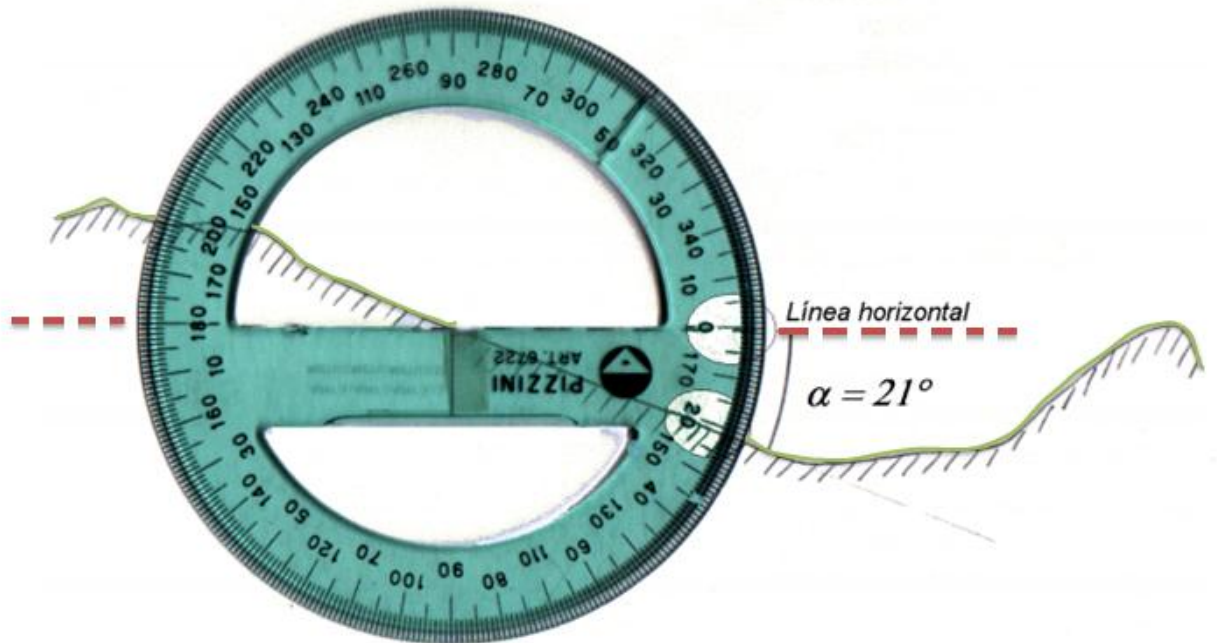
$$M = \frac{80m}{400m} = 0.2$$

Fuente: Presentaciones de clase de la asignatura Geología General. Universidad Industrial de Santander.

4.2. MÉTODO GRÁFICO

Se basa en construir primero un perfil topográfico a escala natural y luego medir directamente sobre el gráfico el ángulo con un transportador.

Figura16. Representación del método grafico para el cálculo de la pendiente.



Fuente: Autor, adaptado de la Universidad Nacional de San Luis, (Argentina).
Elementos de Geología.

5. ELABORACIÓN DE UN PERFIL A PARTIR DE UN MAPA TOPOGRÁFICO

Para levantar un perfil o corte de la superficie terrestre se debe utilizar parte de la información que proporciona un mapa topográfico: las curvas de nivel y la escala.

Los datos de las curvas de nivel que aparecen en el mapa topográfico se trasladan a un gráfico basado en el sistema de coordenadas: el eje vertical refleja las altitudes y el horizontal, la distancia.

Como la finalidad es representar las formas del relieve más características de la zona elegida con la menor deformación posible, el corte debe ser perpendicular a

las curvas de nivel, pues de otra manera se falsearían y transformarían las pendientes.

La elaboración de un corte topográfico sin el uso de un ordenador requiere varios materiales: lápiz, mapa topográfico de la zona elegida a escala apropiada, papel milimetrado o cuadriculado para facilitar el trazado de líneas, y papel transparente (vegetal o similar) que se colocará sobre la zona escogida para realizar el perfil y sobre el que se trabajará para no estropear el mapa.

Tras seleccionar en el mapa la zona a perfilar, se traza una línea recta para unir dos puntos (X y X') sobre el papel transparente, teniendo en cuenta que debe cortar perpendicularmente las curvas de nivel.

Sobre esa línea se marcan cada una de las curvas de nivel del mapa que se cruzan con ella y se anota en cada señal la altitud de la curva con lápiz para que después se pueda borrar. Es conveniente marcar solo las curvas maestras si las curvas de nivel están muy juntas, es decir, si el relieve es muy accidentado.

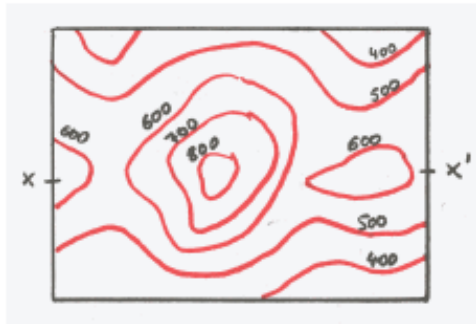
En el papel milimetrado se dibuja un eje de coordenadas teniendo en cuenta las escalas decididas. El eje horizontal debe tener la misma escala del mapa topográfico.

El eje vertical, que presenta la altitud o la elevación del terreno, no debe tener una escala demasiado exagerada y esta se decidirá en función de la topografía de la zona (conviene observar cuáles son las curvas de nivel mayor y menor); por ejemplo, para un mapa de escala 1:50.000 podría ser 1:25.000, sabiendo que 1 cm en el mapa son 100 m de altitud en la realidad.

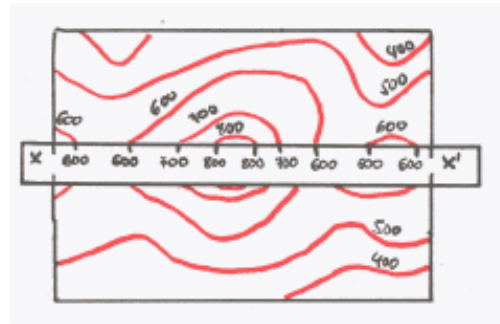
La recta X-X' trazada sobre el papel transparente se hace coincidir con el eje horizontal del papel milimetrado, evitando que se mueva. Con la información de altitud de cada curva de nivel apuntada a lápiz, se levanta cada punto del eje horizontal hacia arriba hasta alcanzar la altitud correspondiente en el eje vertical, marcando los nuevos puntos.

Una vez señalados todos, se unen con una línea. Esta línea muestra el perfil del relieve en línea recta entre los dos puntos seleccionados X y X'.

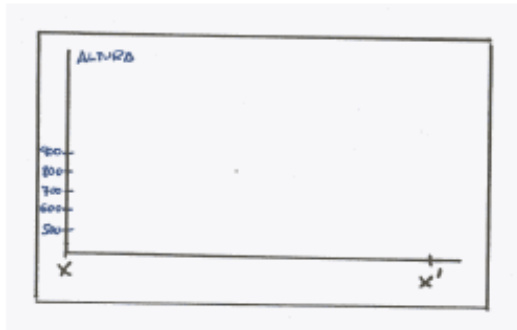
Figura17. Pasos para elaborar un perfil a partir de un mapa topográfico.



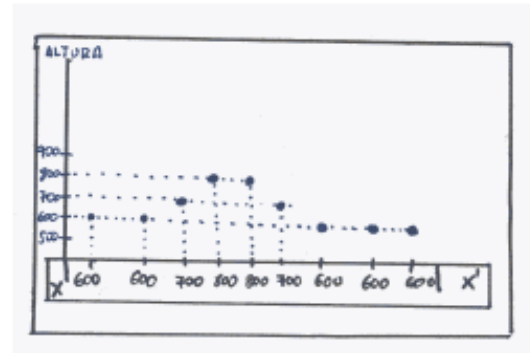
1. MAPA TOPOGRÁFICO
CON LAS CURVAS DE NIVEL



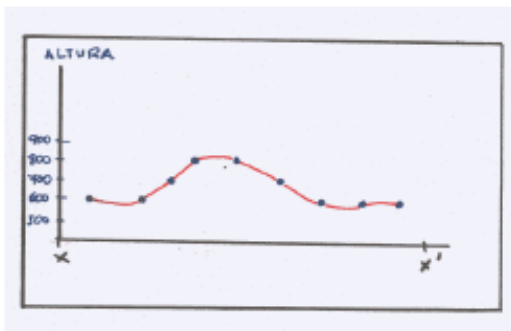
2. SEÑALAR EN UNA TIRA LAS
CURVAS DE NIVEL



3. TRAZAR EN PAPEL MILIMETRADO
UN EJE DE ORDENADAS Y ABCISAS



4. LLEVAR LOS PUNTOS DE LA TIRA
AL EJE



6. LEVANTAR EL PERFIL TOPOGRÁFICO

Fuente: www.olmo.pntic.mec.es/esam0009/Actividades/mapa%20topografico.pdf.

6. MAPAS EN COLOMBIA

El **Instituto Geográfico Agustín Codazzi**, IGAC, es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE)¹¹⁰. Dentro de los tipos de mapas ofrecidos por el IGAC, encontramos mapas de:

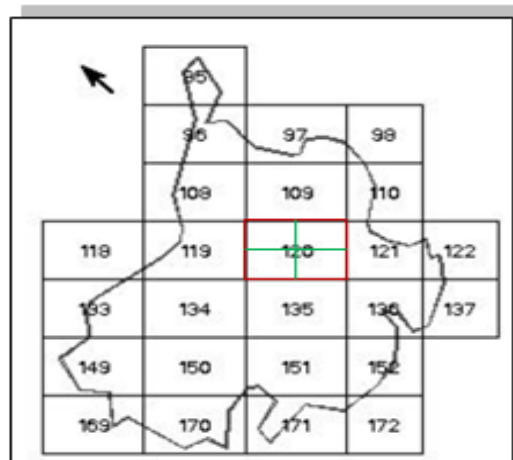
- 6.1. **Ciudades** (*Bogotá, Bucaramanga, Ibagué, Cartagena, Barranquilla, etc.*)
- 6.2. **Nacionales** (Dinámicos: *Grillas, Líneas de vuelo, Emergencia invernal, Cartografía base, cartografía base relieve*; Estáticos: *Físico – Políticos 2012, Político – Admin. 2012.*)
- 6.3. **Departamentales** (*Físico – Políticos 2012, Político – Admin. 2012.*)
- 6.4. **Turísticos** (*Mapa de rutas turísticas 2012; Ruta 1... Ruta 12*)
- 6.5. **Topográficos** (*Esc. 1:100.000 y 1:500.000*).
- 6.6. **Suelos** (*agrología, vocación de uso, geopedología, conflictos de uso, cobertura y uso*).
- 6.7. **Catastro** (*Mapa de Sistema Nacional Catastral – Consulta de Predios*).
- 6.8. **Geodésicos** (*Red Gravimétrica orden 1, 2, 3; Red Magna-Eco; Red Gravimétrica 1958; Geocol 2004; Puntos Geodésicos.*)
- 6.9. **Históricos** (*Mapa Físico Político 1931, 1957, 1961, 1971, 1977, 1979, 1980, 1993, 1995.*)

¹¹⁰Sitio web oficial del IGAC.

6.10. **Temáticos.** (Resguardos Indígenas 2012, Comunidades Negras 2012, Mosaico Landsat 2012, Zonificación Climática 2012.)

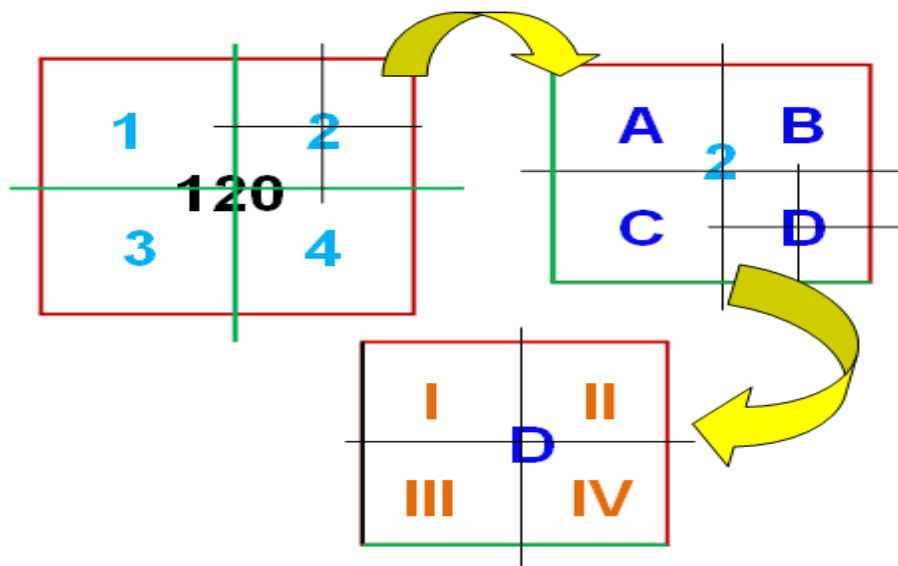
7. INDICE DE CUBRIMIENTO, PLANCHAS ESCALA 1:100.000

Figura 18. Plancha de Referencia Esc. 1:100.000



Fuente: IGAC.

Figura 19. Sub División de una Plancha Esc. 1:100.000



Fuente: Autor.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

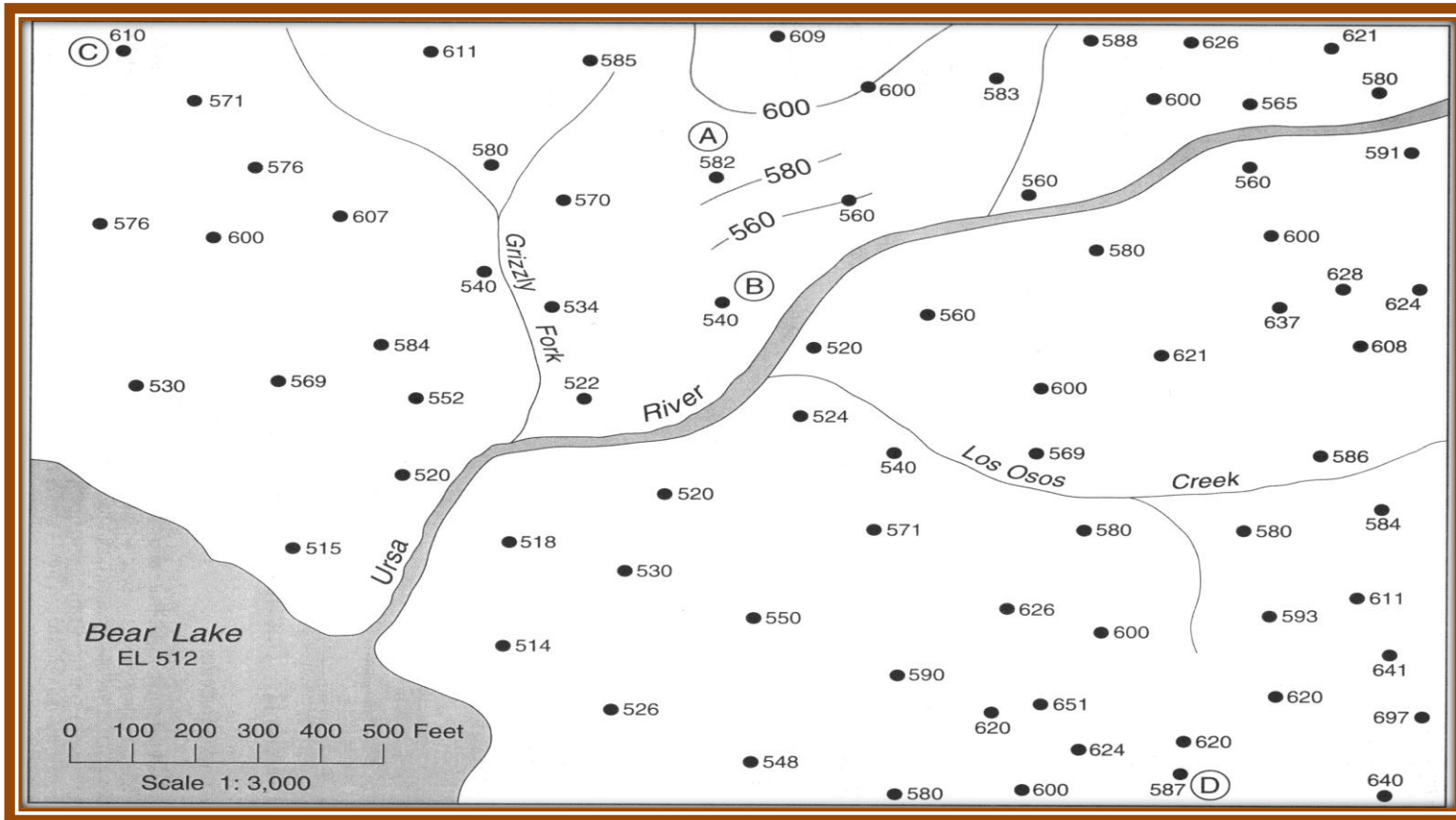
1. Iluminar el mapa. ANEXO 3. (marcar los ríos en azul).
2. Determine la distancia real entre dos puntos.
Utilice el mapa ANEXO 3.
3. Determine el área que representa el mapa del ejercicio.
4. Determine la pendiente y el gradiente entre dos puntos.
5. Con el mapa base, ANEXO 3 elabore el mapa topográfico y explique la topografía que representa.
6. Elabore un corte topográfico, siguiendo las indicaciones y el papel dado en el ejercicio ANEXO 4. Explique lo que el corte representa.

En el corte indique la exageración (EV) vertical así:

$$EV = \frac{\text{Denominador de la escala Horizontal}}{\text{Denominador de la escala vertical}}$$

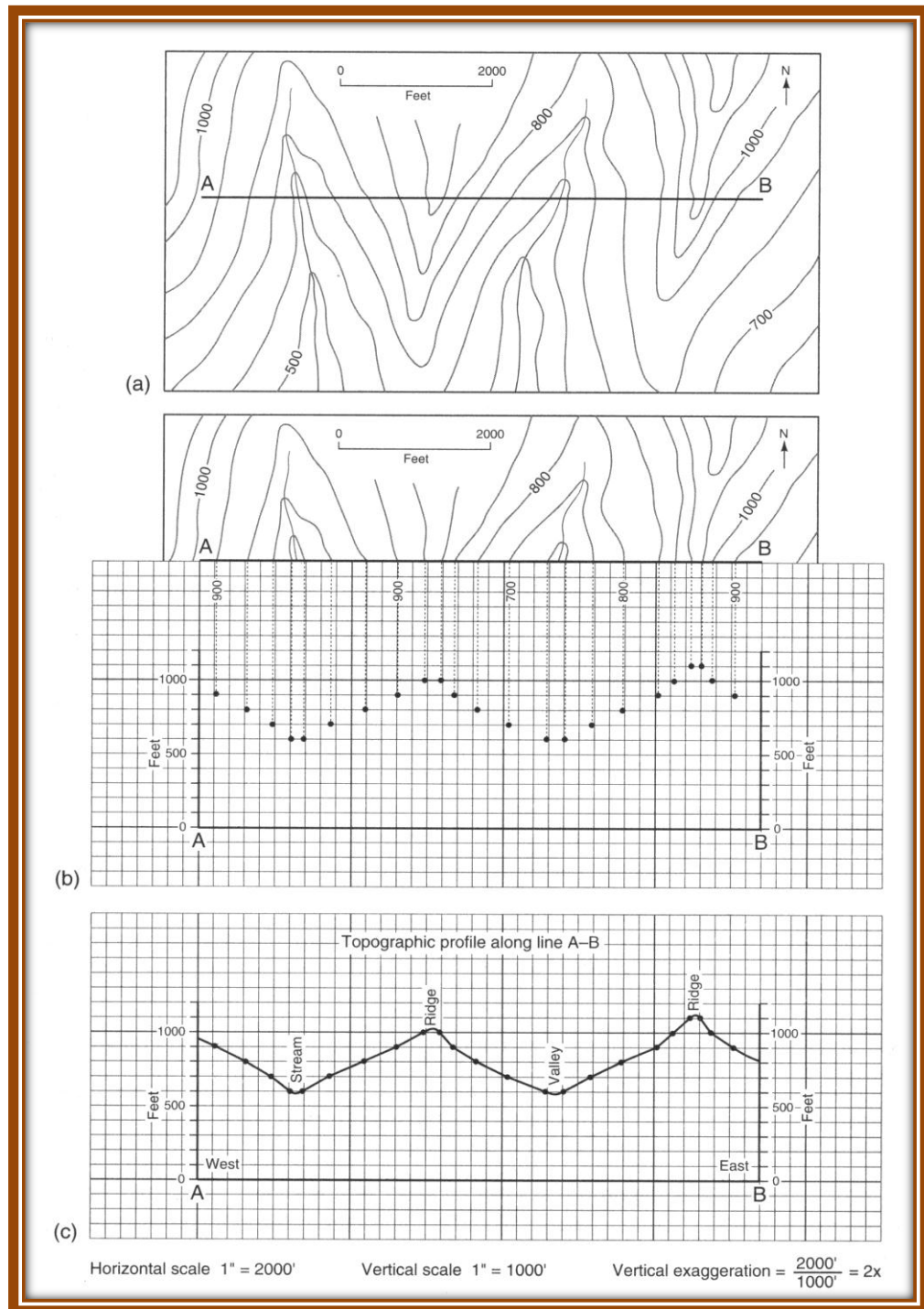
PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Por qué son necesarios los mapas topográficos en la exploración petrolera?
2. ¿Cuál es la escala de mapas más utilizada en la cartografía geológica?
3. Indique un software que permita elaborar mapas.
4. ¿Qué utilidad tienen los cortes topográficos?
5. ¿Qué otros tipos de mapas se utilizan en la exploración petrolera?



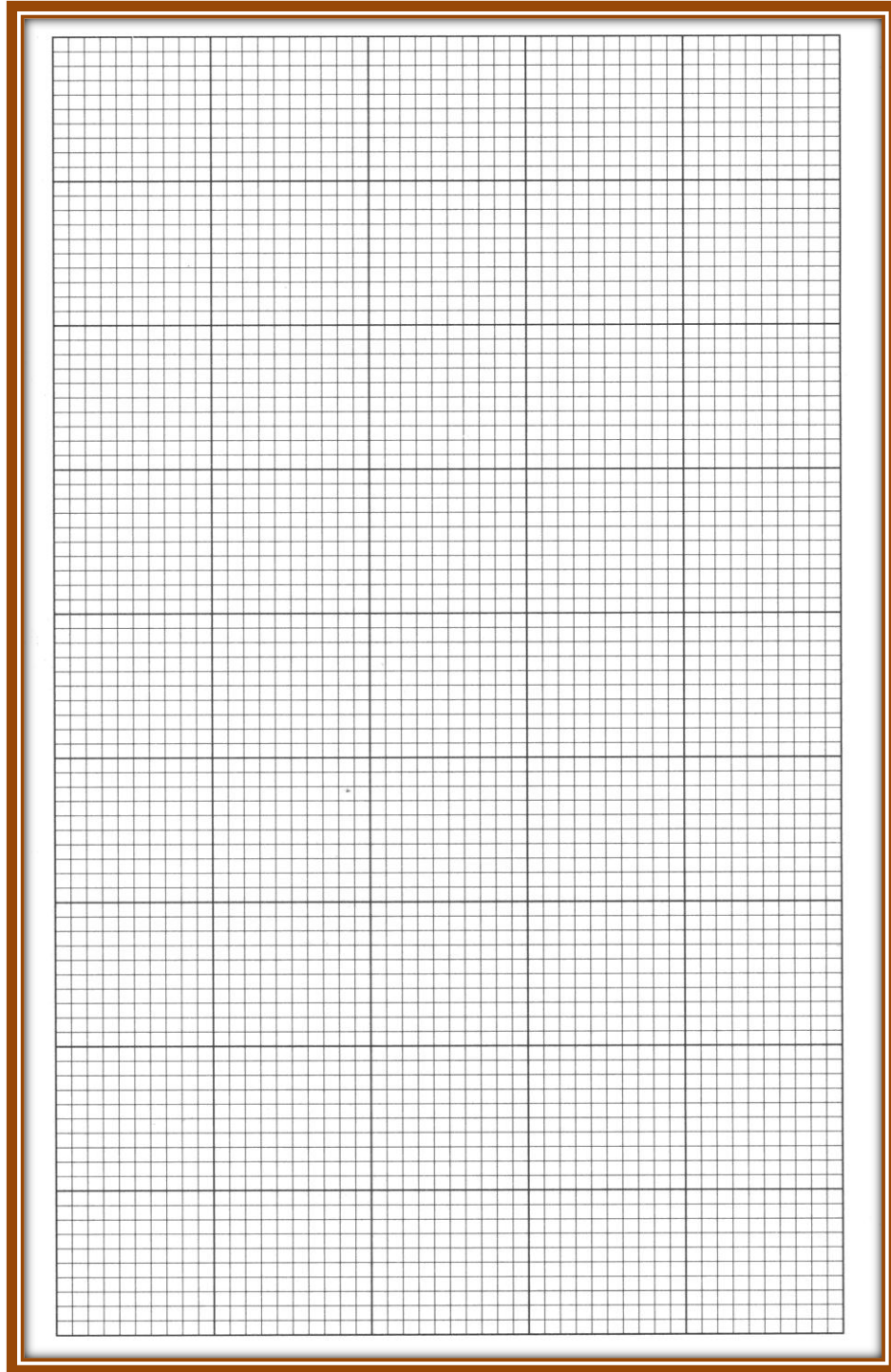
Fuente: Mier Umaña R. Presentaciones de clase de la asignatura Geología General. UIS. Escuela de Geología. 2012.

Anexo 4. Corte Topográfico del Desarrollo de la Práctica.



Fuente: Mier Umaña R. Presentaciones de clase de la asignatura Geología General. UIS. Escuela de Geología. 2012.

Anexo 5. Desarrollo de la Práctica.



Fuente: Mier Umaña R. Presentaciones de clase de la asignatura Geología General. UIS. Escuela de Geología. 2012.

BIBLIOGRAFIA

Estándares cartográficos y de manejo de información grafica para Mapas Geológicos Departamentales y Planchas esc 1:100.000. Ingeominas. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura Geología General. Tema: Minerales Formadores de Roca. UIS. Escuela de geología.

Elementos de Geología. (Documento virtual).
www.geologia.unsl.edu.ar/~geo/materias/Elementos_de_Geologia/documentos/contenidos/apoyo_teorico/APU-2011-Mapa-Topografico.pdf

Mapas topográficos. (Documento Virtual).
www.olmo.pntic.mec.es/esam0009/Actividades/mapa%20topografico.pdf

Mapas Geológicos. (Documento Virtual).
www.ingeominas.gov.co/getattachment/c8f99f4b-a47d-454a-9b2e-b75fe00641fa/Estandares-cartograficos-mapas-geologicos---depart.aspx

PRACTICA N° 3 TERREMOTOS - TEMBLORES

OBJETIVOS

- ✓ Conocer las diferentes ondas que se generan durante un movimiento telúrico.
- ✓ Aplicar las técnicas para localizar el punto de origen de un temblor a partir de registros de estaciones sísmicas y las maneras determinar el riesgo sísmico en un área.

INTRODUCCION

Los terremotos son uno de los mayores riesgos que pueden presentarse en diversos lugares de la tierra. Sin embargo también constituyen una fuente de información con respecto al interior de la tierra.

Los temblores son un fenómeno natural, en el cual los movimientos o sacudidas son causados por una súbita liberación de energía. Esta energía se desplaza radialmente a partir de la fuente original. La energía es transmitida en forma de ondas elásticas, llamadas "Ondas Sísmicas". El paso de estas ondas a través de la tierra produce movimientos similares a los observados en las embarcaciones por acción de las mareas.

A continuación en este laboratorio se estudiarán los conceptos básicos de un movimiento telúrico, desde los tipos de ondas que lo generan hasta las técnicas de localización y los métodos de determinar el riesgo sísmico en un área determinada.

MARCO TEÓRICO

Son las vibraciones producidas en la corteza terrestre cuando las rocas que se han ido tensando se rompen de forma súbita y rebotan. Las vibraciones pueden

oscilar desde las que apenas son apreciables hasta las que alcanzan carácter catastrófico. Un terremoto es el resultado de la ruptura de material terrestre, debido a que ha sido sometido a tensiones y distorsiones superiores a su límite de esfuerzo o solidez, y sus alcances se pueden medir según su intensidad (cantidad de destrozos sobre la superficie terrestre) y/o magnitud (cantidad de energía liberada durante el sismo), de acuerdo a las escalas de Mercalli y Richter. Figuras 1 y 2.

1. ESCALA DE MERCALLI

Creada en 1902 por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli. No se basa en los registros sismográficos sino en el efecto o daño producido en las estructuras y en la sensación percibida por la gente. Para establecer la Intensidad se recurre a la revisión de registros históricos, entrevistas a la gente, noticias de los diarios públicos y personales, etc. La Intensidad puede ser diferente en los diferentes sitios reportados para un mismo terremoto y dependerá de¹¹¹:

- ✓ La energía del terremoto.
- ✓ La distancia de la falla donde se produjo el terremoto.
- ✓ La forma como las ondas llegan al sitio en que se registra (oblicua, perpendicular, etc.).
- ✓ Las características geológicas del material subyacente del sitio donde se registra la Intensidad.
- ✓ Cómo la población sintió o dejó registros del terremoto.

2. ESCALA DE RICHTER

Representa la energía sísmica liberada en cada terremoto y se basa en el registro sismográfico. Es una escala que crece en forma potencial o semilogarítmica, de manera que cada punto de aumento puede significar un aumento diez o más veces mayor de la magnitud de las ondas (vibración de la tierra), pero la energía liberada aumenta 32 veces. Una magnitud 4 no es el doble de 2, sino que 100 veces mayor. (El Doctor en física de la Universidad de Barcelona, Sr. Josep Vila, nos aporta que entre magnitud 2 y magnitud 4, lo que aumenta 100 veces sería la amplitud de las

¹¹¹Documento Electrónico de la Universidad de Berkeley. <http://www.angelfire.com/co2/elbows2/>

ondas y no la energía. La energía aumentaría un factor 33 cada grado de magnitud, con lo cual sería 1000 veces cada dos unidades)¹¹²

Tabla 4. Escala de Mercalli.

| GRADO | DESCRIPCION |
|---------------------------|---|
| I. Muy Débil | Imperceptible para la mayoría excepto en condiciones favorables. Aceleración menor a 0,5 Gal. |
| II. Débil | Perceptible sólo por algunas personas en reposo, particularmente aquellas que se encuentran ubicadas en los pisos superiores de los edificios. Los objetos colgantes suelen oscilar. Aceleración entre 0,5 y 2,5 Gal. |
| III. Leve | Perceptible por algunas personas dentro de los edificios, especialmente en pisos altos. Muchos no lo perciben como un terremoto. Los automóviles detenidos se mueven ligeramente. Sensación semejante al paso de un camión pequeño. Aceleración entre 2,5 y 6,0 Gal. |
| IV. Moderado | Perceptible por la mayoría de personas dentro de los edificios, por pocas personas en el exterior durante el día. Durante la noche algunas personas pueden despertarse. Perturbación en cerámica, puertas y ventanas. Las paredes suelen hacer ruido. Los automóviles detenidos se mueven con más energía. Sensación semejante al paso de un camión grande. Aceleración entre 6,0 y 10 Gal. |
| V. Poco Fuerte | Sacudida sentida casi por todo el país o zona y algunas piezas de vajilla o cristales de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen los relojes de péndulo. Aceleración entre 10 y 20 Gal. |
| VI. Fuerte | Sacudida sentida por todo el país o zona. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero. Aceleración entre 20 y 35 Gal. |
| VII. Muy Fuerte | Ponerse de pie es difícil. Muebles dañados. Daños insignificantes en estructuras de buen diseño y construcción. Daños leves a moderados en estructuras ordinarias bien construidas. Daños considerables en estructuras pobremente construidas. Mampostería dañada. Perceptible por personas en vehículos en movimiento. Aceleración entre 35 y 60 Gal. |
| VIII. Destructivo | Daños leves en estructuras especializadas. Daños considerables en estructuras ordinarias bien construidas, posibles derrumbes. Daño severo en estructuras pobremente construidas. Mampostería seriamente dañada o destruida. Muebles completamente sacados de lugar. Aceleración entre 60 y 100 Gal. |
| IX. Ruinoso | Pánico generalizado. Daños considerables en estructuras especializadas, paredes fuera de plomo. Grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales. Edificios desplazados fuera de las bases. Aceleración entre 100 y 250 Gal. |
| X. Desastroso | Algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas. La mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases. Vías ferroviarias dobladas. Aceleración entre 250 y 500 Gal. |
| XI. Muy Desastroso | Pocas estructuras de mampostería, si las hubiera, permanecen en pie. Puentes destruidos. Vías ferroviarias curvadas en gran medida. Aceleración mayor a 500 Gal. |
| XII. Catastrófico | Destrucción total con pocos supervivientes. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados. Imposibilidad de mantenerse en pie. |

Fuente: Autor, adaptado de Servicio Sismológico de Chile. 2011.

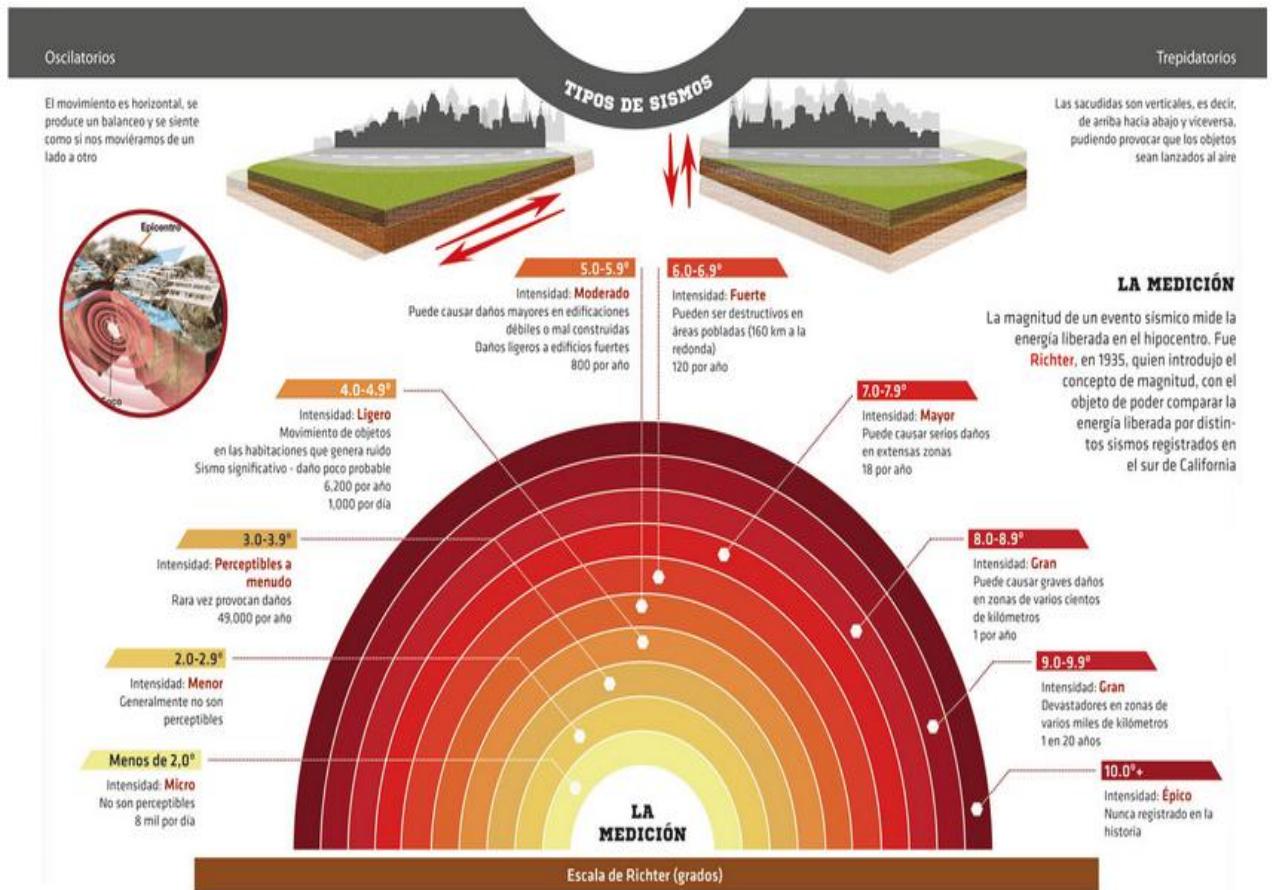
¹¹² Ibíd.

Tabla 5. Escala de Richter.

| Magnitud en escala Richter | Efectos del Terremoto |
|----------------------------|---|
| Menos de 3.5 | Generalmente no se siente, pero es registrado |
| 3.5 - 5.4 | A menudo se siente, pero sólo causa daños menores |
| 5.5 - 6.0 | Ocasiona daños ligeros a edificios |
| 6.1 - 6.9 | Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas. |
| 7.0 - 7.9 | Terremoto mayor. Causa graves daños |
| 8 o Mayor | Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas. |

Fuente: Autor, adaptado de documentos de U.S. Geological Survey.

Figura 20. Imagen de la Escala de Richter



Fuente: www.circles.cl/2012/03/medicion-sismos/

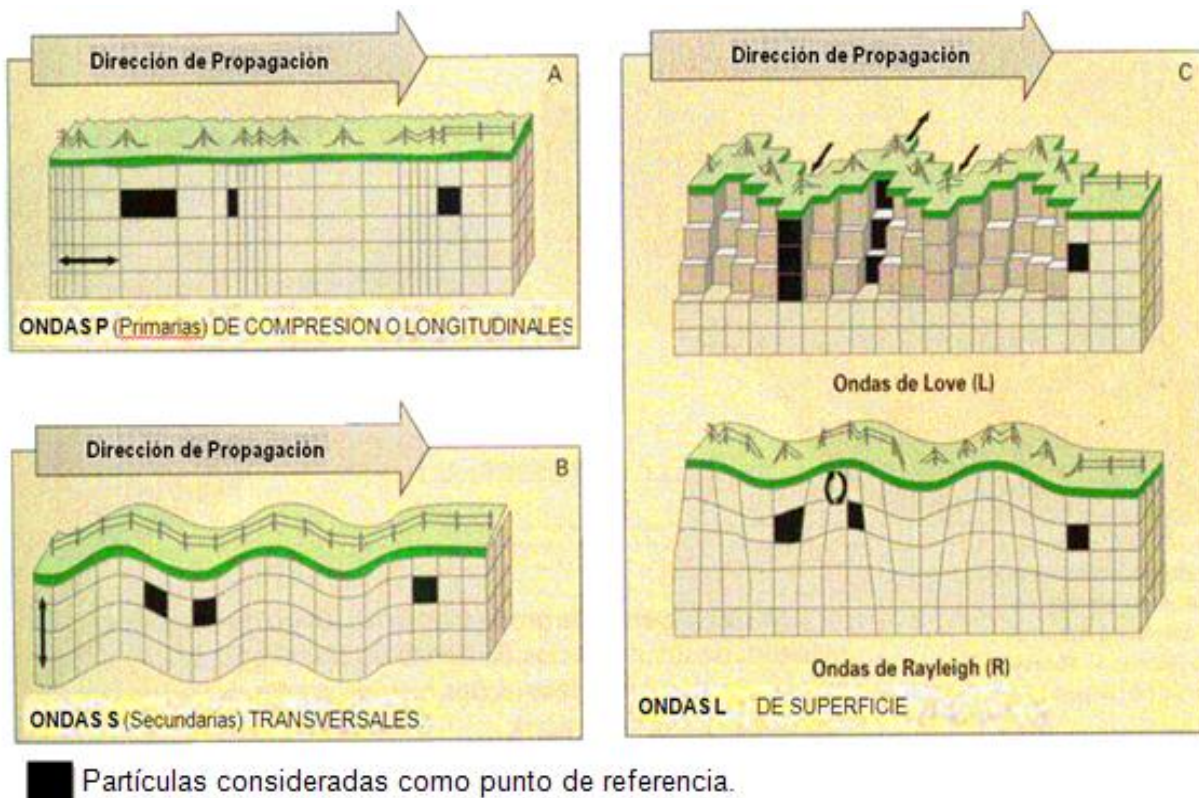
3. ONDAS Y TIEMPO DE LLEGADA.

Hay varios tipos de ondas sísmicas entre ellas las ondas de cuerpo; las cuales penetran en la tierra y son de tipo compresional, también conocidas como **ondas P** y ondas transversales u **ondas S**. También se conocen las **ondas L** (ondas Love) u ondas R (ondas Rayleigh), que son ondas superficiales, que viajan por la superficie terrestre. Las ondas liberadas a partir del foco de un terremoto, viajan a diferentes velocidades. Las ondas P son las más rápidas y las ondas L las más lentas. La relación de velocidades de estas ondas es aproximadamente así:

$$P = 1.0S = 0.58L = 0.53$$

Debido a sus diferentes velocidades, estas ondas arriban a las estaciones sísmicas en tres tiempos diferentes.

Figura 21. Imagen de las Ondas Sísmicas A. Onda P, B. onda S, C. Onda L.



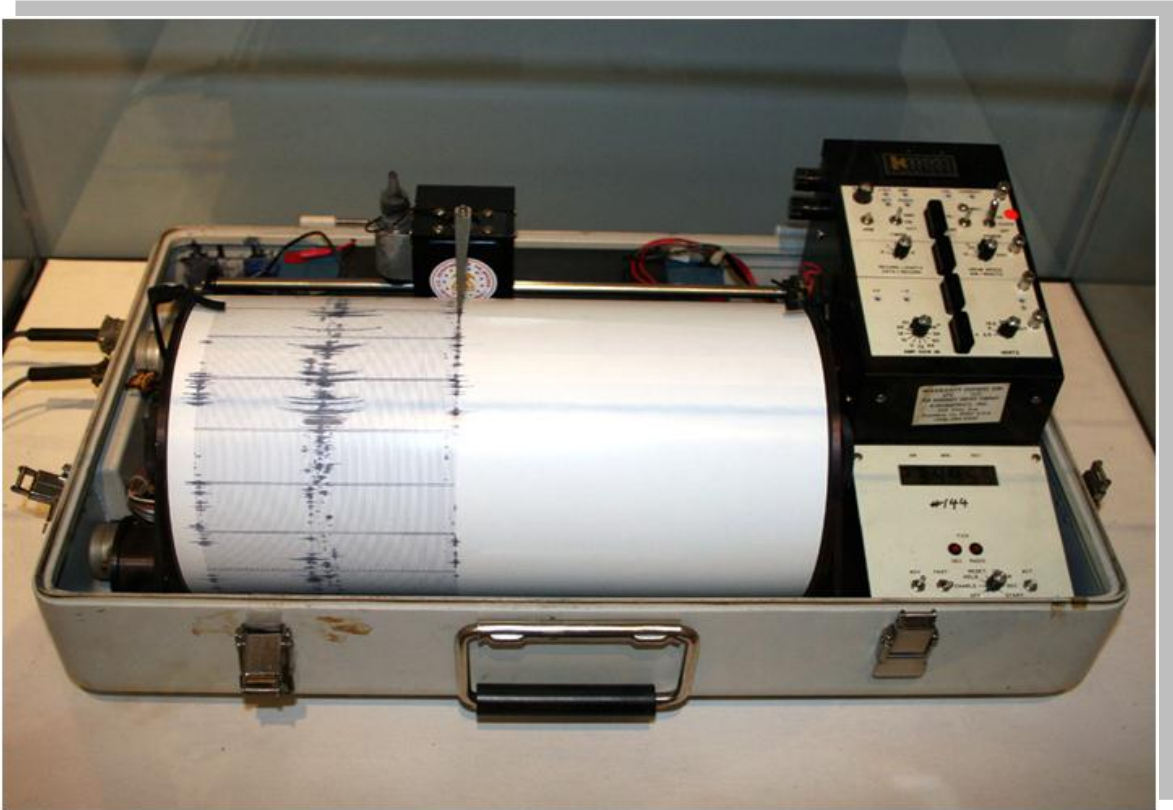
Fuente: Sitio virtual www.abccconsultores.com

El tiempo que le toma a la onda en desplazarse desde el foco a la estación de registro se llama Tiempo de Viaje o Tiempo de Tránsito. Debido a que las ondas P son más rápidas que las ondas S, la diferencia en el tiempo de llegada está relacionada directamente con la distancia de la estación registradora.

4. SISMOGRAMAS Y TIEMPOS DE VIAJE.

Como ya se mencionó, la energía liberada se propaga desde su punto de origen en todas las direcciones, punto que se conoce como Foco o Hipocentro. Las ondas producidas por esta energía son recibidas por un Sismógrafo, el cual es un instrumento capaz de detectar y registrar un temblor. La unidad de detección se conoce como Sismómetro y su registro como Sismograma.

FIGURA 22. Sismógrafo.



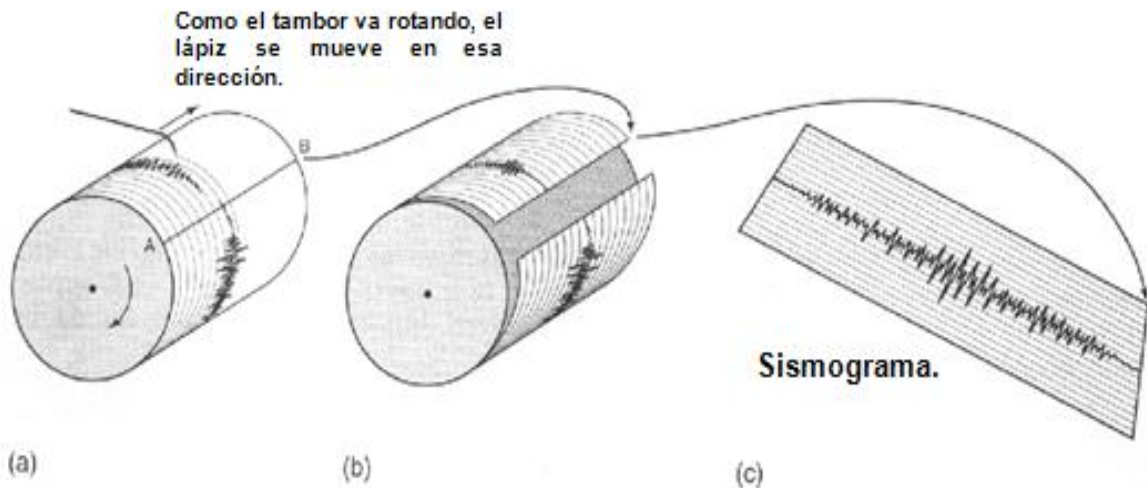
Fuente: Sitio virtual de abconsultores.com

En la figura 23, ilustra en forma diagramática como se registra un sismograma.

En la parte 23 A de la figura, una pluma registra el movimiento de la tierra sobre una hoja de papel enrollada en un cilindro giratorio cuyos extremos A – B están unidos.

A medida que el cilindro se mueve la pluma se desplaza lateralmente sobre la hoja como una línea continua, al final de un cierto número de horas, las cuales dependen de la rata de rotación del cilindro y sin que quede espacio libre en la hoja, la hoja se retira del cilindro y se instala una nueva, ver figura 23B. Cuando la hoja es retirada se observa una línea continua o sismograma, ver figura 23C.

FIGURA 23. Registro de un Sismograma.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

En el curso de muchos años de observación de miles de temblores en localidades conocidas, los geofísicos han podido establecer la diferencia en los tiempos de arribo de las ondas P, S y L, en las estaciones para diferentes distancias con respecto al foco del temblor. Esta información es posible obtenerla a partir de un gráfico de tiempo de viaje o también conocido como gráfico de Tiempo – Distancia.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

La figura 24, ilustra las curvas del tiempo de viaje para ondas P, S y L, para una distancia máxima de 10.000 Km con respecto al Foco. Nótese que para cada distancia desde el foco, existe una única diferencia en tiempo entre las ondas P, S y L.

La figura 24, es un gráfico de tiempo de viaje vs distancia. Por ejemplo, si la diferencia de tiempo de arribo entre las ondas P y S es de 10.8 minutos, la estación de registro se encuentra a 10.000 Km del temblor. Tenga en cuenta que la diferencia del tiempo de arribo se mide verticalmente entre las dos curvas.

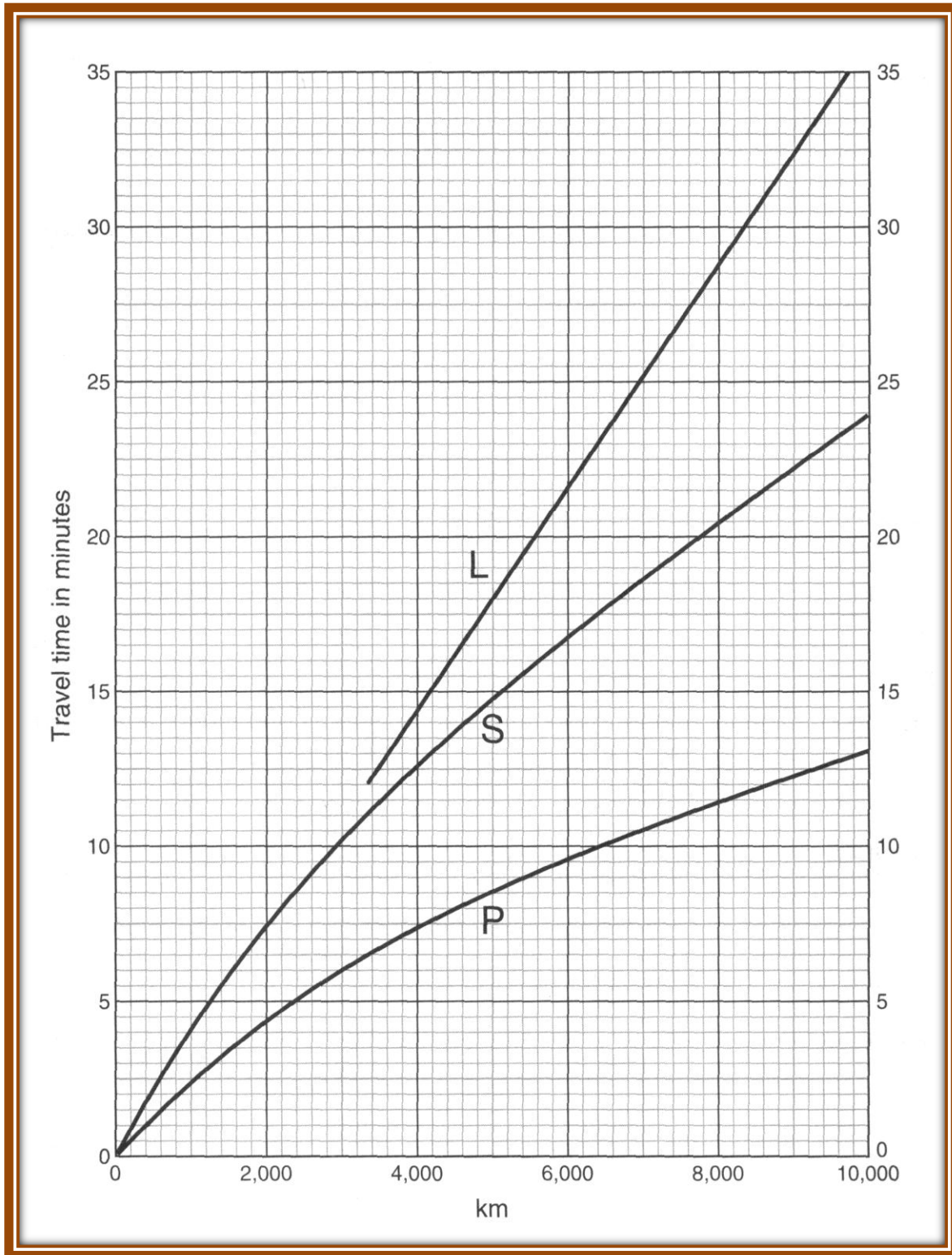
PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cuál es la distancia aproximada entre el foco y la estación de registro para una diferencia de tiempo de arribo de 8 minutos?
2. ¿Cuál es la diferencia aproximada en el tiempo de arribo para las ondas P y S, para un temblor situado a 8.000 Km de distancia?

Ahora, observando un temblor que tuvo lugar costa afuera de América Central y cuyas ondas P, S y L fueron registradas en el observatorio sismográfico de la Universidad de Columbia, durante cerca de 30 minutos, tal como se muestra en la figura 6.

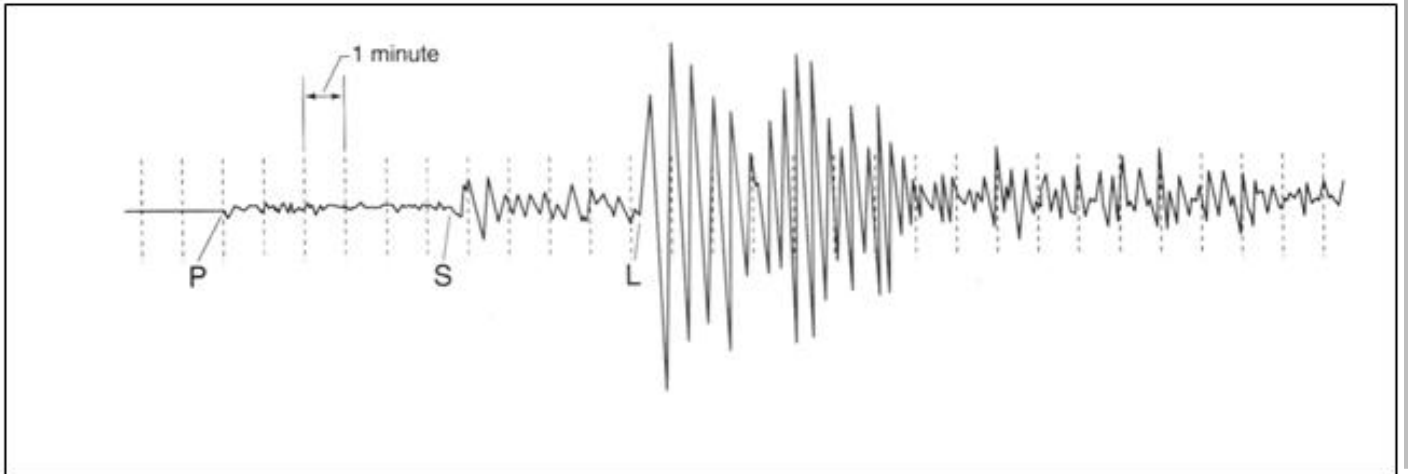
3. Utilizando la figura 25, ¿cuál es la diferencia aproximada en tiempo de arribo entre la primera onda P y la primera onda S?
4. Utilizado la figura 24, determine la distancia del temblor con respecto a la estación de registro.
5. ¿Qué utilidades tiene los mapas de riesgos sísmicos?

FIGURA 24. Curvas de tiempo de viaje, para ondas P, S y L.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Figura 25. Sismograma de llegada de ondas P, S Y L tomado en la estación de registro.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Localización de un Temblor.

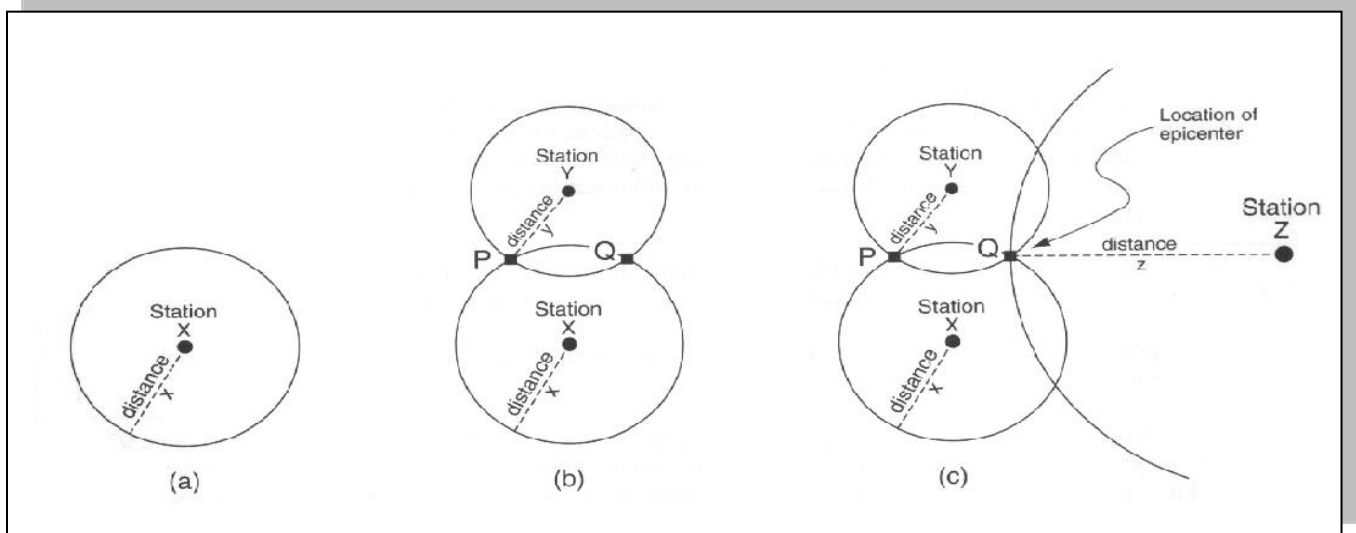
En gráfico de tiempo – distancia, nos da la distancia del epicentro, o sea la distancia al punto de la superficie de la tierra, situado inmediatamente encima del foco del temblor.

Para determinar la localización del epicentro, se requiere calcular su distancia desde tres estaciones. La figura 26, ayuda a explicar el método a partir de tres estaciones X, Y, Z.

En la figura 27, se presentan las localizaciones de diferentes estaciones sísmicas. Los arribos de las ondas P y S, a estas estaciones se anexan en los cuadros para cada uno de los tres temblores. La hora del día y los minutos después de cada arribo, están dadas según el Greenwich Mean time. Por convención los sismólogos utilizan minutos y segundos, pero por conveniencia aquí se utilizan décimas de segundo. Por ejemplo, para el temblor # 1, la onda P arribó a la estación Quebec (QBC) 10.88 minutos después de las 2 p.m. Debido a que estamos interesados en la diferencia de tiempo de arribo entre las ondas P y S, las diferencias en minutos solo llevan dos decimales.

- Utilizando los datos de los temblores 1, 2 y 3 anexos, determine las diferencias del tiempo de viaje de las ondas P y S, para determinar su distancia en kilómetros con respecto a cada estación.
- Usando las anteriores diferencias de tiempo de viaje, en la figura 9, determine la distancia de los temblores para cada diferencia de tiempo de las ondas P y S. Ubique estas distancias en la tabla correspondiente.
- Localice cada temblor sobre el mapa anexo (figura 8), utilizando el método anteriormente descrito.

Figura 26. Localización de un temblor a partir de tres estaciones.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

FIGURA 27. Localizaciones de diferentes estaciones sísmicas.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Tablas de datos de los sismos 1, 2 y 3.

Sismo 1 2 p. m, mas los minutos siguientes.

| Estación | Tiempo Arribo Onda P | Tiempo Arribo Onda S | Diferencia entre P – S en Min | Distancia Aprox Km |
|----------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| QBC | 10.88 | 11.57 | | |
| WES | 10.93 | 11.67 | | |
| SCP | 11.07 | 11.92 | | |
| SUD | 11.05 | 11.86 | | |
| UWM | 12.45 | 14.30 | | |
| CEH | 12.35 | 14.07 | | |

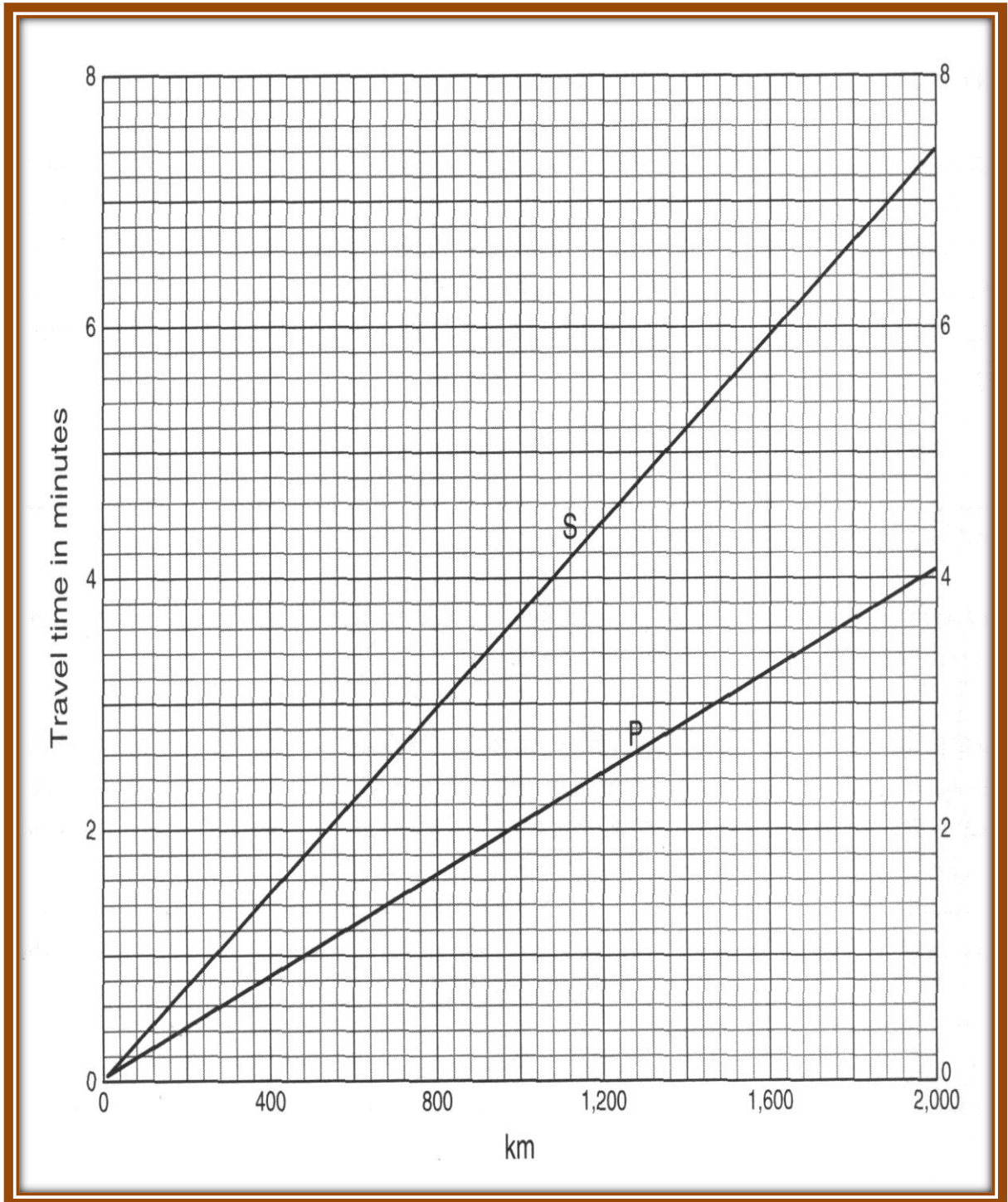
Sismo 2 10 a. m, mas los minutos siguientes.

| Estación | Tiempo Arribo Onda P | Tiempo Arribo Onda S | Diferencia entre P – S en Min | Distancia Aprox Km |
|----------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| UWM | 3.45 | 4.63 | | |
| CEH | 3.95 | 5.45 | | |
| GAI | 4.32 | 6.07 | | |
| GOL | 5.06 | 7.37 | | |
| MHK | 3.50 | 4.73 | | |
| HOU | 4.23 | 5.93 | | |

Sismo 3 Sin la suma de los tiempos siguientes.

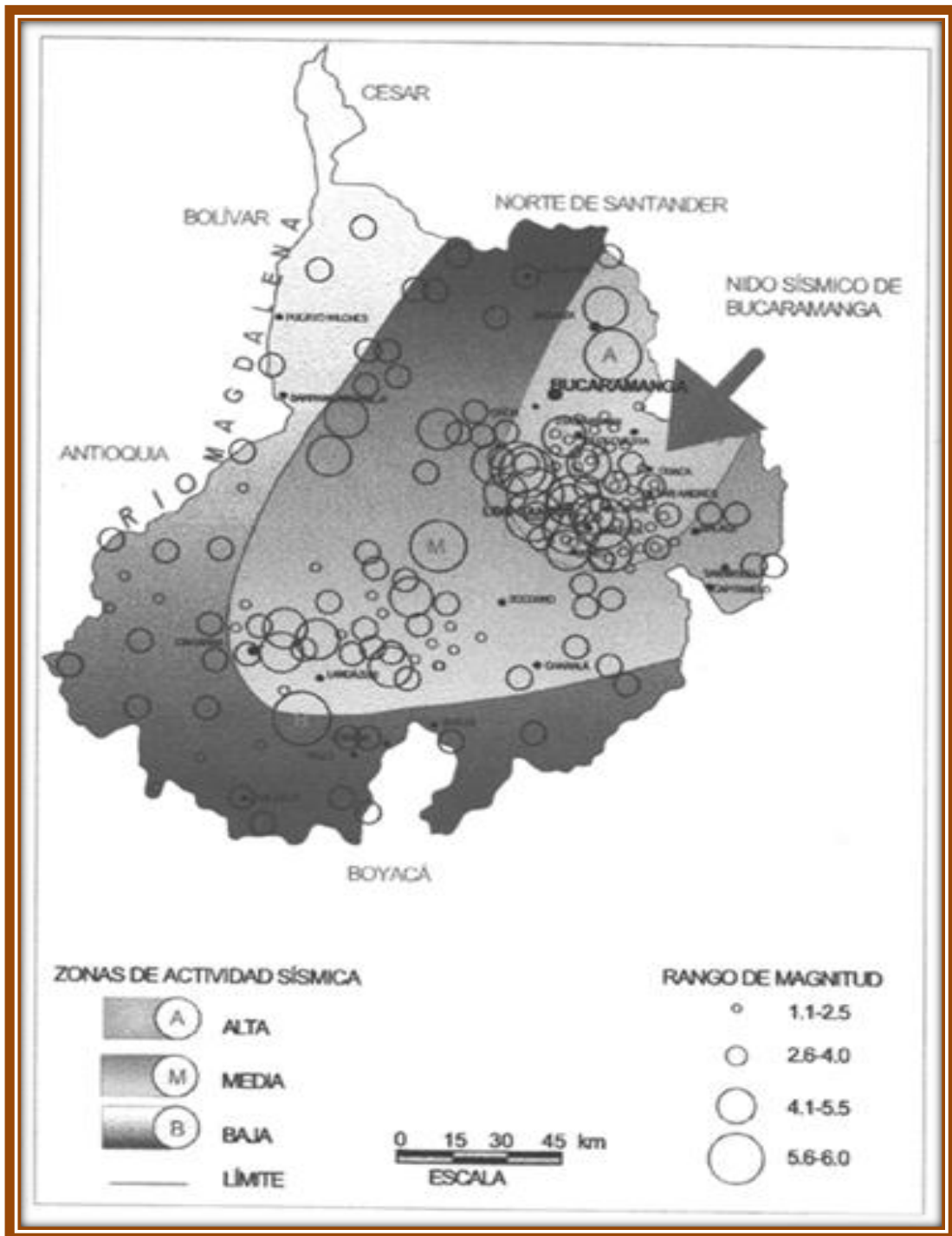
| Estación | Tiempo Arribo Onda P | Tiempo Arribo Onda S | Diferencia entre P – S en Min | Distancia Aprox Km |
|----------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| BMS | 22.35 | 24.10 | | |
| LON | 22.40 | 24.13 | | |
| RCD | 21.63 | 22.98 | | |
| GOL | 21.23 | 22.27 | | |
| ALQ | 21.77 | 23.13 | | |
| PAS | 22.13 | 23.75 | | |

Anexo 6. Gráfico de Tiempo vs Distancia.



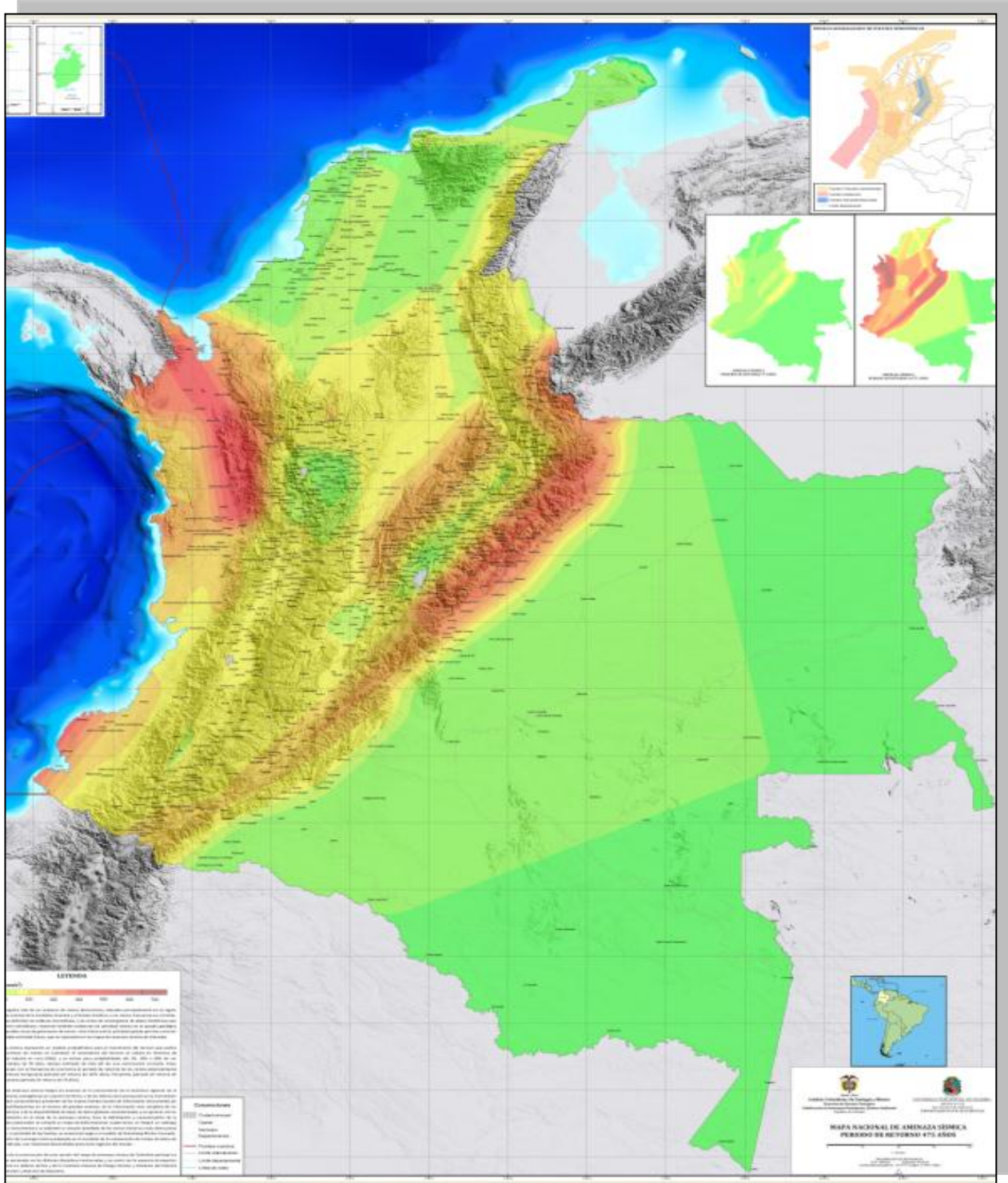
Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Anexo 7. Mapa Sísmico de Santander.



Fuente: Ingeominas 1998.

Anexo 8. Mapa de amenaza sísmica de Colombia.



Fuente: Ingeominas 2010.

BIBLIOGRAFIA

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura Geología General.
Tema: Terremotos y Temblores. UIS. Escuela de geología.

Ondas sísmicas y tiempo de llegada. (Documento virtual).
www.abccconsultores.com

Escala de Mercalli. Universidad de Berkeley. (Documento virtual).
www.angelfire.com/co2/elbows2/

Escala de Mercalli. (Documento Virtual). .www.circles.cl/2012/03/medicion-sismos/

PRACTICA N° 4 ROCAS IGNEAS

OBJETIVO

- ✓ Reconocer y clasificar de manera macroscópica los principales tipos de rocas ígneas.

INTRODUCCION

Las rocas ígneas se forman cuando la roca derretida se enfría y se solidifica. A la roca derretida se le llama magma, cuando está por debajo de la superficie de la Tierra; y se le llama lava, cuando está sobre la superficie.

Las rocas ígneas se dividen en dos grupos, dependiendo del lugar en dónde se forma la roca.

Las rocas ígneas que se forman por debajo de la superficie de la Tierra se llaman, *rocas ígneas intrusivas*, (o plutónicas). Estas rocas se forman cuando el magma penetra una cámara subterránea que se encuentra relativamente fría y que las solidifica en forma de cristales debido a que se enfría muy lentamente, y genera rocas que contienen grandes cristales.

Las rocas ígneas que se forman sobre la superficie de la Tierra se llaman *rocas ígneas extrusivas*. A estas rocas también se les conoce como rocas volcánicas, ya que se forman de la lava que se enfría en o sobre el nivel de la superficie de la Tierra.

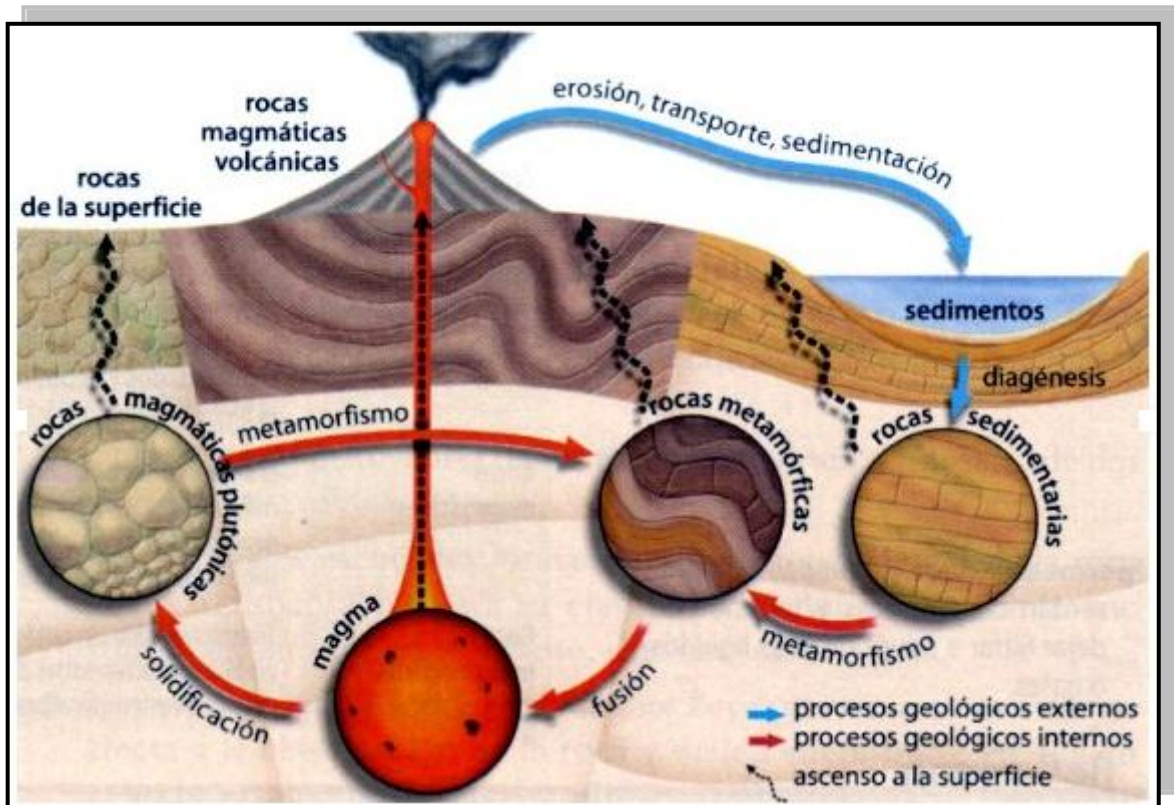
En este laboratorio se hace un breve recorrido por el ciclo de las rocas, para lograr entender el proceso de formación de cada uno de los tres tipos, pero nos centraremos principalmente en la formación de las rocas ígneas.

MARCO TEORICO

Las rocas están conformadas por minerales, siendo estas los materiales esenciales de los cuales está constituida la tierra.

Los geólogos de acuerdo con sus observaciones han dividido las rocas de la tierra en tres grupos principales: Ígneas, Sedimentarias y Metamórficas.

Figura 28. Ciclo de las Rocas.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Las Rocas Ígneas, fueron en un principio una masa fundida, semejante a un líquido caliente que se conoce con el nombre de magma y que al enfriarse se convierte en una roca compuesta por cristales y / o vidrio, se caracterizan por ser

rocas masivas. Cuando el magma llega a la superficie, por la erupción de un volcán, o por un factor tectónico, al solidificarse, la roca ígnea formada se denomina efusiva y más comúnmente lávica, un ejemplo sería un basalto. Cuando el magma que asciende no alcanza la superficie y solidifica en el subsuelo, la roca ígnea generada se denomina intrusiva, un ejemplo sería el granito.

Las Rocas Sedimentarias, están constituidas por partículas derivadas de la desintegración de rocas preexistentes. En general estas partículas son transportadas por el agua, el viento o el hielo, a lugares más bajos, donde su acumulación conforma un sedimento, el cual al solidificarse conforma una roca sedimentaria. Se caracterizan por presentarse en capas o estratos, un ejemplo sería una arenisca.

Otras se forman por precipitación química, como es el caso del carbonato de calcio que al precipitarse forma las calizas o el caso de la precipitación de sílice formando una roca denominada chert.

Las Rocas Metamórficas, son aquellas cuyos componentes han sufrido un cambio de forma o más exactamente una recristalización, debida a los efectos de altas presiones y / o temperaturas sobre una roca preexistente. Se caracterizan por ser masivas, como en el caso de los mármoles o por presentar bandas o foliación como las pizarras.

1. ROCAS IGNEAS

Para la clasificación de las rocas ígneas es de especial interés definir su textura; la cual tiene que ver con algunas características específicas de los cristales y sus relaciones, su estructura; la cual se observa generalmente en el campo y la tercera característica para su clasificación es su composición en términos del porcentaje de cada uno de los minerales presentes.

Las características texturales y de composición necesarias para su clasificación se indican a continuación.

1.1. Texturas

Se define la textura o relación entre los cristales de la siguiente manera.

- Según tamaño de los cristales.
- Según el grado de cristalinidad.
- Según la forma de los cristales.
- Según la fábrica.

1.1.1. Textura Según Tamaño de los Cristales:

| Tamaño | Clasificación |
|------------|---------------|
| > 5 mm | Gruesos |
| 5 – 2 mm | Medio |
| 2 – 0.5 mm | Fino |
| < 0.5 mm | Muy fino |

Afanítica: Cuando los constituyentes no se pueden identificar a simple vista. Se origina cuando el enfriamiento del magma es relativamente rápido por lo que los cristales que se forman son de tamaño microscópico y es imposible distinguir a simple vista los minerales que componen la roca. Es un ejemplo la riolita.

Figura 29. Textura Afanítica, Muestra de Riolita.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Fanerítica: Cuando los constituyentes pueden ser claramente identificados. Origina cuando grandes masas de magma se solidifican lentamente a bastante profundidad, lo que da tiempo a la formación de cristales grandes de los diferentes minerales.

Figura 30. Textura Fanerítica, Muestra de Granito.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Las rocas faneríticas, como el granito están formadas por una masa de cristales intercrecidos aproximadamente del mismo tamaño y lo suficientemente grandes como para que los minerales individuales puedan identificarse sin la ayuda del Microscopio.

Porfírica: Mezcla de las dos texturas anteriores. Cristales tamaño grueso y fino. Son rocas con cristales grandes (llamados fenocristales) incrustados en una matriz (llamada pasta) de cristales más pequeños.

Se forman debido a la diferente temperatura de cristalización de los minerales que componen la roca, con lo que es posible que algunos cristales se hagan bastante grandes mientras que otros estén empezando a formarse. Una roca con esta textura se conoce como pórfido.

Figura 31. Textura Porfiritica, Muestra de Pórfido.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

1.1.2. Textura Según grado de Cristalinidad:

- **Holocrystalina:** Constituida solo por cristales.
- **Hialina:** Constituida solo por vidrio.
- **Hipocrystalina:** Constituida por cristales y vidrio.
- **Criptocrystalina:** Constituida por cristales submicroscópicos.

1.1.3. Textura Según Tipo y Forma de los Cristales:

- **Cristales Euhedrales:** Cristales bien desarrollados.
- **Cristales Subhedrales:** Cristales parcialmente desarrollados
- **Cristales Anhedrales:** Desarrollo irregular, sin caras o bordes.

1.1.4. Textura Según Fábrica:

- **Equigranulares (Equicristalinos):** Cristales de tamaño similar.
- **Inequigranulares (Inequicristalinos):** Cristales de diferente tamaño.

1.2. Clasificación

Las rocas ígneas se pueden clasificar según 3 estándares:

- Color.
- Composición Química.
- Composición Mineralógica.

1.2.1. Clasificación Según el Color.

Se utiliza el índice de color IC, que representa el porcentaje o el valor absoluto, de la cantidad de minerales oscuros presentes en la roca.

En esta clasificación *no* se requiere conocer el tipo de minerales presentes, únicamente su color. Se clasifican así:

| Nombre | Cantidad de Minerales Oscuros |
|---------------|-------------------------------|
| Leucocrática | Minerales oscuros < 35% |
| Mesocrática | Minerales oscuros 35 – 65 % |
| Melanocrática | Minerales oscuros 65 – 90 % |
| Ultramáfica | Minerales oscuros > 90 % |

1.2.2. Clasificación Según Composición Química.

Esta clasificación es de interés para conocer el tipo de magma, pero no tienen en cuenta la historia de enfriamiento ni la composición mineralógica. La más conocida es la *Clasificación según Contenido de Sílice*.

Según el porcentaje de sílice se establecen los términos de rocas ácidas, básicas y ultrabásicas.

| % Si O ₂ | Clasificación |
|---------------------|---------------------------|
| > 66% | Acida – Félsica |
| 66 – 52 % | Intermedia |
| 52 – 45 % | Básica – Máfica |
| < 45 % | Ultrabásica – Ultramáfica |

Debido a que su correlación en términos de pH no es correcta, actualmente no se utiliza.

1.2.3. Clasificación Mineralógica.

De acuerdo a la variedad y proporción de minerales, estos se agrupan en:

- **Esenciales:** Son aquellos que determinan el nombre de la roca. Ejemplo; cuarzo, feldespato, plagioclasas, anfíboles, piroxenos.
- **Accesorios Mayores:** Son los que califican la roca y se encuentran en más del 5%. Ejemplo; Granito biotítico.
- **Accesorios Menores:** Aquellos minerales que su proporción en la roca es menor al 5%. Ejemplo; apatito, circón, biotita.
- **Minerales Secundarios:** Estos pueden ser de dos tipos, de alteración o sea producto de otros ya existentes, como caolín, clorita y secundarios introducidos, aquellos que han sido incorporados por soluciones saturadas a la roca ya formada. Ejemplo; calcita, cuarzo (en venas).

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Utilizando la colección de rocas del laboratorio, tome una de ellas e identifique los siguientes aspectos:

Textura:

- Según tamaño de los cristales.
- Según grado de cristalinidad.
- Según forma de los cristales.
- Según fábrica.
- Según textura defina si es una roca intrusiva o efusiva.

2. Clasifíquela según:

- Color.
- Composición mineralógica. Anexo9, 10, 11, 12, 13 de clasificación.

Repita el ejercicio para un total de 3 muestras, consignando los datos en el cuadro Anexo 14. Finalmente elabore una descripción en prosa de cada una de las muestras vistas.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cómo se sabe si una roca es producto de actividad ígnea?
2. ¿Cómo se sabe si un magma cristalizó antes de llegar a la superficie o en superficie?
3. ¿Cómo se determina principalmente si una roca es félsica, máfica o ultramáfica?
4. ¿Qué indica una roca piroclástica?
5. ¿Qué interés presentan las rocas ígneas en la actividad petrolera?

Anexo 9. Clasificación General de Rocas Ígneas.

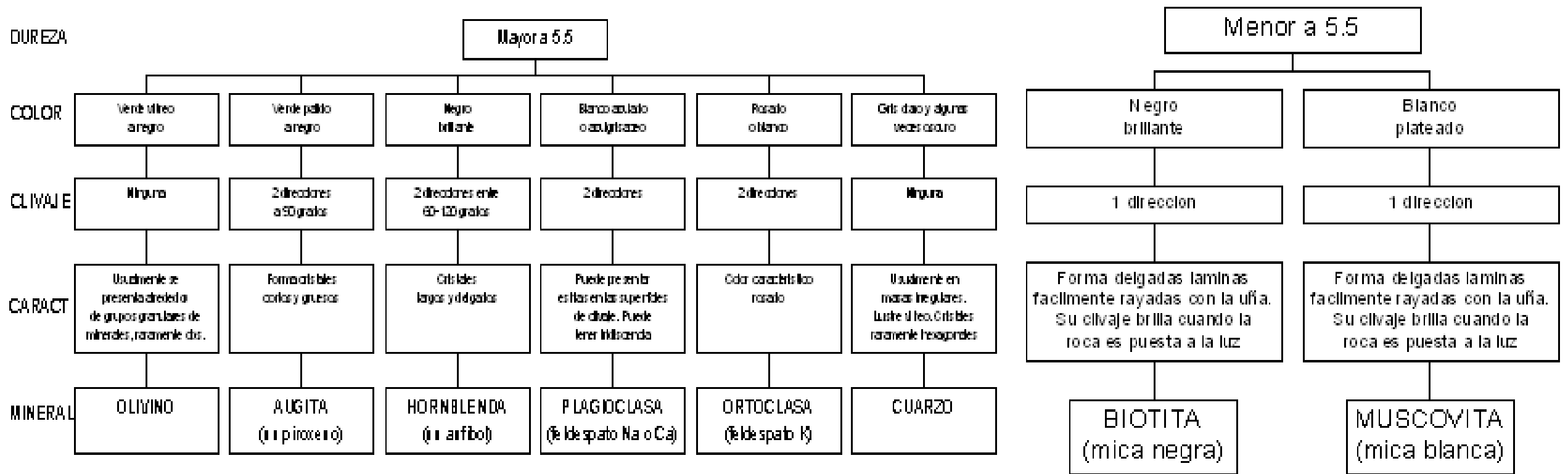
CLASIFICACIÓN GENERAL DE ROCAS ÍGNEAS.

| ROCAS ÍGNEAS | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|--|-----------|
| PLUTONICAS (INTRUSIVAS) | | | | VOLCANICAS (EXTRUSIVAS) | | | | |
| TIPO DE ROCA | TEXTURA | MINERALES ESENCIALES | | ACCESORIOS | NOMBRE | NOMBRE (TEXTURA) | | |
| ACIDAS | Nombre | FANERITICA PORFIRITICA | Cuarzo | Feldespato Total | | | AFANITICA - PORFIRITICA | |
| | Granito | | >10% | Potásico >2/3 | Plagioclasa <1/3 | B, M, H, Ma | | Riolita |
| | Cuarzomonzonita (Adamelita) | | >10% | 1/2 | 1/2 | B, H, Ma, P | | Latita |
| | Granodiorita | | >10% | <1/3 | >2/3 | B, H, Ma, P | | Riodacita |
| | Cuarzodiorita (Tonalita) | | >10% | <1/3 10% | >2/3 60% | B, H, Ma, P | | Dacita |
| | Pegmatita | Pegmatitica | Cuarzo, Feldespato K, Plag, Na + M | | Gr, Be, Tu, P | | | |
| INTERMEDIAS | Sienita | FANERITICA PORFIRITICA | < 10% | >2/3 | <1/3 | B, H, P | Traquita | |
| | Monzonita | | < 10% | 1/2 | 1/2 | B, H, P | Latita | |
| | Diorita | | < 10% | <1/3 10% | >2/3 60% | B, H, P, PLAG, Na | Andesita | |
| BASICAS | Gabro | | < 10% | <1/3 10% | >2/3 60% | H, Ma, IL | Basalto | |
| ULTRABASICAS | Sin Cuarzo o poco o nada de Feldespato | | | | | | <i>Biotita (B)</i> <i>Muscovita (M)</i> <i>Hornblenda (H)</i> <i>Magnetita (Ma)</i> <i>Plagioclasa (Plag)</i> <i>Sódica (Na)</i> <i>Cálcica (Ca)</i> <i>Ilmenita (IL)</i> <i>Piraxeno (P)</i> <i>Talco (Tal)</i> <i>Clorita (Cl)</i> <i>Granate (Gr)</i> <i>Berilio (Be)</i> <i>Turmalina (Tu)</i> <i>Uranio (U)</i> <i>Hierro (Fe)</i> | |
| | | | Contiene Principalmente | | | | | |
| | Serpentinita | Fina | Olivino, P, minerales de Fe | | TAL, Cl, Ma | | | |
| | Hornblendita | Fina | H, minerales de Fe | | Cl | | | |
| | Peridotita | Gruesa | Olivino, además H, P, minerales Fe | | Cl, TAL | | | |
| Kimberlita | Gruesa Porfirítica | Olivino, Mica negra (Flogopita), P | | IL, Cl, Ma | | | | |

Fuente: Autor.

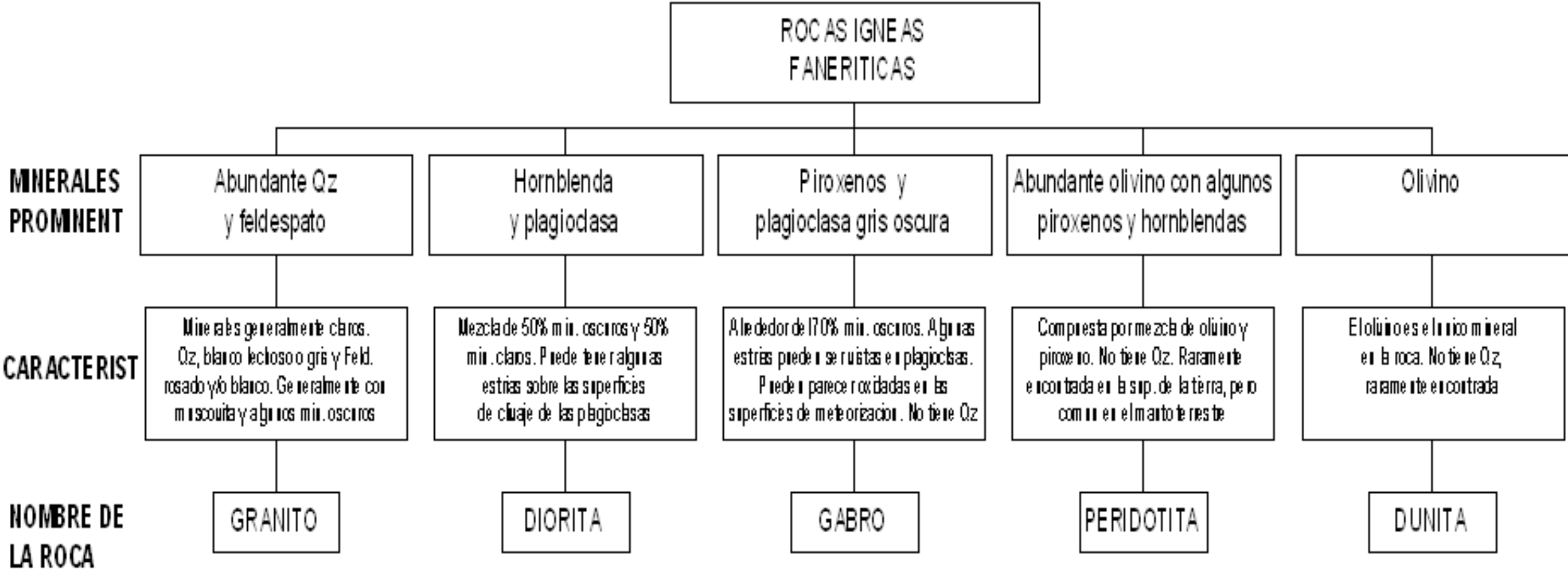
Anexo 10. Muestra una clasificación general macroscópica para rocas ígneas.

IDENTIFICACIÓN DE MINERALES FORMADORES DE ROCAS IGNEAS



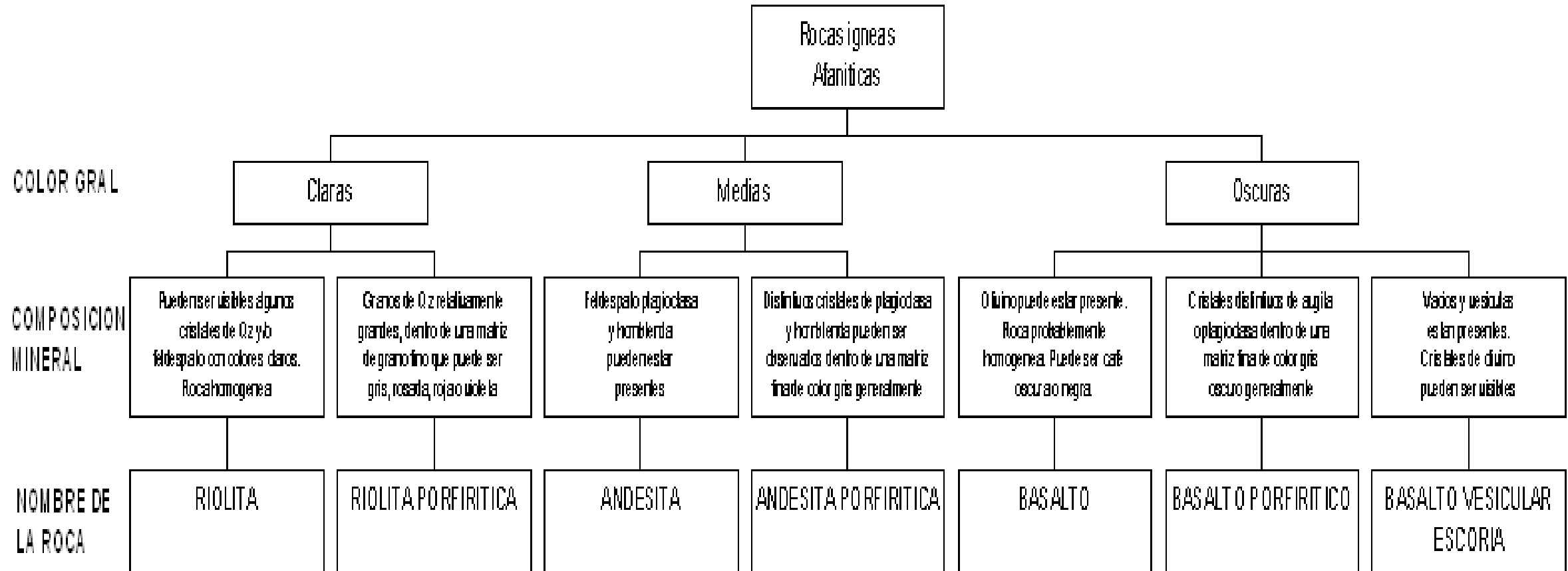
Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Anexo 11. Identificación de Importantes Rocas ígneas faneríticas.



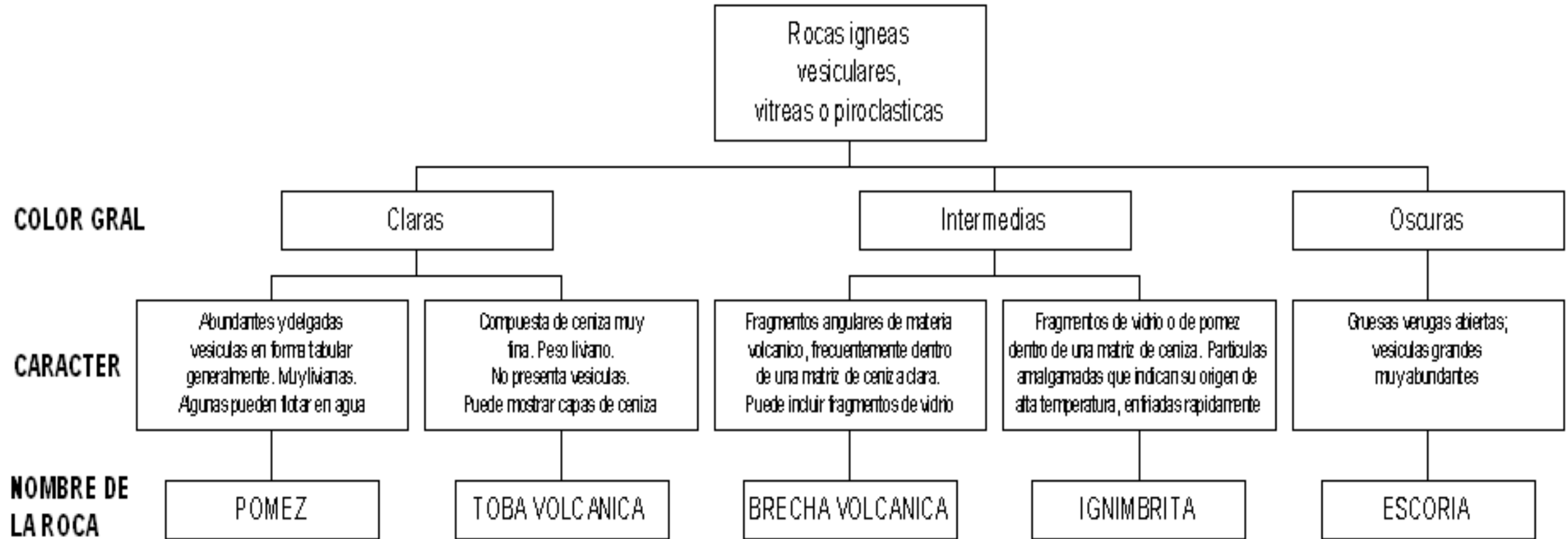
Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Anexo 12. Identificación de Importantes Rocas ígneas Afánicas.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Anexo 13. Identificación de Importantes Rocas ígneas Piroclásticas.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Anexo 14. Cuadro de información general de rocas ígneas analizadas.

ROCAS IGNEAS

| NO. MUESTRA | % DE COLOR | TAMANO CRISTALES | | | | TEXTURA | | | ORIGEN | | TIPO DE ROCA | | | NOMBRE |
|-------------|------------|------------------|---|---|----|---------|------|------|--------|------|--------------|-----|-----|--------|
| | | G | M | F | MF | FAN | AFAN | PORF | INTR | EFUS | FEL | INT | MAF | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

BIBLIOGRAFIA

GARCÍA, C. Manual de Laboratorio de Petrología Ígnea. Publicaciones UIS. 1997.

LEET. JUDSON. Fundamentos de Geología Física. Ed. Limusa. 1996.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura Mineralogía Óptica.
Tema: Rocas Ígneas. UIS. Escuela de geología.

Ciclo de las Rocas. Texturas de Rocas Ígneas. Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. (Documento Virtual).
www.efn.uncor.edu/index1.htm

PRACTICA N° 5 ROCAS METAMÓRFICAS

OBJETIVO

- ✓ Reconocer y clasificar de manera macroscópica los principales tipos de rocas metamórficas.

INTRODUCCION

Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de cualquier otro tipo de rocas, ígneas, sedimentarias e incluso, metamórficas, mediante fenómenos de metamorfismo.

Estos fenómenos debidos al cambio de las condiciones físico-químicas a que estaban sometidas las primitivas rocas, modifican en ellas no sólo su composición mineralógica, sino también la composición química, así como la estructura y la textura. El grado de metamorfismo de las rocas puede ser distinto, por eso existen transiciones graduales a las rocas metamórficas desde las correspondientes ígneas y sedimentarias.

Existen condiciones especiales que inciden en la formación de las rocas metamórficas hacen que todas ellas se encuentren cristalizadas. Las presiones, que de una manera constante y con mayor o menor intensidad, siempre se producen en los fenómenos de metamorfismo, hacen que las rocas de este tipo, normalmente, presenten cierta pizarrosidad. Los minerales que componen las rocas metamórficas pueden formarse en el metamorfismo o bien ser los mismos existentes antes de la iniciación del proceso.

En este laboratorio se pretende hacer un breve resumen del proceso de formación de las rocas metamórficas y así mismo reconocer sus principales propiedades y características.

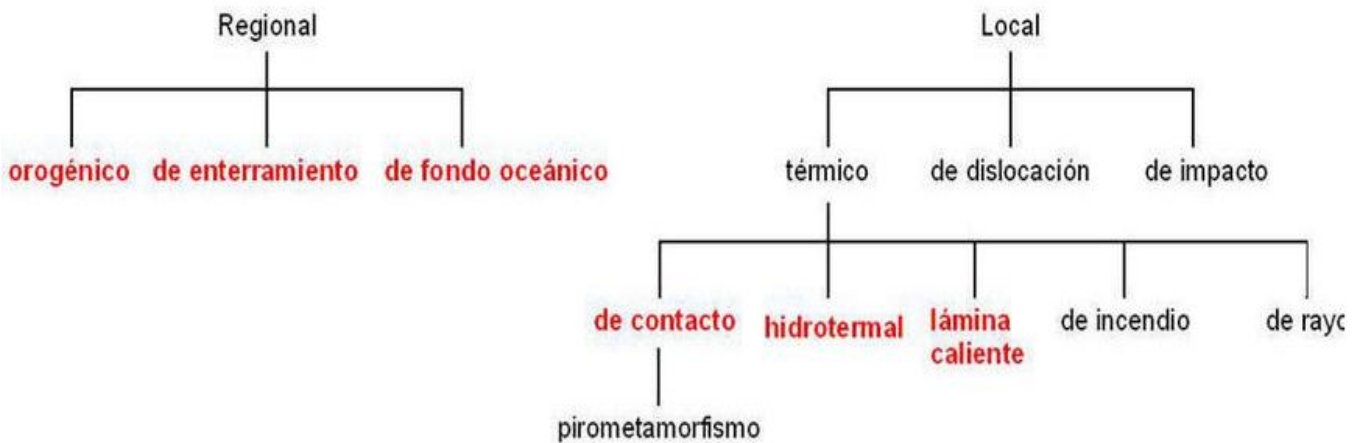
MARCO TEÓRICO

1. TIPOS DE METAMORFISMO

Los tipos de metamorfismo más importantes son **metamorfismo Regional**, **metamorfismo de Contacto** y **metamorfismo Dinámico**. Las rocas del *metamorfismo Regional* se forman en áreas orogénicas amplias, a lo largo de cientos de km, soliendo presentar foliaciones e importantes deformaciones.

Las rocas del *metamorfismo de Contacto* se forman en torno a los contactos entre cuerpos magmáticos intrusivos y las rocas encajantes, en respuesta al incremento de temperatura que sufren las rocas adyacentes al ponerse en contacto con los cuerpos ígneos. Este tipo de rocas no sufre esfuerzos dirigidos especialmente intensos durante la blastesis mineral, por lo que suelen ser rocas no foliadas (exclusivamente blásticas). Sin embargo existen, otros tipos de metamorfismo.¹¹³

Tabla 4. Principales tipos de Metamorfismo.



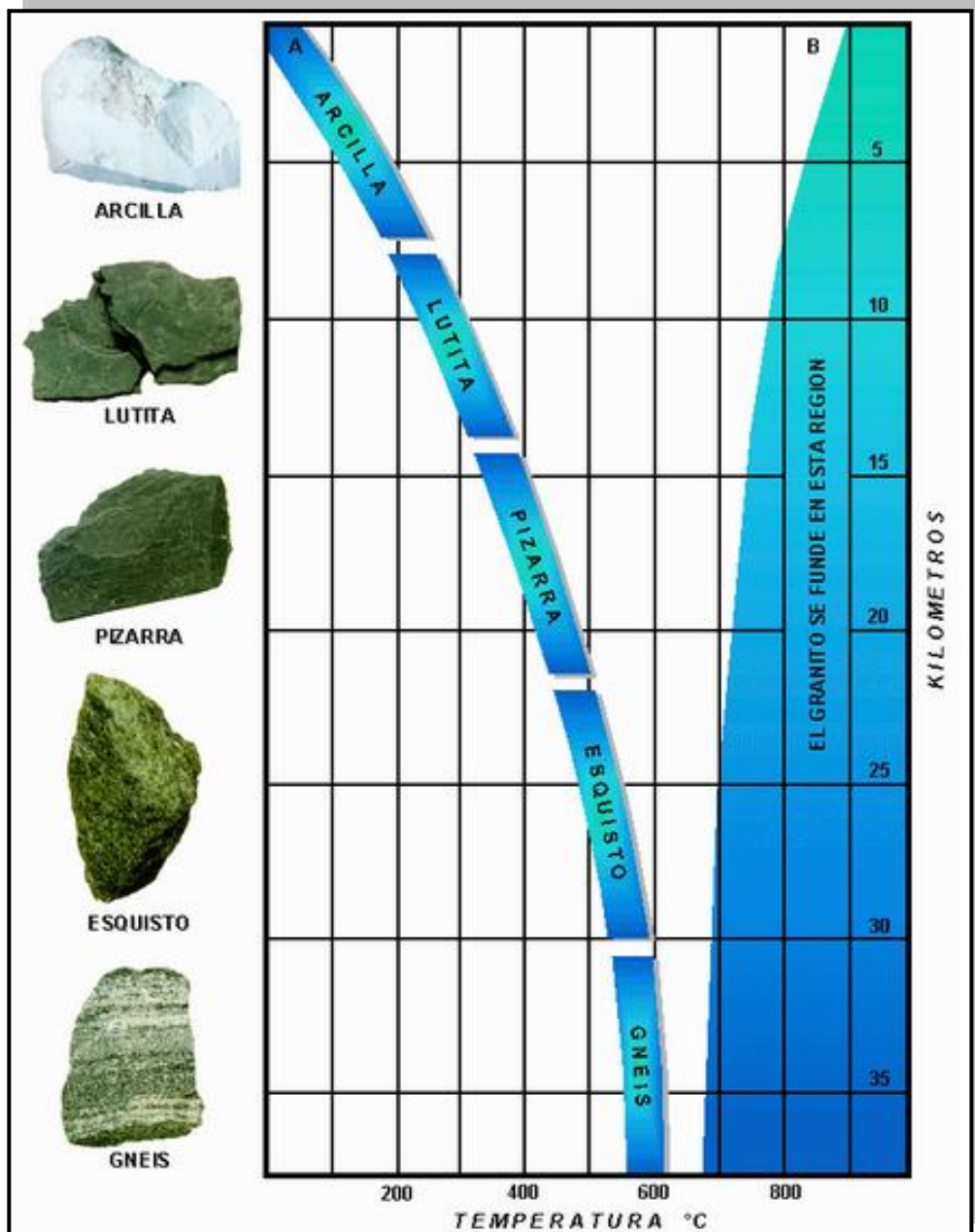
Fuente: Petrología metamórfica, Universidad de Granada

Finalmente en el *metamorfismo Dinámico* el factor dominante es la presión, provocada por el movimiento entre bloques o placas que genera la acción de las fallas. Las rocas que se generan en este proceso se llaman brechas de falla o cataclásticas, y se caracterizan por la presencia de cantos englobados por una matriz, generados por trituración (cataclasis). Si la cataclasis es muy intensa, la deformación es dúctil en vez de frágil, formándose una milonita, que se caracteriza

¹¹³ Universidad de Granada, Petrología Metamórfica, España.

por ser una roca dura cuyos granos preexistentes fueron deformados y recristalizados.¹¹⁴

Figura 32. Variación del metamorfismo en función de la temperatura y la profundidad.



Fuente: Código Geológico de Venezuela PDVSA, 1997.

¹¹⁴ González Cárdenas, Elena. Rocas Metamórficas. Universidad de Castilla-La Mancha.

2. TEXTURA

Se clasifican en términos generales tomando como base su textura y añadiéndole un calificativo según los minerales predominantes.

Las texturas principales que pueden encontrarse en las rocas metamórficas son cuatro, que se describen a continuación¹¹⁵.

2.1. *Textura Granoblástica.*

Los cristales forman un mosaico de granos más o menos equidimensionales. Los contactos entre granos tienden a formar 120° en puntos donde se juntan tres de ellos (denominados **puntos triples**). Esto se debe a que esta disposición morfológica es más estable, por comparación con otras disposiciones que implican contactos al azar.

Esta textura es común en rocas monominerálicas como cuarcitas y mármoles, así como en rocas de grado metamórfico muy alto como granulitas. VER FIGURA 33A

2.2. *Textura Lepidoblástica.*

Está definida por minerales tabulares (en general filosilicatos, normalmente micas y cloritas) orientados paralelamente según su hábito planar.

El hecho de que esta textura presente orientación preferente de sus componentes minerales supone que las rocas con esta textura presentan fábrica planar lo cual hace que la roca tiende a exfoliarse. Esta textura es la típica de metapelitas (pizarras, micacitas, esquistos y gneises pelíticos). VER FIGURA 33B.

2.3. *Textura Nematoblástica.*

Está definida por minerales prismáticos o aciculares (inosilicatos, normalmente anfíboles) orientados paralelamente según su hábito elongado en una dirección.

Las rocas con esta textura presentarán fábrica lineal. Esta textura es típica de anfíbolitas y algunos gneises y mármoles anfibólicos. VER FIGURA 33C.

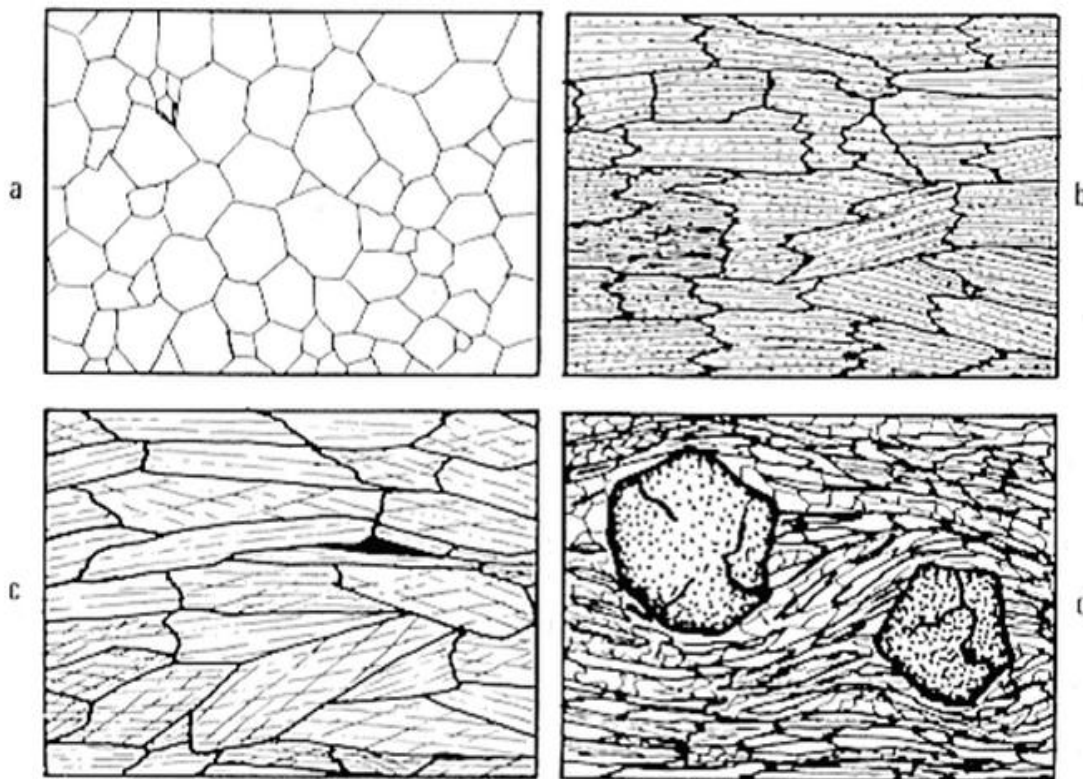
¹¹⁵ Universidad de Granada, Petrología Metamórfica, España.

2.4. *Textura Porfidoblástica.*

Está definida por la presencia de blastos de tamaño de grano mayor (porfidoblastos) que el resto de los minerales que forman la matriz en la que se engloban. La matriz por su parte puede tener cualquiera de las texturas anteriores (grano-, lepido- o Nematoblástica), o una combinación de ellas.

Cualquier tipo de roca metamórfica puede tener textura Porfidoblástica, y los porfidoblastos pueden ser de cualquier mineral que la forme. VER FIGURA 33D.

Figura 33. Texturas blásticas en rocas metamórficas. A) Granoblástica. B) Lepidoblástica. C) Nematoblástica. D) Porfidoblástica.



Fuente: Petrología Metamórfica. Universidad de Granada.

Los siguientes son algunos de los términos texturales más utilizados para la clasificación de las rocas metamórficas.

- **Esquistosidad:** Consiste en la disposición paralela de micas o de otros minerales tabulares, generando en la roca fisibilidad. Esta disposición o foliación es el resultado de la reorientación de los minerales que se colocan en perpendicular a la dirección de la presión.
- **Lineación:** Es el ordenamiento paralelo de minerales con hábito prismáticos en la roca.
- **Hornfésica o Corneana:** Se trata de una disposición no orientada de los cristales que componen la roca. En este caso La roca carece de exfoliación, esquistosidad o alineamiento paralelo, si bien pueden persistir organizaciones o disposiciones residuales.
- **Néisica:** Consiste en la disposición en bandas claras y oscuras de los minerales que constituyen la roca. Foliación bandeada caracterizada por el contraste de color oscuro y claro en rocas de grano medio que denotan a los gneises.
- **Cataclástica:** Se observa granulación y alineación, producto del fracturamiento y trituración a la que fue sometida la roca.
- **Pizarrosa:** Foliación muy desarrollada en rocas de grano fino a Afaníticas característica de las pizarras, y de allí su nombre, en la cual la roca puede ser dividida según superficies relativamente lisas, muy próximas y paralelas entre sí.
- **Granular:** Los minerales presentes son regularmente equidimensionales caracterizando a la roca como un todo ópticamente.
- **Filítica:** Foliación muy desarrollada e intermedia entre las texturas pizarrosa y esquistosa, característica de las rocas de grano fino y con característico brillo satinado.

3. PRINCIPALES TIPOS DE ROCAS METAMÓRFICAS

3.1. Rocas debidas a Metamorfismo Térmico Hornfelsas o Cornubianitas

Figura 34. Muestra de mano Hornfels negro.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

No presentan orientación de sus constituyentes, su recristalización es alta. El tamaño de sus cristales es fino, cuando es mayor de llaman Granofelsas. Como ejemplos de estas rocas están los mármoles y las cuarcitas.

3.2. Rocas debidas a Metamorfismo Dinámico Milonitas

Figura 35. Muestra de mano Roca Milonita.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Son de grano fino, producto de la granulación extrema de rocas más gruesas, con apariencia bandeada o alineada. Según el tamaño de sus constituyentes se habla de cataclasitas, de grano más grueso y filonitas, semejantes a las filitas.

3.3. Rocas debidas a metamorfismo regional Pizarra

Figura 36. Muestra de mano Roca Milonita.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Roca de grano muy fino, con exfoliación planar muy bien desarrollada, como resultado del crecimiento paralelo de minerales micáceos. Su metamorfismo se considera incipiente.

Filita

Figura 37. Muestra de mano Roca Filita.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Roca esquistosa de grano fino. Las superficies de esquistosidad presentan un lustre sedoso debido al desarrollo de nuevas micas.

Esquisto

Figura 38. Muestra de mano Roca Esquisto.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Roca fuertemente esquistosa, de grano medio, de tal manera que sus constituyentes, cuarzo, feldespato y mica, pueden ser identificados a simple vista.

Neis

Figura 39. Muestra de mano Roca Neis.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Roca de grano medio a grueso, con estructura en bandas alternantes claras de cuarzo y feldespato y oscuras de micas y anfíboles.

Anfibolita

Figura 40. Muestra de mano Roca Anfibolita.

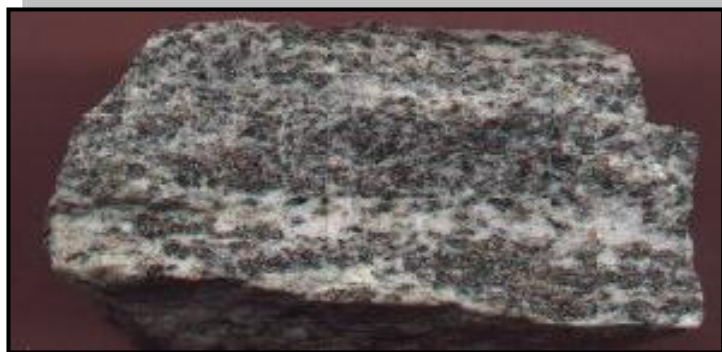


Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Roca de tamaño medio a grueso, no presenta mica, sino feldespato y anfíbol tipo hornblenda los cuales están alineados.

Granulita

Figura 41. Muestra de mano Roca Granulita.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Presenta grano grueso a muy grueso. En su composición predominan el cuarzo y el feldespato potásico.

Eclogitas

Figura 42. Muestra de mano Roca Eclogitas.



Fuente: Universidad Nacional de Córdoba.

Generalmente de color verde, constituidas por piroxenos y granates. Se consideran producto del metamorfismo de rocas ígneas de composición máfica.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Utilizando la colección de rocas del laboratorio, tome una de ellas e identifique los siguientes aspectos:
 - Tamaño de cristales.
 - Textura, definiendo lineación, esquistosidad, textura Hornfésica, néisica, Cataclástica.
 - Tipo de metamorfismo: Térmico, Dinámico o cataclástico o Regional
 - Tipo de roca metamórfica = Nombre.
 - Utilice el cuadro Anexo N° 15, para consignar las anteriores características.

2. Elabore una descripción en prosa para 3 rocas en total.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cómo se establece que una roca es metamórfica?
2. ¿Cómo se establece si una roca es producto de metamorfismo regional o térmico?
3. ¿Qué diferencia hay entre un mármol y una caliza?
4. ¿La temperatura a la cual se inicia el metamorfismo es mayor o menor que la temperatura a la cual se genera petróleo?
5. ¿Qué interés presentan estas rocas para la industria petrolera?

ANEXO 15. Formato general de Características texturales de rocas metamórficas.

| ROCAS METAMORFICAS | | | | |
|---------------------------|-------------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------|
| Nº MUESTRA | TAMAÑO CRISTALES | TEXTURA | TIPO DE METAMORFISMO | NOMBRE DE LA ROCA |
| | | | | |

Fuente: Autor.

BIBLIOGRAFIA

GARCÍA, C. Manual de Laboratorio de Petrología Ígnea. Publicaciones UIS. 1997.

GONZÁLEZ CÁRDENAS, ELENA. Rocas Metamórficas. Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Ciencias de la tierra.

LEET. JUDSON. Fundamentos de Geología Física. Ed. Limusa. 1996.

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura Mineralogía Óptica. Tema: Rocas metamórficas. UIS. Escuela de geología.

Petrología Metamórfica, Registro fotográfico de muestras de mano. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. (Documento Virtual). www.efn.uncor.edu/index1.htm

Petrología Metamórfica. Universidad de Granada. (Documento Virtual). www.ugr.es/

PRACTICA N° 6 FOTOGRAFIAS AEREAS

OBJETIVOS

- ✓ Reconocer la importancia y la utilidad de la correcta interpretación de las fotografías aéreas y sus aplicaciones.
- ✓ Control y afianzamiento de la visión estereoscópica.
- ✓ Reconocer la importancia de las fotografías satelitales.

INTRODUCCION

Fotogrametría es la ciencia de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esta manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición) del objeto fotografiado, según la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS).

La Fotointerpretación está definida en el Manual de Interpretación Fotográfica como el acto de examinar imágenes fotográficas con el objetivo de identificar objetos y determinar su significado. La fotointerpretación implica una serie de etapas consecutivas. Durante este proceso, las variables deben ser primeramente detectadas, luego identificadas y, finalmente, analizadas para determinar su significado. A pesar de ser consideradas aplicaciones distintas, el uso integrado de estas ciencias garantiza el correcto análisis e interpretación de la información.

A continuación en esta práctica de laboratorio se afianzaran todos los conceptos ya mencionados y se pondrá en práctica el método correcto de interpretación de fotografías aéreas.

MARCO TEÓRICO

1. IMÁGENES SATELITALES

Se entiende como imagen satelital a la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

Figura 43. Sensor en Satélite artificial desde el espacio.



Fuente: GEO SAT.

Las imágenes obtenidas por los satélites de teledetección ofrecen una perspectiva única de la Tierra, sus recursos y el impacto que sobre ella ejercen los seres humanos. La teledetección por satélite ha demostrado ser una fuente rentable de valiosa información para numerosas aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, desarrollo de mercados, localización de bienes raíces y muchas otras.¹¹⁶

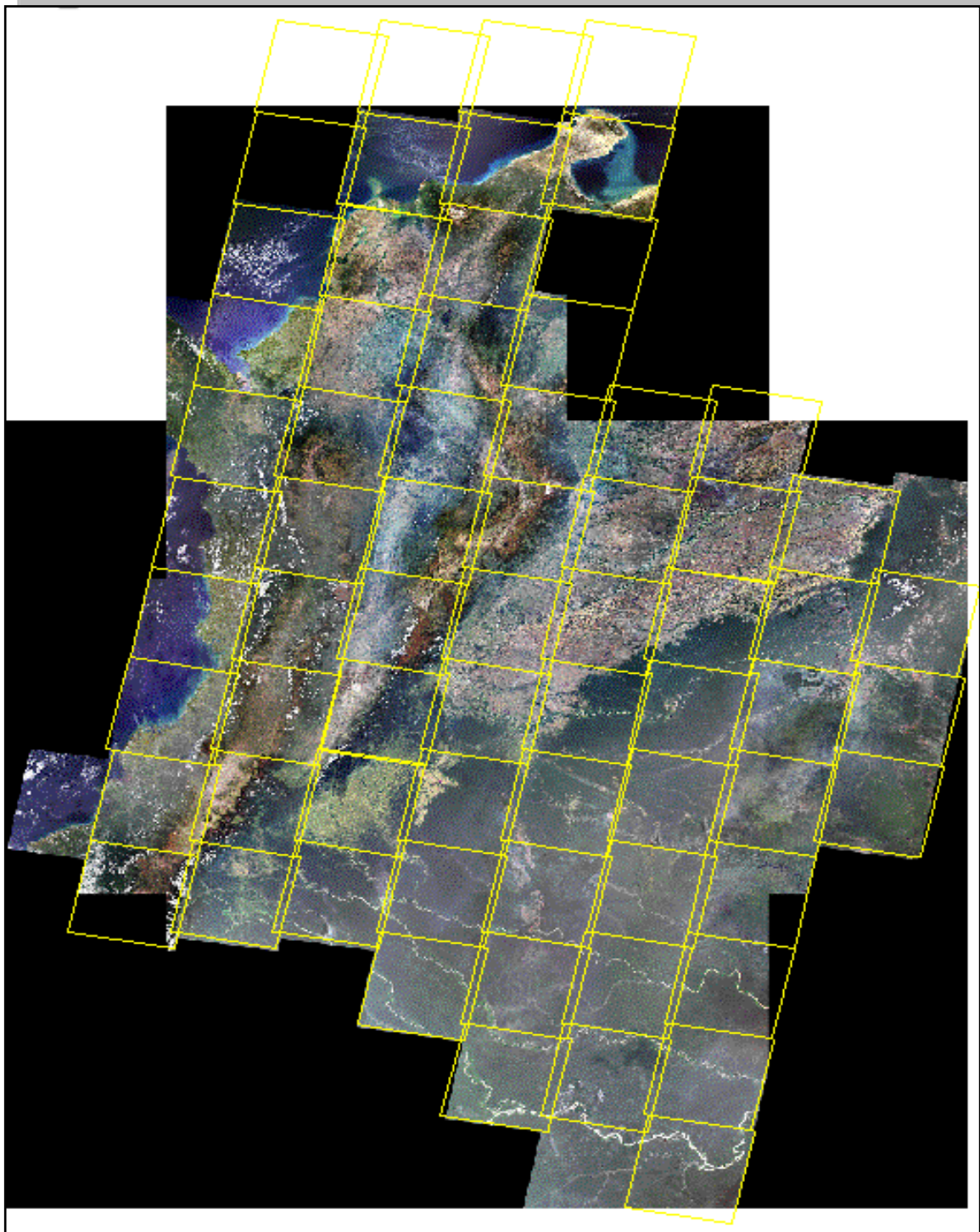
En Colombia entidades como **IGAC** o **INGEOMINAS**, son las encargadas de administrar este tipo de imágenes. El **Instituto Geográfico Agustín Codazzi**, IGAC, es la entidad encargada de producir el mapa oficial y la cartografía básica de Colombia; elaborar el catastro nacional de la propiedad inmueble; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial; capacitar y formar profesionales en tecnologías de información geográfica y coordinar la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (*ICDE*)¹¹⁷.

Dentro de la variedad de productos y mapas que ofrece el IGAC, se encuentra el Mosaico Landsat V 2.0.

¹¹⁶Sitio web oficial Servicios de Información Geográfica. GEO SAT.

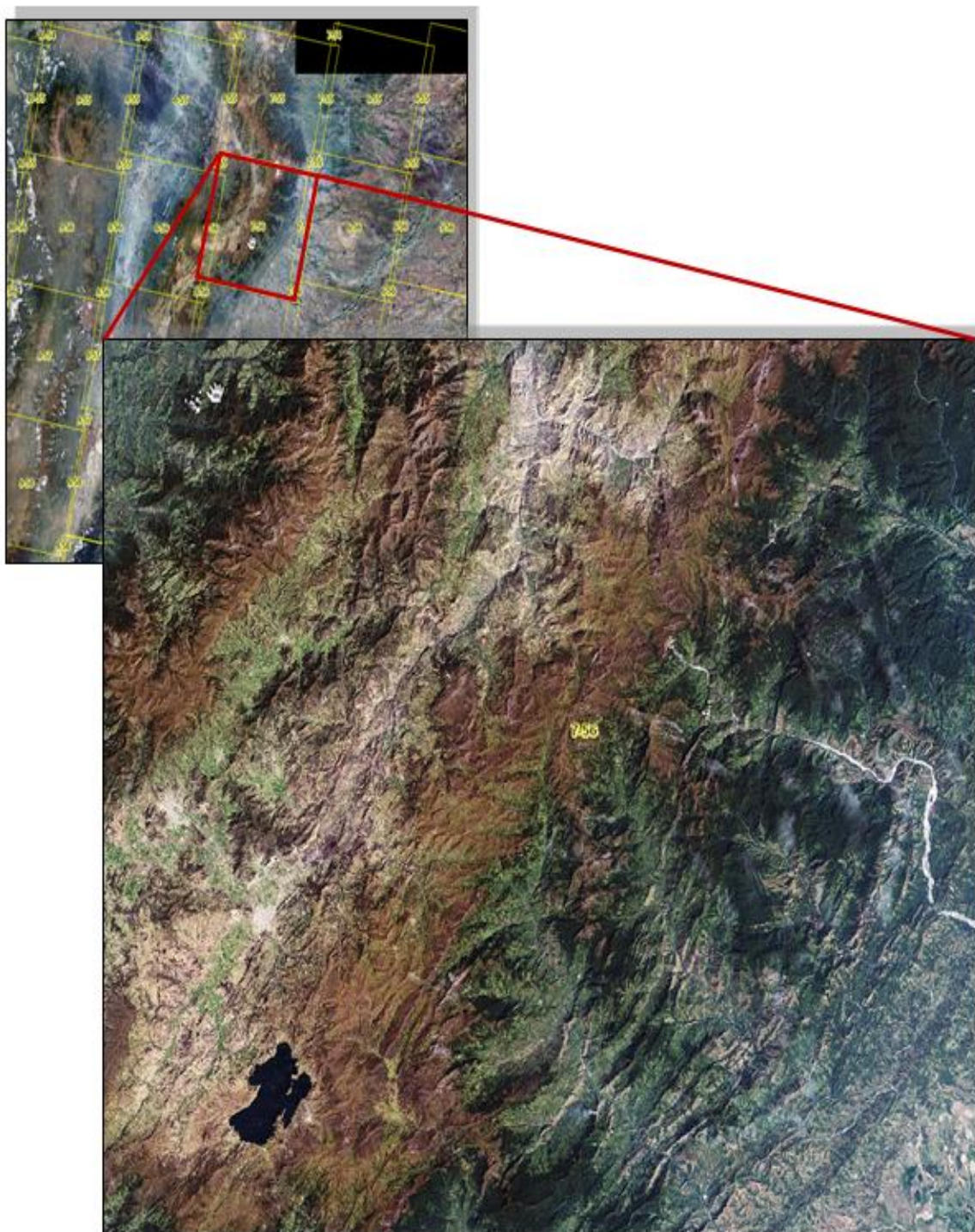
¹¹⁷Sitio web oficial del IGAC.

Figura 44. Mosaico Landsat Colombia.



Fuente: IGAC.

Figura 45. Mosaico Landsat Colombia, Plancha 7-56, Cordillera Oriental.



Fuente: IGAC.

Para el mejor análisis y comprensión del tema, esta práctica se fraccionara en tres partes importantes:

- Control de la visión estereoscópica.
- Orientación de las fotografías aéreas.
- Interpretación topográfica.

2. CONTROL DE LA VISIÓN TOPOGRÁFICA

La idea básica de las imágenes estereoscópicas es que partiendo de dos imágenes desde el mismo punto de vista, pero con una pequeña diferencia de ángulo entre ellas, el cerebro se encarga de unir esas dos imágenes, formando una sola que es la que nos produce la visión tridimensional.

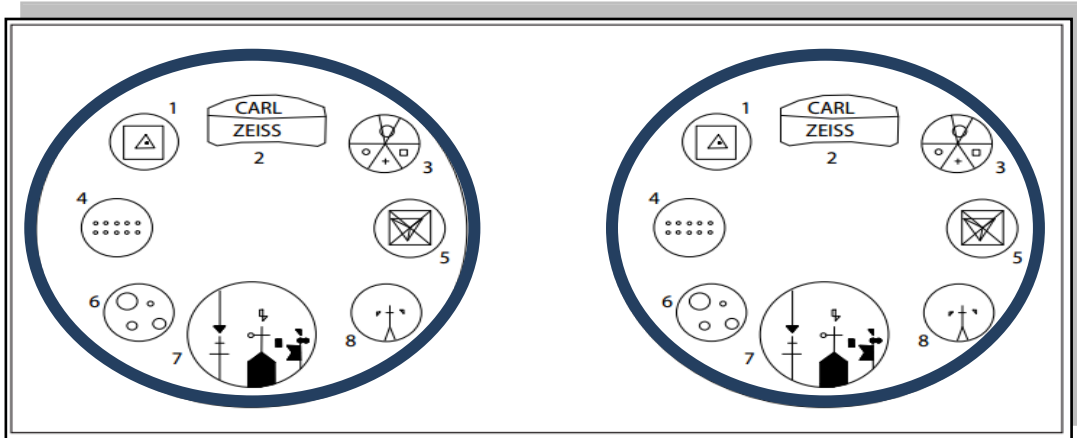
Este ejercicio trata básicamente de observar dos imágenes planas bajo un estereoscopio y de esta forma detectar la tercera dimensión, apreciando los distintos niveles a que aparece cada una de las figuras.

Se debe establecer la secuencia en que se observan las diferentes figuras, desde la más cercana a la vista hasta la más lejana.

Instrucciones.

- Coloque el estereoscopio sobre la mesa en posición de trabajo.
- Coloque la tabla de prueba Zeiss bajo el estereoscopio, de manera que la imagen izquierda pueda ser observada bajo la lente izquierda y la imagen derecha bajo la lente derecha. Figura 1.

Figura 46. Tabla de pruebas Zeiss de figuras estereoscópicas.

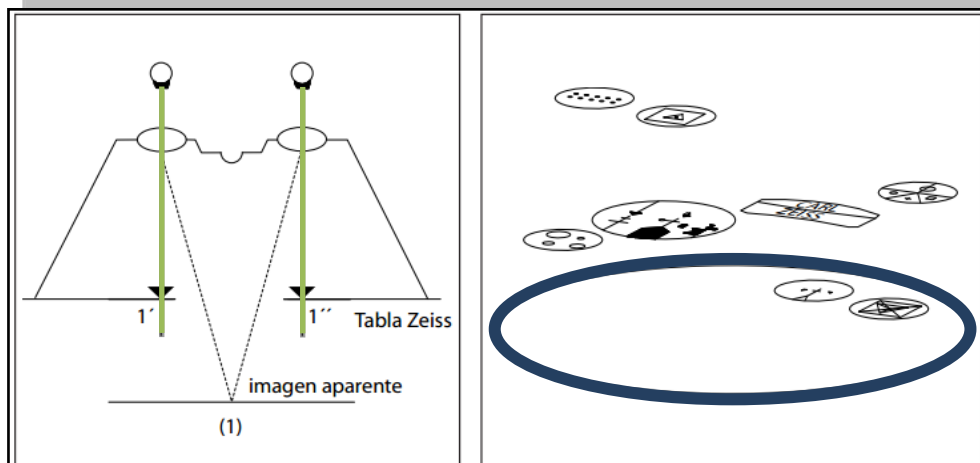


Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

- Observe a través de las lentes del estereoscopio y obtendrá una visión tridimensional de las figuras.
- Organice cada uno de los elementos en la siguiente tabla desde el más profundo hasta el más sobresaliente.

Figura 47. Estereoscopio de bolsillo utilizado para realizar la prueba de visión estereoscópica

Figura 48. Ejemplo de la profundidad relativa de cada uno de los círculos.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

3. ORIENTACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Para observar en tercera dimensión un par estereoscópico de fotografías aéreas verticales, es necesario orientarlas correctamente.

Básicamente, se debe determinar la línea de vuelo en cada fotografía, con una recta que une el punto principal de una fotografía con el punto principal de la fotografía adyacente transferido a ella y luego hacer cumplir las siguientes condiciones:

- Las dos líneas de vuelo deben estar sobre la misma recta.
- La distancia entre puntos homólogos debe ser igual a la base del estereoscopio.

3.1. Orientación Preliminar

- Tome una de las fotografías, haciendo uso de la regla, una dos de las marcas fiduciales diametralmente opuestas y haga un pequeño trazo con lápiz de grasa en el centro de la fotografía. De igual manera repita el procedimiento con las otras dos marcas opuestas. Marque la intersección de los dos trazos.
- Siguiendo el anterior procedimiento marque el punto principal de la otra fotografía.
- Encierre en un círculo la posición aproximada de cada punto principal en la fotografía adyacente. De esta forma se conoce la dirección aproximada de las líneas de vuelo.
- Coloque una fotografía sobre la otra haciendo coincidir aproximadamente la zona común de recubrimiento. Manteniéndolas superpuestas, colóquelas de manera que la dirección aproximada de la línea de vuelo quede paralela al borde de la mesa.
En este momento se define preliminarmente cual es la fotografía de la izquierda y la derecha.
- Tome la fotografía izquierda y ubíquela sobre la mesa, de manera que la línea de vuelo quede paralela al borde de la mesa y a una distancia aproximada de 25 cm.

- Tome la fotografía derecha y con la ayuda de una regla, colóquela de manera que la dirección aproximada de la línea de vuelo se encuentre sobre la prolongación de la correspondiente a la foto izquierda.
- Desplace la fotografía derecha a lo largo de la línea de vuelo hasta que un punto principal y su homólogo se encuentren a una distancia igual a la base del estereoscopio.

3.2. Orientación Definitiva.

- Coloque el estereoscopio sobre la mesa en posición de trabajo. Ubíquelo sobre las fotografías, de manera que la base del instrumento se encuentre paralela a la línea de vuelo. Enfoque los binoculares y ajústelos a su distancia interpupilar.
- Observando estereoscópicamente transfiera cada punto principal a la fotografía adyacente.
- En cada fotografía dibuje una recta fina uniendo el punto principal y el punto principal transferido y así obtendrá la dirección correcta de la línea de vuelo.
- Ajuste la orientación de las fotografías, verificando que las líneas de vuelo se encuentren sobre una misma recta, paralela al borde de la mesa y a una distancia aproximada de 25 cm.

4. INTERPRETACIÓN TOPOGRÁFICA.

El objetivo en esta parte de la práctica es aprender a reconocer y diferenciar objetos y paisajes y adquirir destreza en la observación estereoscópica.

- Oriente correctamente el par estereoscópico de fotografías aéreas verticales y fíjelas.
- Observe la totalidad del modelo y aprecie la topografía, drenaje, vegetación, zonas cultivadas, carreteras, caminos, construcciones, tonos y texturas de la imagen, las formas, tamaños y sombras de los objetos.

- Coloque el papel transparente o acetato sobre el área estereoscópica de la fotografía derecha (si es derecho) y fíjelo en el papel de dibujo delimitado de la zona donde va a realizar la fotointerpretación.
- Dibuje con lápiz azul el drenaje, con lápiz negro las divisorias de agua, con rojo las carreteras, con amarillo los caminos, con verde las áreas de bosque. Establezca un recuadro de convenciones utilizadas.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Determinar la línea de vuelo en cada fotografía, con una recta que una el punto principal de una fotografía con el punto principal de la fotografía adyacente transferido a ella
2. Elabore una orientación definitiva de las fotografías, transfiriendo los puntos a una de ellas.
3. Dibuje el drenaje, las divisorias de agua, las carreteras y caminos, las áreas de bosque, etc. Establezca un recuadro con las convenciones utilizadas
4. Utilice Google Earth, localice Bucaramanga y observe la Falla Santa Marta Bucaramanga.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cuál es la utilidad de las fotografías aéreas en la industria del petróleo?
2. ¿Cuál es la utilidad de las fotografías satelitales en la industria petrolera?
3. ¿Cómo contribuyen las fotografías aéreas en el conocimiento del subsuelo?
4. Investigue en que consiste el método de radar para conocer el subsuelo.
5. ¿Por qué las fotografías satelitales a partir de 1960 constituyeron un importante aporte a la geología?

BIBLIOGRAFIA

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura Mineralogía Óptica. Tema: Rocas metamórficas. UIS. Escuela de geología.

Servicios de Información Geográfica. GEO SAT. (Documento Virtual).
www.serbi.ula.ve/serbiula/librose/pva/Libros%20de%20PVA%20para%20libro%20digital/Manual%20fotogrametria.pdf

Prácticas de Fotogeología. (Documento Virtual).
www.fing.uach.mx/licenciaturas/IG/MPracticas/2011/10/24/MPracticas_de_Fotogeologia.pdf

Imágenes Landsat. Sitio web oficial del IGAC. (Documento Virtual).
www.igac.gov.co/

PRACTICA N° 7 ROCAS SEDIMENTARIAS

OBJETIVO

- ✓ Reconocer y clasificar de manera general las rocas sedimentarias de composición siliciclástica y calcárea.
- ✓ Describir y clasificar los elementos texturales y composicionales de las rocas calcáreas y Siliciclásticas.

INTRODUCCION

Las rocas de origen químico proceden de la consolidación de sedimentos formados por precipitación de materia mineral, a partir de los iones que estaban contenidos en soluciones acuosas. Las de origen bioquímico están formadas por la acumulación de materia mineral que procede de la actividad de los seres vivos. *Las rocas calcáreas* son aquellas constituidas por más del 50% de materiales de carbonato de calcio bien sea calcita o aragonito.

Las rocas siliciclásticas, se generan por procesos de meteorización, erosión, transporte y depósito de sedimentos. Posteriormente, tras su enterramiento sufren una serie de procesos diagenéticos, cuya consecuencia más importante es que el sedimento se litifica.

Este laboratorio consiste en realizar una descripción textural y composicional de las rocas calcáreas y las rocas siliciclásticas, para el primer caso hay que tener en cuenta que existen dos clasificaciones formales propuestas para rocas calcáreas la primera es según *Folk 1974* y la segunda es de *Dunham 1962*.

En el caso de identificar los elementos texturales y composicionales de las muestras de rocas siliciclasticas, se debe tener en cuenta que dichos elementos identificados constituyen una característica particular de las condiciones de formación de la roca así como de los procesos post-depositación sufridos a lo largo del tiempo geológico, cuya información resulta útil para conocer la historia geológica – evolutiva de una zona específica en estudio.

MARCO TEÓRICO

1. ROCAS SILICICLASTICAS

1.1. DESCRIPCIÓN TEXTURAL

La *Textura* de las rocas sedimentarias corresponde a las características individuales y a las relaciones que tienen entre sí las partículas todas estas representadas a pequeña escala, por ejemplo el tamaño, forma, fábrica, armazón, matriz, cemento y la porosidad. Todas las rocas detríticas presentan textura clástica, los clastos pueden estar o no cementados por material ortoquímicos o diagenético

- **Tamaño de los clastos**

El tamaño de los clastos es un rasgo primordial y una de las propiedades más importantes a la hora de hacer una descripción y clasificación de las rocas sedimentarias².

La tabla de tamaños de grano de Wentwort se utiliza para clasificar los clastos de acuerdo a su tamaño. Ver TABLA 5.

- **Selección o Calibrado (sorting)**

La distribución de los tamaños de grano, es una medida de la uniformidad o de la variación en los tamaños de las partículas en una roca sedimentaria¹¹⁸.

El hecho de que una roca presente o no una gran dispersión de tamaño de grano es un reflejo de las condiciones de transporte y sedimentación; así mismo el calibrado es un reflejo directo de la energía de un medio y de su capacidad para seleccionar el tamaño de las partículas que transporta.

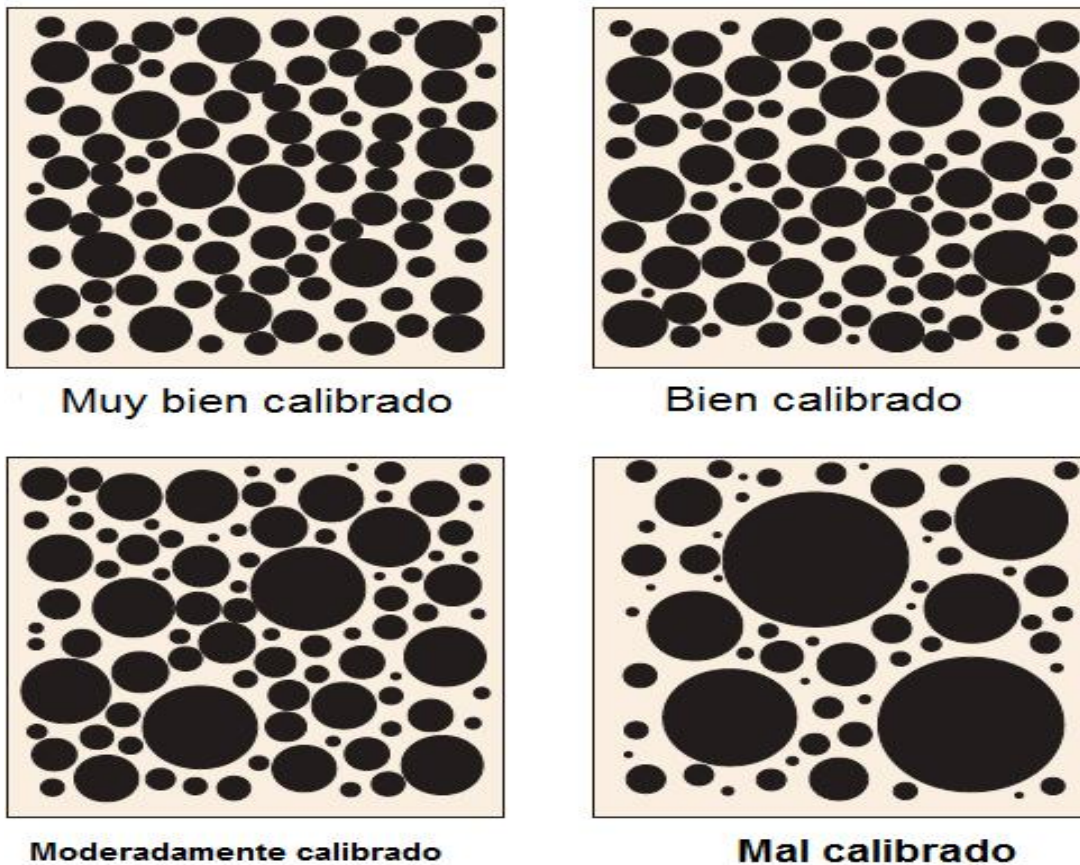
Esta desviación se conoce en rocas sedimentarias con el termino en inglés “sorting”¹¹⁹ el cual puede ser reconocido por las imágenes de calibrado de Pettijhon. FIGURA 51.

¹¹⁸Cruz Guevara, .L E. Caballero V. M, Descripción y clasificación de rocas terrígenas por su textura, pág. 4.

Aquellas rocas que muestran solo una clase granulométrica bien definida, siendo el tamaño de todas las partículas similar, se dicen que son **bien seleccionadas**. Por otra parte, aquellas en que sus constituyentes presentan una gran diversidad de tamaños se denominan **mal seleccionadas**.

Es de anotar que la selección de una roca es una propiedad que condiciona fuertemente su porosidad.

Figura 51. Imágenes de calibrado de las partículas según Pettijhon.



Fuente: Autor.

¹¹⁹ A. Castro Dorado. Petrografía básica, Textura clasificación y nomenclatura de rocas. Editorial Paraninfo. Pág. 80.

Tabla 5. Tabla de tamaños de grano (textura) de Wentwort.

| No de malla para tamiz U.S. estandard | Milímetros (mm) | | Micrones (μ) | Phi (Φ) | Clase de tamaño Wentworth | Clase Mayor | Una vez Litificado el sedimento |
|---------------------------------------|-----------------|---------|--------------------|----------------|--|-------------------------------|---------------------------------|
| | | | | -20 | Cantos | GRAVA | CONGLOMERADO |
| | | 4096 | | -12 | | | |
| | | 1024 | | -10 | | | |
| | | 256 | | -8 | | | |
| | | 64 | | -6 | | | |
| | | 16 | | -4 | Guijarros | | |
| 5 | | 4 | | -2 | | | |
| 6 | | 3.36 | | -1.75 | Gránulos | | |
| 7 | | 2.83 | | -1.5 | | | |
| 8 | | 2.38 | | -1.25 | | | |
| 10 | | 2.0 | | -1 | | | |
| 12 | | 1.68 | | -0.75 | Upper Arena muy gruesa Lower | ARENA | ARENISCA |
| 14 | | 1.41 | | -0.5 | | | |
| 16 | | 1.19 | | -0.25 | | | |
| 18 | 1 | 1.0 | | 0.0 | Upper Arena gruesa Lower | | |
| 20 | | 0.84 | | 0.25 | | | |
| 25 | | 0.71 | | 0.5 | | | |
| 30 | | 0.59 | | 0.75 | | | |
| 35 | ½ | 0.5 | 500 | 1 | Upper Arena media Lower | | |
| 40 | | 0.42 | 420 | 1.25 | | | |
| 45 | | 0.35 | 350 | 1.5 | | | |
| 50 | | 0.3 | 300 | 1.75 | Upper Arena fina Lower | | |
| 60 | ¼ | 0.25 | 250 | 2.0 | | | |
| 70 | | 0.21 | 210 | 2.25 | | | |
| 80 | | 0.177 | 177 | 2.5 | | | |
| 100 | | 0.149 | 149 | 2.75 | Upper Arena muy fina Lower | | |
| 120 | 1/8 | 0.125 | 125 | 3.0 | | | |
| 140 | | 0.105 | 105 | 3.25 | | | |
| 170 | | 0.088 | 88 | 3.5 | Grueso (4 a 5 Φ) | LODO | LODOLITA |
| 200 | | 0.074 | 74 | 3.75 | | | |
| 230 | 1/16 | 0.0625 | 62.5 | 4.0 | medio fino muy fino | | |
| 270 | | 0.053 | 53 | 4.25 | | | |
| 325 | | 0.044 | 44 | 4.5 | | | |
| | | 0.037 | 37 | 4.75 | | | |
| | 1/32 | 0.031 | 31 | 5.0 | | | |
| | 1/34 | 0.0156 | 15.6 | 6.0 | Limos Limolita | | |
| | 1/128 | 0.0078 | 7.8 | 7.0 | | | |
| | 1/256 | 0.0039 | 3.9 | 8.0 | | | |
| | | 0.002 | 2 | 9.0 | | | |
| | | 0.00098 | 0.98 | 10 | | | |
| | | 0.00049 | 0.49 | 11 | | | |
| | | 0.00012 | 0.12 | 13 | Algunos usan 9Φ como límite de la arcilla | Arcillas Arcilloita | |
| | | 0.00006 | 0.06 | 14 | | | |

Fuente: Cruz Guevara, L.E. pág. 2.

- **Forma de las partículas**

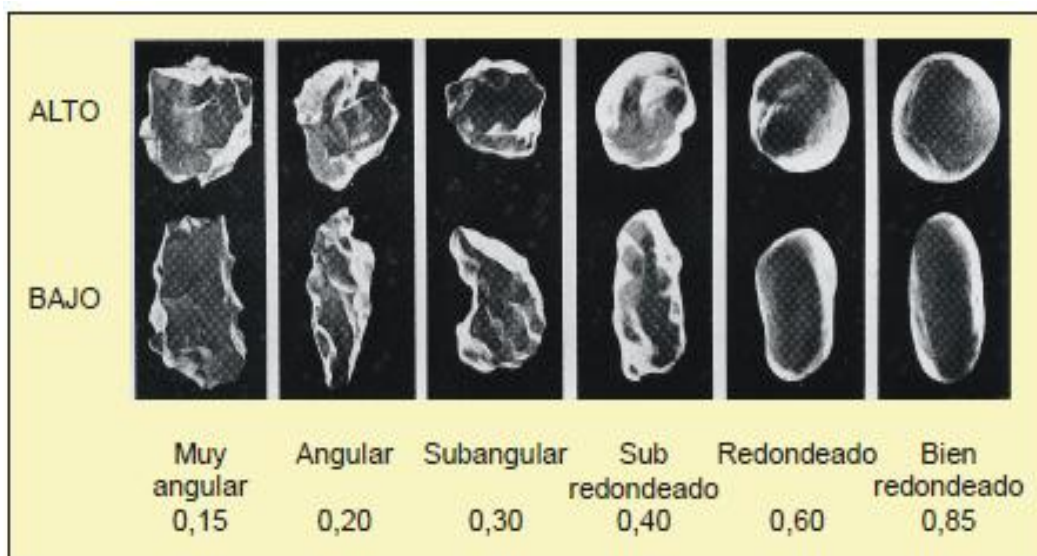
Comprende atributos que se refieren a la morfología de las partículas y se relaciona con procesos de erosión, transporte, depositación y retrabajamiento ocurridos antes o durante su depositación final. En la determinación de la forma de la partícula se utilizan dos criterios: la **esfericidad** y la **redondez**.

La Esfericidad y la Redondez:

Las partículas en muchas rocas sedimentarias tienen los bordes redondeados. Esto es debido a que originalmente sus bordes angulosos han sido redondeados por la abrasión durante el transporte. El **redondeamiento** es un dato morfológico de interés en la identificación del ambiente de sedimentación de algunas rocas sedimentarias, especialmente las areniscas y conglomerados¹²⁰.

Por otra parte, una vez que los bordes han sido redondeados, la partícula tenderá a cambiar su aspecto a una forma más esférica. La **esfericidad** está relacionada con las diferencias existentes entre los distintos diámetros o longitudes de los ejes de la partícula.¹²¹. VER TABLA 6 Y TABLA 7.

Tabla 6. Términos de redondeamiento y esfericidad de Powers 1953.

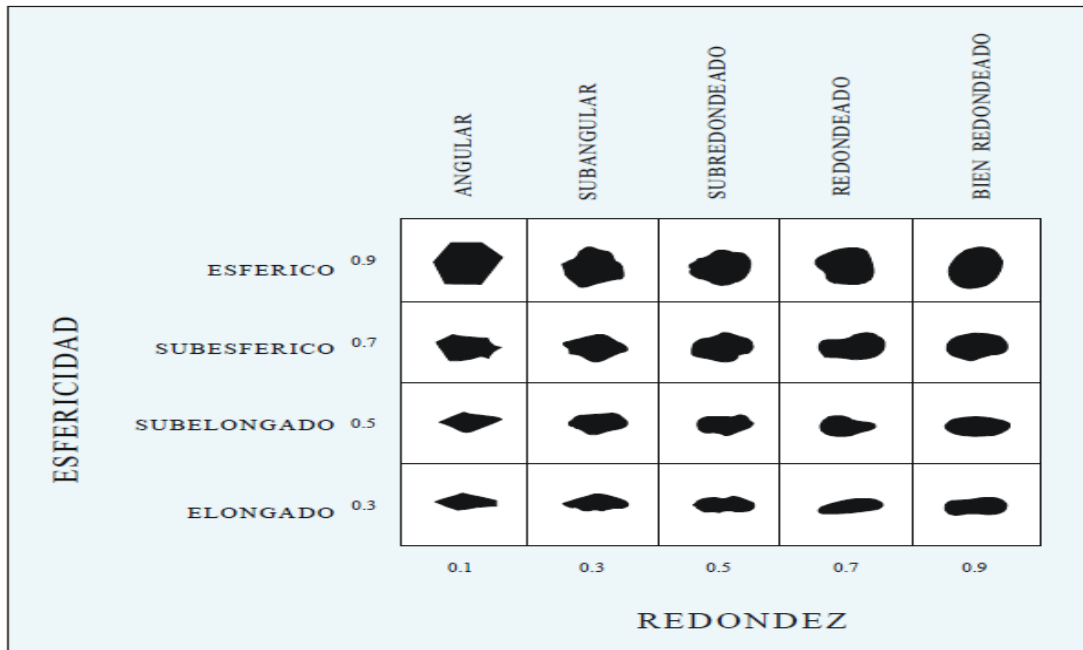


Fuente: Instituto colombiano de geología y minería (Ingeominas).

¹²⁰ Universidad Nacional de Moquegua, Rocas Sedimentarias, Curso de petrología. Pág. 15

¹²¹ *Ibíd.*, Pág. 15.

Tabla 7. Diagrama de comparación para forma de granos de Krumbein & Sloss, 1969.



Fuente: Instituto colombiano de geología y minería (Ingeominas).

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS:

- Determine el diámetro medio de cada una de las fracciones detríticas diferentes al lodo. Utilice la tabla de tamaños anexa. Tabla 5.
- Determine el calibrado o selección de la fracción arena - grava. Ver diagrama de selección. Tabla 6.
- Determine la redondez y esfericidad de los granos. Utilice el diagrama anexo. Tabla 6 y 7.
- Determine el color.

Nota: Los tamaños de las partículas se pueden establecer en términos generales como grava, arena, limo y menores que el limo o arcilla, tal como se establecen en la Tabla 1 de tamaños.

1.2. DESCRIPCIÓN COMPOSICIONAL

Los elementos composicionales de las rocas sedimentarias son: terrígenos o siliciclásticos, aloquímicos y ortoquímicos.

- **Terrígenos o siliciclásticos(T).**

Derivados de la erosión. Continentales.

Cuarzo (**Q**), feldspatos (**F**), Fragmentos de roca (**FR**), minerales pesados, minerales arcillosos, fragmentos de carbón y HC sólidos.

*Rocas Siliciclásticas:*Lodolitas, areniscas, conglomerados.

- **Aloquímicos(A).**

Material precipitado dentro de la cuenca y luego transportado. Conchas, oolitos, pellets, fragmentos re TRABAJADOS. Principalmente; calcita, ópalo, fosfatos.

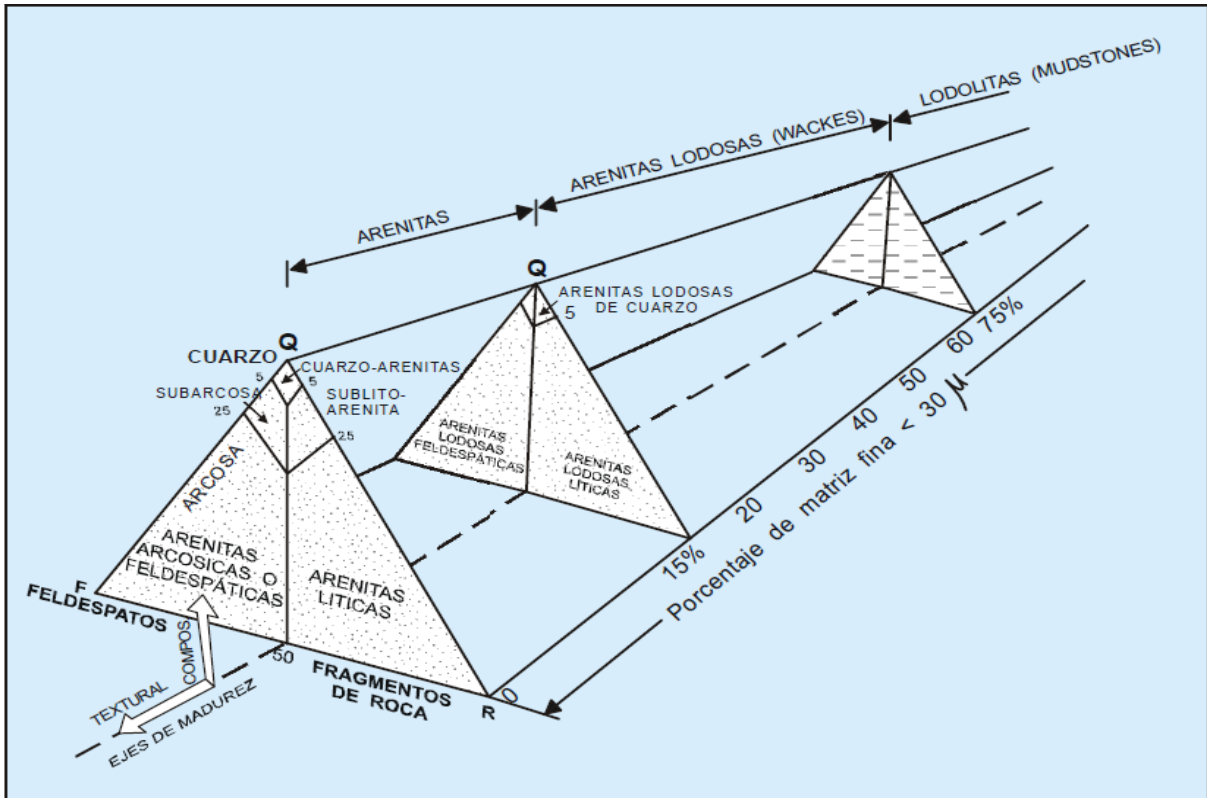
*Rocas Aloquímicas:*Calizas y dolomitas; fosilíferas, oolíticas, pelletíferas o intraclásticas.

- **Ortoquímicos(O).**

Material precipitado dentro de la cuenca sin transporte. Calcita microcristalina, lodo dolomítico, evaporitas, chert o relleno de poros como; calcita, cuarzo, óxidos de Fe y Mn en areniscas o minerales de reemplazamiento.

*Rocas Ortoquímicas:*Calizas y dolomitas microcristalinas, anhidritas, chert.

Figura 52. Imagen mostrando el diagrama de clasificación composicional según Pettijhon et, 1987.



Fuente: Instituto colombiano de geología y minería (Ingeominas).

2. ROCAS CALCAREAS

2.1. CLASIFICACIÓN SEGÚN R. DUNHAN 1962.

Clasificación composicional.

Según la textura: se basa en la abundancia de los materiales gruesos o granos, del material fino o lodo calcáreo y su disposición (fabrica).

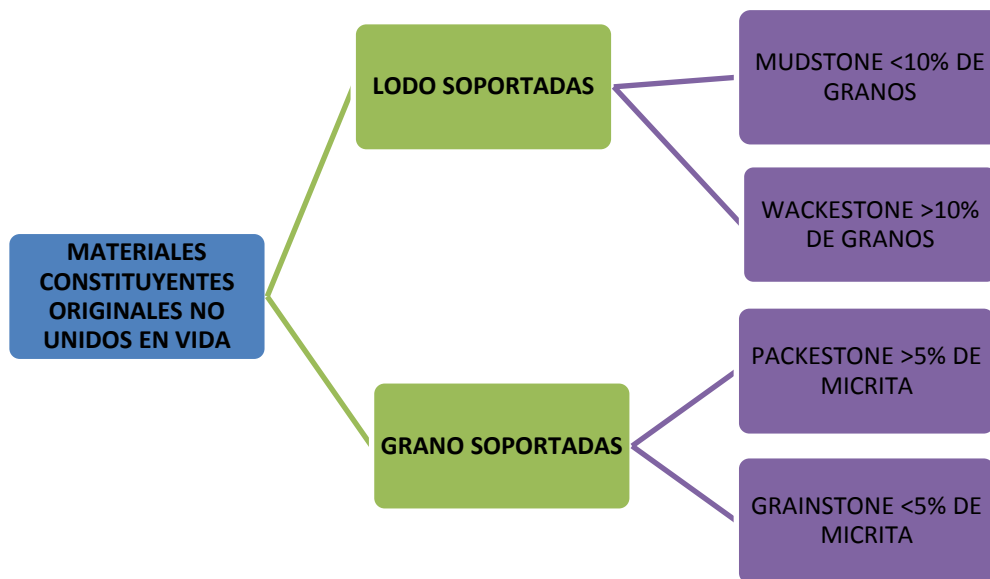
Granos: elementos calcáreos tamaño limo - arena gruesa. (Son los aloquímicos de Folk)

Lodo Calcáreo: partículas tamaño arcilla. (Equivale a la Micrita de Folk)

Esta clasificación presenta como ventaja su fácil utilización en terreno, debido a que los nombres son colocados dependiendo de la textura deposicional de la roca, tiene connotaciones en cuanto a la indicación de energía en el medio sedimentario¹²².

Se debe definir si la infraestructura de la roca es lodo o grano VER FIGURA 53. Mudstone o micritas solo presentan lodo calcáreo, algunas pocas partículas calcáreas como fragmentos esqueletales o no esqueletales y son lodosoportadas; las Wackestone son lodosoportadas con mayor parte matriz de lodo calcáreo pero mayor cantidad de granos que la anterior; las Packestone son granosoportadas con escasa matriz y las Grainstone son granosoportadas y limpias de lodo calcáreo¹²³.

Figura 53. Clasificación de rocas calcáreas de acuerdo con la textura deposicional según Dunham 1962.






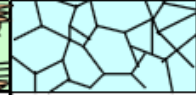


Fuente: Autor.

¹²²Capítulo 4: descripción microscópica. Rocas carbonatadas, pág. 14.

¹²³ Cruz Guevara, L.E. Caballero, V.M. descripción y clasificación de rocas sedimentarias calcáreas. 2007.

Tabla 8. Clasificación de calizas modificado de Dunham 1962.

| TEXTURA DEPOSICIONAL VISIBLE | | | | | TEXTURA DEPOSIC. NO VISIBLE |
|---|---|---|--|---|---|
| GRANOS ± TRANSPORTADOS | | | | ESQUELETOS EN POSICIÓN DE VIDA | |
| SOPORTE DE MATRIZ | | SOPORTE DE GRANOS | | | |
| MATRIZ ↑ ± GRANOS (<10%) | MATRIZ ↑ + GRANOS (>10%) | GRANOS ↑ + MATRIZ | GRANOS ↑ + CEMENTO | | |
|  |  |  |  |  |  |
| MUD-STONE | WACKE-STONE | PACK-STONE | GRAIN-STONE | BOUND-STONE | CRISTA-LINA |

Fuente: Petrología sedimentaria, tema 8: rocas carbonatadas. 2009.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

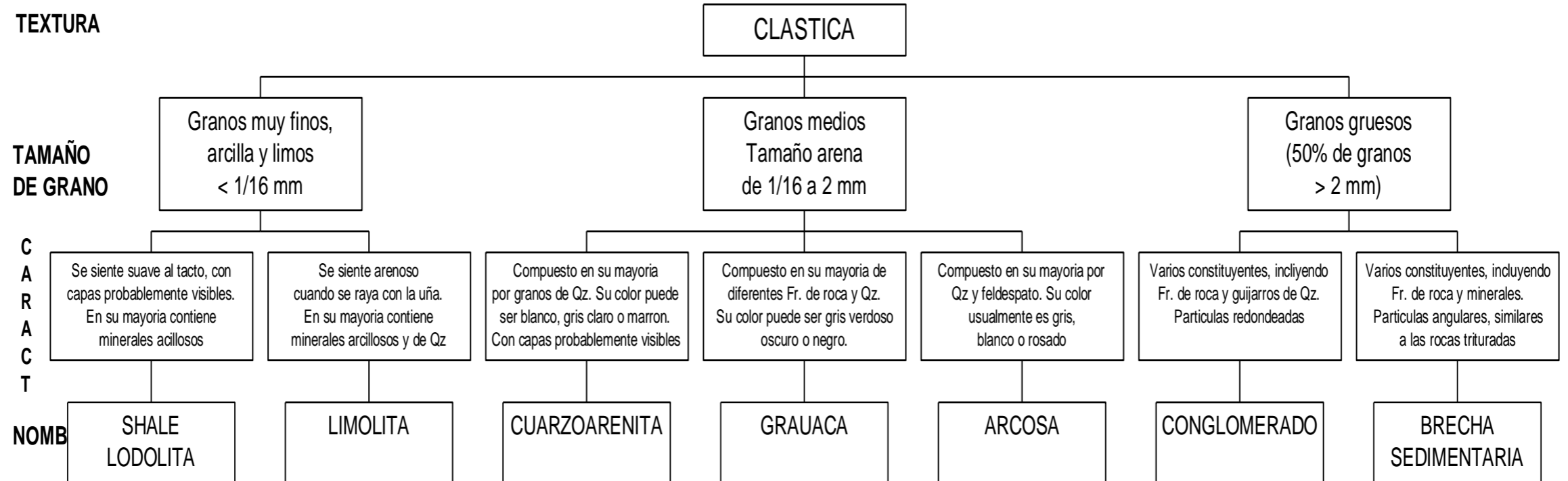
- Utilizando la colección de rocas del laboratorio, identifique los siguientes aspectos:
 - Tipo de roca sedimentaria: Siliciclástica o Calcárea.
 - Tamaño de grano, sorteamiento, redondez, esfericidad y % de matriz.
 - Establezca la composición de la roca en términos de % así.
Roca siliciclástica: cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca.
Roca Calcárea: Grano soportada o lodo soportada.
 - Clasifique la roca de acuerdo a los cuadros de rocas Siliciclásticas o Calcáreas anexos, VER ANEXO 16 y ANEXO 17.
- Elabore una descripción en prosa para 4 rocas en total. Dos Siliciclásticas y dos calcáreas.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cómo se establece que una roca es sedimentaria?
2. ¿Cómo se establece que una roca sedimentaria es siliciclástica o calcárea?
3. ¿Qué utilidad presentan las rocas clásticas en la industria del petróleo?
4. ¿Qué utilidad tiene las rocas calcáreas en la industria del petróleo?
5. De las anteriores rocas cuales se consideran generadoras de hidrocarburos y cuales rocas reservorios o almacén

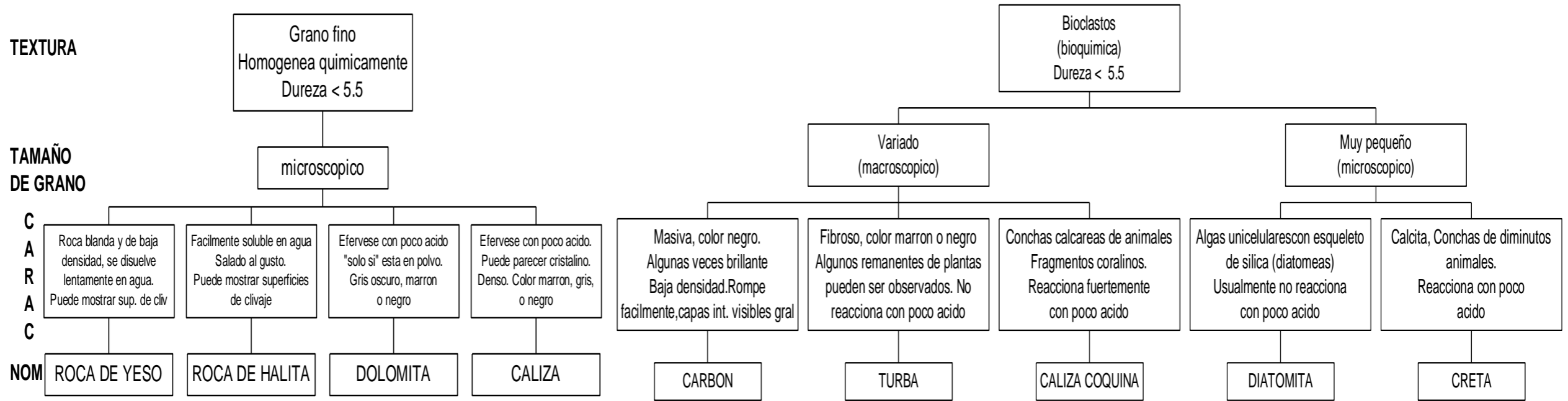
Anexo 16. Identificación de Rocas Sedimentarias.

IDENTIFICACION DE ROCAS SEDIMENTARIAS



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Anexo 17. Identificación de Rocas Sedimentarias



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

BIBLIOGRAFIA

CRUZ GUEVARA. L.E. CABALLERO. V.M. clasificación textural y composicional de rocas calcáreas. UIS.2007.

CRUZ GUEVARA. L.E. MIER UMAÑA. R. sedimentología para ingenieros de petróleos. Prácticas de laboratorio. UIS. 2001.

DORADO CASTRO ANTONIO. Texturas, clasificación y nomenclatura de rocas. Petrografía básica. Editorial: Paraninfo. 1989.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA (INGEOMINAS), toma de datos en libreta de campo. Marzo de 2003. pág.19.

MIER UMAÑA RICARDO. Descripción de rocas sedimentarias. Presentaciones de la asignatura geología de hidrocarburos. Escuela de geología. UIS.

MIER UMAÑA R. y CRUZ GUEVARA L.E. Prácticas de laboratorio. Sedimentología para ingenieros de petróleos. UIS. 2001.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 1994.

MIER UMAÑA RICARDO. Ejercicios de geología del petróleo. Publicaciones UIS. 2000.

PRACTICA N° 8 RIPIOS DE PERFORACION

OBJETIVO

- ✓ Reconocer, describir y clasificar los ripios obtenidos de una perforación.
- ✓ Reconocer las propiedades y así mismo las funciones del lodo de perforación dentro del proceso de extracción de hidrocarburos.

INTRODUCCION

En del proceso de extracción de hidrocarburos, es fundamental la etapa de perforación, así mismo es necesaria la presencia del fluido o lodo de perforación. Dentro de las funciones de dicho lodo, se encuentra controlar la presión de los fluidos, enfriar y lubricar la broca, pero la función que se va a resaltar en este laboratorio es la de traer los fragmentos de roca, denominados *ripios*, cuttings o muestras de zanja o de canal, a la superficie.

Como su nombre lo indica los ripios o muestras de canal son restos de roca que muestran la mineralogía, la textura, la forma de los granos que los componen, con ellos se pueden obtener una gran cantidad de información interpretando sus principales características: deducir facies, asociaciones de facies, ambientes y hasta las unidades o formaciones a las que pertenecen los tipos de rocas perforados.

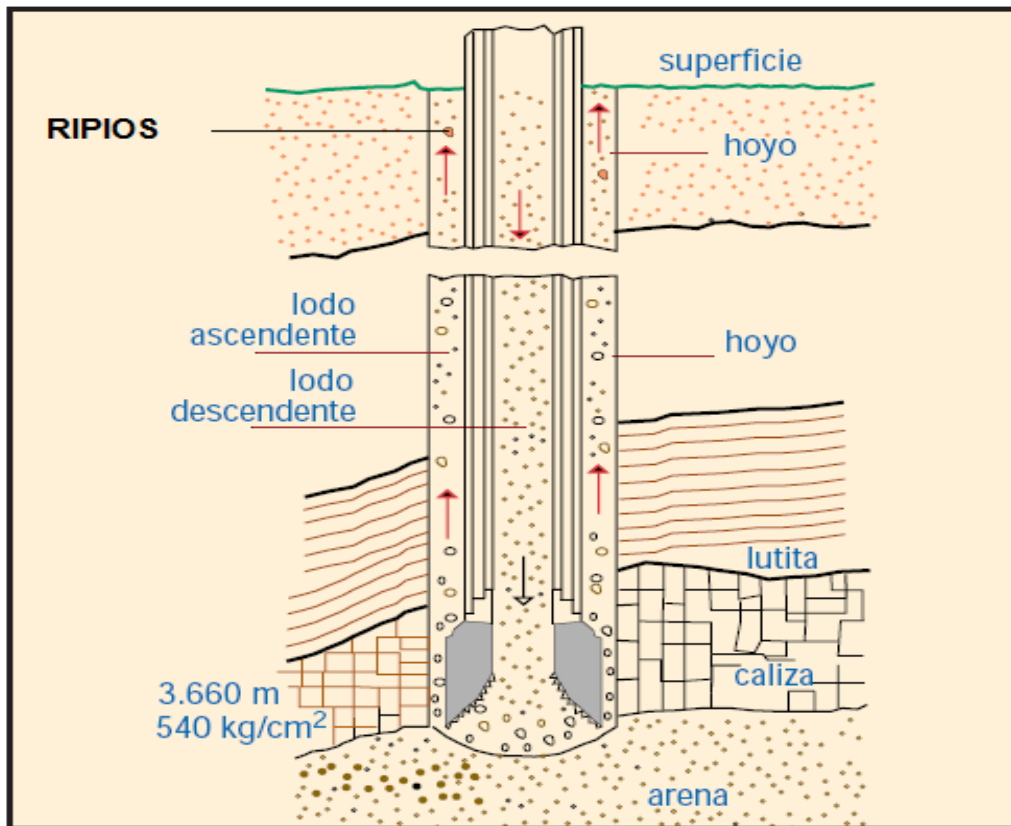
Estos ripios juegan un papel importante en todo el proceso de extracción del hidrocarburo, ya que gracias a ellos se puede tener una idea sobre el tipo de roca y la secuencia de roca que se encuentra en el subsuelo y también si estas están saturadas o no de hidrocarburos.

MARCO TEORICO

1. LODOS DE PERFORACION

El lodo de perforación es un líquido que contiene propiedades reológicas controladas, que circula por la sarta del taladro través de la broca y vuelve a subir por el espacio anular a la superficie. Una de sus funciones es transportar los rípios de perforación a la superficie¹²⁴ Ver FIGURA 1.

Figura 54. Corte transversal de un pozo para mostrar el descenso y ascenso de un fluido de perforación.



Fuente: Diapositivas de la asignatura Tópicos especiales en exploración y explotación UIS.

Debido a que el lodo de perforación es el medio que permite traer a superficie los fragmentos de roca disgregados por la broca durante el proceso de perforación, a

¹²⁴Javier Viana. Tratamiento y eliminación de desperdicios de perforación de exploración y producción. Arpel (asociación regional de empresas de petróleo y gas natural en Latinoamérica y el Caribe).Pág.3.

continuación se describen sus características y posteriormente se hace mención a la descripción de las muestras o ripios. Existen tres tipos básicos de lodos de perforación:

- Lodo base agua.
- Lodo base aceite.
- Lodo base aire o gas natural.

Sin embargo los más utilizados son los base tipo agua. VER TABLA 9.

Tabla 9. Cuadro resumen de los diferentes tipos de lodos.

| TIPO DE FLUIDO | CLASES | APLICACIÓN |
|----------------|------------------------|--|
| BASE AGUA | INHIBIDOS | <ul style="list-style-type: none"> • Retarda la hidratación o dispersión de las arcillas. • En donde se necesite la interacción de su fase líquida y las formaciones perforadas, e hidratación de arcillas. |
| | NO INHIBIDOS | |
| BASE ACEITE | EMULSION FIRME | <ul style="list-style-type: none"> • Para uso general en áreas de alta temperatura (hasta 5000F (260 C)). • Para proveer más altos índices de perforación • Para uso como fluido no perjudicial de extracción de núcleos y perforación. • Para reducir la retención de aceite en los recortes; usado principalmente en zonas costa afuera que son ambientes sensibles. |
| | FILTRADO RELAJADO | |
| | TODO ACEITE | |
| | ALTO CONTENIDO DE AGUA | |
| NEUMÁTICOS | AIRE/GAS | <ul style="list-style-type: none"> • Extremadamente baja presión de formación, no hay expuesta formación acuífera. • Espacios anulares más grandes que la perforación con aire, formaciones acuíferas expuestas. • Formaciones débiles e inestables con presiones subnormales. |
| | ESPUMAS | |
| | LODO AIREADO | |

Fuente: Modificado por el autor, tomado de Mier. R. notas de clase geología de hidrocarburos. UIS.

Funciones del lodo de perforación.

- ✓ Enfriar y lubricar la broca y la sarta de perforación.
- ✓ Remover los cortes o ripios del fondo del pozo y transportarlos a la superficie.
- ✓ Controlar las presiones de la formación.
- ✓ Mantener los ripios en suspensión cuando la circulación es interrumpida.
- ✓ Soportar parte del peso de la sarta y del revestimiento.
- ✓ Sostener las paredes del pozo.
- ✓ Transmitir potencia hidráulica a la broca.
- ✓ Ser una fuente de información del fondo del pozo.
- ✓ Reducir los daños en las formaciones atravesadas.
- ✓ Suministrar un medio que permita la toma de algunos tipos de registros de pozo.

2. RIPIOS DE PERFORACION

Las muestras provenientes de las perforaciones son de dos tipos:

De canal y de núcleo. Las primeras son recogidas en la superficie mediante el sistema de circulación del lodo, a intervalos que varían según el tipo de pozo (de exploración o de explotación); el intervalo de muestreo está relacionado con la aproximación que se desee para obtener la información adecuada al objeto de la investigación, por ejemplo el grado de conocimiento de los contactos, las características particulares de los diferentes estratos, etc.

Las muestras de canal provenientes de la perforación con equipo rotatorio no proporcionan información precisa por el grado de contaminación causado por la recirculación del material de la formación. Este factor ocasiona que los contactos de las formaciones, tanto desde el punto de vista litológico, como paleontológico, sean difíciles de precisarse con la debida exactitud.

Los ripios de perforación constituyen una de las mejores maneras para conocer las formaciones atravesadas y son junto con los núcleos y las muestras de pared son el único contacto directo con el subsuelo.

A estos ripios se les denomina *residuos de perforación* y a los ripios que no cumplen con las especificaciones y que por ende no podrían ser reciclados o reutilizados se les denomina *desechos de perforación*¹²⁵.

2.1. DESCRIPCION DE RIPIOS. TEXTURA Y COMPOSICION.

Las muestras de ripios o de canal, constituyen una de las mejores maneras para conocer las formaciones atravesadas y son junto con los núcleos y las muestras de pared el único contacto directo con el subsuelo.

De esta manera se obtienen cálculos más reales que los aportados en los registros de pozos, los cuales son un método indirecto. Sin embargo, el inconveniente de no saber a qué profundidad pertenecen genera un problema.

Para la toma de muestras se debe calcular el tiempo que tardan en llegar a la superficie las muestras de determinada profundidad, este tiempo se denomina *Lag Time*.

Los intervalos de muestreo más utilizados son cada 5, 10 o 20 pies, por consiguiente, es posible calcular los intervalos de tiempo correspondientes.

Al tomar las muestras de la malla agitadora o shale shaker, estas deben lavar con agua para retirar el lodo de perforación y luego se secan en una hornilla. De aquí se obtienen muestras que se denominan secas, las cuales son observadas y descritas textural y composicionalmente a la lupa.

También se obtiene muestras denominadas húmedas, que son una porción de la anterior muestra, pero que en este caso se dejan secar naturalmente y posteriormente se utilizan para análisis geoquímicos¹²⁶.

Finalmente las muestras se empacan en bolsas y se marcan con el nombre de la compañía, del pozo, el intervalo de profundidad y el tipo de muestra. FIGURA 55.

¹²⁵ Mier Umaña, R. presentaciones geología de hidrocarburos, practica de Laboratorio número dos, ripios.

¹²⁶ Mier Umaña, R., Cruz Guevara, L E., 2001., Sedimentología para Ingenieros de Petróleo. Prácticas de laboratorio.

Figura 55. Empaque de un ripio de perforación.



Fuente: www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6150/5/Parte%20Segunda_TesisCBV.pdf

Al realizar el análisis se debe reconocer la parte contaminante proveniente de estratos superiores o de zonas de derrumbe, así como los fragmentos de lodo que aún puedan estar presentes.

En la descripción de rípios generalmente se mencionan las siguientes características:

- ✓ Tipo de roca
- ✓ Color
- ✓ Textura, incluyendo; tamaño de grano, redondez, esfericidad y sorteamiento.
- ✓ Fósiles y minerales accesorios
- ✓ Presencia de hidrocarburos o Shows.

A continuación se hace un resumen de los principales tipos de rocas sedimentarias y sus características más importantes¹²⁷

¹²⁷Laboratorio de Rocas Sedimentarias, y Siliciclasticas del Manual de la materia Geología de Hidrocarburos.

2.1. Sedimentos de grano medio a grueso (Conglomerados y Arenas)

- *Color*: Uniforme, abigarrado, bandeado u otras variaciones.
- *Tamaño de los granos*: Grava, arena y lodo. Utilice la tabla de tamaño de grano de Wentword.
- *Estructura*: Masivo, laminar, trenzado (fragmentos de roca).
- *Grado de coherencia o de fragilidad*: Resistente, quebradizo.
- *Minerales primarios y accesorios*: Cuarzo, feldespato, pirita, glauconita, ferromagnesianos, magnetita, entre otros.
- *Redondez y esfericidad* en los granos para cada fragmento del ripio, también determinar cristalinidad, alteraciones.
- Determine el *calibrado o selección* de las fracciones arena y grava para cada fragmento.

2.2. Sedimentos de grano fino: Arcillas y Limos

Para describir a los sedimentos de grano fino se usan diferentes términos de los cuales se indicaran los más usuales:

- **Lutita**: Lodolita fisil o sedimento laminar, endurecido o quebradizo compuesto de material finamente dividido del tamaño clasificación y composición de la arcilla.
- **Lodolita**: (Lodo endurecido) (Tamaño limo y arcilla), Sedimento endurecido, masivo, nunca laminado, compuesto por material del tamaño, clasificación y composición de la arcilla.
- **Limolita**: Roca sedimentaria constituida por partículas tamaño limo, es una roca compacta, sin fisilidad.
- **Arcillolita**: Es una roca compacta, sin fisilidad y formada por partículas del tamaño de la arcilla.

Cuando se examina los sedimentos limo - arcillosos se recomienda anotar las siguientes características:

- ✓ *Color*: Uniforme, bandeado, abigarrado, jaspeado, multicolor
- ✓ *Estructura*: Masivo, laminar, quebradizo
- ✓ *Carácter*: Arcillosos, limoso
- ✓ *Minerales accesorios*
- ✓ *Contenido de fósiles*.

2.3. Sedimentos calcáreos:

Los más importantes son las calizas y las dolomitas. Cuando se examinan sedimentos de este tipo se recomienda analizar las siguientes características¹²⁸.

- Color
- Cristalinidad: fino, medio, grueso, denso
- Estructura: oolítica, pisolítica, entre otros.
- Minerales accesorios: sílice, pirita, glauconita
- Impurezas: arcilla, arena
- Contenido de fósiles

Las características más importantes que se deben describir para los tipos de roca más comunes a manera de ejemplo son las siguientes:

ARENISCAS

El tamaño y forma promedio de los granos, el grado de sorteamiento, el color, la dureza y los minerales accesorios. Se debe tener en cuenta que debido a la disgregación de la roca efectuada por la broca, muchos fragmentos pequeños no son recogidos en la malla y como resultado se observará menos arenisca de la que hay realmente.

LUTITAS

Es posible determinar su color, humedeciéndolas para quitar la máscara que crea el lodo, su dureza y textura y los minerales accesorios presentes. La presencia de materia carbonácea, pirita, concreciones ferruginosas y fósiles, sirven para caracterizar las formaciones o algunos niveles en particular.

CARBONATOS

Se conocen por su color blanco a gris y su textura. Además es posible distinguir caliza de dolomita por su reacción al ácido clorhídrico diluido. Se deben identificar fósiles, oolitos, pellets y presencia de cristales de calcita.

¹²⁸ Laboratorio de clasificación textural y composicional de rocas calcáreas del Manual Geológico de

Hidrocarburos.

OTROS MINERALES O FRAGMENTOS DE ROCAS

La anhidrita, reconocida por su color blanco, dureza y por disolverse lentamente en ácido. El chert de color blanco o negro y su carácter silíceo. La descripción de los fragmentos de rocas ígneas y metamórficas es importante porque constituyen el basamento. Finalmente existen contaminantes exteriores que a menudo ocurren en las muestras, como agregados del lodo de perforación para aumentar su peso o tapar fracturas; virutas de hierro producto de la broca y hasta cemento, con formas de aguja, que puede ser confundido con caliza.

Finalmente existen contaminantes exteriores que a menudo ocurren en las muestras, como agregados del lodo de perforación para aumentar su peso o tapar fracturas; virutas de hierro producto de la broca; y hasta cemento, con formas de aguja, que puede ser confundido con caliza.

Es recomendable revisar unas cinco (5) muestras seguidas, de esta forma los cambios litológicos serán fácilmente detectados y en el caso de que este cambio no exista, se ahorra tiempo al describirlas en conjunto.

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Tome las muestras asignadas y descríbalas de acuerdo a su textura y composición.

Textura: Incluyendo; tamaño de grano, redondez, esfericidad y sorteamiento. Fósiles. Color.

Composición: Porcentaje de; cuarzo, feldespatos, fragmentos de rocas y minerales accesorios. Materia orgánica. Carbonatos. Fósiles, oolitos, pellets. Presencia de hidrocarburos o Shows.

2. Utilice el formato adjunto de descripción de ripios y elabore la secuencia de rocas que representan
3. Utilice las convenciones litológicas anexas y así mismo el anexo de convenciones para fósiles si es necesario. Anexo 18 y Anexo 19.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

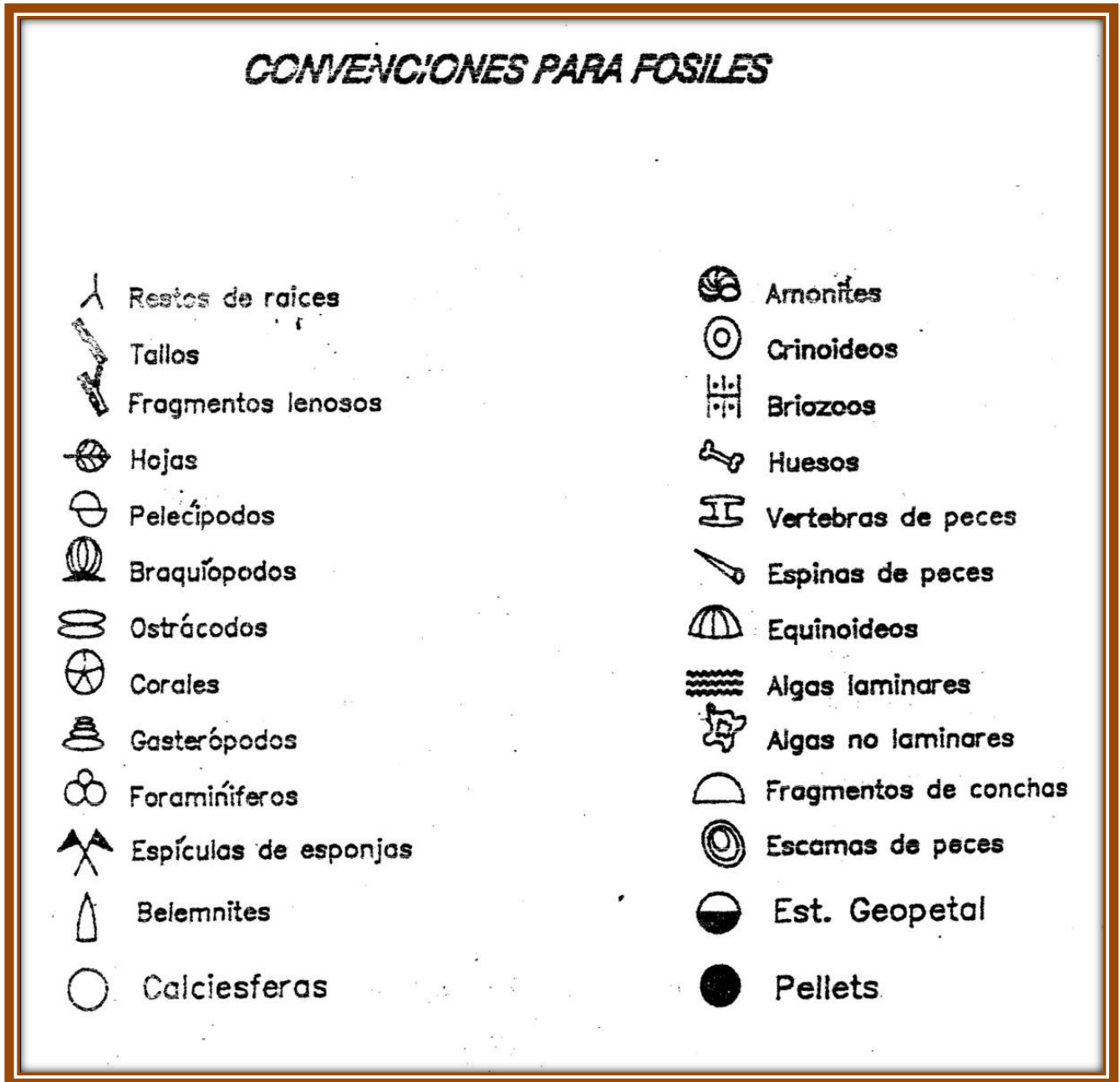
1. ¿Cómo se obtienen los ripios en el proceso de perforación?
2. ¿Cómo se establece la profundidad de los ripios de perforación?
3. Indique tres usos importantes de los ripios de perforación.
4. ¿Luego de describirlos estos se desechan?
5. El intervalo de muestreo o toma de los ripios es constante o este puede variar. ¿En qué casos?

Anexo 18. Imagen de las convenciones litológicas.

| <i>CONVENCIONES LITOLÓGICAS</i> | | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|---|
| | Arenisca | | Arenisca lodosa |
| | Conglomerado | | Limolita arenosa |
| | Arcillolita | | Limolita arcillosa/ Arcillolita limosa |
| | Limolita | | Arcillolita arenosa |
| | Shale | | Arenisca calcárea |
| | Caliza | | Caliza arenosa |
| | Arenisca conglomerática | | Dolomita |
| | Conglomerado arenoso | | Caliza margosa |
| | Conglomerado arcilloso | | Carbón |
| | Conglomerado calcáreo | | Shale calcáreo |
| | Arcillolita calcárea | | Limolita calcárea |
| | Caliza con dolomitización. | | Arenisca dolomítica |
| | Intrusivos | | Brecha Sedimentaria |
| | Volcánicos | | Brecha de Falla |
| | Piroclásticos | | Metamórficos |

Fuente: Ricardo Mier Umaña. Material de la asignatura Geología General. UIS.

Anexo19. Imagen de las convenciones para fósiles.



Fuente: Ricardo Mier Umaña. Material de la asignatura geología de hidrocarburos. UIS.

BIBLIOGRAFÍA

CASTILLO. TEJERO. Carlos, Consideraciones sobre el examen de las muestras provenientes de la perforación de pozos.

CRUZ GUEVARA, L, E. CABALLERO, V. M. Guía para la descripción de rocas sedimentarias en el terreno. Sedimentología, Prácticas de laboratorio, Escuela de Geología, UIS, 2002

MIER, Ricardo. Ejercicios de Geología del Petróleo. Universidad Industrial de Santander. Geología. 1194

MUÑOZ, Fernando. Generalidades Sobre la Exploración y Explotación del Petróleo. Universidad Industrial de Santander, Ingeniería de Petróleos. 1992

VIANA Javier. Tratamiento y eliminación de desperdicios de perforación de exploración y producción. ARPEL (asociación regional de empresas de petróleo y gas natural en Latinoamérica y el Caribe).

PRACTICA N° 9 ESTRUCTURAS Y MAPAS GEOLOGICOS

OBJETIVO

- ✓ Familiarizarse con los conceptos básicos de rumbo y buzamiento, plegamientos y fallas que presentan las rocas.
- ✓ Iniciar el manejo de mapas geológicos, los cuales son de continuo uso en la industria petrolera.

INTRODUCCION

Un mapa geológico es un mapa topográfico sobre el que se han dibujado diversos símbolos que indican los tipos de rocas de la superficie terrestre, el tipo de contacto entre ellas, las estructuras geológicas y los elementos geomorfológicos.

Los mapas geológicos representan la forma interior y exterior de un territorio, los diferentes materiales que componen su suelo, los cambios y alteraciones que éstos han experimentado desde su origen y su colocación actual.

En resumen la importancia de los mapas geológicos prima en que son mapas de afloramientos rocosos y de ahí deriva una gran cantidad de información.

MARCO TEORICO

1. MAPAS GEOLOGICOS

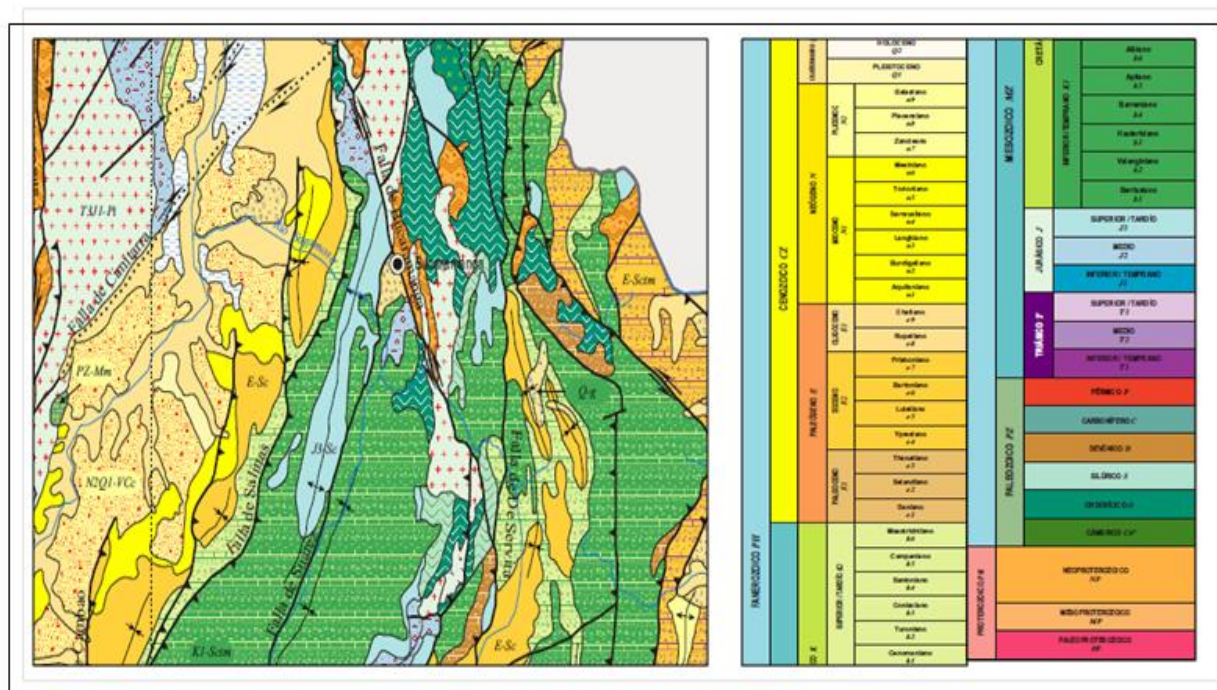
Un mapa geológico es un documento de referencia a la vez científico y pedagógico donde se muestra sobre un mapa la distribución de las rocas y materiales superficiales no consolidados, y las estructuras que los afectan. En la representación de estos rasgos se utilizan colores y tramas para indicar la edad y la composición de los materiales, y se adicionan símbolos para mostrar la distribución espacial de las estructuras (fallas y pliegues). Además del conocimiento del terreno en un punto preciso, el mapa geológico permite deducir la distribución de los materiales profundos a partir de la información superficial. En otras palabras, el mapa geológico es una representación de la geología de un área

y ésta tiene un profundo efecto sobre muchos aspectos, desde la forma como evoluciona el paisaje hasta el tipo de vegetación que mejor crece allí, desde la disponibilidad de aguas subterráneas en pozos hasta la presencia de minerales útiles o deseables, desde la cantidad de movimiento sufrido durante un terremoto hasta la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos. Desde el punto de vista académico, es un documento fundamental pues a partir de la información del mapa geológico se puede interpretar la evolución de la Tierra. Este documento es por lo tanto, indispensable para todos aquellos interesados en las geociencias y en la gestión sostenible tanto de los recursos naturales como del ambiente, incluyendo en este último aspecto la evaluación de los riesgos geológicos¹²⁹.

6.1. Colores o tramas

Cada color indica una unidad litológica o conjunto de rocas, que tiene una edad determinada, aceptada internacionalmente y fácilmente reconocible en el campo o en foto aérea.

Figura 56. Mapa geológico de Colombia Esc 1:2.800.000.



Fuente: Ingeominas, 2007.

¹²⁹Gómez, J., Nivia A., Montes, N. E., Tejada, M.L., Jiménez, D.M., Sepúlveda, M. J., Osorio, J. A., Gaona, T., Diederix, H., Mora, M. & Uribe, H., Compilers 2007. INGEOMINAS. Bogotá.

Las tramas indican el tipo litológico. Las litologías y edades se expresan también con números y letras. En los mapas geológicos se muestran los siguientes elementos que ayudan a interpretarlos:

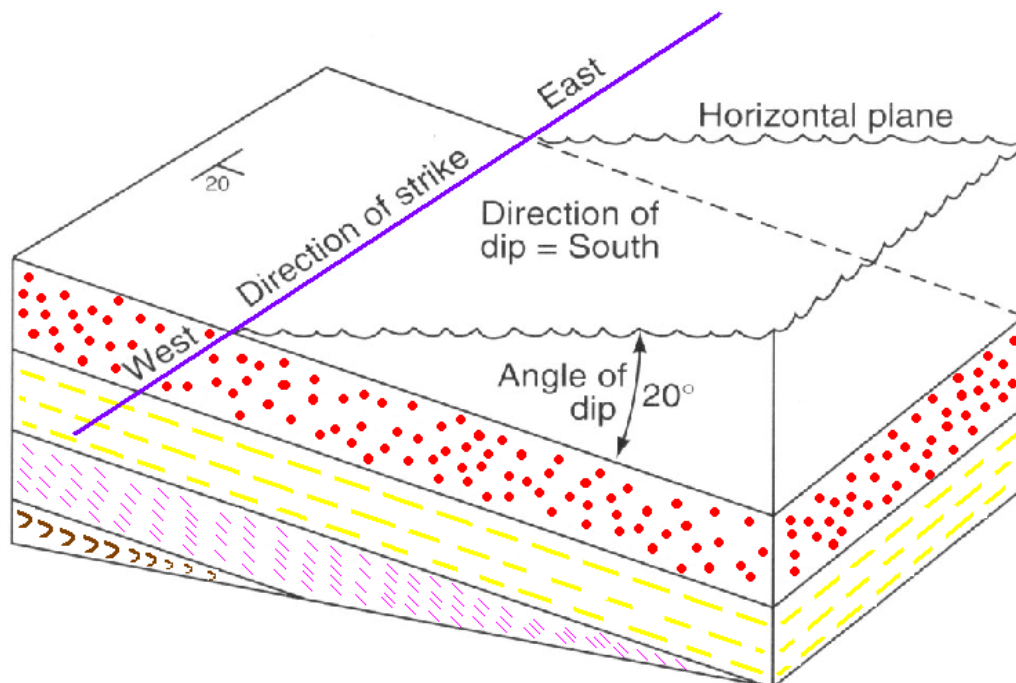
- Esquema Regional.
- Esquema Geológico.
- Esquema Morfoestructural.
- Esquema Tectónico.
- Leyenda con cronología.
- Columnas estratigráficas.
- Cortes geológicos.

7. ESTRUCTURAS

7.1. Conceptos de Rumbo y Buzamiento:

En la descripción de estructuras geológicas se utiliza el término Aptitud, para determinar la orientación de una roca. El Rumbo y el buzamiento se utilizan para describir la Aptitud tal como se observa en la figura 57.

Figura 57. Rumbo y Buzamiento de una roca.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

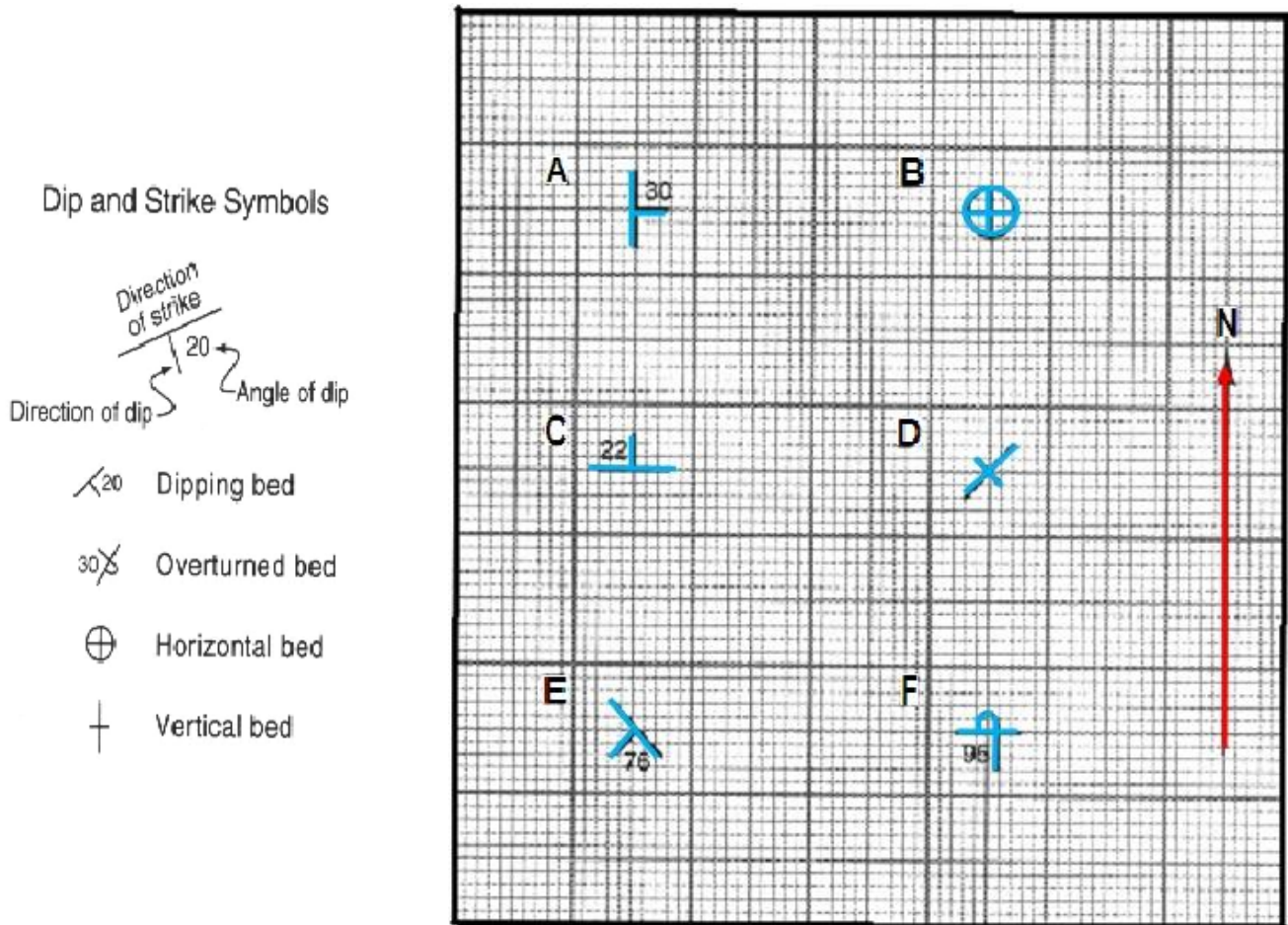
El rumbo, geoméricamente es la direccin de la lnea formada por la interseccin del plano de buzamiento o inclinacin de la roca y un plano horizontal. Se puede expresar en trminos de Azimut o utilizando los cuadrantes N, S, E, O.

El buzamiento, corresponde al ngulo de inclinacin de un plano de estratificacin con respecto a un plano horizontal y su direccin se encuentra a 90° de la direccin del rumbo.

Existen brújulas que miden la direccin del buzamiento en trminos del azimut y ngulo de inclinacin y el rumbo se deduce a 90° grados del buzamiento.

La aptitud de las rocas puede ser representada en un mapa utilizando smbolos, los cuales se localizan de acuerdo al norte del mapa.

Figura 58. Smbolos para diferentes valores de rumbos y buzamientos.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Pregunta Interpretativa

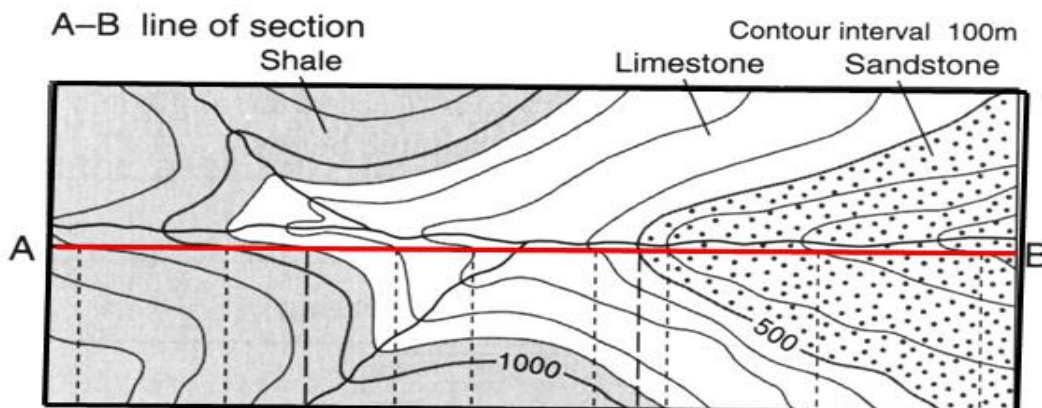
Con la anterior información consigne en el siguiente cuadro los valores de las aptitudes de los puntos A – F.

| LOCALIZACIÓN | RUMBO | | BUZAMIENTO | |
|--------------|--------|-------------|------------|--------|
| | AZIMUT | ORIENTACION | DIRECCION | ANGULO |
| A | | | | |
| B | | | | |
| C | | | | |
| D | | | | |
| E | | | | |
| F | | | | |

8. CONSTRUCCIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS

El mapa de la figura 59, representa la topografía por curvas de nivel y la distribución de diferentes tipos de rocas o cartografía geológica.

Figura 59. Topografía por curvas de nivel y distribución de diferentes tipos de rocas.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

PROCEDIMIENTO

- 1) Elabore el respectivo corte topográfico entre los puntos A – B.
- 2) Traslade los puntos de contacto entre las diferentes litologías que se observan sobre la línea de corte al corte topográfico.
- 3) Observe que en este caso los contactos entre las diferentes litologías siguen el contorno de las curvas de nivel, indicando que las rocas se encuentran horizontales.

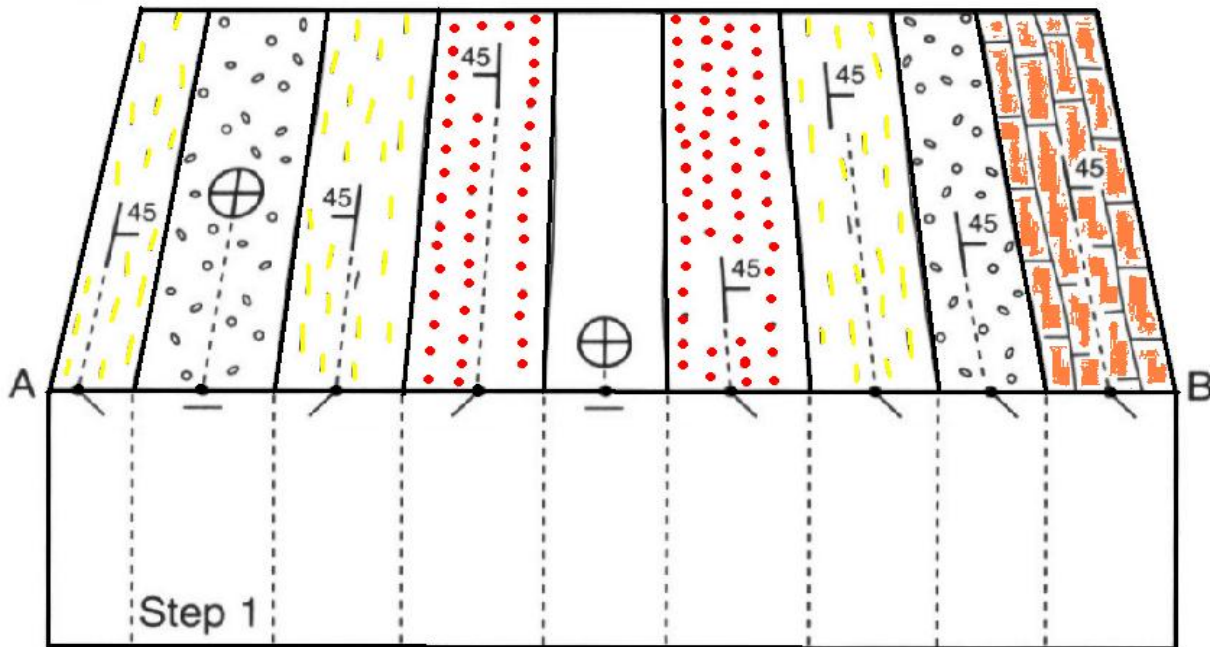
A partir de los puntos de contacto trasladados al corte, trace líneas horizontales en cada uno para terminar el corte geológico.

- Determine el espesor, la extensión, el área y el volumen ocupado por cada una de las litologías.
- Elabore la historia de depositación según el corte elaborado.

9. CONSTRUCCIÓN DE SECCIONES GEOLÓGICAS EN ROCAS PLEGADAS.

El diagrama de la figura 5 representa la distribución de varias capas o estratos de rocas sedimentarias, tal como se representarían en un mapa geológico, con valores de rumbo y buzamiento para cada una de ellas.

Figura 60. Distribución de varias capas o estratos de rocas sedimentarias.

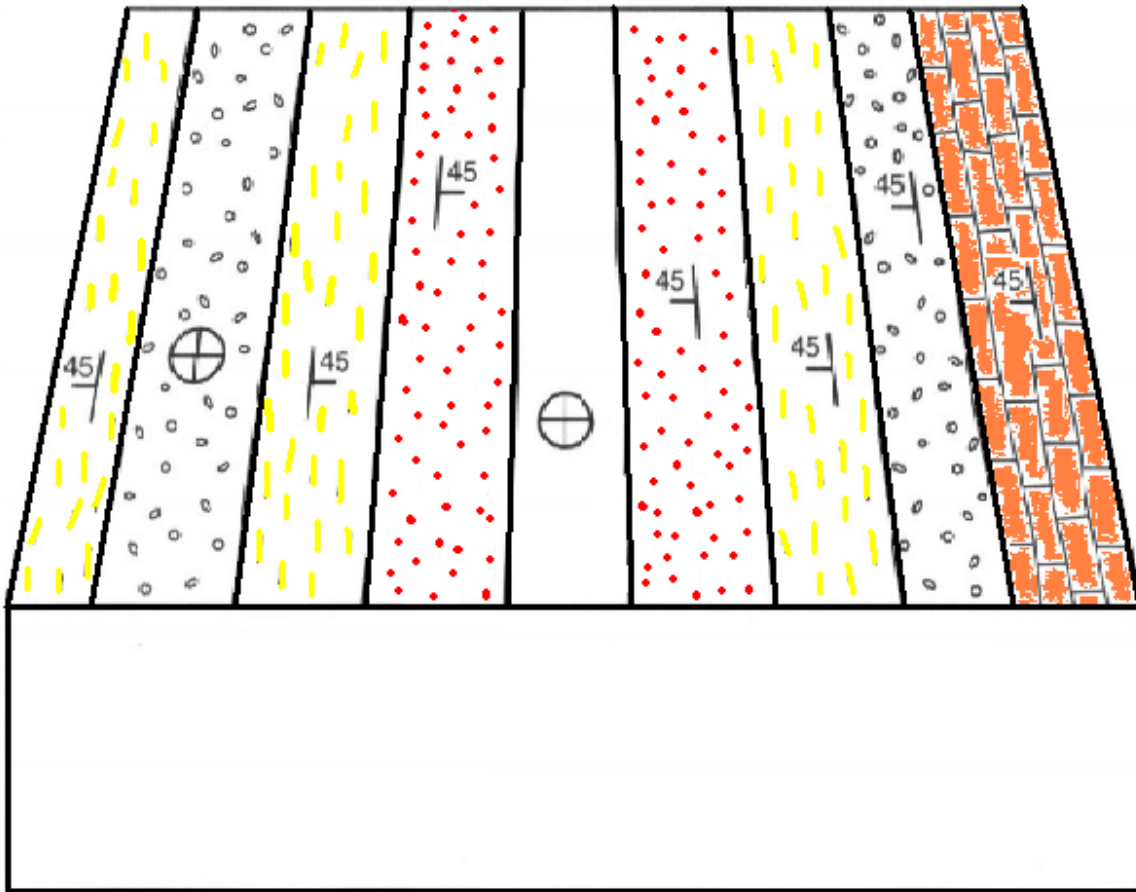


Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

- Proyecte los valores de rumbo y buzamiento sobre la línea A – B, haciendo pequeñas marcas sobre la parte frontal del diagrama que indiquen la dirección y ángulo real de inclinación de las capas.
- Proyecte los límites o contactos de cada litología sobre la parte frontal del diagrama.
- Extienda los límites o contactos hacia abajo, siguiendo las direcciones de buzamiento establecidas previamente.
- Mejore los contactos en profundidad trazando líneas curvas en las uniones y coloque la simbología para cada litología.
- Establezca la historia de depositación según el corte geológico elaborado.

- Elabore el ejercicio N° 61 propuesto y su historia de depositación.

Figura 61. Ejercicio Propuesto.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

10.FALLAS

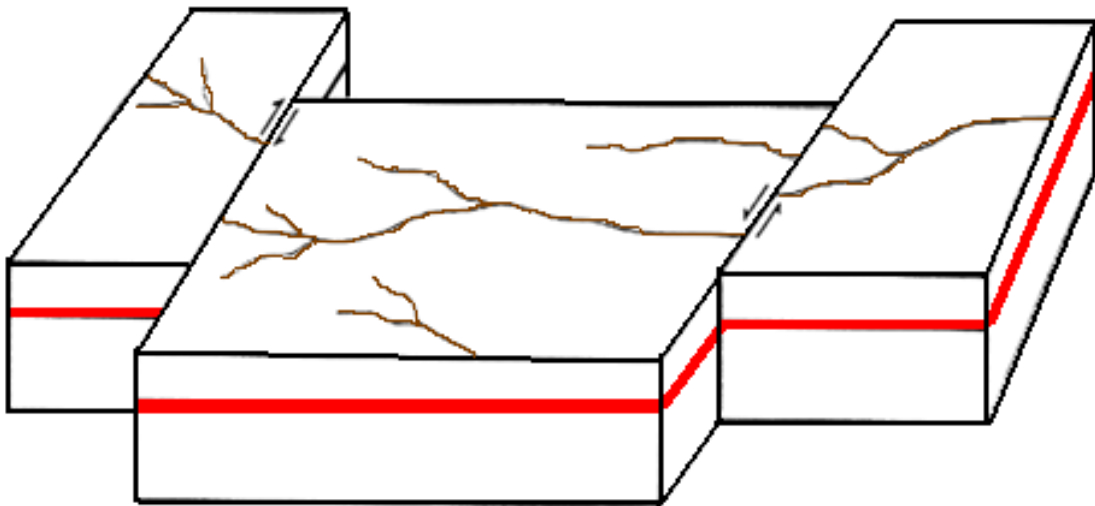
Las fallas, son los planos sobre los cuales las fracturas presentes en las rocas han sufrido movimiento.

Las fallas se pueden clasificar de acuerdo a la orientación del plano de falla y según el movimiento de un bloque con respecto al otro.

10.1. Fallas de deslizamiento de rumbo. Strike – Slip

En este tipo de fallas ver figura 6, el movimiento es horizontal y se da en la dirección del rumbo del plano de falla y su inclinación generalmente es vertical.

Figura 62. Falla con movimiento horizontal.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Según el movimiento visto en planta estas fallas pueden ser:

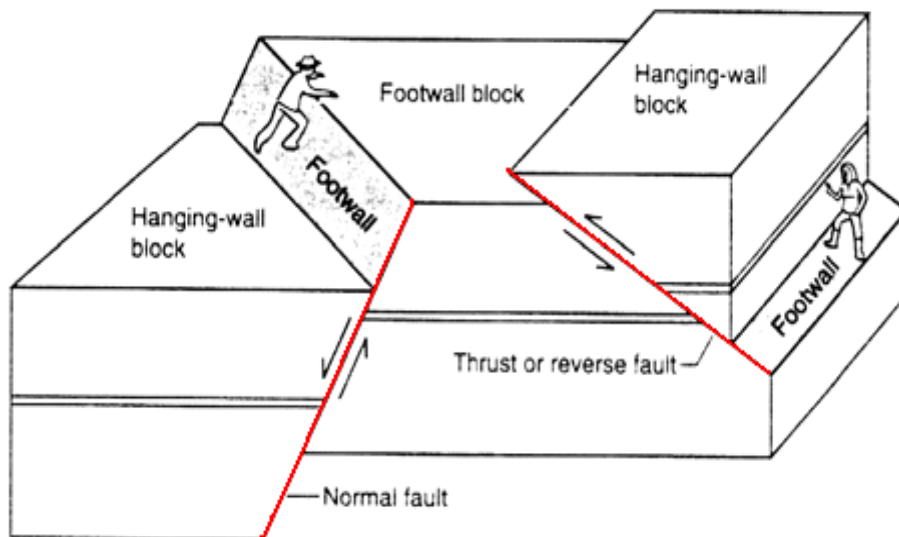
- Lateral derecha o dextral.
- Lateral izquierda o Sinextral

10.2. Fallas normales e inversas

En estas fallas, ver figura 62 su movimiento presenta una componente principal en la vertical y para definir las se utiliza el movimiento relativo de los bloques a lado y lado del plano de falla. En estas fallas se debe tener en cuenta:

- Bloque hundido o Hanging-wall block.
- Bloque levantado o Footwall block.
- Plano de falla o Footwall.

Figura 63. Falla con una componente principal en la vertical.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

Falla Normal: En este caso el bloque hundido se desliza hacia abajo siguiendo el plano de falla.

Falla Inversa o Thurst Faults: En este caso el bloque hundido se desliza hacia arriba siguiendo el plano de falla.

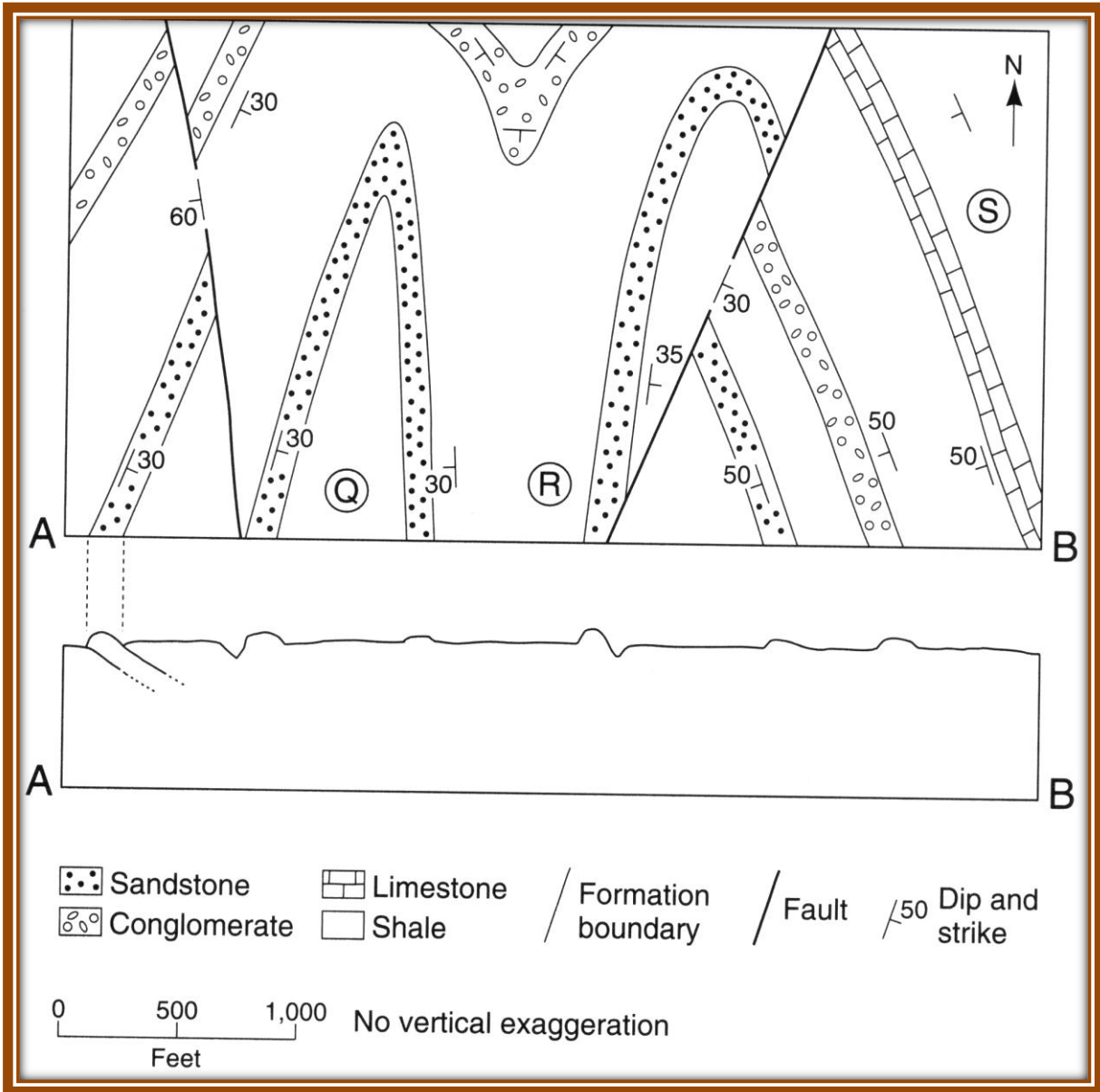
DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Utilizando todas las indicaciones anteriores elabore el ejercicio propuesto de la Figura 64 con su correspondiente historia geológica.

PREGUNTAS INTERPRETATIVAS

1. ¿Cuál es la utilidad de los mapas geológicos en la industria del petróleo?
2. ¿Es posible a partir de un mapa geológico conocer algo del subsuelo?
3. ¿Por qué los mapas geológicos deben llevar datos de rumbo y buzamiento de las capas?
4. ¿Cómo se establece si una falla es normal, inversa o de rumbo?
5. ¿Qué importancia tienen los mapas estructurales en la industria del petróleo?

Figura 64. Ejercicio propuesto. Corte A – B e historia geológica.



Fuente: Mier Umaña R. presentaciones de clase de la asignatura Geología General.

BIBLIOGRAFÍA

MIER UMAÑA RICARDO. Presentaciones de la asignatura Geología General. Tema: Estructuras y Mapas Geológicos. UIS. Escuela de geología.

Mapas Geológicos. (Documento Virtual). www.ingeminas.gov.co/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia.aspx

Construcción de Secciones Geológicas. (Documento Virtual). www.uclm.es/profesorado/egcardenas/mapa%20geol%C3%B3gico.pdf

Conceptos básicos estructurales y Mapas Geológicos. (Documento Virtual). www.profedesoci.es/wpcontent/uploads/2010/Geograf%C3%ADa/Entender%20mapas.pdf

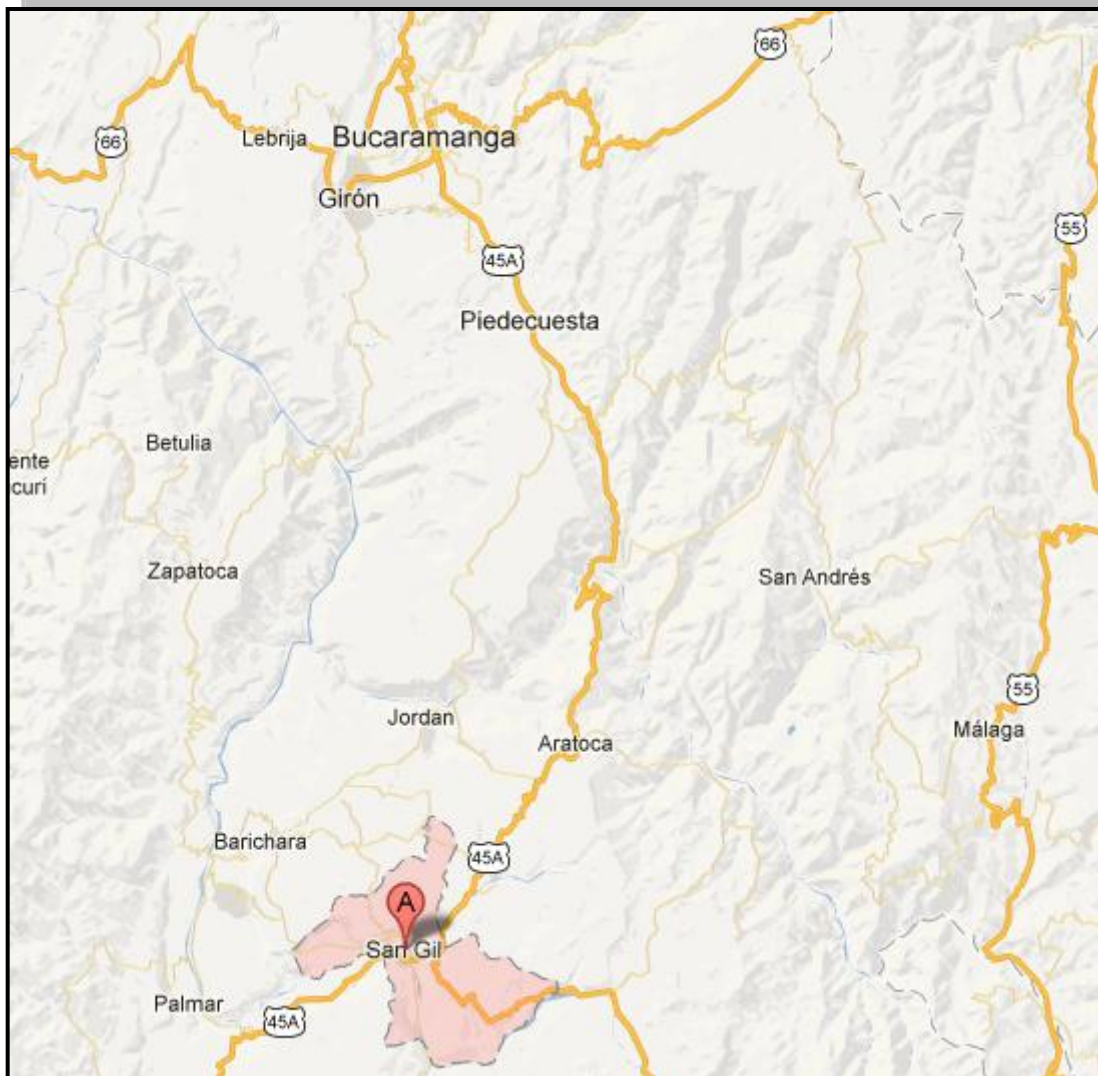
PRACTICA N° 11 SALIDA DE CAMPO

Fecha:

Fecha entrega del informe:

Recorrido: *Vía Bucaramanga – San Gil.*

Figura65. Imagen y localización del recorrido de la salida de Campo.



Fuente: Google Maps.

OBJETIVO

- ✓ Reconocimiento en campo de los principales tipos de rocas; ígneas, metamórficas y sedimentarias. Sus texturas, estructuras y composición y descripción de afloramientos.

INTRODUCCION

El trabajo de campo es un recurso fundamental para la consecución de muchas de las capacidades programadas para los estudiantes y que están presentes en los objetivos generales de la asignatura, marcados como una meta para el final del periodo académico.

La salida de campo recopila todos los temas vistos teóricamente durante el semestre y lleva a los estudiantes a aplicar todos los conceptos aprendidos en un ambiente externo al laboratorio y salón de clases. Durante el trabajo de campo se aprende nuevos conocimientos y afianzan las ideas impartidas en las clases y es fundamental que los estudiantes sean receptivos a cuestionar e indagar durante todo el recorrido

Finalmente la salida de campo es el refuerzo práctico de todo lo aprendido y la culminación del aprendizaje del manual de Geología General.

MARCO TEORICO

En cada una de las estaciones se debe tomar la siguiente información:

1. Localización geográfica.

Nombre del Lugar.

Coordenadas y Altura sobre el nivel del mar.

2. Descripción Gráfica del Afloramiento.

Dibujo del afloramiento, en el cual se debe indicar la escala gráfica utilizada, sus dimensiones (largo, ancho, alto) y especificar el norte geográfico. En el registro fotográfico, se debe numerar e indicar posteriormente sobre ella toda la información recolectada.

3. Descripción Geológica del afloramiento.

Se debe realizar de lo general a lo particular. Describir estratificación y estructuras presentes, continuar con los tipos de rocas aflorantes, su textura y composición. Es importante tomar datos estructurales de rumbo y buzamiento y anotarlos.

Recorrido:

- Estación 1. Panorámica desde el Aeropuerto.
- Estación 2. Afloramiento Formación Girón. En el sitio anterior.
- Estación 3. Afloramiento anillo vial. Meseta de Bucaramanga
- Estación 4. Restaurante Pepe Grillo. Rocas Sedimentarias. Formación Girón.
- Estación 6. Desviación Curos – Málaga. 3 Km entrando. Rocas Igneas
- Estación 7. El corozo. Diques Félsicos
- Estación 9. Después del puente de pescadero. Rocas Metamórficas, esquistos y diques máficos

- Estación 10. 3 Km delante de la Estación 9. Rocas Metamórficas. Esquistos.
- Estación 12. Machín de Pescadero. Esquistos granatíferos.
- Estación 13. Área de Curití. Rocas Calcáreas. Mina de caliza

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

1. Elabore un informe que contenga para cada estación la información indicada anteriormente.
2. Tome muestras de la roca representativa en cada afloramiento, márquelas, descríbalas y relaciónelas en el informe. *Catálogo de Muestras*.
3. Llene el formato sedimentológico adjunto para las salidas de campo.

ANEXO 20. Formato general para la descripción de afloramientos.

FORMATO GENERAL PARA LA DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTOS

DIBUJO

Localización:

Datos Estructurales:

Litología(s):

Textura(s):

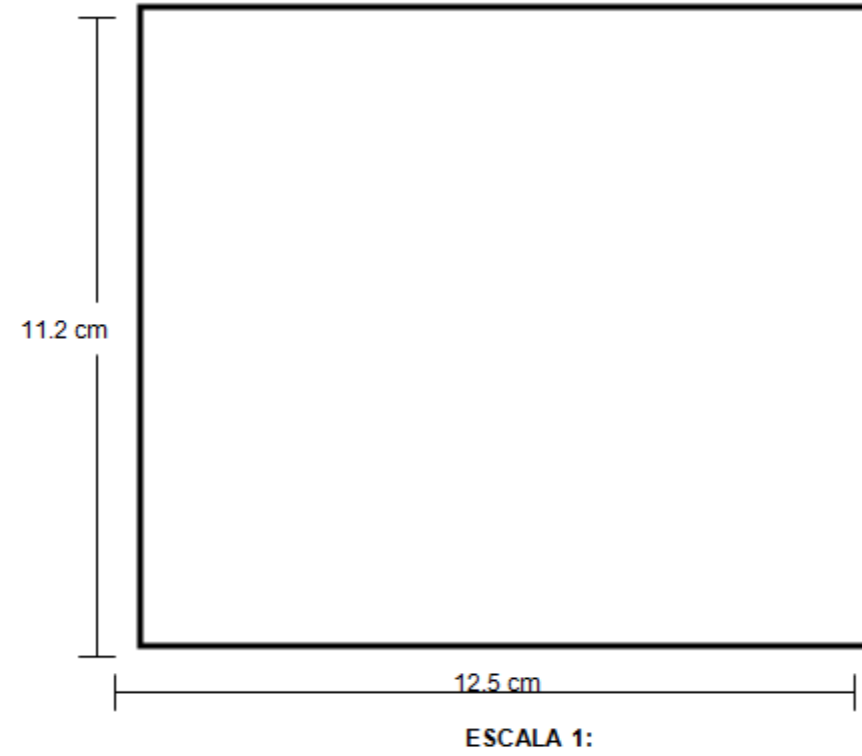
Mineralogía:

Estructuras:

Descripción General:

Observaciones (Alteraciones, etc):

Muestra(s) No.



Fuente: Ricardo Mier Umaña. Material de la asignatura Geología General. UIS.

BIBLIOGRAFIA

MIER UMAÑA, Ricardo. Material de la asignatura Geología General. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Geología.