

U.A.N.L.

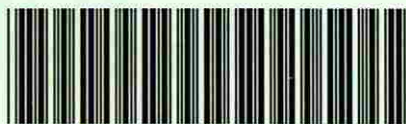
REPRODUCCIONES DEL LIBRO:

**GEOLOGIA APLICADA A LA INGENIERIA
CIVIL Y FOTOINTERPRETACION**

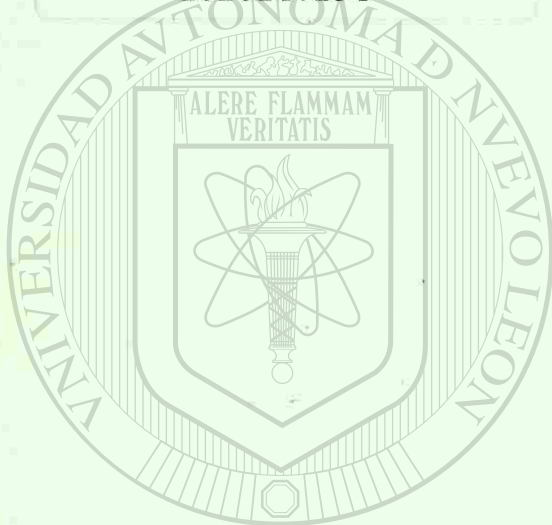
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA

ING. GEOLOGO JUAN B. PUIG

TA7
.G4



1020147294



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

37 =

BIBLIOGRAFIA

También como libros de consulta para la clase de Geología Aplicada.

Principles of Geology = Gilluly, Walters y Woodford
Application of Geology to

Engineering Practice = Berkey Volume

Historical Geology = Dunbar

Principles of Sedimentation = Twenhofel

Geomorphology = Lobeck

Field Geology = Lahee

Principles of Engineering Geology and Geotechnics =
Krynine and Judd

Geology for Engineers = Trefethen

Apuntes de Geología Aplicada = Puig

Dam Geology = Walters

Apuntes Sobre las Rocas = Vivar

Las Doce Reglas de la Interpretación Fotogeológica =
Guerra Peña

Fotogeología y su Aplicación a la Exploración Petrolera =
Puig

Fotogeología Aplicada a las Vías Terrestres = Puig.



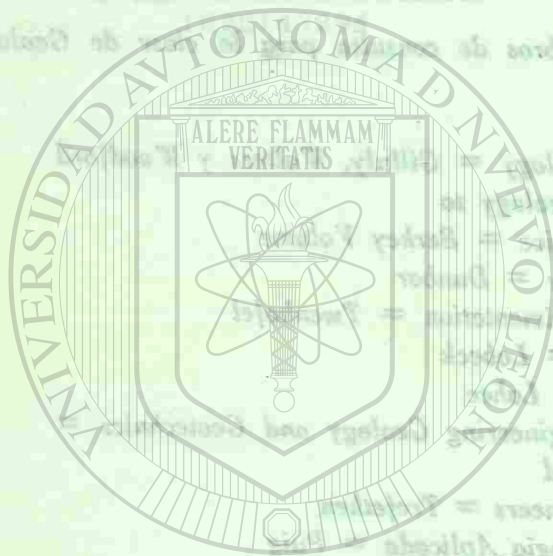
ACERVO GENERAL
FONDO

m

TA705

.G4

979115



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

FONDO
UNIVERSITARIO

Nov. 15 - 04

SH

Capítulo I

GENERALIDADES

IMPORTANCIA DE LA GEOLOGIA EN LA INGENIERIA

Geología es la ciencia que se encarga del estudio de la Tierra o sea que trata del origen, la historia y las estructuras de la Tierra, de acuerdo con su registro en las rocas.

Los conocimientos teóricos de la Geología, combinados con la práctica y la experiencia, tienen una importante aplicación para resolver problemas que se presentan en las grandes obras de ingeniería civil.

Es aceptado unánimemente que el éxito y la economía de una obra de ingeniería, dependen principalmente del grado en que la estructura quede adaptada a las condiciones geológicas del terreno en que se construye, al grado que para fines de cálculo, se tiende a considerar a las masas rocosas o de suelos, como una parte integrante de la estructura.

La aplicación de la Geología a la resolución de problemas de ingeniería civil es relativamente reciente pero adquiere cada día una mayor importancia. Tanto las dependencias oficiales que proyectan y construyen como las compañías constructoras, cuentan con oficinas geológicas cada vez más grandes y mejor equipadas.

De las divisiones de la Geología que se aplican más directamente a los problemas de ingeniería civil, pueden anotarse: la hidrología, la petrografía, la estratigrafía, la geología estruc-

tural, la geología económica y la geofísica. Han aparecido nuevas ramas del conocimiento que participan en las dos disciplinas, Geología e Ingeniería Civil, como son la Mecánica de Suelos y la Mecánica de Rocas.

GEOLOGÍA E INGENIERÍA CIVIL

Las necesidades de aplicación de los conocimientos geológicos a la ingeniería civil, han originado una especialidad llamada Ingeniería Geológica, que es practicada por ingenieros geólogos con conocimientos de ingeniería civil; al mismo tiempo, se ha desarrollado la Geotecnia, disciplina que se practica por ingenieros civiles que poseen conocimientos profundos de Geología.

En los problemas que requieren la aplicación de la Geología a la ingeniería civil, se hace necesaria la colaboración entre los profesionistas de ambas disciplinas, ya que sus criterios y sus puntos de vista son muy diferentes. Ante un problema determinado el ingeniero geólogo fundamentalmente reacciona haciendo un análisis cualitativo de la situación. Estudia las características de los elementos que están provocando el fenómeno y sus relaciones con las condiciones estratigráficas y estructurales de las rocas y de los suelos, con las de las aguas superficiales o subterráneas, y emplea sus conocimientos y su experiencia para llegar a una solución práctica. Frente al mismo problema, el ingeniero civil utiliza datos cuantitativos, a través de levantamientos topográficos, toma de muestras y pruebas de campo o ensayos in situ o en el laboratorio. La solución que da al problema es numérica, con la aplicación de factores de seguridad que dependen principalmente de su experiencia.

Las soluciones propuestas por los dos profesionistas pueden ser similares, o bien distintas, pero ambas acertadas, por lo que en

cualquier caso, lo mejor es conjugarlas para llegar a una solución conjunta en la que habrán sido tomadas en cuenta todas las posibilidades de investigación.

INFORMACIÓN GEOLÓGICA GENERAL QUE PUEDE OBTENERSE DE UNA INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

La valoración máxima de la aplicación de la Geología en proyectos de Ingeniería se obtiene al comenzar un estudio o sea en la fase preliminar del trabajo.

Antes de que sea necesario gastar en exploraciones del subsuelo, el geólogo debe proporcionar al ingeniero la información preliminar para el proyecto de la obra, como la que se refiere a:

Los tipos de roca que se encuentran, su distribución y sus relaciones estructurales.

La presencia de rocas que pueden presentar problemas de cimentación.

La existencia de condiciones especiales como resultado de fenómenos de glaciación o de depósitos lacustres.

La presencia de fallas de importancia, o de un excesivo fracturamiento.

La profundidad a que ha actuado el intemperismo, para estimar una cimentación o un corte.

La posibilidad de conseguir yacimientos de materiales para construcción.

La profundidad de los rellenos de los valles; y

Las condiciones generales de las aguas superficiales y subterráneas en el lugar.

LA TIERRA

Se han formulado diversas hipótesis con respecto al origen del Sistema Solar, pero hasta ahora ninguna está libre de serias objeciones.

El pensamiento geológico está influenciado, directa o indirectamente, por la idea del origen y la historia de la Tierra, por ejemplo, basándose en la concepción de que nuestro planeta estuvo originalmente en estado fluido y que al enfriarse se formó una costra en la superficie, se habla de una corteza terrestre.

HIPÓTESIS NEBULAR DE LAPLACE

La primera explicación que ameritó una consideración seria como hipótesis científica, fue sugerida por el filósofo Kant y desarrollada posteriormente, alrededor de 1796, por el astrónomo Laplace, quien trató de demostrar como una nebulosa de gases a altas temperaturas al enfriarse podría automáticamente formar un Sistema Solar.

HIPÓTESIS DE LAS EXPLOSIONES SOLARES

Por el año 1900, la debilidad de la hipótesis de Laplace llegó a ser tan evidente que dos científicos norteamericanos, el geólogo T. C. Chamberlin y el astrónomo F. R. Moulton, concibieron y desarrollaron la hipótesis de que el Sol, originalmente desprovisto de planetas, tuvo en alguna época remota una colisión

con otra estrella dando como resultado una disgregación parcial de su masa y los fragmentos quedaron girando a su alrededor para formar los miembros del Sistema Solar.

Este concepto da la base para las teorías modernas del origen del Sistema Solar.

HIPÓTESIS PLANETESIMAL

Chamberlin y Moulton supusieron que las fuerzas explosivas internas del Sol, jugaron un papel importante en la disgregación, lo mismo que la presencia de protuberancias producidas en su superficie, provocadas por la atracción de una estrella que se aproximó a él. Consideraron a las prominencias solares como evidencias de explosiones colosales debidas a temperaturas extremadamente altas. Por consiguiente, argüían, cuando las protuberancias producidas por las mareas se acercaban a un estado de disgregación, las fuerzas de las explosiones lanzaban el material hacia afuera en forma de grandes masas en estado gaseoso.

Durante las últimas cuatro décadas la hipótesis Planetesimal ha estado sujeta a serias críticas y actualmente presenta grandes contradicciones.

HIPÓTESIS GASEOSA

En vista de las serias objeciones de la hipótesis Planetesimal dos científicos británicos Sir James Jean, astrónomo, y H. Jeffreys, geofísico, desarrollaron una hipótesis suponiendo que la materia disgregada se desprendió del Sol en forma de una corriente de gas incandescente, negando importancia a las explosiones in-

ternas del Sol, teniendo en cuenta que su superficie es perfectamente circular y haciendo notar que las prominencias solares originadas en explosiones internas, no son de importancia.

De acuerdo con esta idea, la protuberancia producida por la marea, llegó a una altura crítica cuando el Sol y una estrella se acercaron y los gases solares se alargaron en forma de huso hacia la estrella. Este fenómeno continuó hasta que la estrella que produjo el disturbio pasó y las fuerzas que formaron la marea comenzaron a desaparecer. Sin embargo los gases calientes habían llegado hasta una distancia de muchos millones de kilómetros como un filamento gaseoso de proporciones cósmicas.

Tal filamento debió ser inestable como un chorro de agua, tendiendo a fraccionarse en segmentos que al cerrarse formaron las esferas que constituyeron los planetas.

De acuerdo con esta hipótesis, la Tierra se encontró inicialmente en estado gaseoso y semiluminoso, enfriándose gradualmente para pasar por un estado líquido a uno sólido.

Un análisis crítico revela algunas contradicciones en esta hipótesis, pero es, sin embargo, la más aceptada en la actualidad. Entre las objeciones que se presentan la del origen y sentido de giración de los satélites, ofrece las más serias dificultades para su explicación.

En la actualidad las conclusiones más aceptables con respecto al origen del Sistema Solar son:

1. Que el sistema no ha sido eterno sino que se formó hace más de cinco mil millones de años y que proviene de una reorganización de materia o energía preexistente.

2. Que la Tierra y los demás miembros del Sistema Solar tuvieron un origen genéticamente semejante.
3. Que tanto la Tierra como la Luna pasaron a través de un estado líquido; y
4. Que la Tierra se formó completamente, antes de que los procesos geológicos de erosión y sedimentación comenzaran a actuar en ella.

LA COMPOSICION DE LA TIERRA

El promedio de gravedad específica de la Tierra es de 5.5; en la corteza se tiene un promedio de 2.67 lo cual indica que en el interior de la Tierra existen materiales mucho más pesados.

ARREGLO ZONAL DE LOS CONSTITUYENTES DE LA TIERRA

Núcleo

Se supone que el centro de la Tierra está constituido por un núcleo de Níquel y Hierro (Nife) con gravedad específica de 10; un radio medio de 3400 Km. y comprende aproximadamente el 27.3% de la masa terrestre.

Zona Litosférica

Hay un incremento de magnesio y sílice en forma del mineral olivino. Se supone que la zona contiene 1.82% de Si combinado con Pb, Cu, Zn, Fe, Co, Ni, Ag y Mn. El promedio de densidad de la zona es de 8; el espesor aproximado 700 Km. y representa el 8.1% de la masa terrestre.

Zona Ferrosférica

Predominan los minerales olivino, piroxena y algo de feldespato; tiene un promedio de densidad de 6, un espesor de 700 Km. y representa el 22.55% de la masa total.

Zona Peridotítica

Se incrementan los silicatos ferromagnesianos principalmente las piroxenas y el feldespato básico; tiene un promedio de densidad de 4, aproximadamente es de 1500 Km. de espesor y comprende el 40% de la masa terrestre.

La Corteza

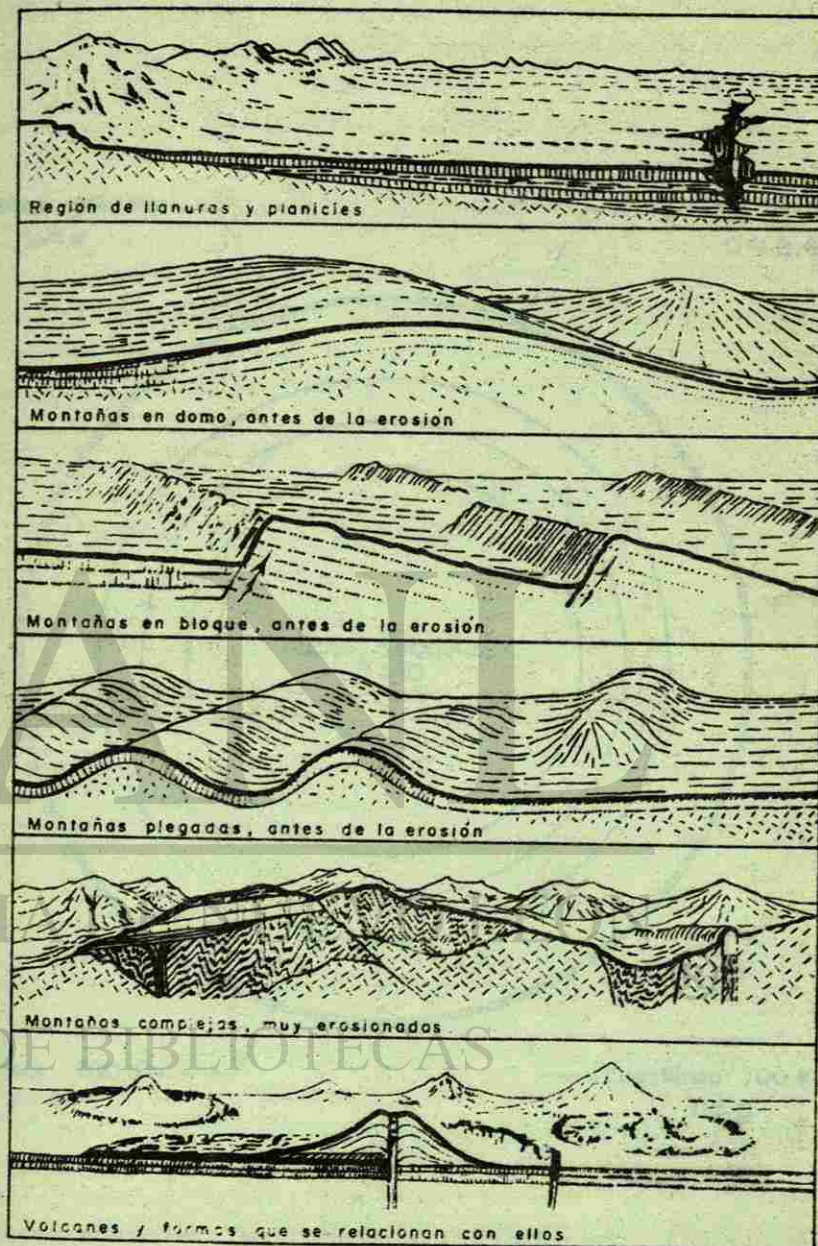
Sobre la capa peridotítica está la corteza de la Tierra; tiene un espesor de 60 a 100 Km. está dividida en dos capas:

La inferior, conocida como de Gabro o Basáltica, de 40 a 45 Km. y la superficial conocida como Granítica con un espesor de 15 a 30 Km.

La capa de Gabro, también llamada Sima (sílice y magnesio) consiste predominantemente de piroxena y feldespato de sodio y calcio; el promedio de densidad de la capa es de 3.2 y representa el 1% de la masa terrestre.

La capa Granítica, Sial (sílice y aluminio), tiene la composición de las rocas de tipo del granito. Los feldespatos alcalinos y el cuarzo son abundantes estando acompañados por augita y hornblenda.

En promedio la corteza tiene 2.67 de densidad.



RASGOS DE RELIEVE DE SEGUNDO ORDEN:
FORMAS CONSTRUCTIVALES

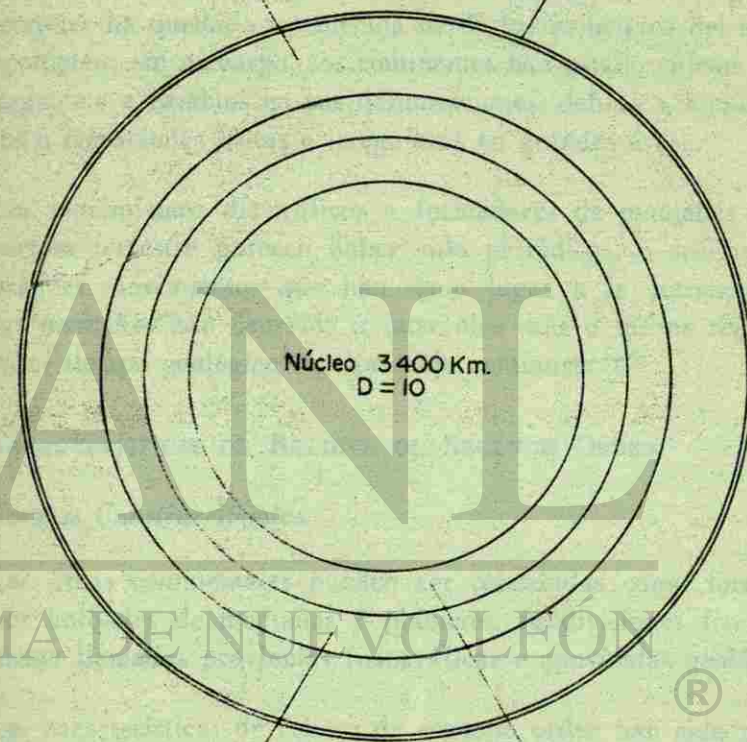


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Peridotítica 1500 Km.
D = 4

Corteza 70 Km.
D = 2.67



Ferrotérica 700 Km.
D = 6

Litosférica 700 Km.
D = 8

La composición de la Tierra.

GEOMORFOLOGIA

CARACTERÍSTICAS DE RELIEVE DE PRIMER ORDEN

Continentes y Cuencas Oceánicas

Se considera que la distribución continental en la superficie terrestre ha quedado establecida desde los principios del tiempo geológico; sin embargo, los continentes han estado sujetos continuamente a cambios en sus delimitaciones, debido a hundimientos o elevaciones lentas e irregulares en grandes áreas.

Los movimientos diastróficos o formadores de montañas de la corteza terrestre parecen haber sido periódicos, o sea que los grandes movimientos que han dado lugar a la formación de las montañas han ocurrido a intervalos más o menos regulares en el tiempo geológico; no han sido continuos.

CARACTERÍSTICAS DE RELIEVE DE SEGUNDO ORDEN

Formas Construccionales

Las áreas continentales pueden ser concebidas como formadas por unidades de montañas y planicies, subdivisiones frecuentemente llamadas provincias fisiográficas o provincias geológicas.

Las características de relieve de segundo orden han sido producidas por la acción de fuerzas internas de la corteza terrestre. El término DIASTROFISMO se refiere a tales movimientos de deformación. Si esos movimientos afectan a todo un continente o a una gran parte de él, son llamados EPEIROGÉNICOS.

Disturbios menos importantes relacionados con la formación de

montañas son designados como OROGÉNICOS. A tales características del relieve terrestre se les llama formas constructivas, debido a que han sido formadas o producidas por grandes fuerzas constructivas del interior de la Tierra.

Las formas características resultantes de las fuerzas constructivas pueden ser agrupadas de acuerdo con las estructuras que predominan en una región. Así las regiones en las cuales subyacen formaciones estratificadas en capas horizontales, forman planicies y mesetas. Un segundo grupo comprende montañas; en este caso las rocas han sido deformadas produciendo diferentes tipos de montañas: dómicas, plegadas, de bloque, complejas y volcanes.

CARACTERÍSTICAS DE RELIEVE DE TERCER ORDEN

Formas Destructivas

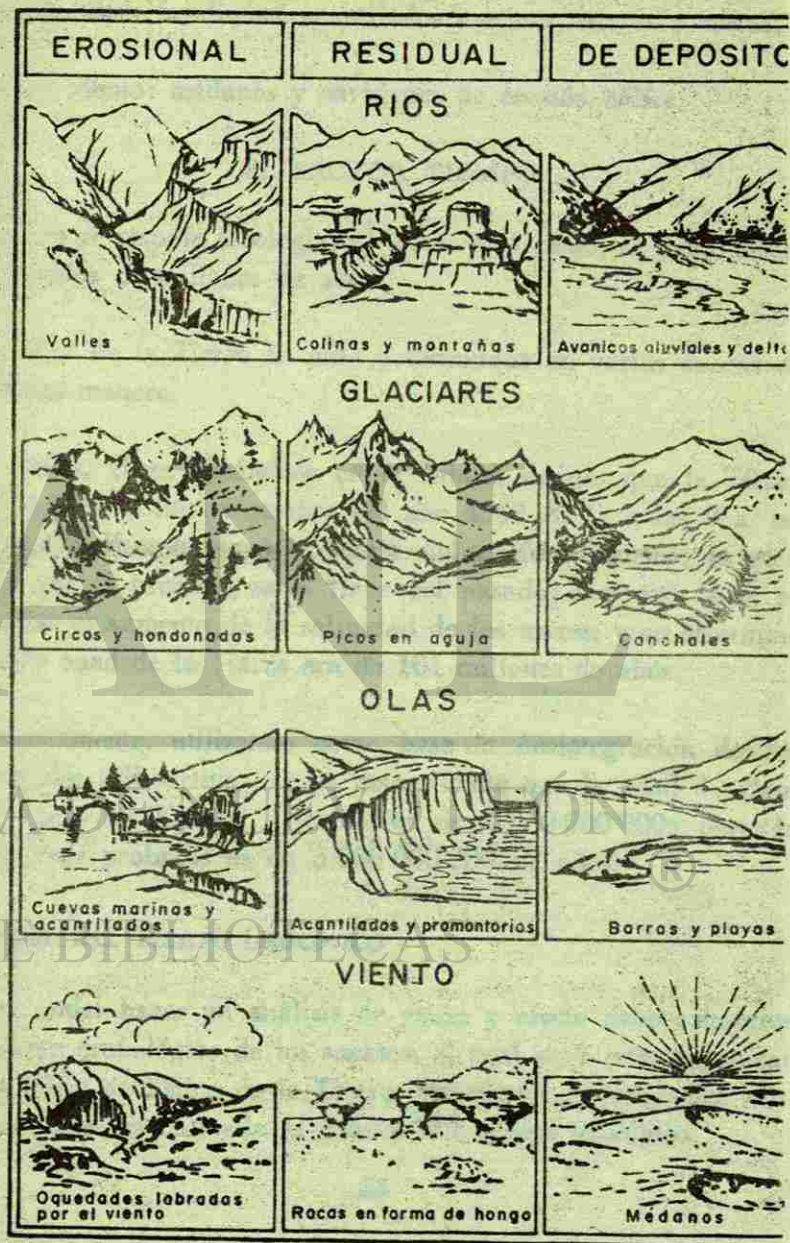
Todos los detalles en el escenario de la corteza terrestre constituyen las características del relieve de tercer orden.

Las formas destructivas se clasifican de acuerdo con el agente que las ha producido.

Son cuatro los principales agentes que tienen esta capacidad: Corrientes de agua, Glaciares, Olas y Viento.

Con todos ellos actúa el intemperismo, que puede considerarse como el agente que prepara las rocas para su erosión posterior.

Ejemplos de algunas formas de relieve producidas por corrientes: valles, cerros y montañas producidas por erosión, abanicos aluviales y deltas.



RASGOS DE RELIEVE DE TERCER ORDEN.
FORMAS DESTRUCTIVAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Por la acción de los glaciares: circos, morrenas y picos.

Por las olas: farallones, acantilados marinos, barras y costas.

Por el viento: médanos y cavidades de erosión eólica.

EL FACTOR TIEMPO

Cuando se estudia Geología, al tratar de tiempo, se debe hablar de cientos de millones de años.

La edad de la Tierra ha sido determinada en varias épocas de distinta manera.

En 1654, Usser basándose en la Biblia, dedujo que la Tierra fue creada el 26 de octubre del año 4004 A. C. a las 9 a. m. En 1875 Hutton lanzó la teoría del uniformitarismo, la cual dice que el presente es la llave del pasado; con esta base, se estudió el aumento de la salinidad de los mares, y se determinó que la edad de la Tierra era de 101 millones de años.

Recientemente, utilizando como base la desintegración de los minerales radioactivos, se ha determinado que la edad de algunas rocas en Karelia (Rusia) es de 1 850 000 000; pero la edad más probable es de 3 000 000 000 de años.

CUADRO DEL TIEMPO GEOLÓGICO

Para poder hacer un análisis de causa y efecto debe conocerse el orden cronológico de los sucesos, el cual sirve para organizar la historia geológica de la Tierra. Sintetizado en ese orden cronológico se ha formado el cuadro del tiempo geológico.

Construcción de la Columna Geológica

Ley de superposición. En cualquier región la secuencia de formaciones sedimentarias no distorsionadas muestran el orden cronológico de formación; las formaciones más antiguas van debajo. La sucesión se representa comunmente como una sección columnar.

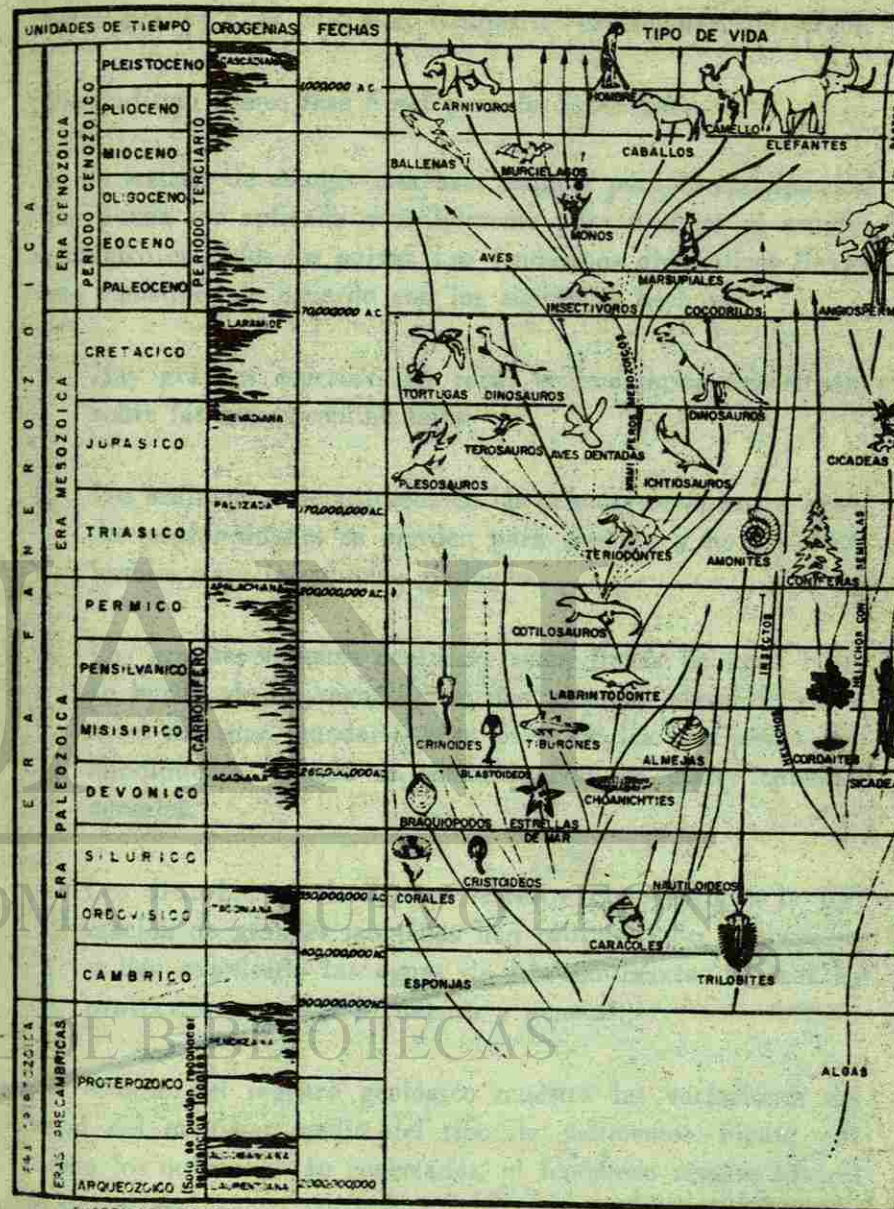
Ley de la sucesión faunal. Los fósiles preservados en una formación nunca son iguales a los de otra de diferente edad. Cada formación contiene su propia fauna, debido a la evolución.

Correlación de las partes del registro. En ningún lugar del mundo se tiene un registro completo; sin embargo, juntando los registros de muchos lugares puede construirse una columna geológica completa; la experiencia ha mostrado que la acumulación de sedimentos ha sido intermitente por lo que el registro en cualquier lugar es incompleto. Para correlacionar los fragmentos de la columna geológica, se emplean varios criterios, siendo el paleontológico el más importante. Por más de 100 años los geólogos de todo el mundo han cooperado a formar la columna geológica, habiéndose reconocido aproximadamente 150 Km. de espesor de rocas estratificadas si las capas estuvieran directamente superpuestas.

Subdivisión y Clasificación del Registro

Es indispensable hacer una división de la columna geológica y universalmente se ha aceptado separarla estratigraficamente en:

Tiempo: Eras, Períodos, Epocas, Edades, Intervalos.



CUADRO DEL TIEMPO GEOLOGICO - Las líneas ascendentes indican el espacio en tiempo de los principales grupos de animales y de plantas, en los finales de la línea está otra cruzada que denota el tiempo de extinción, y termina en flecha el grupo vive en la actualidad.



Estratigrafía: Eras, Sistemas, Grupos o Formaciones, Horizontes.

Diastrofismo como Base Final para la Subdivisión

Se ha tratado de escoger una base natural para la clasificación que pueda ser aplicada mundialmente para unificar el estudio geológico en todos los países. Los fenómenos diastróficos llenan este cometido, de acuerdo con los siguientes hechos.

1. Hay grandes espesores de rocas sedimentarias depositadas sobre las masas continentales.
2. Los sedimentos depositados en las cuencas oceánicas a grandes profundidades se pierden para siempre y no son recuperables para la columna geológica.
3. Las grandes cuencas oceánicas están llenas de agua hasta su borde, de tal manera que una pequeña elevación en el nivel del mar inundaría gran parte de los continentes; un hundimiento de 200 m. acabaría con los mares epicontinentales.
4. Los disturbios de la corteza terrestre que provocan la formación de grandes montañas han profundizado los océanos y han expulsado las aguas de los continentes, lo cual ha provocado una erosión intensa y general.

Un estudio del registro geológico muestra las variaciones del nivel del mar por medio del tipo de sedimentos, hiatos, etc. Como los océanos están conectados, el fenómeno resulta natural y universal.

Los Cambios Biológicos como Base de la Clasificación

La evolución ha sido continua, así que la sucesión de faunas proporciona una base para fijar la cronología. Esta es la mejor forma de valuar las discontinuidades del registro y la clasificación de las formaciones.

La evolución ha sido influenciada por cambios físicos: Los levantamientos o hundimientos cambian radicalmente los medios ambientes; así los grandes disturbios de la corteza provocan condiciones críticas y aceleran la evolución de muchas especies mientras otras desaparecen. Como puede deducirse, la clasificación está basada principalmente en sedimentos marinos.

AGRUPACIÓN Y NOMENCLATURA DE LAS UNIDADES

Los sucesos más notables de la historia física de la Tierra son los disturbios de la corteza terrestre, los cuales son acompañados por la formación de grandes sistemas de montañas en todo el mundo. A estos grandes movimientos se les llama *Revoluciones*, las cuales se han usado para separar las unidades más grandes del tiempo geológico, que son las Eras. Se han reconocido 6 revoluciones que de reciente a antiguo, son:

Revoluciones

1. Cascadiana.
2. Laramidiana.
3. Apalachiana.
4. Gran Cañón. Penokeana.
5. Algomana.
6. Laurentina.

Se han propuesto simplemente los nombres de Criptozoico (vida

oscura) para todo el tiempo antes del Cámbrico y Fanerozoico (vida conocida) que abarca todo el tiempo más reciente.

FANEROZOICO

Cenozoico.

Mesozoico.

Paleozoico.

CRÍPTOZOICO

Proterozoico.

Arqueozoico.

Tiempo Cósmico.

El continente americano ha sido invadido por el mar unas 20 veces, inundándose grandes porciones del territorio; en la actualidad estamos viviendo la primera fase de un nuevo ciclo y una nueva Era, y nuevamente el mar está invadiendo los continentes.

Estudios intensos han demostrado que las inundaciones son intermitentes y este hecho junto con el del progreso de la vida se ha usado para limitar divisiones más pequeñas, particularmente *Períodos* y *Epocas*.

Un Período típico tiene una inundación máxima generalmente hacia la mitad de su duración, antecedida y proseguida por mares de menor extensión. En otras palabras, el Período se inicia con una elevación del nivel del mar, después la invasión llega a un máximo con una amplia distribución de sedimentos similares y faunas más o menos cosmopolitas; la parte final es

la regresión de los mares, la cual generalmente es más rápida que su avance.

La emersión continental es producida por:

1. La formación de montañas.
2. Elevación vertical de los continentes; y
3. Profundización de una o más cuencas oceánicas.

Debido a las longitudes de tiempo que han transcurrido para cada ciclo, no hay una igualdad entre los períodos definidos actualmente, que varían desde 20 a 200 millones de años cada uno, siendo los mayores el Cámbrico y el Ordovícico.

Los nombres de los sistemas, formaciones, etc. se escogen de acuerdo con las localidades geográficas en donde fueron estudiados por primera vez, aunque hay excepciones.

LOS FÓSILES

Fósil: del latín fodere, quiere decir enterrar.

Cualquier clase de resto orgánico o impresiones del mismo preservado a través del tiempo en la corteza terrestre es un fósil.

Métodos y Tipos de Preservación

El espécimen completo en hielo o en ámbar.

Cuando solamente se preservan las partes duras de los organismos (en capas de lutitas aparecen conchas).

Carbonización.

Preservación de la forma solamente (moldes y rellenos).

Cuando se conserva la forma y la estructura por petrificación, permineralización o reemplazamiento.

Huellas de pisadas, rastros o madrigueras.

Coprolitos, formas del excremento de los animales.

Condiciones que favorecen la preservación de los fósiles

- a) Posesión de partes duras.
- b) Enterramiento inmediato: Pantanos, arenas movedizas, cenizas volcánicas, tormentas de arena y sedimentos acuáticos.

Muy raramente se encuentran fósiles en las rocas ígneas; los hay escasos y generalmente distorsionados en las rocas metamórficas y son comunes en las rocas sedimentarias tales como lutitas y caliza. Son poco comunes en areniscas puras.

Interpretación y Reconstrucción de Fósiles

Leonardo Da Vinci es el padre de la Paleontología y es el primero que da importancia a los fósiles.

Los fósiles forman parte de una cadena sucesiva que registra las diferentes formas de vida.

Significado geográfico: por ejemplo, si se encuentran fósiles de animales marinos en tierra, quiere decir que esa tierra en una época estuvo debajo del mar. También pueden dar una idea del medio ambiente en que vivieron; para esto son especialmente útiles los vegetales, porque no emigran con los cambios de temperatura como los animales.

Los intentos para reconstruir los animales cuyos fósiles se han encontrado, toman como base la anatomía comparada y la morfología.

LA EVOLUCION DE LAS ESPECIES

Es una teoría que fue lanzada por Charles Darwin en 1859. Dice que los cambios de los seres vivos son sólo para adaptarse al medio ambiente.

La evolución es el cambio constante de los seres vivientes. Entre los factores que causan la evolución tenemos en primer lugar la lucha por la existencia. El éxito en la vida es rara excepción.

EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN

La evidencia de la evolución es tan variada y tan extensa que se requerirían volúmenes para estudiarla completamente y una técnica depurada para su presentación.

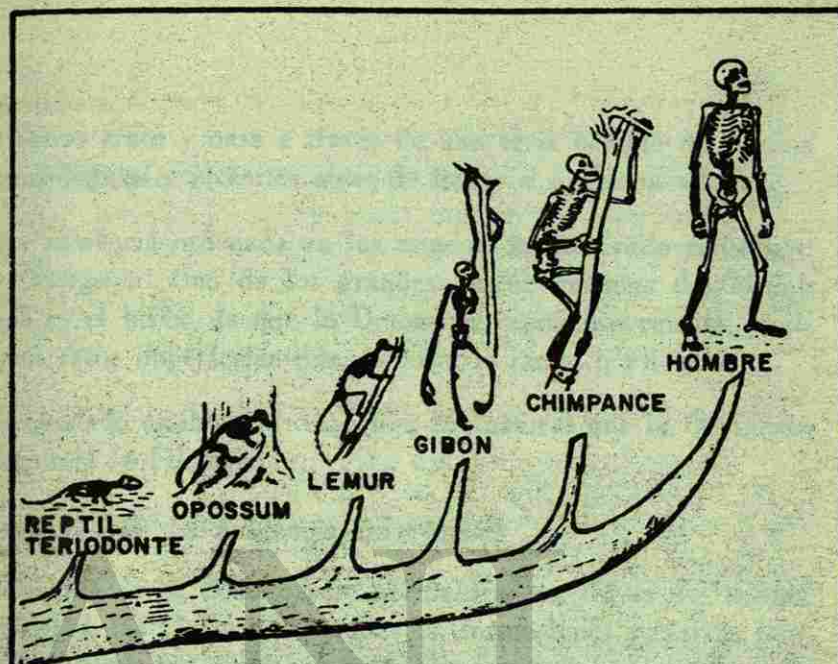
Anatomía Comparada y Morfología. Estructuras Homólogas

Es un hecho que entre grupos de animales semejantes un órgano dado o la estructura anatómica, están formados bajo el mismo plan, así las diferencias se tienen en el esqueleto entre un reptil, un lemur y el hombre, si se observan, se encontrará que los tres están formados bajo un mismo plan fundamental y sus elementos pueden ser identificados hueso por hueso.

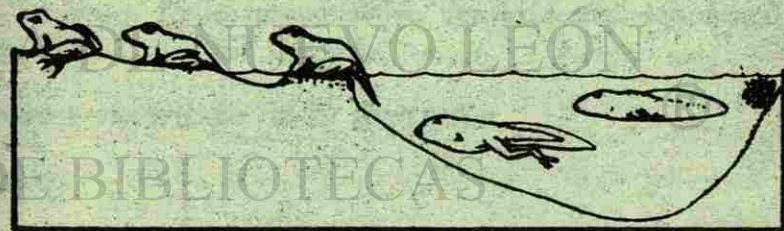
El estudio de los músculos y de los órganos internos proporcionan múltiples ejemplos de estructuras homólogas.

Embriología y Recapitulación

Cada individuo comienza como una célula, la cual por divisiones



Serie de esqueletos desde el reptil hasta el hombre.



Metamorfosis de la rana - De derecha a izquierda: grupo de huevos; renacuajos que muestran las dos últimas etapas en el brote de los miembros; tres primeras etapas de la vida terrestre que muestran la pérdida gradual de la cola en la rana joven.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

sucesivas crece y pasa a través de una serie notable de estados embriológicos y juveniles antes de llegar a su forma adulta.

Esta secuencia ordenada en los estados de desarrollo constituye su Ontogenia. Uno de los grandes descubrimientos del último siglo es el hecho de que la Ontogenia repite brevemente, y algunos casos imperfectamente, la historia racial o Filogenia.

Ha quedado establecido como una ley natural que la Ontogenia recapitula la Filogenia.

Paleontología. La Evidencia Documental

Si la vida se ha desarrollado normalmente a través del tiempo geológico, los fósiles preservados en formaciones sucesivas pueden registrar los estados intermedios entre formas que actualmente se encuentran sumamente diferenciadas y proporcionar eslabones de unión entre grupos de animales muy diferentes. En el estudio de la embriología o de la anatomía comparada se tiene solamente una evidencia circunstancial de la evolución, pero los restos fósiles proporcionan una evidencia documental de los cambios que han ocurrido.

CAMINOS Y SIGNIFICADO DE LA EVOLUCIÓN

Variación

La herencia se basa en el principio de que un ser da lugar a otro ser semejante a él, o sea que el padre pasa a través de su descendencia con todas sus características propias. Sin embargo, ningún individuo es exactamente igual a su padre, no es precisamente igual a sus hermanos o a sus hermanas sino que gradualmente hay una apreciable variación entre individuos de la misma especie.

La Lucha por la Existencia

Toda clase de animales y de plantas producen más semillas de las que es posible sobrevivan. Una gran cantidad de animales superiores pueden poner miles o millones de huevos al año. Esto quiere decir que entre tales organismos sólo un 10% llega a su madurez; de otro modo la población de cualquier especie se incrementaría muy rápidamente.

Selección Natural

En una lucha tan severa cualquier ventaja aunque sea ligera puede decidir entre la vida y la muerte. Así de las muchas variantes insignificantes que aparecen en una especie de genes, una constituirá una ventaja y el individuo tenderá a sobrevivir, mientras que otras desfavorables tenderán a ser exterminadas.

Evolución Producida por Efecto de las Radiaciones

Cuando se aplican radiaciones directas sobre genes, se producen cambios sumamente profundos en los individuos que nacen dando lugar a la formación de verdaderos monstruos. Las radiaciones solares o de minerales radioactivos en condiciones especiales pueden haber contribuido a la evolución en forma determinante.

Capítulo II

MINERALOGIA Y PETROGRAFIA

MINERALES

Las rocas están compuestas de agregados de uno o más minerales.

Un mineral es una sustancia inorgánica de estructura definida

y de composición química determinada. Un cristal bien definido de un mineral es la representación de su estructura atómica.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES

Los minerales que componen las rocas, pueden ser conocidos gracias a sus propiedades físicas. Las más importantes, son las siguientes:

Color y Rayadura

Normalmente es fácil reconocer el color de un mineral, sin embargo para la identificación de minerales se tienen cuadros de comparación especiales; para no equivocarse es necesario frecuentemente romper el mineral para obtener una superficie fresca. Si un mineral es raspado contra un pedazo de porcelana de color blanco, la rayadura de partículas minerales queda grabada en la superficie. El color de la rayadura es característico del mineral.

Dureza

La dureza de un mineral se expresa por su número en la escala de durezas de Mohs; cada uno de los minerales que se encuentran en esa escala puede rayar a todos los minerales que tienen números más bajos y a su vez puede ser rayado por los que tienen números mayores.

Cuando un mineral es rayado con una navaja es necesario observar cuidadosamente cuando la marca blanca que queda en el mineral es realmente una ranura dentro del mineral, o bien,

La Lucha por la Existencia

Toda clase de animales y de plantas producen más semillas de las que es posible sobrevivan. Una gran cantidad de animales superiores pueden poner miles o millones de huevos al año. Esto quiere decir que entre tales organismos sólo un 10% llega a su madurez; de otro modo la población de cualquier especie se incrementaría muy rápidamente.

Selección Natural

En una lucha tan severa cualquier ventaja aunque sea ligera puede decidir entre la vida y la muerte. Así de las muchas variantes insignificantes que aparecen en una especie de genes, una constituirá una ventaja y el individuo tenderá a sobrevivir, mientras que otras desfavorables tenderán a ser exterminadas.

Evolución Producida por Efecto de las Radiaciones

Cuando se aplican radiaciones directas sobre genes, se producen cambios sumamente profundos en los individuos que nacen dando lugar a la formación de verdaderos monstruos. Las radiaciones solares o de minerales radioactivos en condiciones especiales pueden haber contribuido a la evolución en forma determinante.

Capítulo II

MINERALOGIA Y PETROGRAFIA

MINERALES

Las rocas están compuestas de agregados de uno o más minerales.

Un mineral es una sustancia inorgánica de estructura definida

y de composición química determinada. Un cristal bien definido de un mineral es la representación de su estructura atómica.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS MINERALES

Los minerales que componen las rocas, pueden ser conocidos gracias a sus propiedades físicas. Las más importantes, son las siguientes:

Color y Rayadura

Normalmente es fácil reconocer el color de un mineral, sin embargo para la identificación de minerales se tienen cuadros de comparación especiales; para no equivocarse es necesario frecuentemente romper el mineral para obtener una superficie fresca. Si un mineral es raspado contra un pedazo de porcelana de color blanco, la rayadura de partículas minerales queda grabada en la superficie. El color de la rayadura es característico del mineral.

Dureza

La dureza de un mineral se expresa por su número en la escala de durezas de Mohs; cada uno de los minerales que se encuentran en esa escala puede rayar a todos los minerales que tienen números más bajos y a su vez puede ser rayado por los que tienen números mayores.

Cuando un mineral es rayado con una navaja es necesario observar cuidadosamente cuando la marca blanca que queda en el mineral es realmente una ranura dentro del mineral, o bien,

si es solamente la huella dejada por las partículas de acero de la navaja sobre el mineral.

Escala de durezas de Mohs

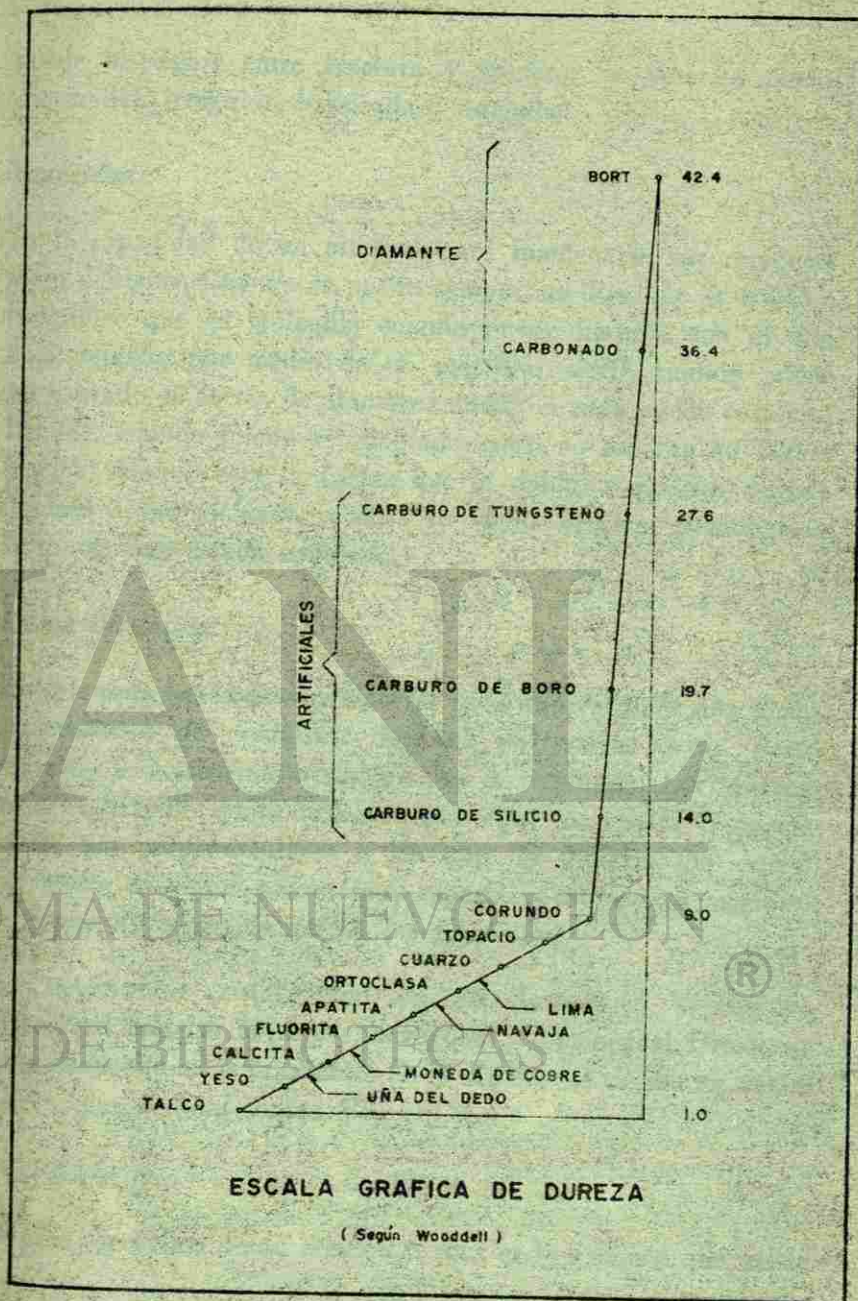
1. Talco.
2. Yeso.
3. Calcita.
4. Fluorita.
5. Apatita.
6. Ortoclasa.
7. Cuarzo.
8. Topacio.
9. Corindón.
10. Diamante.

Crucero y Fractura

Si se le da un golpe con un objeto agudo a un mineral, este se romperá a lo largo de un plano definido (plano de clivaje o crucero), el cual es paralelo a una cara cristalina. La cara de crucero es generalmente una superficie plana perfectamente lisa con apariencia de haber sido pulida. Algunos minerales tienen un crucero difícil o duro; en estos minerales es difícil determinar las caras de crucero sin la ayuda de un microscopio.

Fractura

La fractura en un mineral se refiere a las características de la superficie resultante de su rompimiento cuando no tiene relación con sus caras cristalinas. Frecuentemente solo un experto





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

puede distinguir entre fractura y crucero. Se describe como: conchoidal, irregular, bandeada o estriada.

Tenacidad

Es la capacidad de un mineral para mantenerse sin romperse o sin doblarse. Cuando se puede romper, se dice que es frágil o rompible; que es maleable cuando puede hacerse con él una hoja delgada por medio de un martillo; sésil, cuando puede ser estirado en forma de alambre; dúctil, cuando puede cortarse; flexible, cuando puede ser doblado, pero no recobra su forma original cuando cesa la fuerza que lo dobló, y elástico cuando después de ser doblado recobra su forma original cuando cesa la fuerza que estaba actuando.

Forma Cristalina

Excepto para los minerales amorfos cada mineral tiene una forma característica de cristalizar definida por varias caras, perteneciendo a un sistema cristalográfico determinado. Los sistemas de cristalización están definidos por ejes, los cuales frecuentemente son perpendiculares a los ejes de simetría del cristal. Solamente en algunos casos muy especiales interesa al ingeniero la forma de cristalización de los minerales.

Los sistemas de cristalización son seis: Isométrico, Tetragonal, Hexagonal, con dos divisiones: hexagonal y romboedral, Ortorrómbico, Monoclínico y Triclínico. Cada sistema se divide en varias clases, que en total suman 32.

Peso Específico

El peso específico de un mineral o roca es la relación que existe

entre el peso de un volumen dado del mineral o roca y el peso de un volumen igual de agua a 4°C.

Para propósitos de identificación preliminar el peso específico promedio puede tomarse entre 2.65 y 2.67.

Lustre

La mayoría de los minerales presentan una cierta apariencia (lustre) bajo la luz reflejada.

El lustre puede ser metálico, no metálico o submetálico. El lustre no metálico se describe como vítreo (apariencia de vidrio), grasoso (apariencia de aceite), adamantino (brillo común en los diamantes) perlado (iridiscente como perla), sedoso y resinoso.

Capacidad para transmitir la luz

Un mineral es transparente, si los objetos pueden ser vistos claramente a través de él; traslúcido, si la luz pasa pero los objetos no pueden ser reconocidos y opaco, si la luz no puede pasar por el mineral a través de su eje más delgado.

MINERALES QUE FORMAN LAS ROCAS

CLASIFICACIÓN DE LOS MINERALES

De acuerdo con su composición química, pueden ser subdivididos en silicatos, óxidos, carbonatos y sulfatos.

El agua de los minerales puede estar como agua adsorbida (atraída), o sea que no forma parte de la estructura molecular

sino que se encuentra en los poros o en la superficie, pero que en raros casos penetra a su interior. Esa agua puede ser eliminada por evaporación.

El agua de constitución forma parte de la estructura misma de un mineral y puede ser eliminada solamente rompiendo su estructura, como por ejemplo por medio de temperaturas muy altas. En algunos minerales se presenta el agua de composición la cual se encuentra formando parte de la fórmula química del mineral.

La presencia de hierro incrementa el peso específico de un mineral; el brillo de los minerales que lo contienen, es principalmente metálico y submetálico.

Minerales más comunes en las Rocas

Los minerales más comunes en la corteza terrestre pueden clasificarse en relativamente pocos grupos.

Una selección de 10 grupos cubre el 99.5% de todos los minerales de las rocas ígneas, y son:

1. Cuarzo.
2. Feldespatos.
3. Anfíbolos.
4. Piroxenas.
5. Micas.
6. Olivino.
7. Nefelita.
8. Leucita.
9. Magnetita.
10. Apatita.

Hay ciertos minerales accesorios que aún cuando son muy abundantes se encuentran sumamente diseminados, tales como:

1. Oxidos de Hierro FeO_2
2. Minerales de Arcilla.
3. Carbonatos.
4. Calcedonia SiO_2
5. Sulfuros.
6. Titanita $\text{CaTiO}(\text{SiO}_4)$
7. Zircón $\text{Zr}(\text{SiO}_4)$
8. Clorita, grupo de silicatos.
9. Epidota $\text{Ca}_2(\text{AlFe})_3\text{OH}(\text{SiO}_4)_3$
10. Obsidiana SiO_2
11. Serpentina $\text{Si}_2\text{O}_5\text{MgH}_4$
12. Granate, Silicoaluminato.
13. Talco $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
14. Turmalina $\text{Si}_4\text{O}_{11}\text{B}_3\text{AlH}_{11}$
15. Estaurolita $2\text{Al}_2\text{SiO}_5\text{Fe}(\text{OH})_2$
16. Cordierita $\text{Mg}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$
17. Sianita $\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)$
18. Rutilo TiO_2
19. Espinela MgAl_2O_4
20. Corindon Al_2O_3
21. Zeolita, Silicoaluminato.
22. Yeso $\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
23. Zoicita $\text{CaAl}_2\text{OH}(\text{SiO}_4)_2$

SILICATOS

Los silicatos se subdividen en anhidros (que no contienen H_2O en sus fórmulas químicas) e hidratados. Los principales silicatos anhidros son miembros del grupo de los feldespatos.

FELDESPATOS

Se dividen en los grupos: Ortoclasa-Microclina o Feldespatos potásicos y Plagioclasas o Feldespatos de Sodio y Calcio. Bajo la acción de agua conteniendo CO_2 los feldespatos se alteran dando minerales arcillosos. La mayoría de la clasificación de las rocas ígneas requiere conocer la presencia o ausencia de ortoclasa o plagioclasea en las rocas.

Ortoclasea

KAlSi_3O_8

Plagioclasea

Anortita

Bitownita

Labradorita

Andesina

Oligoclasea

Albita

$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

(10-25% Ab)

(25-50% Ab)

(50-75% Ab)

(75-90% Ab)

$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$

Ab = Albita.

ANFIBOLAS

Comprende un grupo de silicatos químicamente complejos que cristalizan en los sistemas Ortorrombico y Monoclinico. El clivaje es prismático perfecto, y los planos se intersectan con ángulos de aproximadamente 55° y 125° . Su coloración varía desde incoloro hasta negro dependiendo del contenido de hierro y el estado de oxidación. El mineral más común de este grupo es la hornblenda.

PIROXENAS

Las piroxenas cristalizan en los sistemas Ortorrombico y Mono-

clínico, por lo que de una manera general se les puede clasificar como ortopiroxenas y clinopiroxenas. Los cristales son típicamente prismáticos, cortos o alargados, están caracterizados por un buen crucero prismático a 87° y 93° . Comúnmente de coloración verdosa o negra. Brillo vítreo a mate. Las variedades más comunes son la augita y la hiperstena.

MICAS

Las micas se reconocen fácilmente por sus hojas delgadas, translúcidas y flexibles que pueden ser fácilmente separadas. Los principales tipos de micas son la Biotita (mica negra) que es un silicato complejo de potasio, hierro, aluminio y magnesio; translúcida u opaca, brillo perlado a vítreo, con rayadura blanca o verdosa, y la Muscovita (mica blanca) que es un silicato complejo de aluminio y potasio; incoloro, aunque puede verse gris o verde; en placas delgadas es transparente o translúcido con brillo perlado a vítreo. Bajo la acción del intemperismo la biotita se altera más rápidamente. Las rocas que contienen mucha mica se consideran como materiales malos para una cimentación.

OLIVINO

Es un silicato de magnesio y fierro. Por lo general se encuentra en granos vítreos pequeños y en agregados granulares. Color verde o amarillento; alterado es parduzco. Es transparente o translúcido. Cristaliza en el sistema Ortorrombico.

NEFELITA

Su fórmula es $(Na,K) AlSi_3O_8$ pero puede contener pequeñas

cantidades de Ca o exceso de sílice. Cristalización hexagonal, puede ser gris, rosado o verde. Lustre vítreo. No es abundante.

LEUCITA

Su fórmula es $KAlSi_3O_8$. El sodio comúnmente reemplaza a parte del potasio.

Se le encuentra formando cristales trapezoedrales, de color muy claro. Lustre vítreo u opaco. Como a la Nefelita, que se le encuentra en rocas con deficiencia de sílice.

SILICATOS HIDRATADOS

Incluyen, como principales minerales: serpentina, clorita, talco, illita y caolinita.

El mineral serpentina forma la roca del mismo nombre, la cual es de color verdoso y frecuentemente es peligrosa para la construcción.

Las cloritas son comunes en esquistos y pizarras, no son tan peligrosas para la construcción como la serpentina.

OXIDOS

CUARZO

Dentro del grupo de los óxidos uno de los minerales más importantes es el cuarzo (SiO_2). Algunos mineralogistas lo consideran como silicato. Los cristales de cuarzo bien desarrollados se identifican con facilidad megascópicamente, ya que son prismas

hexagonales con pirámides de seis lados en ambos extremos; también por su fractura conchoidal, lustre vítreo, gran dureza (7) y generalmente incoloro, lechoso, amatista, grisáceo o rosado.

MAGNETITA

Es una combinación de óxido ferroso con férrico (Fe_3O_4) generalmente se presenta en cristales bien formados de ocho caras. Sistema Isométrico. Coloración negra. Es opaco con brillo metálico o submetálico. Rayadura negra. El imán lo atrae fuertemente.

APATITA

Su fórmula química es $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl})$. Cristaliza en el sistema Hexagonal, en prismas no visibles megascópicamente. Varía de coloración siendo: café, gris, verde, azul, rojo o blanco. Se le encuentra en todos los tipos de rocas ígneas y metamórficas.

CARBONATOS

CALCITA Y DOLOMITA

El mineral más importante entre los carbonatos es la calcita, (CaCO_3). Sus cristales pueden conocerse fácilmente por su dureza (3) y sus lados en forma de rombos. La calcita es un mineral secundario, o sea que se forma posteriormente a la roca que la contiene. Es soluble en agua que contenga CO_2 . Al aplicar HCl diluido a una roca que contenga calcita, se producirá una fuerte efervescencia. La dolomita (carbonato doble Ca y Mg) posee similares propiedades físicas pero difie-

re de la calcita por su mayor dureza y por tener una reacción menos activa al HCl.

SULFATOS

YESO Y ANHIDRITA

Dentro de este grupo se cuentan como minerales principales el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la anhidrita, que difieren solamente por el contenido de agua estructural. Debido a ese contenido de agua, el yeso tiene un peso específico más bajo y una menor dureza que la anhidrita. Al yeso se le reconoce por su dureza (2) y por su color blanco o amarillento; a veces rojizo.

MINERALES DE LA ARCILLA

En donde quiera que se encuentre arcilla, cuando se trata de hacer una cimentación, debe tenerse sumo cuidado ya que este material va a provocar problemas más o menos serios.

Una identificación precisa de la arcilla, la cual se necesita para ciertos trabajos de ingeniería de importancia, requiere el empleo de métodos analíticos complicados. Los minerales de las arcillas son esencialmente silico aluminatos, complejos hidratos o en algunos casos silicatos hidratados de fierro o magnesio. Para el ingeniero, las arcillas consisten de partículas pequeñísimas, aunque realmente se trata de diminutas laminillas que varían de 100 micras a una décima de micra. Los minerales de arcilla las tienen de dos tipos: láminas de sílice y láminas de aluminio. La estructura reticulada de los minerales de arcilla constituye esencialmente la base para su clasificación en tres grupos principales que son: Caolinitas, Montmorilonitas e Illitas

o Hidromicas, llamadas así porque son similares estructuralmente a las micas. También existen las arcillas amorfas en las que no hay estructura definida.

Las bentonitas se forman a partir de cenizas volcánicas constituyendo una forma de arcilla montmorilonítica y son notables por sus propiedades expansivas. Las caolinitas son de color blanco, tienen una menor plasticidad que las demás y provienen principalmente de la descomposición de los feldespatos.

ROCAS

El término roca, como se usa en ingeniería geológica, significa una masa de material natural compacta, de semidura a dura, compuesta por uno o más minerales. Los geólogos han clasificado las rocas de la corteza terrestre en tres grupos principales que son:

ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMÓRFICAS

Todas las rocas de la corteza con un estudio petrográfico pueden ser clasificadas correctamente en alguno de esos tres grupos; este agrupamiento sin embargo no da una idea de las propiedades de las rocas.

Textura

La textura de una roca es el arreglo de sus granos o partículas tal como se ven en una superficie fresca. Una roca ígnea que contenga grandes cristales fácilmente visibles, se dice que es una roca de grano grueso, o de textura fanerítica. Si los cristales de la roca no pueden verse sin un vidrio de aumento, se

re de la calcita por su mayor dureza y por tener una reacción menos activa al HCl.

SULFATOS

YESO Y ANHIDRITA

Dentro de este grupo se cuentan como minerales principales el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la anhidrita, que difieren solamente por el contenido de agua estructural. Debido a ese contenido de agua, el yeso tiene un peso específico más bajo y una menor dureza que la anhidrita. Al yeso se le reconoce por su dureza (2) y por su color blanco o amarillento; a veces rojizo.

MINERALES DE LA ARCILLA

En donde quiera que se encuentre arcilla, cuando se trata de hacer una cimentación, debe tenerse sumo cuidado ya que este material va a provocar problemas más o menos serios.

Una identificación precisa de la arcilla, la cual se necesita para ciertos trabajos de ingeniería de importancia, requiere el empleo de métodos analíticos complicados. Los minerales de las arcillas son esencialmente silico aluminatos, complejos hidratos o en algunos casos silicatos hidratados de fierro o magnesio. Para el ingeniero, las arcillas consisten de partículas pequeñísimas, aunque realmente se trata de diminutas laminillas que varían de 100 micras a una décima de micra. Los minerales de arcilla las tienen de dos tipos: láminas de sílice y láminas de aluminio. La estructura reticulada de los minerales de arcilla constituye esencialmente la base para su clasificación en tres grupos principales que son: Caolinitas, Montmorilonitas e Illitas

o Hidromicas, llamadas así porque son similares estructuralmente a las micas. También existen las arcillas amorfas en las que no hay estructura definida.

Las bentonitas se forman a partir de cenizas volcánicas constituyendo una forma de arcilla montmorilonítica y son notables por sus propiedades expansivas. Las caolinitas son de color blanco, tienen una menor plasticidad que las demás y provienen principalmente de la descomposición de los feldespatos.

ROCAS

El término roca, como se usa en ingeniería geológica, significa una masa de material natural compacta, de semidura a dura, compuesta por uno o más minerales. Los geólogos han clasificado las rocas de la corteza terrestre en tres grupos principales que son:

ROCAS IGNEAS, SEDIMENTARIAS Y METAMÓRFICAS

Todas las rocas de la corteza con un estudio petrográfico pueden ser clasificadas correctamente en alguno de esos tres grupos; este agrupamiento sin embargo no da una idea de las propiedades de las rocas.

Textura

La textura de una roca es el arreglo de sus granos o partículas tal como se ven en una superficie fresca. Una roca ígnea que contenga grandes cristales fácilmente visibles, se dice que es una roca de grano grueso, o de textura fanerítica. Si los cristales de la roca no pueden verse sin un vidrio de aumento, se

dice que la roca es de grano fino o de textura afanítica. Si algunos cristales grandes se encuentran dentro de la masa de textura afanítica, se dice que la roca ígnea es un porfido o de textura porfírica o porfirítica. Cuando se habla de rocas sedimentarias, el equivalente a los pórfidos son los conglomerados, que están formados por fragmentos grandes y redondeados dentro de una matriz más fina de arena o arcilla, las rocas de grano medio, areniscas con granos visibles a simple vista, son equivalentes a las ígneas faneríticas, y las rocas sedimentarias de grano muy fino, limolitas y argilitas, son equivalentes en textura a las rocas ígneas afaníticas. La textura vítrea se caracteriza por su uniformidad. En rocas con esta textura el brillo es vítero, fractura conchoidal y color negro o rojo oscuro, con ausencia de cristales. Se presenta en rocas extrusivas.

Estructura

Estructura es el arreglo de las características espaciales de las rocas o su conformación debido a flujo, estratificación, deformación, metamorfismo o sus límites con otras rocas.

ROCAS IGNEAS

Rocas ígneas son aquellas que han sido formadas por la solidificación de un magma sobre o a una cierta profundidad debajo de la superficie terrestre.

Los magmas son masas de roca fundida dentro de la corteza de la Tierra; su temperatura ha sido estimada por Larsen como de 700°C para magmas riolíticos y de 900°C para magmas basálticos. La composición de los magmas es tan variable como la de los materiales que componen la corteza terrestre.

Los magmas tienen movimientos hacia el exterior de la corteza, los cuales están acompañados por:

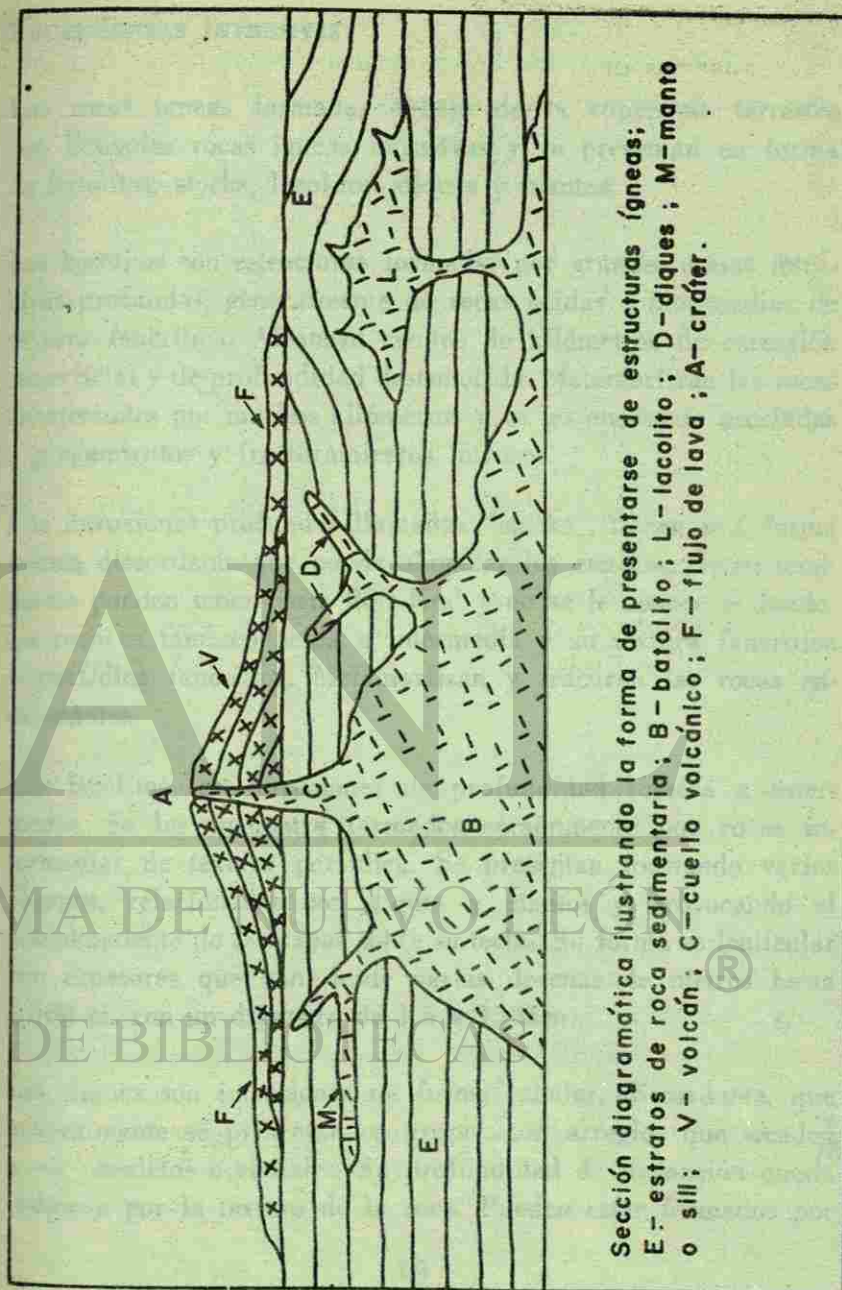
- Asimilación y fundición de la roca encajonante.
- Movimientos terrestres que se suman a la presión de los gases del magma, obligándolo a moverse a través de la roca que intrusionan.

Cuando la temperatura de un magma baja más que el punto de fusión de alguno de sus constituyentes, ese mineral cristalizará; si la temperatura continúa bajando, llegará un momento en que todo el magma se solidifica formando una roca.

La profundidad a la cual solidifica un magma, es un hecho que determina su textura y en algunos casos su estructura. La textura es primordialmente, una consecuencia de la rapidez de cristalización.

La composición mineral promedio de las rocas ígneas en por ciento es aproximadamente: Feldespatos 59%, Cuarzo 12%, Anfíbolos y Piroxenas 17%, Micas 4% y minerales accesorios 8%.

Las rocas ígneas se clasifican de acuerdo con la profundidad a que se forman, de acuerdo con su color y con la presencia o ausencia de cuarzo. La diferencia en colores es controlada por la composición misma de las rocas; las rocas de colores claros (ácidas) generalmente son ligeras mientras que las rocas oscuras (básicas) contienen minerales un poco más pesados, particularmente piroxenas y otros ferromagnesianos.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS

Las rocas ígneas formadas debajo de la superficie terrestre son llamadas rocas ígneas intrusivas y se presentan en forma de batolitos, stocks, lacolitos, diques y mantos.

Los batolitos son estructuras formadas por grandes masas intrusivas profundas, generalmente de rocas ácidas o intermedias de textura fanerítica. Alcanzan cientos de kilómetros de extensión superficial y de profundidad desconocida. Metamorfizan las rocas encajonantes por muchos kilómetros y se les encuentra asociadas a plegamientos y fracturamientos intensos.

Las intrusiones profundas llamadas "stocks", tienen una forma cónica discordante que puede abombar los estratos. Superficialmente pueden tener hasta 200 Km² y no se le conoce el fondo. La roca es también ácida o intermedia y su textura fanerítica o porfídica fanerítica. Metamorfizan y fracuran las rocas encajonantes.

Los lacolitos son intrusiones de profundidad somera a intermedia. Se les encuentra formados comúnmente por rocas intermedias de textura porfídica. Se presentan formando varios cuerpos, relacionados con diques y mantos y provocando el abombamiento de las capas sobre su techo. Su forma es lenticular con espesores que van desde varias decenas de metros hasta 1 500 m. con un diámetro de 1.5 a 15 Km.

Los diques son intrusiones de forma tabular, discordante, que generalmente se presentan en grupos con arreglos que tienden a ser paralelos o radiales. Su profundidad de formación queda indicada por la textura de la roca. Pueden estar formados por

cualquier tipo de roca, frecuentemente de clases raras. Su espesor va desde unos cuantos milímetros hasta 300 m. y su longitud desde unos metros hasta varios kilómetros.

Los mantos o "sills", o también llamados diques concordantes, se presentan en formas tabulares paralelas a estratos sedimentarios. Normalmente de poca profundidad o intermedia, por lo que predominan las texturas afanítica y porfídica. Se pueden presentar en grupos de dos o más, pero no en gran número. Su espesor va desde unas cuantas decenas de metros hasta varios kilómetros.

Cuando el magma o roca fundida aparece en la superficie terrestre ya sea a través de volcanes o de grietas, toma el nombre de lava y forma estructuras llamadas coladas. Las coladas adoptan la forma de la morfología existente, rellenando valles antiguos, con formas tabulares, lenticulares, lobulares o irregulares.

Las coladas más extensas son formadas por rocas básicas o máficas. Comúnmente las rocas ácidas están asociadas a actividad orogénica. La textura de las rocas en las coladas, es afanítica, o vítrea, con estructura vesicular o amigdalóide.

GRANITO

Roca intrusiva compuesta de cristales de cuarzo, de feldespato ortoclasa y comúnmente mica; también puede hallarse presente la plagioclasa sódica, la hornblenda y más raramente aún, la piroxena. La ortoclasa es generalmente de color rosado, el cuarzo es incoloro y la mica puede ser de colores claros (muscovita), u oscura (biotita). Tanto ésta como la hornblenda y la

piroxena, son minerales ferromagnesianos que destacan por su color oscuro en la masa de los granitos.

Suelen aparecer en la masa de los granitos unos diques blancos de aplita, que también es un granito de grano fino con mica muscovita.

Macizo y sano, en grandes masas, es impermeable y muy resistente (1 000 a 1 400 Kg/cm²). Su densidad media es de 2.6 a 2.7. Es un buen material para construcción. Sus juntas o grietas se cierran a la profundidad. Intemperizado en clima seco, se disgrega en escamas (capas concéntricas). En clima húmedo, la zona alterada llega a ser profunda, la roca se disgrega con facilidad y las arenas provenientes de esa desintegración son gruesas y a través de ellas puede circular el agua fácilmente. Un corte en esta clase de material debe ser tratado adecuadamente tanto para evitar derrumbes como para eliminar fugas o filtraciones de agua. Expuesta a la acción del hielo y a la consiguiente descongelación, la roca se divide en grandes bloques paralelepípedicos, acomodados irregularmente, de tal modo que, al mover uno de ellos, se causa el derrumbe de los demás y cada uno de ellos llega a pesar varias toneladas.

El granito sano es muy duro y su explotación requiere un gran gasto de explosivos; es fuerte el desgaste de herramientas utilizadas para trabajar la roca; barrenos, trituradoras, etc. Abunda en las costas del Océano Pacífico: Sierra de Chiapas, batolito de Acapulco en Guerrero y los de Michoacán y Jalisco. En los dos extremos de la península de Baja California: región de El Cabo en el Sur, y Sierra de Juárez, Kukapás y Rumorosa, en el Norte. En algunas regiones de los Estados de Sonora y Sinaloa, en donde está muy alterado y presenta la apariencia

de una arena gruesa pobremente cementada, recibe el nombre de Tucuruguay.

También se encuentra el granito en el corazón de la Sierra Madre Oriental, al N.W. y S.W. de Ciudad Victoria y en algunos lugares aislados en las Sierras del Interior del País.

PEGMATITA

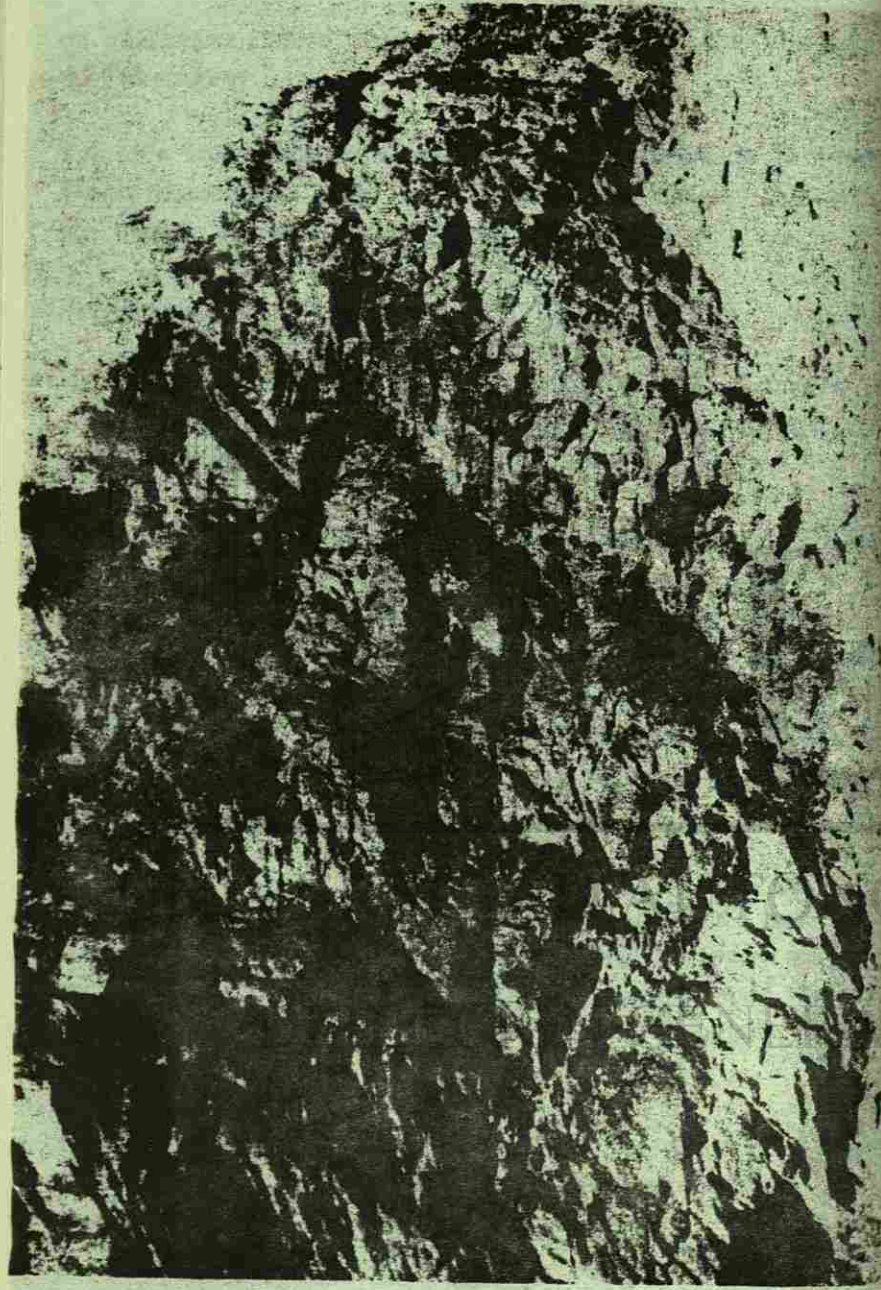
Es un granito cuyos elementos constitutivos han alcanzado un gran desarrollo; grandes cristales de cuarzo y feldespato, y grandes láminas de mica.

Dado que la pegmatita es una modificación del magma granítico, se presenta en la naturaleza en los lugares donde se encuentra el granito. en forma de segregaciones en la masa de aquél. Sus propiedades son parecidas, aunque por el tamaño de sus constituyentes, que permite la explotación comercial de ellos, no se usa como material de construcción. Además, no es abundante.

SIENITA

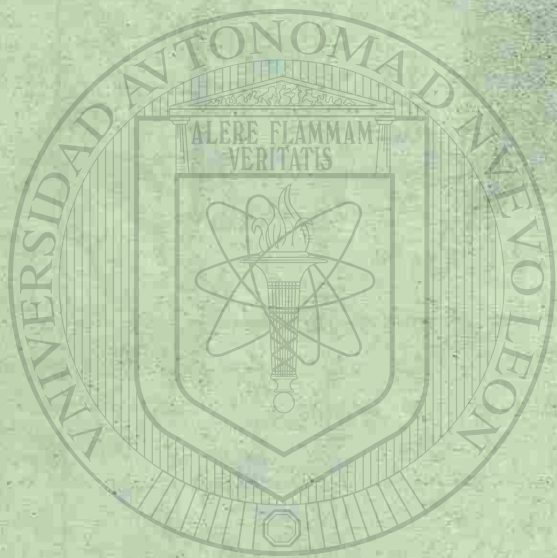
A esta roca se le ha llamado "granito sin cuarzo", pues realmente contiene el mismo feldespato (potásico) pero no tiene cuarzo o es insignificante su cantidad. También suele contener hornblenda, mica o piroxena, pero en general es una roca de color claro.

En la República Mexicana no es roca que abunde. Se tienen noticias de su existencia en Sonora, en las cercanías de la población de Frontera, entre Agua Prieta y Nacozari.



COMPOSICION Y CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS

PRINCIPALES ELEMENTOS QUE FORMAN LAS ROCAS	PRINCIPALES MINERALES QUE FORMAN LAS ROCAS	R	O C A S			S
			VITREAS O FELSITICAS (Extrusivas)	DIQUES, LAMINAS INTRUSIVAS LACOLITOS	GRANO GRUESO (Intrusivas)	
Oxígeno	O	RIOLITA	Pórfido riolítico	Pórfido granítico	GRANITO	ACIDAS (claras)
Silicio	Si					
Aluminio	Al					
Potasio	K					
Sodio	Na	D'ACITA	Pórfido dacítico	Pórfido de granodiorita	GRANODIORITA	
Calcio	Ca					
Hierro	Fe					
Magnesio	Mg					
		ANDESITA	Pórfido andesítico	Pórfido diorítico	DIORITA	
		BASALTO	Pórfido basáltico	Pórfido de gabro	GABRO	
		AUGITITA	Pórfido de augitita	Pórfido de piroxenita	PIROXENITA Y PERIDOTITA	
		LIMBURGITA				



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

GRANODIORITA

Es una roca parecida al granito, pero en la que se presenta el cuarzo en menor cantidad y aparece el feldespato plagioclasa junto con la ortoclasa. Se le encuentra generalmente asociada con rocas graníticas. Es un poco menos dura.

DIORITA

Roca compuesta del feldespato plagioclasa y hornblenda, pero el mineral ferromagnesiano puede ser también mica o piroxena. Su textura es granitoide lo que hace a veces que se parezca al granito.

La diorita se presenta en grandes masas, como al Sur de Zitácuaro (Cerro de la Coyota), y en muchos lugares de la Sierra Madre Occidental y de la costa del Océano Pacífico. En el gran batolito de Acapulco es frecuente ver a los lados de la carretera al puerto, diques de diorita atravesando la masa de granito. En el cruce del río Aguacatillo se ve un contacto de granito con diorita. La pequeña península de la Quebrada es una intrusión de diorita en granito.

Tiene una densidad comprendida entre 2.8 y 3.0, es decir es un poco más pesada que el granito. Es muy resistente y menos dura que el granito. Adquiere un buen pulimento y constituye en general un buen material para construcción.

MONZONITA

Es una roca intermedia de cristalización media a gruesa de color gris, compuesta por feldespatos, biotita y hornblenda.

Hay dos variedades, la que contiene cuarzo es la monzonita cuarcífera y la que no lo contiene es la monzonita aplita o monzonita pegmatita.

GABRO

Roca básica de color oscuro debido a que en su composición predominan los minerales ferromagnesianos y entre éstos, principalmente la piroxena y el olivino. Hay gabro con hornblenda, lo que acerca a esta roca con la diorita, pero este tipo de gabro no se ha identificado en México, que se sepa.

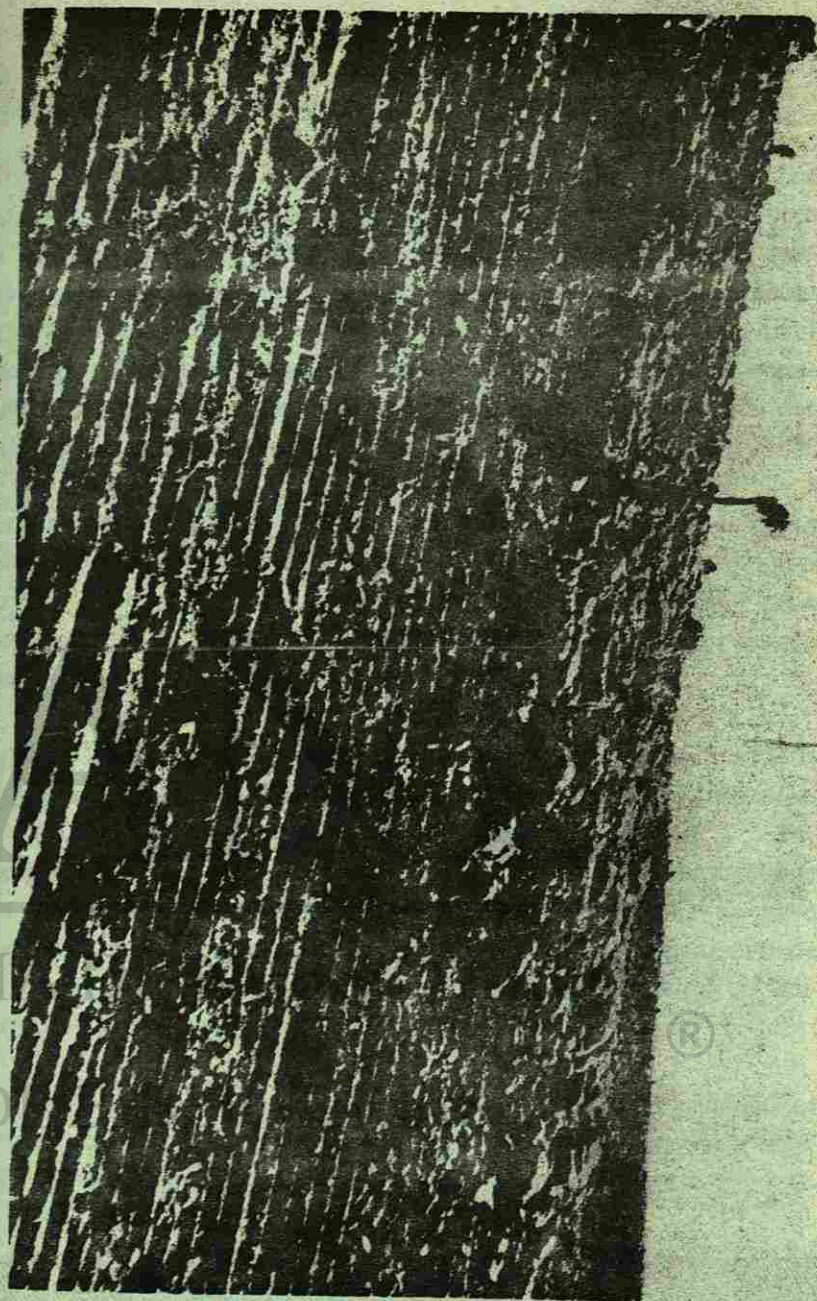
La roca sana es dura, resistente y es un excelente material para construcción, aunque sus afloramientos son muy restringidos. Tiene una densidad de 2.9 a 3.2.

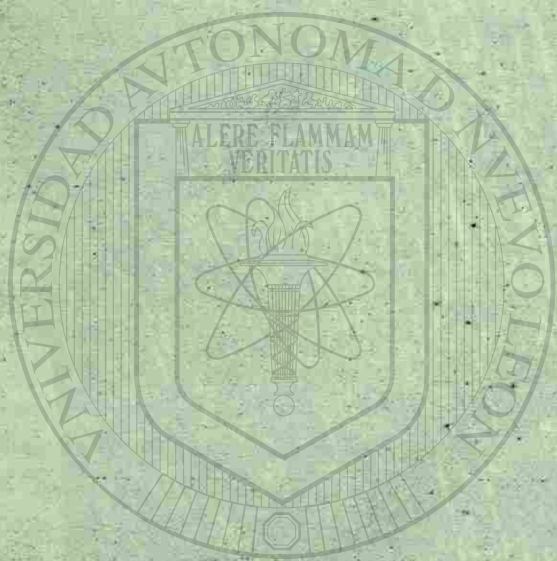
Se conocen en México algunos lugares donde aparece el gabro sano: en el Estado de San Luis Potosí, en la Presa de la Ventilla; en el Estado de Hidalgo, cerca de Tlanchinal en el camino Pachuca-Huejutla; en el Estado de Sinaloa, en algunos cortes del F. C. Chihuahua Pacífico. En el Estado de Baja California, con motivo de algunos cortes en el nuevo camino Tijuana-Ensenada, se ha encontrado un gabro, a veces cavernoso, pero resistente a pesar de una descomposición profunda, por una permanencia bajo las aguas del mar.

ROCAS IGNEAS EXTRUSIVAS

Las rocas ígneas extrusivas o efusivas, son aquéllas que han solidificado a partir de una lava, sobre la superficie terrestre, así como las que se han formado por la litificación de fragmentos eyectados por volcanes en erupciones explosivas.

Riolita pseudestratificada. Plaza de Toros del Diablo, Sonbreite, Zacatecas.





RIOLITA

Roca frecuentemente de aspecto fluidal, de donde deriva su nombre, cuya característica es que los cristales de cuarzo que la acompañan están alargados y alineados sobre una pasta fundamental, en la dirección de la corriente. Es más común encontrar a la roca sin ese aspecto fluidal. Es relativamente fácil identificarla por la presencia de los cristales de cuarzo diseminados en medio de una pasta de grano muy fino, formada por ortoclasa. Destacan a veces la mica y algunos ferromagnesianos.

Es una roca dura y resistente apropiada en general para la construcción. Cuando se le tritura, sus fragmentos presentan aristas agudas. Es muy usada en la fabricación de losas para revestimiento y adoquines para pavimentación. Con el cemento tiene baja adherencia.

La roca es impermeable. Sus grietas se cierran a la profundidad; produce material arcilloso y aún arcilla pura, al intemperizarse.

Se presenta en grandes masas, alternando con sus tobas lo que da al conjunto una apariencia de corrientes sucesivas de gran espesor, como se puede observar en los cortes imponentes de la carretera y del ferrocarril que cruzan la Sierra Madre Occidental (Carretera Durango-Mazatlán y F.C. Chihuahua-Pacífico).

La masa de la roca se divide en grandes columnas prismáticas que se pueden observar en esos caminos ya señalados, en las márgenes del Río San Juan del Río. Qro., y en muchos otros lugares.

Esta roca abunda en el centro y noroeste de la República. En los distritos mineros de Pachuca y Zacatecas la mineralización

está relacionada con la intrusión de diques riolíticos; en Querétaro forma la matriz de los yacimientos de ópalo. Pero la máxima manifestación de las riolitas y sus tobas se halla en las cumbres de la Sierra Madre Occidental que comprende grandes zonas de los Estados de Nayarit, Zacatecas, Sinaloa, Durango, Sonora y Chihuahua.

TRAQUITA

Es muy poco conocida en el país y con frecuencia ha sido confundida con la andesita y la toba andesítica. En esta roca predomina la ortoclasa y no tiene cuarzo. Es la roca equivalente extrusiva de la sienita.

DACITA

Por su composición es una andesita con cuarzo. En el campo es muy fácil confundirla con una riolita en virtud de la presencia del cuarzo y de la dificultad que hay para distinguir macroscópicamente el feldespato plagioclasa de una ortoclasa; las cualidades físicas de la roca la acercan más a una riolita, así es que no se comete un grave error en el campo si se confunde a una dacita con una riolita.

La tercera parte superior de la Sierra de Pachuca está compuesta por brecha andesítica entre la cual descuellan las eminencias principales de esa sierra: los Frailes u Organos de Actopan, Las Monjas, El Zumate, etc., constituidas por dacitas.

Los cantiles de Nejapa, en los cuales se desarrolla parte del camino de Oaxaca a Tehuantepec, están constituidos por dacitas.

ANDESITA

El nombre proviene de la cordillera de los Andes, lo que da una idea de la enorme extensión que ocupa esta roca. Es abundante en la República, aunque no llega a formar acumulaciones tan grandes como la riolita. Está formada esencialmente por feldespato andesina y hornblenda.

Es difícil encontrar la roca en estado sano, pues es muy susceptible a la acción de la intemperie. Si es bueno el estado de la roca, puede ser usada para mampostería. Se usa con éxito para sub-base de carreteras y para revestimiento. Cuando ha sufrido primero acciones dinámicas y ha sido después intemperizada, su grado de alteración ha permitido usar la roca triturada como cementante, mezclada con tezontle, para construir la base de la carretera directa México-Cuernavaca, en el tramo de Topilejo a Tres Cumbres.

La roca y sus productos piroclásticos alternados son impermeables y fácilmente se pueden construir canales en ellos, sin revestimiento alguno. La base impermeable de muchos manantiales en el Estado de Morelos está constituida por material andesítico.

Las vetas minerales del Distrito Minero de Pachuca y Real del Monte "arman" en andesitas.

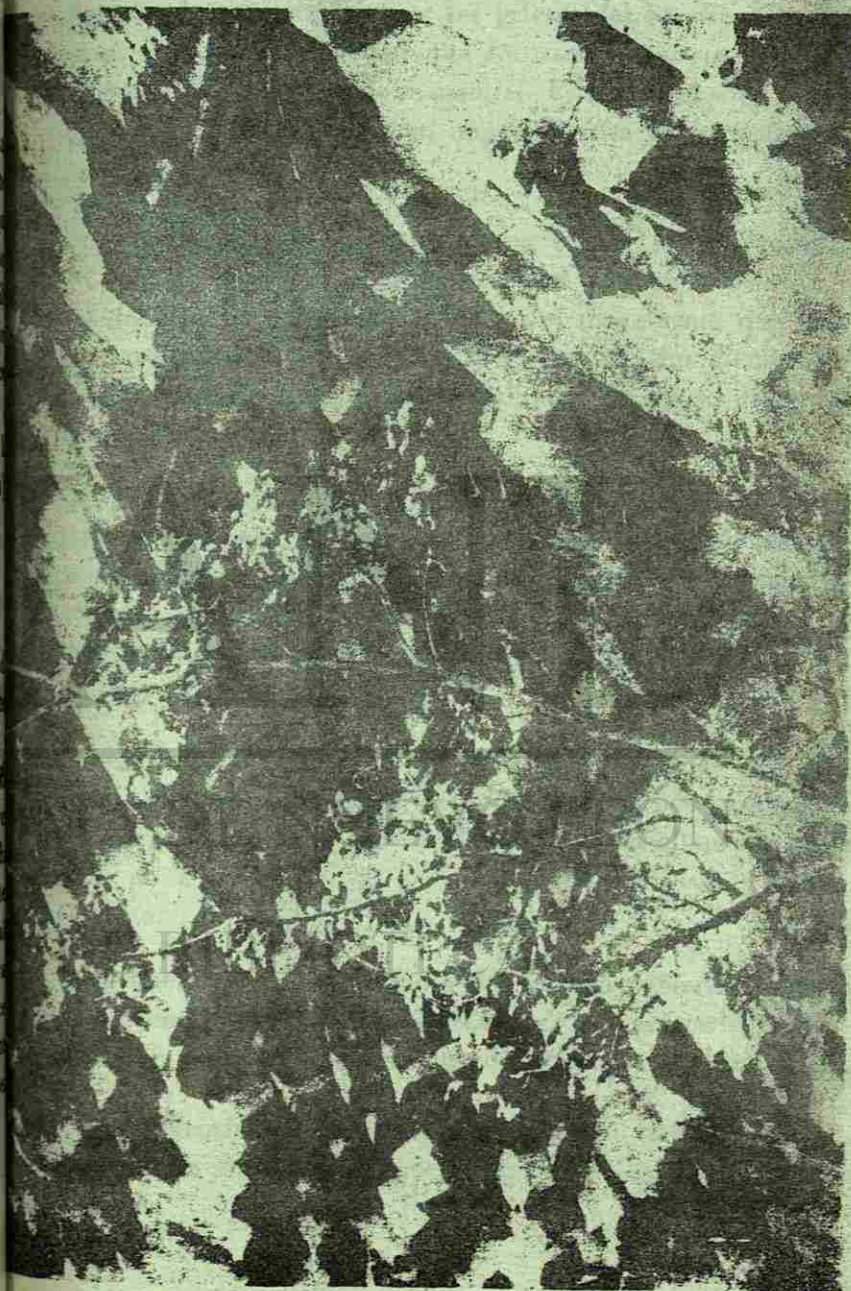
Gran parte del contorno de la Cuenca de México está constituido por andesitas: La Sierra Nevada, el Ajusco, las Sierras de las Cruces y Monte Alto y la Sierra de Guadalupe, son todas andesíticas. El gran abanico de origen fluvial que cubre las faldas de las Sierras del Sur de la Ciudad de México, está formado por material andesítico piroclástico (arenas y gravas)

retransportado. El mismo material se encuentra al Oriente de Texcoco, así como en las "lomas" de Cuernavaca, Mor., y en el Estado de México en los montes de Ocuilán, de Malinalco y Malinaltenango.

Como otro producto de naturaleza andesítica hay que mencionar en este lugar a las tilitas existentes en México, o sea, los materiales que dejaron depositados los glaciares al retirarse, o mejor dicho, al fundirse el hielo que los traía en suspensión. Estos productos solamente se encuentran en lugares cuya altura oscila alrededor de 3 000 metros. Se observan algunas tilitas a los lados de la carretera México-Toluca, desde antes de Las Cruces hasta la Marquesa y Salazar y en el camino de Salazar a Chalma. También se observan en la región más elevada de la carretera Toluca-Valle de Bravo, ya sea en su lugar (in situ) o retransportadas.

BASALTO

Roca generalmente oscura. Tiene una densidad en promedio de 3.1. Se presenta en grandes masas o en forma de corrientes de aspecto lávico típico. Puede presentar un grano muy fino o tener un aspecto de roca maciza, muy resistente y dura, hasta el grado de que al explotarla, requiere gran gasto de explosivos y de herramientas de perforación. En otras ocasiones cuando ha sufrido presiones, la masa se divide en "lajas". Las corrientes de cierto espesor se dividen al enfriarse en columnas prismáticas exagonales, casi siempre verticales, que alcanzan alturas de 34 metros en Santa María Regla, Hgo., pero también a veces inclinadas como en el Salto de San Antón, Mor. Frecuentemente presenta estructura cavernosa y la roca es además muy porosa y escoriácea.



Basalto columnar, visto de abajo hacia arriba, San Antón, Morelos



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuando el agua se filtra por las grietas del basalto y encuentra en su camino de gravedad una formación impermeable, sale a la superficie en forma de manantial. Este caso es muy frecuente en el Estado de Morelos, en donde la roca impermeable de la base, es andesítica.

Un basalto de color claro existe en el pueblo de Zacatelco, a 26 Km. de la ciudad de Puebla, en el camino a Tlaxcala. Con esa roca se ha construido la base del monumento que está en el entronque a los Fuertes, y la estatua de don Benito Juárez erigida entre los Fuertes de Guadalupe y de Loreto de la misma ciudad de Puebla.

La roca presenta a veces una textura porfirítica y entonces destacan claramente los cristales blancos de la plagioclasa en la masa oscura de la roca. El olivino casi siempre está presente y sus cristales son relativamente fáciles de identificar por su color característico verde olivo y su lustre vítreo. El basalto es el representante extrusivo del gabro.

Los basaltos originan uno de los problemas más difíciles de resolver y que proviene del hecho de que muchos basaltos, especialmente aquellos de reciente formación, son altamente permeables, no a través de sus poros, sino de diaclasas y zonas de contacto.

La primera guía en el estudio del terreno cubierto con basalto es conocer el nivel de aguas freáticas, las características de las corrientes individuales y las condiciones topográficas.

Los problemas de cimentación en basalto son en general de importancia secundaria, a menos que presente una cavernosidad excesiva.

El basalto es una de las rocas más útiles para la construcción. Para ser usado en mampostería, es resistente y se puede labrar con relativa facilidad. Para usarse en la elaboración de concretos, es factible triturarlo y presenta una magnífica adherencia al asfalto o con cemento. Para ornato se le emplea en pisos y fachadas, y en general es útil para cualquier aplicación en que se requiera roca.

Se le ataca con explosivos cuando está sano. Intemperizado se convierte en una arcilla arenosa rojiza con fragmentos sanos incluidos en su seno y puede excavar con arado y bulldozer.

ROCAS VITREAS

Estas rocas son el producto del enfriamiento rápido de las correspondientes rocas efusivas.

OBSIDIANA

Es una roca dura, de textura casi igual a la de un vidrio negro, pero el color puede ser también gris perlado o rojizo y presenta a veces una serie alineada de burbujas que dan a la roca un brillo sedoso de color verdoso, plateado o dorado.

Tiene una fractura típicamente conchoidal. Se usa este material en la fabricación de artículos de ornato.

PERLITA

Petrográficamente es una obsidiana hidratada, o sea que tiene agua en su composición.

El uso principal a que se destina esta roca es para la fabricación

de Carlita, que es material obtenido por calcinación de la perlita, la cual adquiere un gran volumen y mucha porosidad, lo que la hace utilizable en la fabricación de concretos ligeros, material aislante, etc.

RETINITA. (*Piedra Pez*)

Consignada en este lugar como roca vítrea, pero sin utilidad alguna. Tiene un gran parecido con la resina llamada "pez".

PIEDRA PÓMEZ

Aunque esta roca está aquí incluida entre los vidrios, es en realidad un producto piroclástico, o sea, que es arrojado por los volcanes en sus erupciones violentas.

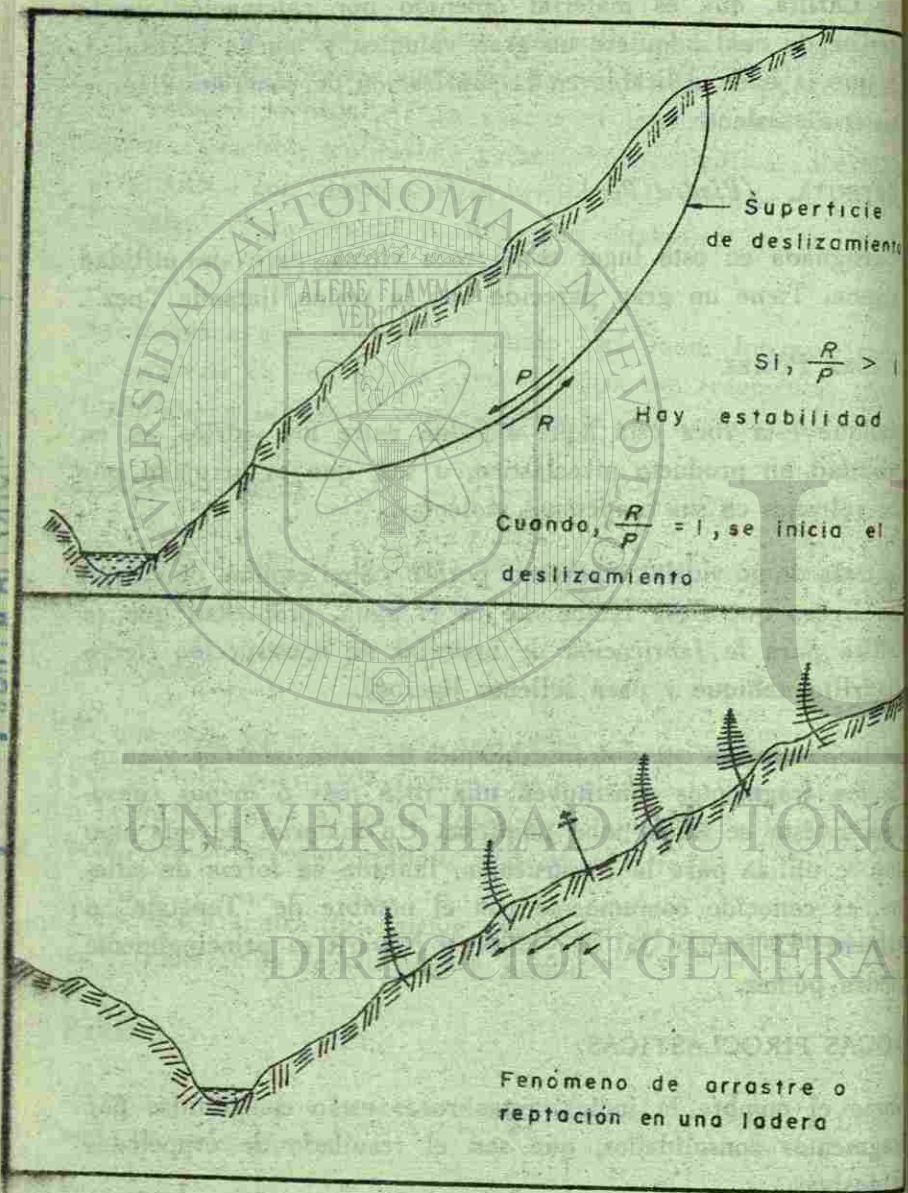
Se trata de un vidrio sumamente poroso, como espuma de vidrio, tan ligero que flota fácilmente en el agua, propiedad que se utiliza para la fabricación de material de construcción ligero (ladrillo, tabique y para rellenos ligeros).

En la naturaleza encuentranse bloques de todos tamaños y cuando los fragmentos constituyen una roca más o menos consolidada, ésta se llama toba pumítica. Un material de este tipo que se utiliza para la construcción, labrado en forma de sillares, es conocido comunmente con el nombre de "Tepetate" o "xalnene." El famoso Jal de Jalisco y Nayarit es principalmente piedra pómez.

ROCAS PIROCLASTICAS

Como el nombre lo indica, estas rocas están constituidas por fragmentos consolidados, que son el resultado de erupciones explosivas.

FACULTAD DE INGENIERIA



Fenómenos de deslizamiento y arrastre en ladera.

En total de este grupo están comprendidos en sus manifestaciones y componentes.

En el caso de los deslizamientos, que son fenómenos de gran importancia, se debe considerar que estos pueden ser de tipo rotacional o traslacional, dependiendo de la forma de la superficie de deslizamiento.

Los deslizamientos pueden ser clasificados en función de su velocidad, en lentos, medios y rápidos. Los lentos son aquellos que se producen de forma gradual y silenciosa, mientras que los rápidos son aquellos que se producen de forma súbita y con gran fuerza.

Los deslizamientos pueden ser causados por una variedad de factores, como la erosión, la actividad sísmica, la saturación del suelo por agua, o la excavación de taludes. Es importante identificar las causas para poder prevenir o mitigar los efectos de estos fenómenos.

En el caso de los deslizamientos de tipo rotacional, la superficie de deslizamiento tiene una forma curva, mientras que en los deslizamientos de tipo traslacional, la superficie es plana. Esto afecta la manera en que se mueve el material y la forma en que se puede prevenir el deslizamiento.

Los deslizamientos pueden tener consecuencias graves para las comunidades que viven en zonas de riesgo. Por lo tanto, es fundamental contar con planes de prevención y respuesta ante emergencias para minimizar los daños y salvar vidas.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

Las rocas de este grupo varían ampliamente en sus resistencias, permeabilidad y comportamiento.

Los fragmentos eyectados por un volcán de acuerdo con sus tamaños, pueden ser clasificados como peñascos, bombas, grava, lapilli, arena y ceniza volcánica.

Existen volcanes de tipo llamado "cono de cenizas", constituidos exclusivamente por material fragmentario, el cual se clasifica algunas veces en el mismo cono, ya sea por el tipo de cada explosión o por la dirección de los vientos dominantes y entonces es fácil obtener un material uniforme, de tamaño adecuado a las necesidades de la construcción.

BRECHA VOLCÁNICA

Las gravas no son redondeadas como no lo es el resto de los materiales, excepto las bombas que tienen una forma general de huso o de pera, las que a veces están cubiertas por una corteza típica llamada "corteza de pan". Cuando estas gravas llegan a consolidarse, o a soldarse irregularmente por sus aristas, forman una brecha volcánica y esto sucede generalmente entre dos corrientes de lava. El lapilli y las cenizas llegan a veces a adquirir una mediana consolidación, que es muy fácil de destruir para utilizar ese material suelto ya sea en rellenos, riegos de sello, morteros, etc.

Las rocas de este grupo varían ampliamente en sus resistencias, permeabilidad y comportamiento en sus afloraciones. Muchos aglomerados, que son formados por partículas de dimensiones heterogéneas, se encuentran lo suficientemente bien cementados para proporcionar cimentaciones aceptables y son en general poco permeables.

TOBA

Cuando se litifican partículas piroclásticas finas principalmente, se forma una toba. La toba es generalmente ligera, de color claro y puede ser suave o muy dura.

En nuestro territorio se encuentran tobas riolíticas, andesíticas y basálticas. Las más utilizadas en la construcción son las de naturaleza riolítica, por su abundancia.

Generalmente las tobas son rocas débiles aunque algunas se encuentran lo suficientemente consolidadas para soportar el peso de una presa de concreto.

Los problemas que se presentan en estas rocas son en muchos casos similares a los de las lutitas. El fenómeno de pérdida de cohesión al intemperizarse, se presenta con frecuencia, especialmente en tobas riolíticas.

Desde el punto de vista de la tendencia al deslizamiento las tobas se encuentran entre los peores materiales; la arcilla montmorilonita es un constituyente común de las tobas y su presencia debe tomarse como una señal de peligro.

Cuando las cenizas y los polvos son depositados en un medio acuoso, se descomponen y a la larga producen la arcilla llamada bentonítica, en la que predomina la montmorilonita; también hay ilita y otros minerales de la arcilla.

El tezontle es de origen basáltico y puede tener colores de rojo a negro; el color rojo se debe a la oxidación del fierro de los minerales ferromagnesianos que entran en la composición de la

roca. El tezontle es ligero por poroso, pero sus poros no están comunicados.

Otro producto piroclástico derivado del basalto y muy utilizado en la construcción es el "Lapilli", formado por fragmentos muy porosos, de color negro o rojo, y de un tamaño uniforme de unos 2 cms.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias, como su nombre lo indica, son rocas que han sido formadas por la consolidación o litificación de sedimentos.

Las características de las rocas sedimentarias dependen de una serie de factores que intervienen previamente a su formación, durante la litificación y posteriormente al quedar la roca expuesta a alteraciones por procesos.

Los factores que determinan la clase de roca y sus condiciones particulares, son principalmente: la fuente o fuentes de los sedimentos, el agente erosivo y transportador, los medios ambientes de transporte y de depósito y la manera en que la roca se litifica. Posteriormente, sus propiedades son modificadas por los esfuerzos a que queda sometida, que la fracturan y la deforman y por la influencia de fenómenos tales como el metamorfismo y el intemperismo. Estos fenómenos pueden afectar tan profundamente las características de la roca que ésta se transforma completamente, dando lugar a una roca metamórfica o a un suelo.

De acuerdo con su génesis se les clasifica en los tres grupos que siguen:

ORIGEN MECÁNICO, QUÍMICO Y ORGÁNICO

El grupo denominado mecánico o clástico, comprende los sedimentos constituidos por partículas individuales separadas por medios mecánicos. Son primordialmente detríticos y representan agregados sueltos que son transportados y finalmente acaban por depositarse; dan lugar posteriormente a la formación de una roca por procesos de compactación o cementación.

Los sedimentos de origen químico, son precipitados en los cuales los cristales individuales son unidos por enlaces químicos. Constituyen una parte importante dentro de las rocas sedimentarias.

Los sedimentos de origen orgánico son formados por la acumulación de las partes duras de organismos que, al unirse por cementación constituyen una roca. Son los menos abundantes.

Una característica estructural importante en la mayoría de las rocas sedimentarias, es la estratificación o disposición en capas. Los planos de estratificación o de separación entre las capas de la roca, son debidos a rompimientos o discontinuidades en el depósito de los sedimentos.

La estratificación de las rocas sedimentarias tiene una gran importancia en cuanto a las propiedades de la roca en conjunto, que interesan para su aprovechamiento.

Es frecuente encontrar que las capas de las rocas sedimentarias no están horizontales sino que se han inclinado alcanzando una posición vertical e inclusive sobrepasando los 90°, quedando las capas más recientes debajo de las antiguas.

Los planos de estratificación son normalmente superficies de

mayor permeabilidad por lo que el flujo del agua, petróleo y gas, se hace en ese sentido. Esos planos constituyen superficies de debilidad al esfuerzo cortante, por lo que presentan problemas de derrumbes cuando las rocas se ven sometidas a esfuerzos en túneles, cortes, o cimentaciones. La explotación o excavación con explosivos en rocas estratificadas, requiere que se tome muy en cuenta la posición de esos planos para que la barrenación y el tipo de explosivo sean eficientes.

SEDIMENTOS DE ORIGEN MECANICO

Transportadas por el agua

Se exponen en primer lugar los datos que corresponden al material suelto y después los que corresponden a la roca formada por cada uno de esos materiales.

Grava

Es un material formado por fragmentos que van de 2 a 70 mm. Como material suelto se encuentra en los lechos, en las márgenes y en los conos de deyección de los ríos, en muchas depresiones antiguas y modernas del terreno que han sido o están siendo rellenadas por el acarreo de los ríos, y en muchos otros sitios a donde las gravas han sido retransportadas. También se encuentra en terrazas marinas y fluviales.

En general la grava se presenta en depósitos heterogéneos mezclada con cantos rodados, arenas, limos y aún arcilla, en proporciones variables.

La grava es un material muy importante para la construcción, al grado de que cuando no se dispone de la grava natural se

recurre a la trituración de roca para obtenerla. También se obtiene arena en esa operación.

La grava se utiliza en grandes cantidades para la fabricación de concreto (con cemento o con asfalto); en terraplenes, en la sub-base, base y carpeta de carreteras; en drenes, filtros, etc.

En el norte del país hay grandes extensiones ocupadas por gravas que reciben el nombre genérico de Formación Reynosa. Algunos depósitos de este tipo tienen una cubierta muy resistente que requiere el uso de explosivos para descubrir la grava que está debajo. Esa cubierta debe su formación al hecho de que esas gravas son de constitución caliza y el agua disuelve una parte superficial de cada fragmento, que se va uniendo con los adyacentes, hasta que adquiere cierto espesor de material cementado muy resistente, que defiende de la erosión al resto del depósito.

CONGLOMERADO

Las gravas redondeadas cementadas forman una roca maciza y resistente que se llama conglomerado. Al romperla, la fractura corta indistintamente a los fragmentos y al cementante.

El material cementante puede ser de naturaleza caliza, silicosa o férrica; el más común es el calizo y el más resistente es el silicoso. Se puede considerar también como cementante a la arcilla que es muy abundante, pero de baja resistencia.

BRECHA

Cuando las gravas no han sufrido desgaste en sus aristas porque no han sido transportadas por largas distancias, y se consolidan,

constituyen brechas, que no deben ser confundidas con las brechas volcánicas. Hay otro tipo de brechas que se forman por la fricción de las dos superficies irregulares de una falla; se llaman brechas de fricción y constituyen el relleno de algunas fallas. También hay brechas de talud, que tienen origen en el pie de las montañas o acantilados.

Arena

Las arenas se acumulan en los lechos de los ríos y en la desembocadura de éstos. En cuencas interiores llegan a formar parte del relleno del valle, como en los casos de las gravas y se mezclan con ellas; en los litorales se acumulan en las playas, barras y cordones litorales.

La arena tiene grandes aplicaciones en obras de ingeniería.

En muchos campos petroleros del mundo, las arenas sueltas han sido y son grandes receptáculos para el petróleo.

ARENISCA

Las arenas consolidadas constituyen las areniscas. Se clasifican de diversas maneras según el tamaño de su grano, según el estado de consolidación que presenten, y según la composición de la arena. Así se tienen areniscas de grano fino, areniscas de grano medio y areniscas de grano grueso; arenisca suave y arenisca dura; arenisca de cuarzo, arenisca de caliza y arenisca de feldespato. También pueden ser masivas, estratificadas o presentar estratificación cruzada.

Las areniscas, de acuerdo con la matriz cementante se clasifican como: silicosas, calcáreas, ferruginosas o areniscas arcillosas.

Los términos frágil, pobremente, medio y bien cementado se emplean para indicar la calidad de estas rocas como material de cimentación. Las areniscas de un alto contenido de SiO_2 cristalizado, cuarzo, son areniscas cuarzosas. Las que contienen un alto porcentaje de feldespatos son las arkosas; si el porcentaje de minerales ferromagnesianos es alto, la roca es oscura y se usa el término de "graywacke" o grauvac. Si el contenido de mica es apreciable se dice que es una arenisca micácea.

Muchas areniscas son utilizadas como material abrasivo, especialmente las cuarzosas.

Las areniscas presentan una amplia variación en sus características de resistencia y durabilidad, aunque su naturaleza angular, su alto grado de fricción interna y su condición generalmente cementada, elimina o por lo menos reduce al mínimo muchos de los problemas que son comunes a las rocas de tipo arcilloso.

Las areniscas son rocas resistentes, a menos que muestren un excesivo fracturamiento. Se les ataca con explosivos o con pico y pala si no están fuertemente cementadas.

Es una roca generalmente permeable, que puede tener distintos usos de acuerdo con las características particulares de cada unidad. Se le puede emplear para mampostería y para ornamento; no así para la elaboración de concretos.

Limo

El limo y la arcilla tienen en mecánica de suelos una clasificación muy particular. Cuando contienen materia orgánica se les

llama limo orgánico o arcilla orgánica; cuando las arcillas provienen de la alteración de cenizas volcánicas principalmente, se les llama arcillas volcánicas. En cuanto al tamaño de la partícula, esta viene siendo de importancia secundaria, pues lo que importa es la forma de ésta, su carga iónica y básicamente su comportamiento mecánico.

Se trata de un material muy fino, que tiene un tamaño de grano superior al de la arcilla pero inferior al de la arena (de 0.02 a 0.002 mm). Es un material que se puede considerar inerte, es decir no tiene poder cementante. En la naturaleza se encuentran depósitos de limo que tienen de 10 a 20 m. de altura y conservan sus paredes verticales, seguramente por contener algún cementante. En construcción, puede ser utilizado el limo como empaque entre fragmentos de roca, para rellenos.

LIMOLITA

La roca que proviene del limo consolidado, de resistencia media, se llama limolita. Si llega a tener una mayor dureza y presenta laminación, recibe el nombre genérico de lutita.

Arcilla

La arcilla pura es un silicato hidratado de aluminio, de color blanco, de grano muy fino y se le utiliza principalmente en la fabricación de loza fina. Las impurezas disminuyen el valor industrial de la arcilla hasta dejarla convertida en simple "barro". La arcilla es producto final de la intemperización de todas las rocas.

La característica más importante que hace utilizable a la arcilla es su plasticidad.

Es el material más fino que arrastran las corrientes y por lo general cubre el material formado por elementos de mayor tamaño. La arcilla coloidal es la que se mantiene durante más tiempo en suspensión y por consiguiente, la última en ser depositada.

Forma depósitos de gran espesor en medios ambientes marinos y también importantes en los lacustres.

ARGILITA

La arcilla consolidada se llama argilita. Llega a tener una buena resistencia. Su estructura es masiva o bandeada y su contenido de agua es bajo. Algunos autores consideran a la argilita como una roca endurecida por una cristalización, dentro de un proceso de metamorfismo.

LUTITA

Dentro del grupo de las rocas formadas por minerales de la arcilla, las lutitas son las que más interesan en ingeniería por su abundancia y por sus propiedades muy particulares. La lutita es una roca esencialmente arcillosa, laminada, con buena resistencia a la compresión y baja al esfuerzo cortante. Sin embargo, las lutitas pueden presentar cualquiera de las siguientes características: ser duras y no laminadas, o ser laminadas y suaves. Son aprovechables como material impermeable. Pueden ser atacadas normalmente con pico y pala o bien con bulldozer pero cuando ha llovido y se saturan, al ser removidas se convierten en un material chicleoso sumamente difícil de trabajar, al grado de que los grandes tractores llegan a atascarse completamente.

Las lutitas proporcionan en general, buenas condiciones para la

construcción de presas. Por su carácter arcilloso no son apropiadas para ser usadas en la construcción de terraplenes.

El empleo de los términos argilita (arcilla consolidada), lodolita (mezcla de arcilla, limo, poca arena y materiales orgánicos, consolidados), y limolita (limo consolidado), se consideran comunes en las clasificaciones para fines de ingeniería.

Las arcillas y los limos pasan a lutitas a través de un proceso de compactación y cementación, siempre con eliminación de agua. Dependiendo del grado y carácter de la consolidación, las lutitas varían ampliamente en sus propiedades al quedar sometidas a esfuerzos o a la acción del intemperismo en la superficie.

Las lutitas formadas por compactación exclusivamente vuelven a constituir lodos cuando se sujetan a procesos de saturación y deshidratación; en cambio las lutitas bien cementadas son bastante resistentes a estos cambios.

Ninguna clase de roca varía tanto como las lutitas. El término lutita, a menudo ha venido a significar una roca pobremente calificada y de mala reputación. Se intemperiza con facilidad. También reciben el nombre de filitas.

La lutita es una roca muy abundante en México y en general contiene carbonato de calcio en cantidades subordinadas.

MARGA

La arcilla mezclada con carbonato de calcio produce margas y, según sea la cantidad relativa de los componentes, la roca puede llamarse lutita calcárea, marga o caliza arcillosa.

La marga expuesta a la intemperie se desintegra rápidamente. Expuesta a alternativas de sequedad y humedad sufre el mismo fenómeno por lo que la cimentación en esta clase de roca debe ser profunda y defendida contra la intemperie. Dan suelos sumamente plásticos.

En el norte del país son llamadas por lo general "choy" o "almendrilla", en alusión a la forma final de la partícula resultante de su desintegración, y "pizarrín" cuando los fragmentos son alargados y delgados; en este caso la roca contiene bastante arcilla. Las arcillas y las margas se usan como cementantes en terracerías. Se les emplea mucho para la fabricación de cemento.

AGLOMERADO SEDIMENTARIO

Quando se encuentran mezcladas heterogeneamente y con baja consolidación las gravas, las arenas, el limo y la arcilla, constituyen un "aglomerado", al que se le llama sedimentario para distinguirlo de un material semejante constituido por fragmentos angulosos de origen ígneo, que se llama aglomerado volcánico.

Transportados por el viento

MÉDANOS

Son acumulaciones de arena transportada por el viento, que se presentan ya sea a la orilla del mar o dentro del continente. Los que se presentan en los litorales son generalmente el resultado de las arenas que los ríos llevan al mar y que éste arroja a la playa.

Los médanos continentales son el resultado de la desintegración

lenta pero constante de algunas rocas que afloran en regiones desérticas.

En la península de Baja California los médanos son costeros así como los que se extienden en la planicie costera del Golfo de México.

En el interior del continente existen en el Estado de Chihuahua y en la región de Samalayuca. En el Estado de Coahuila, en la región de Cuatro Ciénegas, existe una gran zona cubierta por médanos formados por arena de yeso. El origen de ese yeso proviene de la evaporación de las aguas seleníticas que bajan de la Sierra del Sobaco. De este yeso se derivan las arenas que después el viento se encarga de transportar.

Los médanos presentan algunos problemas de ingeniería a virtud de que emigran en la dirección de los vientos dominantes por lo que hay necesidad de "fijarlos" para impedir la invasión de otras tierras. Esto se hace por medio de estacas o por la siembra de plantas que puedan crecer en ese medio. También se utilizan cortinas de árboles que impidan o disminuyan la acción del viento.

Cuando forman roca, ésta presenta la característica estructural de "estratificación cruzada", casi siempre con poca consistencia. Cuando es consistente constituye una arenisca.

LOES

Es un producto limoso transportado y acumulado por el viento. Entran en su composición minúsculos granos de cuarzo y pequeñas cantidades de material arcilloso y a veces calichoso.

Aparentemente no tiene consistencia y sin embargo, se observan paredes verticales hasta 20 m. de altura que se conservan por mucho tiempo. Algunas veces se observan en su masa pequeñas tubuladuras de paredes calcáreas.

No es abundante en la República. Se encuentran algunos depósitos en las cercanías de la carretera a Tlaxcala que pasa por Calpulalpan. También se encuentran loes en las regiones de los llanos de Puebla, principalmente en la parte sur de esa zona.

Transportados por el hielo

Los hielos provenientes de las nieves acumuladas en las altas montañas forman glaciares, que son verdaderos ríos de agua solidificada que tienen movimientos muy lentos pero constantes y que arrastran en su masa materiales de los costados de los valles por donde circulan. Cuando el hielo se funde deposita los materiales que acarrea. El material que queda sobre el terreno no tiene clasificación alguna y se encuentran en forma heterogénea bloques de todos tamaños mezclados con gravas, arenas y arcilla (harina de roca) en un estado de alteración muy avanzado. Se les da el nombre genérico de morrenas o tilitas.

Cuando abundan los bloques grandes, constituyen amontonamientos alargados según la dirección del frente o de los costados del glaciar original; estas formaciones se llaman "canchales". Hay algunas otras formas que ofrecen estos depósitos (esker, kames, etc.), de los que no tenemos ejemplos en la República Mexicana.

En México existen pequeños glaciares en la parte alta del Popocatepetl y del Ixtaccihuatl.

En el camino que parte del Km. 76 de la carretera México-Guadalajara hacia Valle de Bravo, existen tilitas tanto "in situ", como retransportadas, entre los Kms. 85 y 120 aproximadamente.

Es necesario advertir que en México, este tipo de formaciones se encuentran alrededor de los 3 000 m. de altura sobre el nivel del mar.

Por gravedad

BRECHA DE TALUD

Se señala como formación procedente de cantiles de muy pronunciadas pendientes por la acumulación de fragmentos y detritus que la intemperie hace desprender de esas altas paredes y se depositan al pie. Esta mezcla heterogénea de fragmentos angulares que no han sufrido ningún arrastre, cuando se consolidan, constituyen una brecha de talud.

SEDIMENTOS DE ORIGEN QUIMICO

Naturaleza Calcárea

CALIZA

El carbonato de calcio, más o menos impuro, forma la roca llamada caliza, que se usa como nombre propio y no como adjetivo. Es compacta, de grano fino y su matiz varía desde gris azulado, crema, rosado y gris claro, hasta negro. Su dureza corresponde más o menos al No. 3 de la escala de Mohs, pues la calcita, que es el principal componente, tiene esa dureza.

Las calizas se forman por la sedimentación y consolidación de

las sales de carbonato de calcio depositadas en los mares. También se pueden formar en un medio ambiente lacustre.

Muchas de las propiedades de las calizas de origen químico las presentan también las calizas de origen orgánico.

Las calizas hacen efervescencia con el ácido clorhídrico oficial. El ácido clorhídrico oficial es una solución acuosa al 10%. Se usa el ácido a la dilución indicada porque sirve así para separar algunos carbonatos que solo hacen efervescencia con ese mismo ácido concentrado.

La caliza es soluble especialmente si el agua lleva ácido carbónico en solución. La disolución de las calizas provoca la formación de conductos a través de su masa que se van ensanchando paulatinamente, no sólo por solución, sino por abrasión (desgaste de la roca por fricción), y se llegan a formar verdaderas cavernas. A veces las bóvedas de esas cavernas se desploman por falta de apoyo y forman en la superficie del terreno hundimientos que reciben diferentes nombres: "hundidos", "embudos", "sumideros" o "sartenejas" (en Morelos), o "cenotes" (en Yucatán). Son muy abundantes en México.

Una comarca caliza cruzada en todas direcciones por canales subterráneos, llena de cavernas y de numerosos hundimientos en la superficie, es la típica y mundialmente conocida región del Karst o Carso, que se extiende desde Trieste hacia el Sureste de la costa adriática de Yugoslavia. Cualquier región con características semejantes se dice que tiene una topografía cársica. La península yucateca representa en México a ese tipo de terreno.

Las calizas suelen contener carbonato de magnesio, fosfato de calcio y dióxido de silicio.

Las calizas que presentan estratificación gruesa, poco deformada y relativamente libres de cavidades de disolución, proporcionan condiciones excelentes para servir para presas o cimentaciones de cualquier tipo. Las de estratificación delgada, deformada y cavernosa presentan serios problemas a la cimentación y ofrecen condiciones desfavorables a la resistencia al esfuerzo cortante y a la contención de agua.

Pocos lugares pueden ser tan malos que sea imposible construir en ellos una presa con buenos resultados técnicos, pero hay muchos en calizas en donde es económicamente incosteable hacerlo.

Las calizas constituyen una de las rocas más útiles para el ingeniero. Es la materia prima básica para la fabricación de cal y cemento. Se le utiliza como material de construcción para mampostería y como piedra de ornato. En forma de arena y grava, o triturada, se le emplea como agregado grueso para concreto. Es muy buen material para balasto en las vías de ferrocarril. Ocupa grandes extensiones en México.

Por su alta permeabilidad, las calizas frecuentemente constituyen excelentes acuíferos y son las rocas acumuladoras de petróleo en muchos de los más importantes yacimientos del mundo.

La caliza sana tiene que ser atacada con explosivos. Es importante conocer, como en todos los casos, la posición del sistema de fracturamiento y de la estratificación, para que la colocación y el tipo de los explosivos que se utilicen, sean más efectivos.

DOLOMITA

En el caso de contener carbonato de magnesio, la caliza se

califica de dolomítica y si la proporción de carbonato de magnesio llega a igualar químicamente a la de carbonato de calcio, la roca es una dolómia o dolomita. Se utiliza en la industria por la cualidad refractaria del carbonato de magnesio. No es muy abundante; existe caliza dolomítica explotable en Teapa, Tab., y en el Cañón de Petaquilla, Gro. En la prueba de clorhídrico no hace efervescencia si no se le pulveriza previamente.

CALIZA FOSFÓRICA

Caliza conteniendo fosfato de calcio se encuentra en algunas sierras del Estado de Zacatecas y se usa principalmente en la fabricación de fertilizantes.

ARAGONITA

Esta roca está formada por un sólo mineral: Aragonita. Es un carbonato de calcio cristalizado en el sistema ortorrómbico, a diferencia de la calcita, que también es carbonato de calcio pero cristalizado en la rama rómbica del sistema hexagonal.

Cuando es un producto de depósito en aguas termominerales, llega a formar grandes masas, con una estructura bandeada de diferentes tonos y colores, constituyendo la variedad denominada ónix mexicano. El yacimiento principal de esta roca se encuentra en los alrededores de la población de Tecali, en el Estado de Puebla. Existe el mismo material, con colores más variados en las poblaciones de Eula y Santo Domingo, en el Estado de Oaxaca.

El uso principal de esta roca está en la fabricación de planchas para revestimientos de muros, piezas y artículos de ornato. Los

fragmentos de la roca se usan en la fabricación de piedra artificial para pisos y revestimientos.

Las estalactitas y las estalagmitas que adornan muchas grutas, están formadas por aragonita depositada en capas de crecimiento concéntrico, con los pequeños cristales de aragonita en posición radial o sea normal a la dirección de las capas.

TRAVERTINO

Es una caliza impura depositada por aguas incrustantes, o sea, que vienen cargadas con carbonato de calcio en solución. Su depósito forma a veces grandes masas; otras veces cubre de una costra al suelo por donde corre; llega a formar estalactitas y estalagmitas de un aspecto rudo.

La masa de la roca está surcada en todas direcciones por pequeños canales por donde circula el agua, canales que se obstruyen con sus mismos depósitos y el agua toma otras direcciones, lo que da a la masa en general un aspecto poroso. Cuando esta roca presenta el menor número de poros y un grano cerrado, es explotable y se usa en la manufactura de planchas o láminas que pueden adquirir un buen pulimento y son utilizadas en el cubrimiento de fachadas, muros interiores, lambrines, etc.

Cuando las aguas que provocan el depósito de este material corren por terreno con vegetación, la roca resultante envuelve tallos, raíces y hojas; éstas últimas presentan a veces bonitos ejemplares de sustitución, molécula por molécula de materia orgánica por materia mineral.

Esta roca abunda en el Estado de Puebla en la región de Valsequillo hasta Tehuacán. En Viesca, del Estado de Coahuila,

hay también yacimientos abundantes de travertino. En el Estado de Nuevo León es llamado "sillar de agua" y se usa en la construcción.

Naturaleza silicosa

PEDERNAL

Es una roca formada por sílice (SiO_2), más o menos hidratada, que se presenta por lo común en forma de lentes o de nódulos en medio de las calizas. Su origen ha sido motivo de muchas discusiones. Su presencia hace difícil la explotación de las calizas y es deletéreo en mezclas para concreto. Tiene una dureza semejante a la del cuarzo, lustre córneo y aristas agudas al fracturarse. Su color es negro, crema o casi blanco.

GEYSERITA

Es una sílice coloidal depositada por el agua de los géysers. En forma maciza tiene el aspecto del pedernal, aunque su consistencia es menor. Se encuentra en México en pequeñas cantidades en la zona geysérica de Ixtlán de los Hervores, Mich.

Naturaleza Salina

EVAPORITAS

Las rocas constituidas por depósitos en una solución acuosa por evaporación reciben el nombre de evaporitas.

SAL GEMA, HALITA

El cloruro de sodio tiene el nombre mineralógico de halita.

Forma grandes masas al depositarse por saturación en lagunas

marginales. En la República Mexicana se localizan intrusiones de sal de más de 500 m. de espesor en la región del Istmo de Tehuantepec; mundialmente se les conoce con el nombre de domos salinos. La cúspide del domo, llamada "casquete" o "cap rock" contiene también otras sales, como el yeso, anhidrita, cloruro de potasio y otras.

Con las sales que rematan a los domos salinos, se ha encontrado gran cantidad de azufre que se explota en muy importante escala por el procedimiento Frasch. Frecuentemente constituyen en sus flancos, estructuras acumuladoras de petróleo.

En Cuchillo Parado, Chih., se ha encontrado sal gema en forma de manto a una profundidad aproximada de 200 m.

En tierra firme se explota la sal común que impregna algunos suelos. Los lugares más conocidos en explotación, son "Las Salinas", entre los Estados de San Luis Potosí y Aguascalientes y en Villa de Cos, Zac. A esta sal sin purificar se le llama "Sal de tierra".

Las aguas naturales cargadas de sales semejantes a las del mar son útiles en la compactación de terraplenes. La misma sal marina mezclada con material arenoso limoso sirvió para revestir los caminos en las Islas Mariás, lo que los mantiene sin polvo debido a la presencia de cloruro de potasio que es una sal higroscópica y absorbe algo de humedad atmosférica.

YESO

Es sulfato de calcio hidratado que se presenta en la naturaleza en forma cristalina, en cristales que varían de tamaño desde 1 m. de largo por 10 cm. de ancho, hasta pequeños cristales

agrupados en una masa de textura sacaroide. También se presenta en láminas más o menos transparentes que se parecen a las de mica.

Cuando se calcina el yeso, pierde su agua de constitución y después, cuando ésta se le agrega nuevamente se combina, desprende calor, aumenta de volumen y fragua. Esta propiedad se aprovecha para hacer el yeso calcinado para la fabricación de morteros, molduras y artículos de ornato en general.

En su estado natural, es agregado al clinker en la manufactura del cemento. En una porción aproximada del 3%, sirve para retardar el fraguado y en este sentido su uso es también muy importante.

Existen yacimientos de yeso en muchos lugares del país pero solo se mencionan los más cercanos a la capital. En los límites de los Estados de Morelos y Puebla, hay un yacimiento de gran espesor y extensión cuyo material es llevado a embarcar a la estación de ferrocarril de Axochiapan, que es llamada por eso la "estación yesera". En el Estado de Morelos están dos yacimientos: el de Oaxtepec y el de Atlatlauca, de los que se sirven el Distrito Federal, el Estado de Morelos y el Estado de Puebla, principalmente.

Suele acompañar al yeso la anhidrita. Este mineral es inestable y se transforma con el tiempo en sulfato de calcio hidratado (yeso), con aumento de volumen y desprendimiento de calor.

BÓRAX

Es un tetraborato de sodio natural que depositan las aguas en cuencas cerradas y regiones áridas.

TEQUESQUITE

Es un sesquicarbonato de sodio, mezclado con cloruro de sodio, sulfato de sodio, tetraborato de sodio y cloruro de potasio como principales componentes. También es un depósito formado en cuencas cerradas y clima árido.

En terrenos que ocupaba el lago de Texcoco se han explotado esas sales, comenzando por el cloruro de sodio que se utilizó mucho cuando la plata de las minas de México era beneficiada por el "sistema de patio"

En la actualidad, aparte del uso doméstico que aprovecha principalmente el contenido de carbonato de sodio que se explota en gran escala, se separan las sales por cristalización fraccionada, esto es, se les hace depositar según el orden inverso de su solubilidad en el agua.

El cloruro de potasio, un gran fertilizante, es el último que se deposita. El "caracol", un gran tanque helicoidal de evaporación solar, ideado por un gran geólogo mexicano, Hermión Larios, forma parte principal de esa instalación.

SEDIMENTOS DE ORIGEN ORGANICO

Naturaleza Calcárea

CALIZAS

* Cuando esta roca es de origen orgánico su masa contiene los restos de animales marinos, desde moluscos hasta foraminíferos. Tiene una gran importancia en los yacimientos petroleros por su alta permeabilidad. La caliza arrecifal, que procede de arrecifes

de coral, presenta grandes espesores, a veces a contar desde la superficie del terreno. Como roca, tiene propiedades similares a las calizas de origen químico. Como material de construcción, cuando sus bancos son muy gruesos y sin fracturas, proporcionan piedras que, labradas y pulidas, le dan el aspecto de mármol en que destacan las secciones de los moluscos cortados.

En la cantera de Peñuela, en las cercanías de Córdoba, Ver., se ha explotado roca muy vistosa para fachadas que se puede ver en varios edificios de la Ciudad de México.

CORAL

Forma colonias numerosas en mares cálidos de aguas claras y poco profundas. En el Océano Pacífico son famosos los atolones; en el Golfo de México son muy conocidos los bancos de la Florida y de las Antillas; en las costas del Caribe; frente a Veracruz, la Isla de Sacrificios y algunos otros bancos cercanos. Estas rocas se emplean en la construcción con el nombre de piedra "muca".

COQUINA

Los restos de moluscos acumulados y mal soldados, pues dejan muchos huecos entre ellos, constituyen la roca llamada coquina o lumachella que tanto abunda en la península yucateca y que le da a la losa que constituye su superficie el carácter de una esponja rígida, que permite el paso del agua superficial hacia el subsuelo. Las corrientes superficiales en la península, comienzan a la latitud de Champotón hacia el Sur.

Hay bancos de conchas semifósiles utilizados como base y aún como carpeta para la construcción de carreteras.

CRETA

Es una caliza más o menos pulverulenta, de poca consistencia, de color blanco crema. Está formada por la acumulación de restos de animales monocelulares.

En la península yucateca, existen grandes acumulaciones de una caliza de este tipo aunque no se sabe que se hayan encontrado en ella restos de organismos. Se le llama localmente "sascab". Sus depósitos están cubiertos por una capa dura del mismo material, que a veces obliga a recurrir al uso de explosivos para llegar al material suave que está debajo de ella.

Es un material fácil de atacar para la construcción de carreteras. Extendido y compactado puede adquirir una consistencia semejante a la de la cubierta de su depósito.

Naturaleza Silicosa

DIATOMITA

Roca pulverulenta formada por la acumulación de caparachos de diatomeas, tiene un matiz blanco que se va tornando gris conforme adquiere impurezas. Está compuesto exclusivamente de sílice. A la vista es posible confundirlo con una arcilla pero frotando el polvo entre los dedos índice y pulgar, se oye el roce o frotamiento, lo que no sucede con la arcilla. Con una pequeña cantidad de agua es posible comprobar que está desprovisto de plasticidad.

Vulgarmente se conoce a esta roca con el nombre de Tizar o Tizate.

El nombre de tierra de infusorios es inapropiado, pues las dia-

tomeas no son infusorios. Los depósitos de diatomeas se encuentran entre los sedimentos de antiguos lagos, hoy desecados. Hay diatomeas vivas en muchos vasos lacustres actuales.

Deben mencionarse entre los depósitos más importantes de la República los de la mina "La Blanca", en el Estado de Tlaxcala, cerca de San Martín Texmelucan, Pue. Se le utiliza para la fabricación de explosivos y abrasivos.

Naturaleza carbonosa

En la lista que sigue, que corresponde a la última sección de los sedimentos de origen orgánico, se consignan los carbones naturales en el orden creciente de su contenido de carbón fijo, o sea de riqueza calorífica.

TURBA

Es el primer paso de la conversión de la materia vegetal en carbón; se conserva casi totalmente la estructura de la planta primitiva que contiene raíces, tallos y hojas de plantas que crecen en pantanos o en las orillas de lagos. El resultado es una masa fibrosa de color café oscuro, porosa y de muy alta compresibilidad. Como combustible tiene poco poder calorífico, pero éste aumenta si el material es comprimido.

La presencia de turba en el suelo es altamente perjudicial para la cimentación de estructuras, en virtud de su gran compresibilidad y su baja resistencia al esfuerzo cortante, lo que provoca grandes asentamientos por consolidación o desplazamiento. El paso de la carretera directa México-Puebla a través de terrenos que ocupó el antiguo lago de Chalco, en donde hubo muy

serios problemas, es buena prueba de lo anterior. Lo mismo sucedió en el F. C. del Sureste, en el tramo próximo a Francisco Rueda, y en la carretera Transistmica, en el tramo cercano de Coatzacoalcos, entre Minatitlán y el Puerto.

LIGNITO

Es un carbón de tono oscuro o chocolate. A veces es posible apreciar a simple vista la fibra de la madera de donde procede. Arde con llama fuliginosa y su poder calorífico es mayor que el de la turba. Tiene un grano fino y su textura recuerda a la de la cera. Su dureza varía de 1 a 2.5 y su densidad es de 0.7 a 1.5. Su contenido de carbón fijo es mayor que el de la turba, pues pasa de 50%.

HULLA

Comúnmente llamada "carbón de piedra". Es de un matiz gris o negro azabache. Su grano es compacto pero el carbón es frágil, quebradizo. Su fractura es a veces laminar, otras veces conchoidal. La densidad está comprendida entre 1.2 y 1.5. Su contenido de carbón fijo pasa del 75%. Este carbón sometido a calefacción produce muchos hidrocarburos utilizados en las industrias, entre los cuales debe mencionarse el alquitrán, y deja un residuo, producto de fusión, que se llama coque y que a su vez se usa en la fundición de metales.

Es bien conocida en México la Cuenca Carbonífera de Coahuila.

ANTRACITA

Es un carbón compacto, negro, de brillo casi metálico por la iridiscencia que a veces presenta. Su dureza es de 2.0 a 2.5 y

ROCAS SEDIMENTARIAS

ORIGEN	AGENTE TRANSPORTADOR	SEDIMENTO SUELTO	SEDIMENTO CONSOLIDADO
MECANICO	AGUA	GRAVA (Aristas Redondeadas) GRAVA (Aristas Agudas) ARENA LIMO ARCILLA	CONGLOMERADO BRECHA ARENISCA LIMOLITA ARGILITA } LUTITA
	VIENTO	MEDANOS LOESS	ARENISCA
	HIELO	GRAVAS ANGULOSAS ARENA LIMO ARCILLA	} TILITA
ORIGEN	NATURALEZA	SEDIMENTO CONSOLIDADO	
QUIMICO	CALCAREA	CALIZA DOLOMITA ARAGONITA TRAVERTINO	
	CALCAREA ARCILLOSA	MARGA	
	SILICOSA	PEDERNAL GEYSERITA	
ORGANICO	SALINA	EVAPORITAS	SAL GEMA YESO BORAX TEQUESQUITE CRISTALILLO
	CALCAREA	CALIZA CORAL COQUINA CRETA (Sasceab)	
	SILICOSA	DIATOMITA (Tízar)	
ORGANICO	CARBONOSA	TURBA LIGNITO HULLA ANTRACITA	



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

su peso específico es alrededor de 1.5. Su contenido de carbón fijo es alto: de 80 a 90%. Arde con una llama azul, pequeña, sin humo, lo que lo hace utilizable en servicios domésticos. Se le encuentra en las regiones de Santa Clara y San Marcial, al Sur del Estado de Sonora.

GRAFITO Y DIAMANTE

Aún cuando no forman grandes masas, se citan por ser miembros de la serie del carbón.

El grafito es carbón en una modificación alotrópica distinta del diamante. Cristaliza en el sistema hexagonal. Es negro brillante y casi siempre tiene hierro como impureza. Es buen conductor de la electricidad y es ampliamente usado en la industria. Se le encuentra en rocas metamórficas.

El diamante es carbono muy puro, que cristaliza en el sistema isométrico. Se le encuentra en rocas intrusivas muy básicas. Es el mineral más duro.

ROCAS METAMORFICAS

El metamorfismo puede definirse en una forma general, como cualquier cambio físico o químico en una roca. Sin embargo, el término se restringe a cambios profundos que involucren una nueva cristalización o nueva textura en las rocas.

El metamorfismo en las rocas puede variar de ligero a extremadamente fuerte. Las rocas que muestran cambios poco profundos no se clasifican comúnmente como metamórficas. Una roca metamórfica es aquella cuyas características distintivas han sido producidas por metamorfismo.

Las características generales de las rocas metamórficas, incluyen una estructura bandeada y una textura en la que se tiene un intercrecimiento y un entrelazamiento de los cristales.

Los petrógrafos excluyen los productos de intemperización de las rocas metamórficas.

El fenómeno del metamorfismo es producido principalmente por altas temperaturas (termo metamorfismo) y por intensos esfuerzos (dinamo metamorfismo). También puede ser producido por el efecto de aguas termominerales, de gases, o de otros agentes en menor escala.

CUARCITA

El metamorfismo de las areniscas formadas por granos de cuarzo, da lugar a la formación de la cuarcita.

Es una roca sumamente dura en la que se llegan a distinguir los granos de que está formada, lo que permite hacer distinción entre la arenisca y la cuarcita, pues en tanto que en la primera una fractura sigue al contorno de los granos, en la cuarcita la fractura corta los granos.

Es una roca poco utilizable en la construcción. Su dureza presenta problemas para la explotación; además, por lo general, su masa está llena de diaclasas, que no permiten la formación de grandes bloques.

Se le encuentra en el Estado de Sonora y en algunos otros lugares del país.

MÁRMOL

Roca que resulta de la metamorfización de las calizas. Está compuesta principalmente de cristales de calcita, cuyo tamaño varía mucho. Hay mármoles de grano tan grueso, que se usan triturados para la fabricación de granito artificial; hay también mármoles de grano fino con los que se fabrican piezas y artículos de ornato. El color varía mucho de acuerdo con las impurezas que contiene originalmente la caliza y su tono va desde el blanco purísimo hasta el negro. Este último contiene carbón finamente dividido.

La roca es compacta pero frágil. Tiene una dureza de 3, lo que la hace fácil de trabajar. Adquiere un buen pulimento.

En el país hay varios yacimientos de mármol que están localizados en medio de masas enormes de calizas y cerca del agente metamorfizante, que generalmente es una intrusión. También hay mármol de mala calidad o caliza marmorizada que se puede utilizar como cualquier caliza.

PIZARRA

Las lutitas sujetas a metamorfización se convierten en pizarras. Estas son generalmente de color oscuro y de grano fino, más o menos laminadas y se pueden separar en placas o láminas que se utilizan en la industria en techos, lambrines, repisas, mesas de billar, etc.

En México existen pizarras en las que la metamorfización ha sido llevada a un grado mayor y están formadas por sericita que es una mica derivada de la flogopita. Pizarras de este tipo

se encuentran en los minerales de El Oro y Angangueo y en la zona en donde se desarrolla el sistema hidroeléctrico Miguel Alemán. En Sonora y al Norte de Mazatlán, cerca de la costa, también se encuentran pizarras de este tipo. Es frecuente confundirla con un esquisto micáceo.

Presenta serias dificultades en los cortes o en las cimentaciones, por el carácter resbaladizo de la mica, por sus láminas tan delgadas y la disposición irregular de los estratos que generalmente están muy plegados y a veces sus echados están dirigidos hacia el corte, lo que provoca deslizamientos y derrumbes. Las pizarras son de grano muy fino y la masa se separa fácilmente en láminas delgadas. Esta particularidad de las pizarras se llama pizarrosidad y es totalmente independiente de la estratificación.

ESQUISTO

Son rocas derivadas principalmente de las ígneas extrusivas que contienen una gran proporción de minerales ferromagnesianos, y así se tienen esquisto micáceo, esquisto de hornblenda, esquisto de clorita, etc. Son de textura menos fina que la pizarra.

Los esquistos presentan una foliación ondulada por lo que se dividen en láminas muy delgadas y desiguales, a lo que ayuda la estructura laminar de algunos de los componentes. Esta disposición especial se llama esquistosidad.

SERPENTINA

En esta roca abunda el silicato de magnesio y tiene un tacto suave, jabonoso. Asociados con esta roca es fácil encontrar yaci-

mientos de asbesto. Su uso está limitado a piezas y planchas ornamentales. Es muy escasa en la República. Se le encuentra en el Cañón de la Peregrina, al W. de Ciudad Victoria, Tams. Proviene de rocas ígneas básicas. Se le considera mala para la construcción.

GNEIS

Varias rocas pueden dar lugar a la formación de un gneis, entre ellas el granito y la diorita; pero también hay gneises procedentes de conglomerados y otras rocas sedimentarias.

Algunas veces en el campo es posible distinguir la roca original y el producto resultante puede ser un gneis granítico o diorítico, etc.

En el gneis frecuentemente se pueden distinguir los cristales claros y alargados de cuarzo y de feldespatos. Es una roca de grano grueso, con los cristales alineados en capas o bandas más o menos paralelas y separadas entre sí por capas de mica en cristales pequeños. Se le encuentra asociado generalmente a rocas intrusivas.

Es la roca constitutiva de varios cerros que limitan los valles de Oaxaca.

PROPIEDADES GENERALES DE LAS ROCAS

CLASIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS POR GRANULOMETRÍA

Peñascos	mayor de 256 mm	Peñascos
Guijarros	64 mm	
Grava	4 mm	Gravas

Gravilla	2 mm	
Arena muy gruesa	1 mm	
Arena gruesa	1/2 mm	Arenas
Arena media	1/4 mm	
Arena fina	1/16 mm	
Limo	1/256 mm	Limo
Polvo, Arcilla	menor de 1/256 mm	Arcilla

CEMENTANTES

Si los fragmentos individuales de una masa se unen entre sí firmemente, se dice que han sufrido una acción cementante. La cementación que se produce en una masa sin cohesión puede ser resultado de:

1. Infiltración de agua que contenga sustancias químicas.
2. Descomposición de ciertos minerales de la masa misma que dan lugar a la formación de sustancias cementantes.

Los cementantes más comunes encontrados en las rocas sedimentarias son: sílice, carbonato de calcio, arcilla o cementantes arcillosos y óxido de hierro. El más resistente de los cuatro es el cementante silíceo, siendo la arcilla el menos resistente y el más abundante.

PÉRDIDA DE COHESIÓN (*Slacking*)

Algunas rocas cuando presentan una superficie fresca expuesta a la atmósfera, se rompen o agrietan dando hojas o partículas individuales debido a una pérdida rápida de cohesión: un efecto similar se produce cuando ciertas rocas son sumergidas en agua.

A ese fenómeno se le llama pérdida de cohesión y lo presentan especialmente rocas que tienen cementante arcilloso o que se encuentran pobremente cementadas. Las tobas, las margas, las lutitas y algunas areniscas son las que presentan ese fenómeno con más frecuencia.

POROSIDAD

En una roca se toma como la relación que existe del volumen de poros al volumen total de la roca.

$$\text{Porosidad} = \frac{V \text{ vacíos}}{V \text{ total}}$$

ABSORCIÓN

El agua que llena los poros de una roca que se encuentra sumergida en agua, puede ser atraída por la roca o permanecer libre. En una roca de porosidad baja a media la mayor parte del agua quedará como agua atraída o adsorvida.

RESISTENCIA EN LAS ROCAS

Al estudiar la resistencia de las rocas se consideran generalmente tres esfuerzos: Los de compresión que tienden a hacer decrecer el volumen del material: el esfuerzo cortante que tiende a mover una parte de la roca con respecto a otra o a hacerla fluir, y esfuerzos de tensión, los cuales producen rompimiento y fisuras en los materiales. La resistencia a la tensión tanto de las rocas como de los suelos es prácticamente despreciable, por lo tanto las estructuras hechas por el hombre o partes de ellas que van a

quedar sujetas a tensión requieren otros materiales de refuerzo, por ejemplo, el acero. Además de las tres clases de esfuerzos mencionadas las rocas en la naturaleza a veces quedan sujetas a torsión.

Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión de un material, tal como una roca, es el esfuerzo que se requiere para romper una muestra cargada no confinada.

En las rocas, la presencia de fisuras, frecuentemente microscópicas, siempre es en detrimento de su resistencia, especialmente si la dirección de esas fisuras coincide con los planos de falla.

La resistencia a la compresión en las rocas sedimentarias depende de la dirección en que actúen los esfuerzos con relación a la estratificación; la resistencia más alta a la compresión se obtiene cuando los esfuerzos son normales a los planos de estratificación.

Resistencia a la Tensión

Si una roca es colocada sobre dos soportes fijos y se le sujeta a la acción de una carga, se producirá una flexión que provocará tensión en la parte inferior y compresión en la parte superior. Si la carga se incrementa gradualmente, la roca falla por tensión. Esto es evidente ya que las rocas tienen muy poca resistencia a la tensión, por lo que se prefiere usar el concreto reforzado en vez de roca monolítica. Los esfuerzos de tensión pueden producirse en las rocas no solamente por la acción de una carga sino también por el asentamiento de una estructura o por temblores.

Resistencia al Esfuerzo Cortante

El desplazamiento de una parte de una roca con respecto a otra a lo largo de un plano es un fenómeno muy complicado, ya que para que se produzca el deslizamiento no solamente interviene la fricción sino también el rompimiento de las ligas entre las partículas y otras distorsiones. Aunque frecuentemente a esta resistencia se le llama fricción interna, es más propio llamarla resistencia al esfuerzo cortante; una parte del material puede deslizarse a lo largo de una superficie plana, separando esta parte del resto de la masa; o bien la roca puede fluir plásticamente sin que se formen superficies visibles de separación. El flujo plástico es característico de rocas que poseen una alta cohesión y un pequeño ángulo de fricción interna, por ejemplo: una lava parcialmente solidificada. Las areniscas con cementante arcilloso abundante, también pueden quedar sujetas a flujo plástico.

PROMEDIO DE RESISTENCIAS DE ROCAS EN Kg/cm²

	<i>Compresión</i>	<i>Tensión</i>	<i>Cortante</i>
Arenisca	150 - 500	10 - 30	50 - 150
Caliza	400 - 1400	30 - 60	100 - 200
Granito	1000 - 2800	30 - 50	150 - 300
Diorita	1000 - 2500		
Gabro	1000 - 1900		
Basalto	2000 - 3500		
Mármol	800 - 1500	30 - 90	100 - 300
Pizarra	700	250	150 - 250

ELASTICIDAD DE LAS ROCAS

Si después de aplicar una carga a una roca la muestra tiende

a recobrar su tamaño y forma naturales, se dice que la roca posee propiedades elásticas; es raro sin embargo, que una roca recobre su forma original después de haber sido cargada, ya que parte de la deformación permanece. Esta es una deformación plástica o irreversible. Las ondas sísmicas producidas en un terremoto, se transmiten a través de las rocas gracias a sus propiedades elásticas.

Capítulo III

INTEMPERISMO Y EROSION

INTEMPERISMO

Cuando la composición o la estructura de las rocas cerca de la superficie o en la superficie terrestre, ha sido alterada por agentes físicos y químicos como resultado de procesos atmosféricos, se dice que la roca está intemperizada. Los agentes atmosféricos que intervienen principalmente son el aire y el agua. El término alteración a veces es usado como sinónimo del término intemperismo. También se le llama meteorización.

Los procesos del intemperismo se dividen en aquellos que causan desintegración y los que causan descomposición. La desintegración se refiere al intemperismo de las rocas, debido a agentes físicos, tales como:

1. Cambios periódicos de temperatura por el día y la noche.
2. Congelación y acúñamiento del agua en las fracturas.
3. Efectos físicos de plantas y animales en las rocas.

La descomposición se refiere a cambios producidos por agentes químicos tales como:

1. Oxidación.
2. Hidratación.
3. Carbonatación.
4. Efectos químicos de la vegetación.

El intemperismo es un fenómeno esencialmente estático que prepara a las rocas para su ulterior erosión.

EROSION, TRANSPORTE Y SEDIMENTACION

La erosión es un fenómeno dinámico que comprende tres etapas: denudación o desprendimiento del material de la roca madre; su transporte, que puede ser muy corto; y su depósito. Frecuentemente el término erosión se aplica exclusivamente a la etapa del desprendimiento de las partículas de la roca o suelo.

El transporte de sedimentos requiere la consideración de conceptos tales como competencia, capacidad y carga.

La Competencia se define como la habilidad de una corriente con relación al tamaño de las partículas que transporta. Depende de la velocidad y de la turbulencia. Ambos factores dependen a su vez de la forma del cauce, de las irregularidades del fondo, de la pendiente, de la profundidad y de la descarga. Cada uno de esos factores de los que depende la competencia, es una variable y para cada combinación de esas variables hay un valor

de la competencia. La competencia varía aproximadamente con la quinta potencia de la velocidad.

Las corrientes requieren una mayor competencia para levantar los sedimentos del fondo, que para transportarlos una vez que han sido recogidos.

El rápido incremento de la competencia al aumentar la velocidad, explica el transporte en torrentes, de bloques que pesan varias toneladas.

La Capacidad se define como la habilidad de una corriente para transportar con respecto a cantidad. La capacidad del agua depende de la velocidad, de la turbulencia, de la pendiente, de la descarga, de la profundidad, de las dimensiones del cauce y de los materiales.

Para un gradiente constante, pero con una descarga variable, la capacidad varía con la 3.2 potencia de la velocidad; con la descarga constante, pero la pendiente y la velocidad como variables, la capacidad varía aproximadamente con la cuarta potencia de la velocidad, y para una profundidad constante, pero con descarga y profundidad variables, la capacidad varía, en promedio, con la 3.7 potencia de la velocidad (Eibert).

La capacidad es menor para materiales de dimensiones uniformes que para materiales de diferentes tamaños; ésto es particularmente cierto para la capacidad de tracción.

La capacidad de suspensión se incrementa si las partículas tienen forma irregular y decrece si la forma tiende a ser esférica.

La capacidad de tracción es incrementada si la forma de las partículas se aproxima a esferas o a elipsoides.

La Carga de una corriente, es la cantidad de materia sólida transportada en un momento dado. La carga puede ser igual a la capacidad, pero generalmente no lo es. La carga, incrementa la densidad de la corriente. El transporte de una carga dada, requiere energía y al mismo tiempo, hace que la corriente se mueva con más dificultad. Esto hace que en general, las corrientes se muevan más lentamente después de adquirir una carga, que antes de hacerlo.

Los sedimentos transportados por tracción son depositados en relación directa con el decrecimiento en la competencia y la capacidad, ocasionado por la disminución en la velocidad de la corriente.

La velocidad tiene menos importancia para partículas de dimensiones de limo o más pequeñas. Para partículas coloidales, el transporte es independiente de la velocidad pues no se depositan por gravedad, sino que permanecen en el seno del agua hasta que se unen varias para formar una mayor. Este fenómeno se llama floculación o coagulación y es provocado por sustancias en solución llamadas electrolitos.

SOCACCIÓN

El fenómeno de socacción consiste en la remoción de los materiales que constituyen la base o el apoyo de otras rocas. La socacción es de gran importancia cuando se trata de apoyos de obras de ingeniería que se encuentran sobre el fondo de un río o de un arroyo. El movimiento que sufren las partículas de los

materiales que son removidos durante la socavación puede ser mínimo, pero se presenta una inestabilidad que provoca una falta de contacto o de apoyo entre las partículas, lo que produce un asentamiento en los estratos o en el apoyo de la cimentación.

En ingeniería geológica, se da frecuentemente el nombre de socavación a la erosión del material de acarreo del lecho de un río, que es sustituido por otro similar al pasar la avenida.

NIVEL BASE DE EROSIÓN

El nivel base de erosión es el nivel más bajo al cual puede erosionar una corriente. El nivel base de erosión general lo constituye el nivel del mar. Se tienen además niveles de base de erosión parciales o locales, constituidos por cuerpos de agua continentales, o bien formados por afloramientos de rocas muy resistentes que no pueden ser erosionadas fácilmente. Los niveles de base de erosión parcial constituyen accidentes geológicos que subsisten por períodos de tiempo relativamente cortos. Las presas constituyen niveles base de erosión local.

Este concepto tiene una aplicación de gran valor en las obras de drenaje de los caminos en donde la erosión tiende a destruir las cuando no se les protege adecuadamente por medio de un dentellón a la salida de la obra. El dentellón está fijando un nivel base de erosión local.

SUELOS

Los materiales que constituyen la corteza terrestre son divididos arbitrariamente en dos categorías: suelo y roca.

El suelo es un agregado natural de minerales que pueden ser

separados por medios mecánicos suaves, tales como agitación en agua.

La roca, en Geología Aplicada, es un agregado natural de minerales unidos por fuerzas cohesivas fuertes y permanentes. Puesto que los términos fuerte y permanente, están sujetos a diferentes interpretaciones, el límite entre suelo y roca es necesariamente arbitrario.

Los productos de la destrucción de las rocas se extienden sobre la corteza terrestre. Si un observador desciende por un camino desde el pico de una montaña, notará primero que la pendiente es muy fuerte cerca de la cima, pero que gradualmente va disminuyendo y que a cierta distancia del pico, el gradiente es casi cero. Así, cerca de la cima encontrará yaciendo grandes peñascos; continuando hacia abajo, por la pendiente los peñascos estarán mezclados con cantos rodados. Más abajo de esta elevación encontrará solamente cantos rodados mezclados con fragmentos de dimensiones de grava. Descendiendo más, encontrará grava con arena y finalmente en las planicies, únicamente partículas más finas tales como limo y arcilla. Las rocas que se encuentran expuestas en la superficie sin tener una cubierta de suelo, constituyen los afloramientos. Los productos de la destrucción de las rocas con partículas de dimensiones de grava, o más pequeñas, son llamados suelos, mientras que los cantos rodados y los peñascos se consideran como fragmentos de roca.

Para el geólogo, todo el material suelto sobre la corteza terrestre constituye la regolita.

Los suelos se dividen en: residuales y transportados.

Suelos residuales. Son aquellos que permanecen en el mismo

lugar, directamente sobre la roca madre de la cual fueron derivados.

Suelos transportados. Son aquellos que se han movido a partir de las rocas que los originaron y han sido depositados en otros lugares.

Los suelos transportados se clasifican según su origen en varios tipos, cada uno de ellos con características geológicas particulares.

SUELOS GLACIALES

Ha habido períodos de glaciación en el hemisferio norte, cuando grandes masas de hielo se desplazaron hacia el sur a partir del Océano Ártico, fundiéndose después de un tiempo más o menos largo. Las áreas invadidas por masas de hielo son áreas glaciales. El término glaciación se usa para definir una corriente de una masa de hielo.

El material rocoso que es depositado sobre la corteza terrestre, arcilla, arena, grava y peñascos, y que actualmente cubre las áreas que fueron ocupadas por glaciares, es llamado depósito de glaciación. Estos depósitos son generalmente heterogéneos y sin estratificación, ya que los glaciares no tienen capacidad para clasificar los sedimentos; se les llama morrenas, eskers, tillitas, etc.

SUELOS EÓLICOS

Los suelos eólicos son los que han sido transportados y depositados por el viento; pueden ser subdivididos en dos grupos que son:

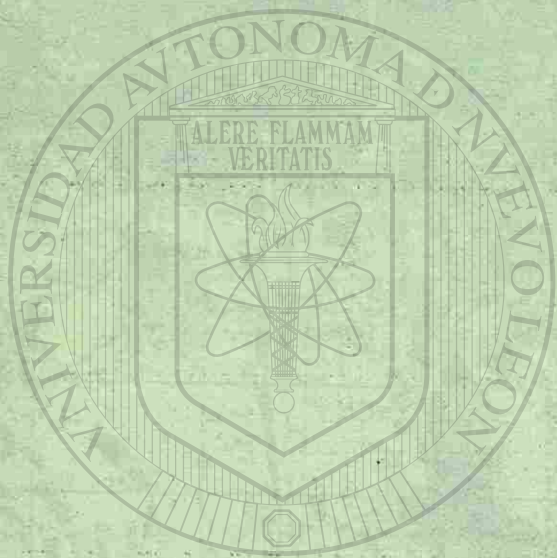
Grupo	Tipo General	Graduación			Carácter	Propiedades Generales
		% Arena	% Limo	% Arcilla		
A1	Arena Tierra arenosa	70-85	10-20	5-10	Uniforme	Alta fricción interna. Alta cohesión. Estable a cargas con cualquier grado de humedad.
A2	Arena Tierra arcillosa Arcilla arenosa Tierra arenosa	55+	Bajo	Alto	Faltan algunos tamaños	Alta fricción interna y alta cohesión si está bien graduado. Suave húmedo, polvoso seco.
A3	Arena Grava	50-95	0-5	0-10	Grano grueso	Alta fricción interna. Sin cohesión. Mala base superficial. No estable. Sujeto a congelación.
A4	Tierra limosa Tierra arcillosa limosa Tierra arcillosa	55-	30-90	10-30	Faltan gruesos y finos	Fricción interna variable. Baja cohesión. Alta capilaridad. Inestable al absorber agua.



Toma de muestra de Suelo.

S U E L O S

Grupo	Tipo general	Graduación			Carácter	Propiedades generales
		% Arena	% Limo	% Arcilla		
A ₃	Como A ₄					Como A ₄ pero elástico, difícil de compactar
A ₆	Arcilla limosa. Arcilla	Bajo	Medio	50 +	Faltan gruesos e inter- medios	Alta cohesión. Absorbe agua al ser removido. Sujeto a flujo y deslizamiento. Baja fricción interna
A ₇	Como A ₆					Como A ₆ pero elástico
A ₈	Corbón y fango				Alto contenido orgánico	Inestable



- a) Suelos tipo loes, los cuales tienen características de homogeneidad con dimensiones de limo y,
- b) Arenas que se encuentran formando médanos.

SUELOS ALUVIALES

Un suelo que ha sido originado por la erosión, transportado por el agua y depositado en la planicie de inundación del río es un suelo aluvial o aluvión.

Los depósitos aluviales son en algunos aspectos similares a los debidos a glaciación, pero presentan una regular estratificación y por lo tanto sus propiedades pueden ser determinadas con un menor número de sondeos que los que se requieren para un suelo de una zona de glaciación en las mismas condiciones. Son frecuentes las lentes o capas de corta extensión horizontal, siendo notables las formadas por materiales gruesos.

SUELOS LACUSTRES

Son suelos formados principalmente por materiales finos, que presentan una buena estratificación excepto en sus límites o periferia, en donde es frecuente encontrar lentes arenosas o de grava. Su carácter generalmente arcilloso, los hace que sean malos para las cimentaciones.

SUELOS PALUSTRES

Son los formados en áreas pantanosas. Están compuestos principalmente por arcillas y materia orgánica lo que hace que sean sumamente blandos. Crean serios problemas a la construcción.

Las propiedades mecánicas de los suelos, les son dadas principalmente por los contenidos de arena, limo, arcilla y materia orgánica que los constituyen.

DESLIZAMIENTOS

MECANISMO DE LOS DESLIZAMIENTOS DE TIERRA

El término "deslizamiento" se refiere a un desplazamiento rápido de una masa de roca, de suelo residual o de sedimentos adjuntos a una pendiente, en los cuales el centro de gravedad de la masa en movimiento avanza en una dirección hacia abajo y hacia afuera de la ladera. Un movimiento similar que se produce en mucho menor escala o sea muy lenta o casi imperceptiblemente, se llama "arrastre" o "reptación".

La rapidez de las masas en un deslizamiento de tierra típico, se incrementa de 0 a unos 30 cm. por hora y de ahí decrece a un valor mínimo.

Por contraste, el típico arrastre se produce con un promedio de 10 cm. cada 10 años; valores más altos son poco comunes.

DESLIZAMIENTOS Y ARRASTRE

Un deslizamiento es un evento que se produce en un corto período de tiempo, tan pronto como se satisfacen las condiciones para que falle el terreno localizado en una pendiente. El arrastre es un proceso más lento y más continuo. Al proyectar cimentaciones de presas y puentes o bien para prevenir los daños que producen en los cortes los fenómenos de deslizamiento o los de arrastre, es necesario contar con estudios geológicos detallados.

TIPOS DE DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos pueden producirse en cualquier clase de material desde la roca firme hasta la arcilla no consolidada.

Entre los procesos que pueden provocar un deslizamiento se tienen socavación por erosión, excavaciones antropógenas, variación en el régimen de las aguas del subsuelo, cambios estructurales progresivos en el material adyacente a las pendientes, etc.

Es difícil hacer una clasificación que determine las condiciones necesarias para que se presente un deslizamiento, dado que en cada caso influyen diferentes causas sobre una amplia variedad de características del terreno.

PROCESOS RESPONSABLES DE LOS DESLIZAMIENTOS

Las causas que provocan deslizamientos pueden ser divididas en externas e internas. Las externas son las que producen un aumento en el esfuerzo ejercido sobre el material adyacente a la pendiente, en cuyo caso no se aumenta la resistencia. Pueden ser el aumento de pendiente en un corte, el depósito de materiales en la parte superior de la pendiente o movimientos tectónicos.

Las causas internas son aquellas que provocan deslizamientos sin que haya habido ningún cambio en las condiciones superficiales y sin la ayuda de movimientos tectónicos; son debidas a una reducción de la resistencia al esfuerzo cortante. Por ejemplo por la saturación de un material arcilloso o por cambios litológicos o estructurales en la masa.

LA DINÁMICA DE UN DESLIZAMIENTO

No puede existir un deslizamiento a menos de que la relación

entre la resistencia al esfuerzo cortante del terreno y el esfuerzo producido sobre una superficie potencial de deslizamiento sea disminuida previamente de un valor inicial mayor de uno a la unidad en el momento del deslizamiento.

La velocidad de un deslizamiento depende de la pendiente de la ladera y de la inclinación de la superficie de deslizamiento. Las superficies de deslizamiento de mayor pendiente se forman en materiales homogéneos tales como rocas irregularmente fracturadas, arenas cementadas y loes, en los cuales se combina la cohesión con una alta fricción interna; los deslizamientos en tales materiales son generalmente súbitos.

MEDIDAS PREVENTIVAS

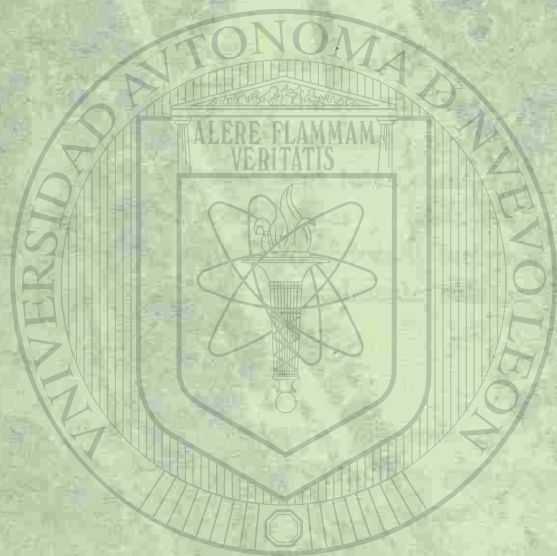
El primer requisito para prevenir un deslizamiento es tener un informe real de la estructura geológica del terreno que se encuentra adjunto a la pendiente que se considera. Dicha información se obtiene de una exploración geológica superficial combinada con perforaciones, para tener una concepción clara de los procesos que pueden provocar una falla en la pendiente.

El primer paso que debe darse es tomar las providencias que se requieran para hacer que los procesos que tienden a causar el deslizamiento sean tan inefectivos como las condiciones lo permitan.

La elevación del nivel piezométrico detrás de una pendiente, la cual viene asociada con un desplazamiento de aire durante fuertes aguaceros, puede ser reducida si se cubre el talud y una faja amplia, más allá de la cresta de la pendiente, con una capa o revestimiento de baja permeabilidad.



Deslizamiento provocado por el corte de la carretera en luitas interstratificadas con arenas.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

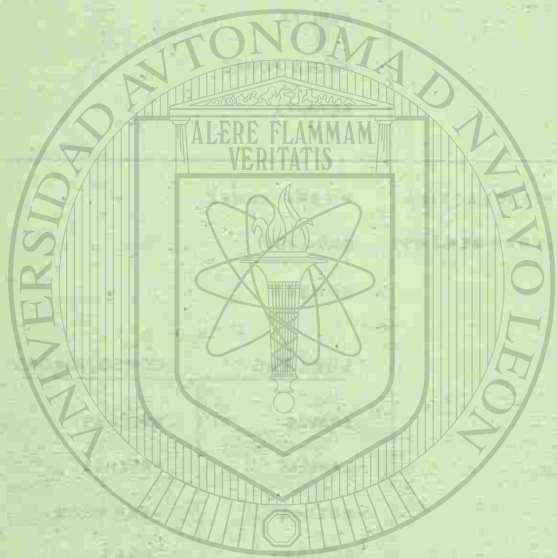
ROCAS VOLCANICAS

ORIGEN	NATURALEZA	ROCA	
ERUCCIONES TRANQUILAS	VITREA	OBSIDIANA	
		PERLITA	
		PIEDRA POMEZ	
		RETINITA	
ERUCCIONES EXPLOSIVAS	PIROCLASTICA (FRAGMENTOS)	PIEDRA POMEZ	
		BLOQUES	
		BOMBAS	
		SUeltas	CONSOLIDADAS
		GRAVAS	BRECHAS
		LAPILLI	BRECHAS
		ARENAS	ARENISCAS
		CENIZAS	TOBAS
		POLVOS	TOBAS

AGLOMERADO

ROCAS METAMORFICAS

ROCA ORIGINAL	PRODUCTO METAMORFICO
ARENISCA	CUARCITA
CALIZA	MARMOL
LUTITA	PIZARRA
BASICAS	ESQUISTOS, SERPENTINA, ETC.
GRANITO, DIORITA Y CONGLOMERADO	GNEIS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La formación de profundas fracturas de contracción en materiales arcillosos puede ser evitada cubriendo la pendiente con césped o con una capa gruesa de arena.

El peligro de licuefacción espontánea puede ser eliminada por medio de una buena compactación.

El riesgo de fallas en las pendientes debido a la concentración de líneas de flujo al pie de talud, puede ser evitado cubriendo la parte más baja de la pendiente con un filtro invertido, de un peso suficiente para contrarrestar la presión del agua que se infiltra. La infiltración de una fuente natural de agua tal como un canal o un pequeño vaso de almacenamiento se evita impermeabilizando el fondo.

El peligro de erosión en el subsuelo, puede evitarse tapando la salida de la corriente de agua por medio de un filtro invertido o con un drenaje adecuado. Si el suelo localizado detrás de la pendiente contiene capas o bolsas de material relativamente permeable, tal como arena, o limo, las cuales pueden estar conectadas con un acuífero distante, se impone un sistema artificial de drenaje.

MEDIDAS PARA DETENER UN DESLIZAMIENTO

Quando una masa de roca en una pendiente ha comenzado a moverse, los medios para detener el movimiento deben ser adaptados al proceso debido al cual se inició el movimiento.

La mayoría de los deslizamientos son ocasionados por un incremento anormal en la presión del agua intersticial en el material que forma la pendiente. En tales casos se indica un drenaje radical.

Si avanzar es difícil o si se duda del éxito de un efecto, los movimientos del terreno pueden detenerse disminuyendo el ángulo de la pendiente o construyendo barreras artificiales, tales como muros de retención pesados o bien hileras de pilares a través del material que está en movimiento.

Son aconsejables en algunos casos las anclas o las banderillas espaciadas adecuadamente, si el material de la pendiente es roca estratificada o intensamente fracturada.

Capítulo IV

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

TECTONICA

La Geología Estructural es la rama de la Geología que se encarga de estudiar las formas producto de la deformación, del fracturamiento o de yacimiento de las masas de roca, como cuerpos geológicos.

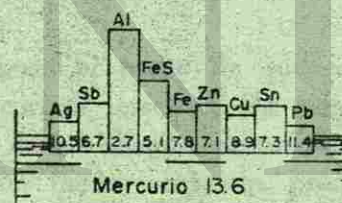
La Tectónica por su parte estudia los orígenes, esfuerzos y procesos que en la corteza terrestre han dado lugar a la formación de las estructuras geológicas.

Los fenómenos de magmatismo y metamorfismo de los orógenos (actividad de las fuerzas del interior de la Tierra) ponen de manifiesto que la actividad tectónica puede llegar hasta profundidades muy grandes.

Es todavía objeto de amplia discusión cuál es la naturaleza de las fuerzas que dan impulso al complicado mecanismo con-



Los números representan las densidades



Los números representan las densidades



Teoría de la isostasia



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

tractivo de un fenómeno orogénico y como consecuencia es origen de teorías radicalmente diferentes.

TEORIA DE LA ISOSTASIA

La Teoría de la Isostasia se basa en la idea de que existe un estado de equilibrio entre grandes bloques de la corteza terrestre, tales como montañas, planicies y mesetas por un lado y los fondos oceánicos por otro. Esta condición de equilibrio es debida a que las montañas están compuestas por rocas relativamente ligeras mientras que en las cuencas oceánicas están integradas por rocas más pesadas.

Se supone que a una cierta profundidad debajo de la corteza, existe una capa de compensación isostática constituida por materiales en estado fluido o semifluido.

Teniendo en cuenta el hecho de que existe una división en bloques de la corteza terrestre, las masas de materiales que son erosionadas de los bloques montañosos y depositadas en las planicies y en los fondos oceánicos, producen un desequilibrio isostático que obliga a emerger a las masas continentales y a hundirse más a los fondos oceánicos.

OROGENIA

Por su origen las montañas se dividen en:

MONTAÑAS DE EROSIÓN

Se sabe que si una porción de terreno se eleva considerablemente sobre el nivel del mar, es erosionada; si la erosión ha sido

grande, los valles son muy profundos y las áreas sin erosionar permanecen como montañas.

MONTAÑAS DE INTRUSIONES

Gran parte del magma que se eleva del interior de la Tierra, no alcanza la superficie, sino que se solidifica cerca de ella y forma "intrusiones"; estas intrusiones se ven sólo cuando la erosión remueve las rocas que las cubren. Después de que los conos de volcanes extintos han sido destruidos por la erosión, los viejos conductos que llevan el magma a la superficie quedan expuestos y como son de material muy resistente, soportan más la erosión que sus alrededores y constituyen elevaciones prominentes, generalmente en forma de agujas.

MONTAÑAS DE BLOQUE O DE FALLA

Son formadas por grandes fallas, de tal manera que un bloque se eleva o permanece elevado, mientras que el otro baja considerablemente.

MONTAÑAS PLEGADAS

Las intensas presiones pliegan algunas fajas de la corteza formando anticlinales y sinclinales; originalmente cada anticlinal es una gran montaña y cada sinclinal es un valle.

MONTAÑAS COMPLEJAS

Son debidas a varias causas que actúan en conjunto o sucesivamente en una misma zona.

SISMOS

Los temblores se originan por disturbios más o menos localizados que se producen en o debajo de la corteza terrestre, cuando grandes masas de roca sufren un súbito desplazamiento por falla o por fracturamiento, debido a esfuerzos intensos y continuados que actúan por largo tiempo, hasta que van más allá del límite de deformación elástica de las rocas.

La teoría de la isostasia explica en una forma satisfactoria los procesos geológicos que posteriormente producen los movimientos tectónicos, que comúnmente dan lugar a los temblores de tierra. Por el concepto de la isostasia los temblores no siguen una periodicidad, pero la existencia de los sismos, mientras se produzca la erosión de materiales y su transporte al mar, es inevitable.

Los temblores también pueden ser producidos por fenómenos volcánicos, que generalmente afectan áreas más reducidas y que indirectamente también tienen relación con procesos erosivos e isostáticos.

Foco

A grandes distancias el lugar de origen de un temblor puede ser considerado como producido en un punto, que generalmente se localiza debajo de la corteza terrestre; a ese punto se le llama FOCO o HIPOCENTRO. Al punto que se encuentra verticalmente sobre el foco, en la superficie terrestre, se le llama EPICENTRO. De acuerdo con la posición del foco se acostumbra dividir los sismos en tres tipos:

1. Los que tienen su foco a más de 300 Km. de profundidad, son temblores de foco profundo.

2. Los que tienen su foco de 60 a 300 Km. se llaman de foco intermedio.
3. Aquellos cuyo foco se encuentra a menos de 60 Km. de profundidad se llaman temblores de foco poco profundo.

LOCALIZACIÓN DE FAJAS SÍSMICAS

Gutenberg y Richter han mostrado que la distribución de los focos sísmicos coincide con la del volcanismo y se encuentra en zonas definidas, localizándose las más importantes en la forma siguiente:

- a) La faja del Circumpacífico, a lo largo de todas las costas del Océano Pacífico. Son de los tres tipos de profundidad y van de intensos a suaves.
- b) Faja Mediterránea y Transasiática (hasta la India); son someros e intermedios en profundidad.
- c) Eje del Atlántico Medio (del Ártico al Antártico), a lo largo de un meridiano, son suaves o moderados.
- d) Eje del Oriente Africano; menos activa, poco profundos y media a baja intensidad.

ESCALA DE INTENSIDADES

Una de las escalas más ampliamente usadas para clasificar la importancia de los sismos es la de Mercalli, la cual clasifica la intensidad de los temblores más o menos subjetivamente, dándoles un grado de acuerdo con números que van del 1 al 12.

Para el número 1 corresponde "No se siente sino bajo circunstancias muy favorables". Para el número 12 "Total destrucción de las construcciones".

Es obvio que una escala de este tipo solamente puede ser considerada cuando el epicentro se encuentra cerca de zonas habitadas y aún así no puede ser precisa.

Las escalas de intensidad como la de Richter, basadas en amplitudes instrumentales, son mucho más satisfactorias para propósitos estadísticos y científicos.

Los sismos se transmiten gracias a las propiedades elásticas de las rocas, en forma de ondas.

ONDAS LONGITUDINALES

Son aquellas en que la dirección del desplazamiento de una partícula es la misma (0° a 180°) que la dirección de propagación de la onda. También se les conoce como ondas compresionales.

ONDAS TRANSVERSALES

Las partículas se desplazan dentro del medio transmisor en dirección normal a la de propagación de las ondas. También se les conoce con el nombre de ondas de esfuerzo cortante.

ONDAS RAYLEIGH

Las ondas llamadas de Rayleigh viajan exclusivamente a lo largo de la superficie libre de los sólidos elásticos y el movi-

miento de las partículas, siempre en un plano vertical, es elíptico y retrógrado. La amplitud del movimiento decrece exponencialmente con la profundidad.

ONDAS LOVE

Son ondas superficiales que se observan únicamente cuando se tiene una capa de baja velocidad sobre un medio en el cual las ondas elásticas tienen una mayor velocidad. Se propagan por múltiples reflexiones.

Las ondas que llevan mayor cantidad de energía, son las transversales, por lo que son los más peligrosas.

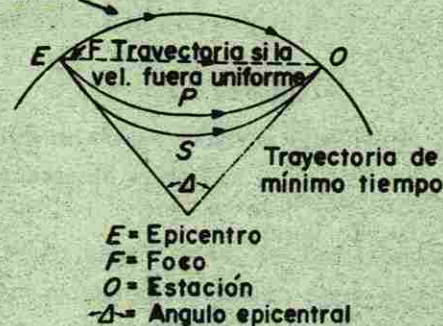
Velocidad de Propagación de las ondas en diferentes medios, en metros por segundo:

Material	Prof.	Longitudinales	Transversales
Granito	0 m	5 000	3 000
Basalto		18 300	—
Arenisca		1 500 a 5 000	—
Aluvión		3 000	—
Aluvión	2 200 m	5 000	—
Arcillas		2 000	—

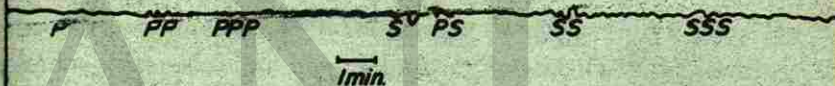
TEMBLORES EN MÉXICO

La zona epicentral principal en donde se originan los sismos que afectan el territorio mexicano, se encuentra en la zona comprendida por los Estados de Oaxaca, Guerrero y el Pacífico; también se originan sismos de cierta intensidad en la zona

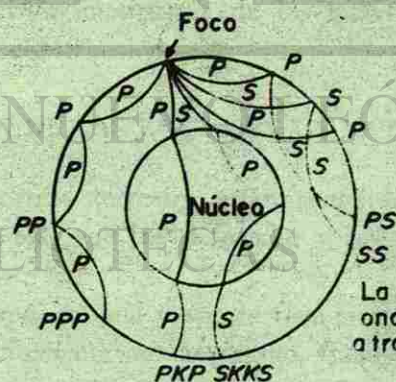
Trayectoria de las ondas de superficie.



Trayectorias hacia la estación de las ondas superficiales y de mínimo tiempo (PyS) de un temblor con foco superficial.



Sismograma de un temblor que se efectuó a 10.000 Km. registrados en un sismógrafo horizontal en Berkeley el 25 de Nov. de 1941.



Trayectorias de diferentes tipos de ondas a través de la tierra.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DEFORMACION DE LAS ROCAS EN LA NATURALEZA

del Golfo de México y en el Caribe. En la Cuenca de México se producen varios sismos al día con origen dentro de la misma cuenca.

La forma en que un tren de ondas sísmicas afecta a la estructura de un edificio, es sumamente compleja.

El fenómeno de la resonancia (suma de las intensidades de oscilación debido a que exista una relación entre el período de las ondas y las características de vibración de la estructura) es un factor de importancia definitiva en los daños que puede causar un temblor, pero su previsión, por requerir la integración de un número muy alto de variables, es prácticamente imposible.

Se han ideado modelos a escala que se ponen a vibrar pero los resultados obtenidos no han sido completamente satisfactorios.

Es de recomendarse para evitar en lo posible los peligros que provocan los sismos, hacer un cálculo cuidadoso de las estructuras y una supervisión meticulosa de los materiales y de las especificaciones de construcción.

Las rocas de la corteza terrestre están sometidas a esfuerzos intensos y prolongados, que las deforman y las fracturan.

Cualquier rompimiento en una masa de roca se define como una fractura independientemente de su tamaño. Cuando una serie de fracturas es más o menos continua y parece formar un conjunto bien definido, las fracturas se describen como un sistema. Si las

masas de roca a cada lado de una fractura han sufrido un desplazamiento, se dice que es una falla; tales desplazamientos pueden ser muy variables, desde unos centímetros hasta varios kilómetros. Cuando se encuentran varias fallas muy cerca unas de otras y generalmente paralelas, la zona resultante es llamada zona de esfuerzo cortante o de falla. Si el plano de fractura se abre por la separación de los bloques de roca, se dice que es una diaclasa.

Si la fractura no muestra aparentemente ningún desplazamiento, se trata de una junta. El término fisura usualmente se emplea para designar fracturas muy pequeñas.

Los esfuerzos de tensión son los principales responsables en lo que se refiere a las grandes fracturas. Esos esfuerzos de tensión son a menudo el resultado de una disminución de volumen debido a:

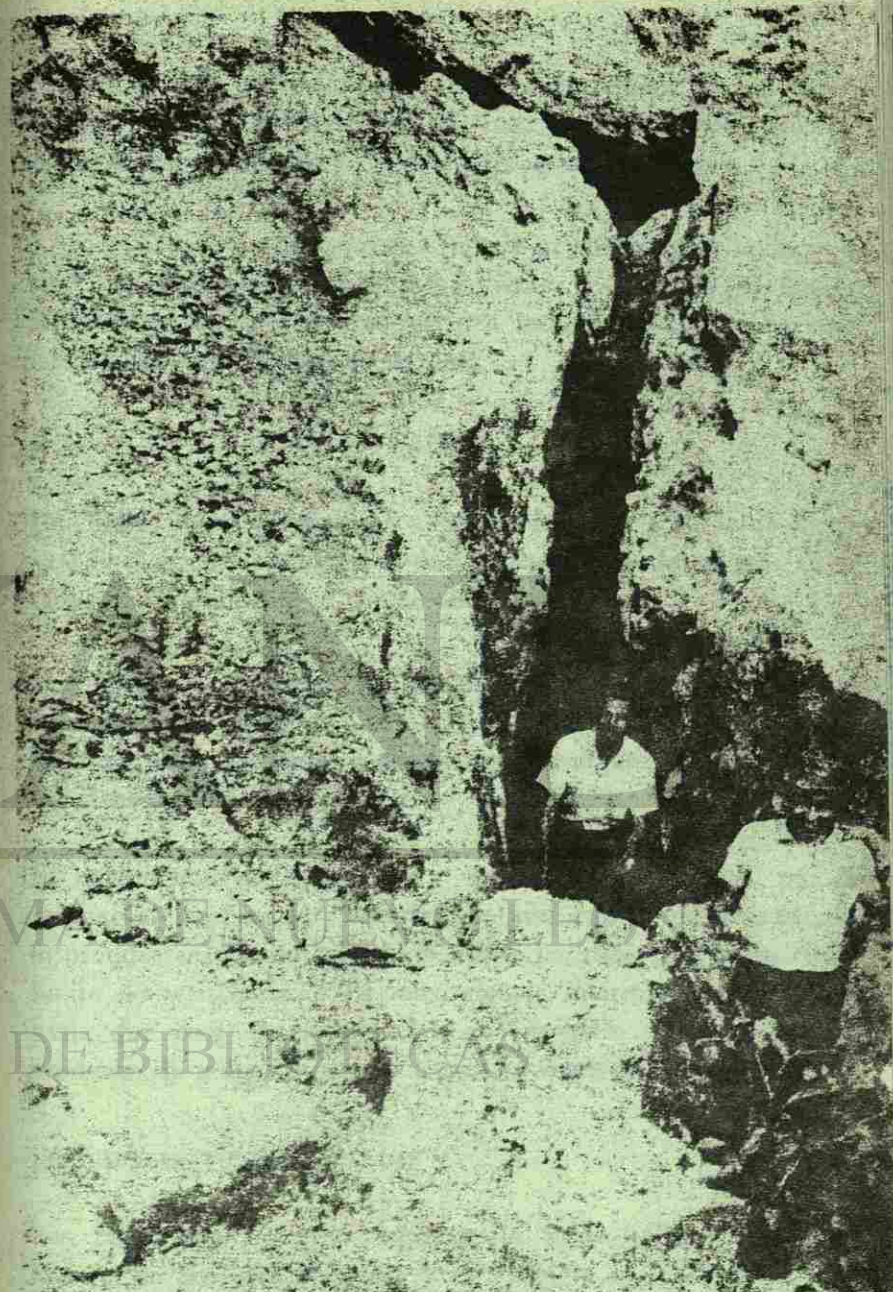
1. Disminución de temperatura.
2. Pérdida de humedad en los suelos y en algunas rocas.
3. También puede ser producida por una recristalización.

Frecuentemente los esfuerzos de tensión se combinan con los de compresión; un ejemplo característico es la estructura columnar del basalto.

El agrietamiento en lodos es causado por desecación.

ACTITUD. RUMBO Y ECHADO

Para determinar la posición de una capa en el campo, el ingeniero debe medir el rumbo y el echado.



Diaclasa o "abto" en calizas. Estado de Morelos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

El rumbo es la dirección de una línea horizontal de una capa, o sea el ángulo formado por la línea de intersección entre el plano de capa y un plano horizontal con la línea Norte Sur.

El echado se mide perpendicularmente al rumbo y es la inclinación de la línea de máxima pendiente, o bien, es el ángulo formado por la línea de máxima pendiente con un plano horizontal, medido sobre un plano vertical.

FALLAS

Una falla, como ya se indicó, es una fractura a lo largo de la cual ha habido movimiento o desplazamiento de las masas adyacentes, paralelamente al plano de fractura.

Las fallas se presentan en sedimentos consolidados y a veces en los no consolidados. Se originan por esfuerzos de tensión, de compresión, cortante, o de torsión. En algunas ocasiones pueden deberse a falta de soporte.

El movimiento de una falla, o sea su desplazamiento, por lo general es de carácter intermitente aún cuando la fuerza que lo produce sea continua, debido a que las rocas tienen un cierto límite de resistencia. Esos movimientos intermitentes continúan hasta que cesa el empuje. Los movimientos de falla que se producen de golpe, provocan sismos, a veces de gran intensidad.

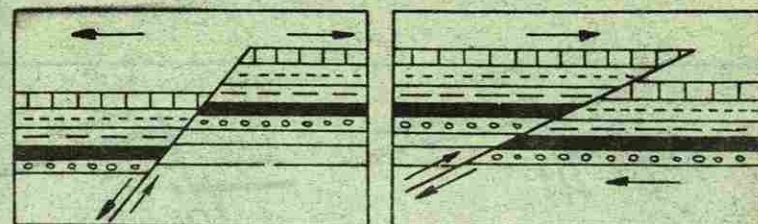
PRINCIPALES TIPOS DE FALLAS

Las fallas son de gran importancia sobre todo en geología minera, en geología petrolera y en geología aplicada.

Se llama techo de una falla al bloque que queda sobre el plano de la falla. Se llama piso el bloque que queda debajo del plano de falla. El movimiento de los bloques de una falla debe considerarse como relativo, o sea que los dos bloques pueden subir o bajar pero uno de ellos sube o baja más que el otro.

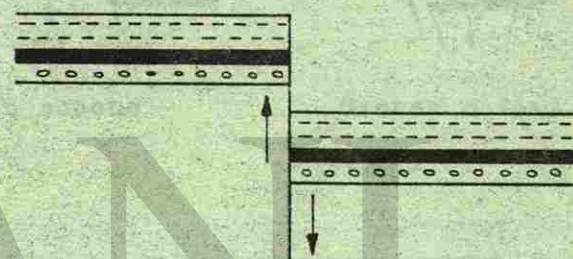
1. *Normal.* Una falla normal es producida por esfuerzos de tensión y es aquella en que el techo baja con respecto al piso.
2. *Inversa.* Se produce por compresión y en ella el techo sube con respecto al piso.
3. *Vertical.* Es aquella en que el plano de falla es prácticamente vertical. Se producen principalmente por tensión o por falta de soporte.
4. *Cobijadura.* Es la producida por esfuerzos de compresión no colineales, produciéndose el desplazamiento del techo sobre el piso a lo largo de un plano de falla que tiene muy poca pendiente.
5. *Horst. (Caballo).* Se produce por tensión dando lugar a la formación de dos fallas normales de echados contrarios en los planos de falla.
6. *Graben. (Fosa).* Es una falla doble en la cual el bloque central sufre un hundimiento por tensión y en algunas ocasiones por falta de soporte. Se forman dos fallas normales de echados convergentes al centro.

Desplazamiento de echado es el movimiento de un bloque con respecto a otro en el sentido del echado del plano de falla. Desplazamiento de rumbo es la componente del desalojamiento, medido en el sentido del rumbo del plano de falla. Desplazamiento total es la suma vectorial de las componentes de rumbo y de echado.

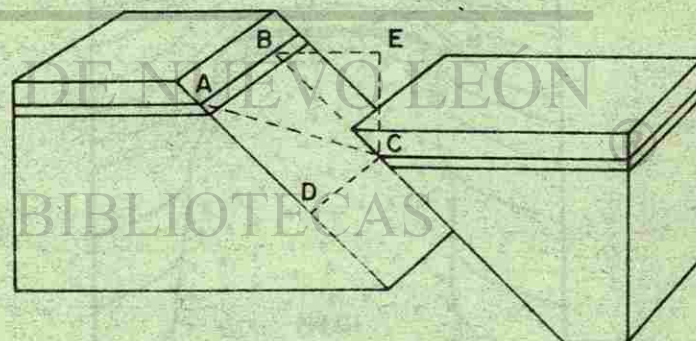


Normal

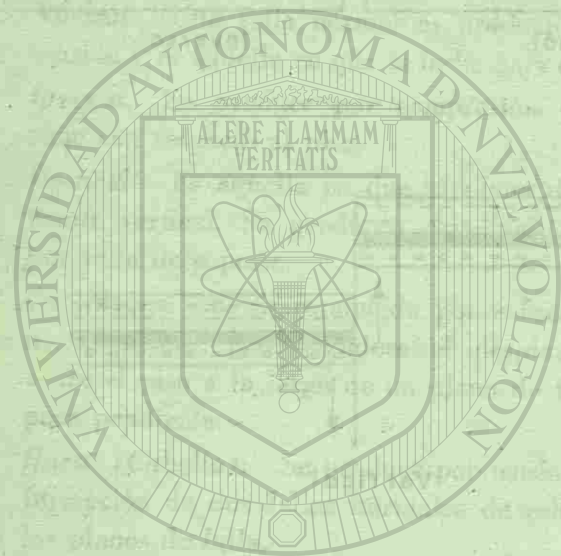
Inversa



Vertical

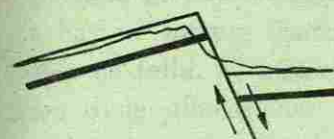


Desplazamientos de la falla: ABC-plano o reliz de falla; DC-desplazamiento de rumbo; BC-desplazamiento de echado; EC-salto y AC-desplazamiento total.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

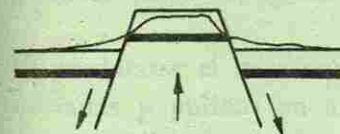
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Falla normal



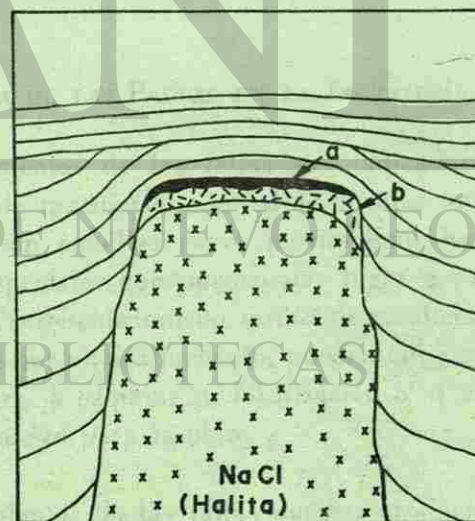
Falla en escalera



Horst o caballo



Graben o fosa



Sección ideal de un domo salino . Cap rock
a-principalmente CaCO_3
b- yeso y anhidrita



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO

CONCEPTOS SOBRE FALLAS

Una falla no necesariamente es un plano, sino que con frecuencia hay un intenso fracturamiento y se forma una zona que se llama de falla. El material que rellena la falla puede ser arcilloso o de dimensiones de grava y se llama arcilla de falla o salvanda, o brecha de falla. Frecuentemente, dentro de una falla existe un fragmento grande perteneciente a uno de los dos lados al que se le llama "caballo", como ya se ha dicho.

Al producirse el movimiento de una falla se forman superficies estriadas y pulidas en ambos bloques que se llaman reliz de falla o reliz planchado. La línea en que el plano de la falla intersecta a la superficie del terreno es la línea de falla o traza de la falla.

Para definir la posición del plano de una falla se usa su rumbo y echado.

INFLUENCIA DE LAS FALLAS EN LA INGENIERÍA

Los movimientos de las fallas son indicadores de peligro en las obras de ingeniería. Las fallas de más importancia para el ingeniero son aquéllas cuyos movimientos han producido condiciones especiales que pueden dar lugar a problemas serios y difíciles. Un descubrimiento tardío de condiciones desfavorables producidas por un afallamiento, pueden obligar a un rediseño de la estructura, a cambiar su localización o al abandono total del lugar propuesto para la obra.

Los movimientos de las fallas pueden producirse por un arrastre gradual, pero generalmente las fallas parecen progresar por

una sucesión discontinua de desplazamientos relativamente cortos, separados por largos períodos de pasividad.

LAS FALLAS SE CLASIFICAN EN ACTIVAS Y PASIVAS

Las fallas activas son las que están en movimiento o han sufrido desplazamientos en tiempos recientes, geológicamente hablando. Las pasivas o inactivas son las que sufrieron un desplazamiento en algún período diastrófico, pero que no muestran evidencias de haberse vuelto a mover recientemente.

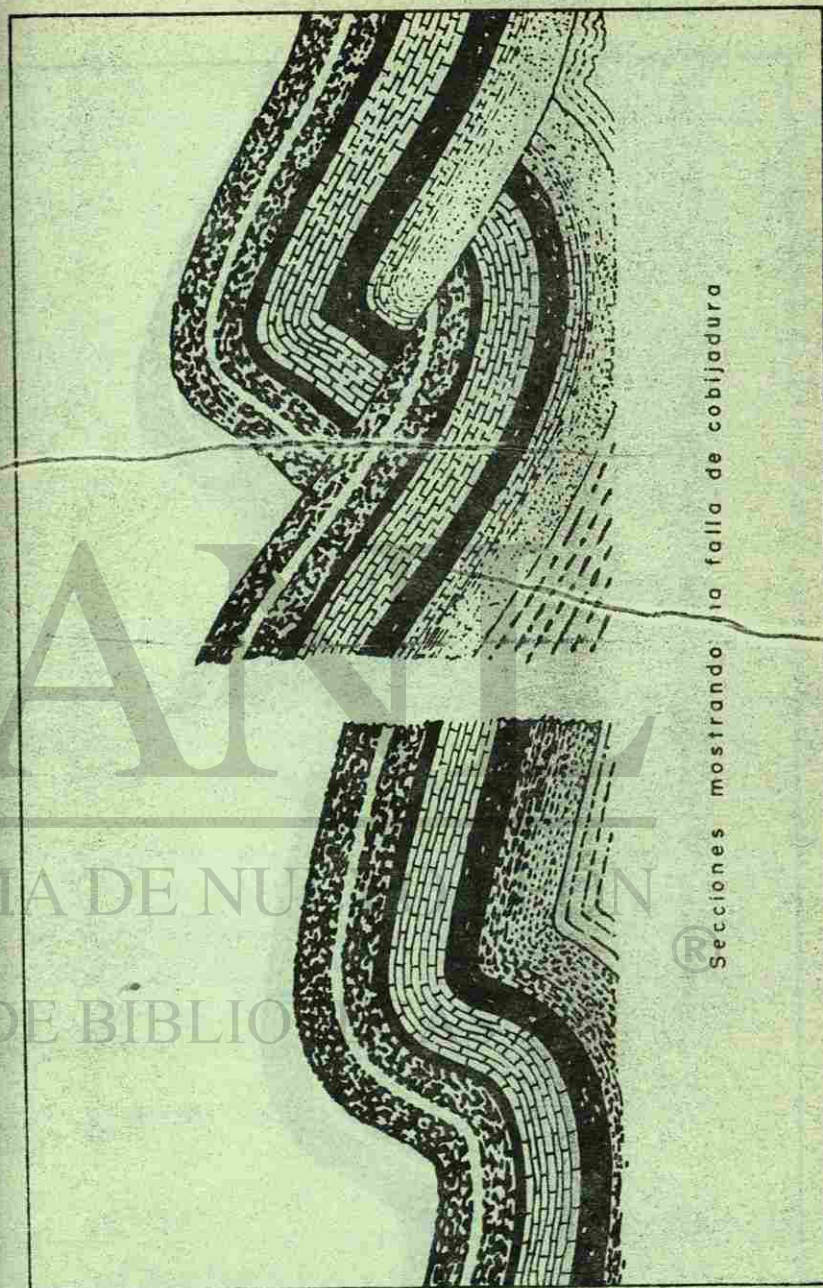
Tanto las fallas activas como las inactivas producen ciertos cambios físicos en los cuerpos de roca en que se presentan, sin que haya diferencia entre el daño producido por unas y otras puesto que los perjuicios se producen en el momento del desplazamiento.

CONDICIONES FÍSICAS Y RESULTANTES

Los efectos producidos por las fallas sobre los cuerpos de roca son muy variados, dependiendo del carácter de la roca, de las fuerzas aplicadas y de las condiciones físicas naturales que existen cuando se produce el fenómeno.

El resultado más simple de una falla, es una simple fractura con escaso desplazamiento, de tal manera que la abertura entre las paredes sea tan pequeña que la infiltración de agua a través de ella sea despreciable. A menudo las fracturas se abren en un grado mayor, permitiendo una infiltración activa o aún un flujo intenso.

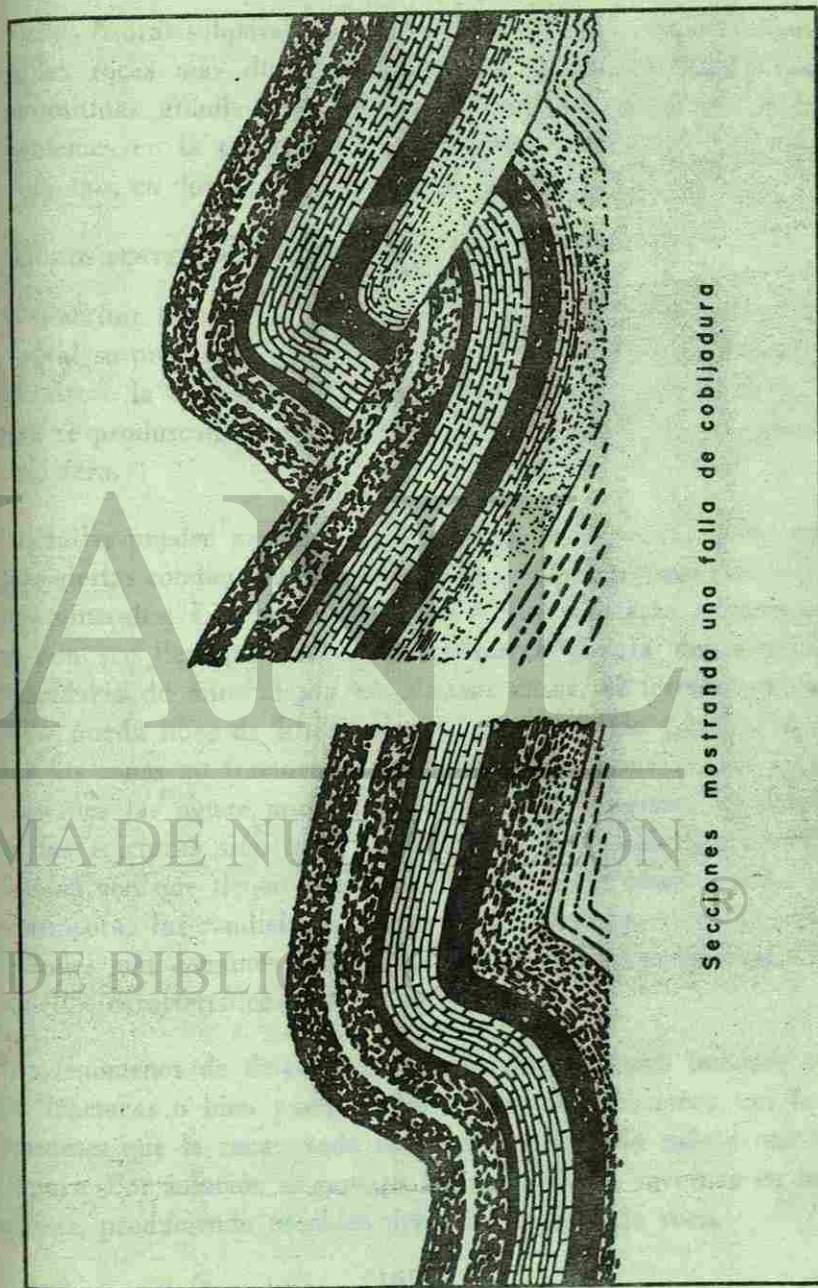
En muchos casos se presenta una zona de afallamiento con



Secciones mostrando la falla de cobijadura



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Secciones mostrando una falla de cobijadura



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DIRECCIÓN GENERAL

muchas fisuras subparalelas y a veces ramificadas, especialmente en las rocas más duras, a través de las cuales pueden ser transmitidas grandes cantidades de agua que provocan serios problemas en la construcción de túneles, especialmente en los profundos, en donde se tienen fuertes presiones hidrostáticas.

CAMBIOS POSTERIORES AL AFALLAMIENTO

Al describir los efectos físicos de una falla, se ha visto que en general se producen condiciones favorables para el libre acceso del aire o la infiltración del agua. Esto hace posible que en la roca se produzcan cambios debido a la acción del agua y de la atmósfera.

Las fallas pueden permitir el paso de aguas mineralizantes que, bajo ciertas condiciones fisicoquímicas, pueden depositar en ellas sus minerales. Los planos de falla y sus diaclasas adyacentes pueden ser llenadas total o parcialmente por la depositación secundaria de minerales y en algunos casos, el terreno en ese lugar queda libre de filtraciones, y puede ser tan fuerte o más que las zonas no fracturadas para fines de ingeniería. En otras ocasiones las aguas mineralizantes no sólo producen depósitos en las fracturas sino que, por procesos metasomáticos, alteran la roca con que tienen contacto. Estos procesos pueden mejorar o empeorar las condiciones físicas de la roca. Los tipos de alteraciones más comunes producidos por las aguas meteóricas son aquéllos característicos del intemperismo.

Los fenómenos de descomposición pueden ser poco intensos en las fracturas o bien pueden producir transformaciones tan importantes que la roca queda convertida en arcilla más o menos impura. Por solución se pueden formar grandes cavernas en las calizas, produciendo notables debilitamientos a la roca.

Independientemente de los resultados provocados por una falla sobre las propiedades físicas de la roca afectada, el mero desplazamiento de los bloques puede producir condiciones desfavorables e introducir problemas a la ingeniería de construcción.

LOCALIZACIÓN DE LAS FALLAS

La existencia de fallas y sus efectos locales deben determinarse, hasta donde sea posible, durante el período preliminar de proyecto y diseño, ya que su presencia puede afectar notablemente a la estructura que se construye. El primer reconocimiento se hace por medio de estudios superficiales; si se define la existencia de una o más fallas, se deberá iniciar una exploración complementaria para determinar con mayor precisión sus características y especialmente los efectos fisicoquímicos que han producido.

Cuando no puede asegurarse superficialmente la ausencia de fallas, debe procederse a efectuar exploraciones de subsuelo. Dependiendo de las condiciones locales, pueden consistir de pozos, perforaciones o túneles.

Las características morfológicas frecuentemente indican o sugieren la presencia de una falla. En muchos lugares una traza de falla queda evidenciada por una escarpa; las escarpas de falla están sujetas a la erosión de tal manera que la pendiente original puede ser reducida, desapareciendo algunas características, tales como el reliz de falla. Una serie de manantiales alineados o una cascada también sugieren la presencia de una falla.

PLEGAMIENTOS

Los plegamientos son deformaciones en forma de ondulaciones

que sufren las rocas debido a esfuerzos intensos. Los plegamientos son estructuras geológicas de gran importancia.

PRINCIPALES TIPOS DE PLIEGUES

Sinclinal. Es un pliegue que tiene su concavidad hacia arriba. Las formaciones más recientes quedan al centro.

Anticlinal. Es un pliegue que tiene su concavidad hacia abajo. Las capas más antiguas quedan al centro.

Homoclinal. Es una estructura en la que las capas tienen un echado y un rumbo constantes.

Monoclinal. Se presenta cuando se tienen capas en posición más o menos horizontal con un aumento en el echado en un tramo y luego continúan con su posición anterior.

Terraza Estructural. Son capas que tienen un cierto echado y que en un tramo central toman una posición casi horizontal.

Plano Axial. El plano axial de un plegamiento es aquel que lo divide simétricamente.

Línea Axial, o eje. Es la línea de intersección entre el plano axial y el plano de cualquiera de las capas.

Flanco. El flanco de un plegamiento es la porción formada por un costado, o sea la parte comprendida entre el eje de un sinclinal y el de un anticlinal contiguo.

Geoanticlinal. Es una estructura anticlinal de dimensiones continentales.

Geosinclinal. Es un sinclinal de dimensiones continentales.

Domos. Son estructuras producidas por intrusiones o esfuerzos verticales que actúan hacia la superficie. Tienen forma de cúpulas o de hongos.

Se llama buzamiento de un pliegue al ángulo formado por un eje del plegamiento y un plano horizontal, medido sobre un plano vertical.

Nariz Estructural. Es la porción final de un anticlinal buzante.

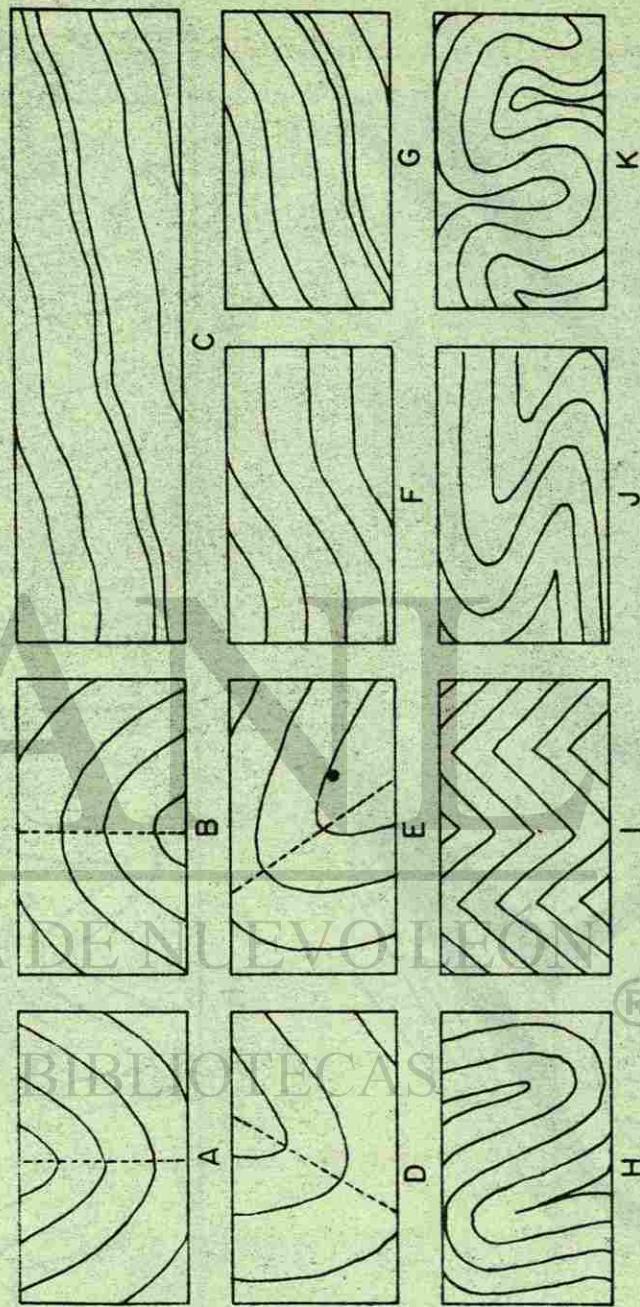
En los pliegues paralelos los estratos son concéntricos o sea que el espesor de las capas es más o menos constante. El ajuste se hace entre capa y capa.

En los pliegues similares las capas tienen mayor espesor cerca de los ejes que en los flancos o sea que el ajuste se hace dentro de la capas.

Pliegue recostado. Tienen los echados de las capas de ambos flancos, hacia el mismo lado.

Dimensiones de los pliegues. Los pliegues pueden tener desde unos cuantos centímetros hasta cientos de kilómetros de extensión. En los plegamientos casi siempre es mayor la base que la altura.

La competencia de una roca es su capacidad para transmitir un esfuerzo sin deformarse. Una roca menos susceptible de plegarse será más competente que otra que sea más fácilmente plegable. Entre dos capas competentes las capas intermedias de menor

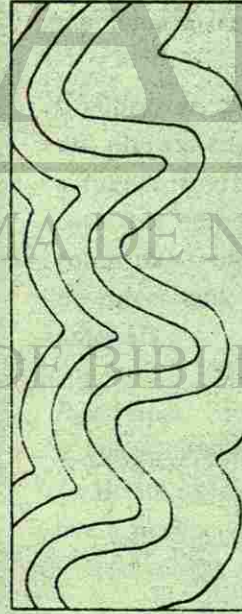


Secciones de tipos de plegamientos: A—sinclinal simétrico; B—anticlinal simétrico; C—homoclinal; D—sinclinal asimétrico; E—anticlinal asimétrico; F—monoclinal; G—terrazza estructural; H—isoclinal; I—zig zag; J—recumbente; K—pliegue en abanico.

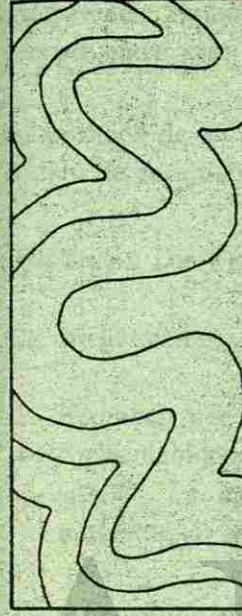


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

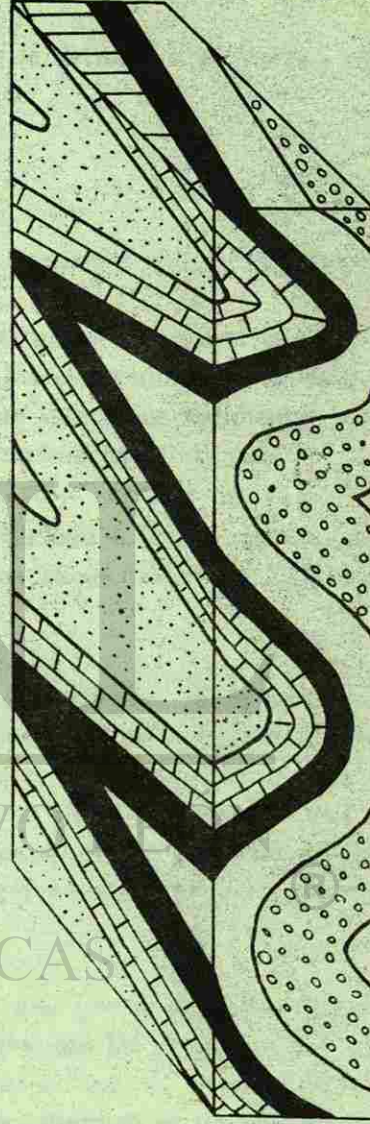
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Sinclinorio



Anticlinorio



Bloque diagramático de pliegues anticlinales y sinclinales cuyos ejes buzan hacia atrás.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

competencia forman pliegues secundarios debido al arrastre diferencial entre esas dos capas y se llaman pliegues de arrastre.

La posición de un plegamiento se define por el rumbo y el buzamiento de su eje axial.

ORIGEN DE LOS PLIEGUES

Los plegamientos se forman por siete causas principales:

1. *Acomodo por peso.* Es el acomodo normal que sufren las capas debido al peso de los sedimentos que se están depositando. La inclinación que sufren los sedimentos por estos movimientos se considera como echado original.
2. *Compresión diferencial.* Debido a los diferentes grados de compresión que sufren las capas, sobre un basamento de morfología irregular.
3. *Compresión por fuerzas tangenciales.* Para que se forme un plegamiento en la superficie debe suponerse que han actuando fuerzas tangenciales a la superficie. Al macizo rocoso que empuja se le llama transpaís, en medio una cuenca con capas sedimentarias que se pliegan y después otro macizo de raíces más profundas que resiste el empuje, que se llama antepaís.
1. *Por fallas.* Son rompimientos que se producen en las rocas a consecuencia de esfuerzos que las deforman más allá de su límite elástico. Las fallas al final de su plano de fractura, hacia arriba o hacia abajo, terminan en un plegamiento.

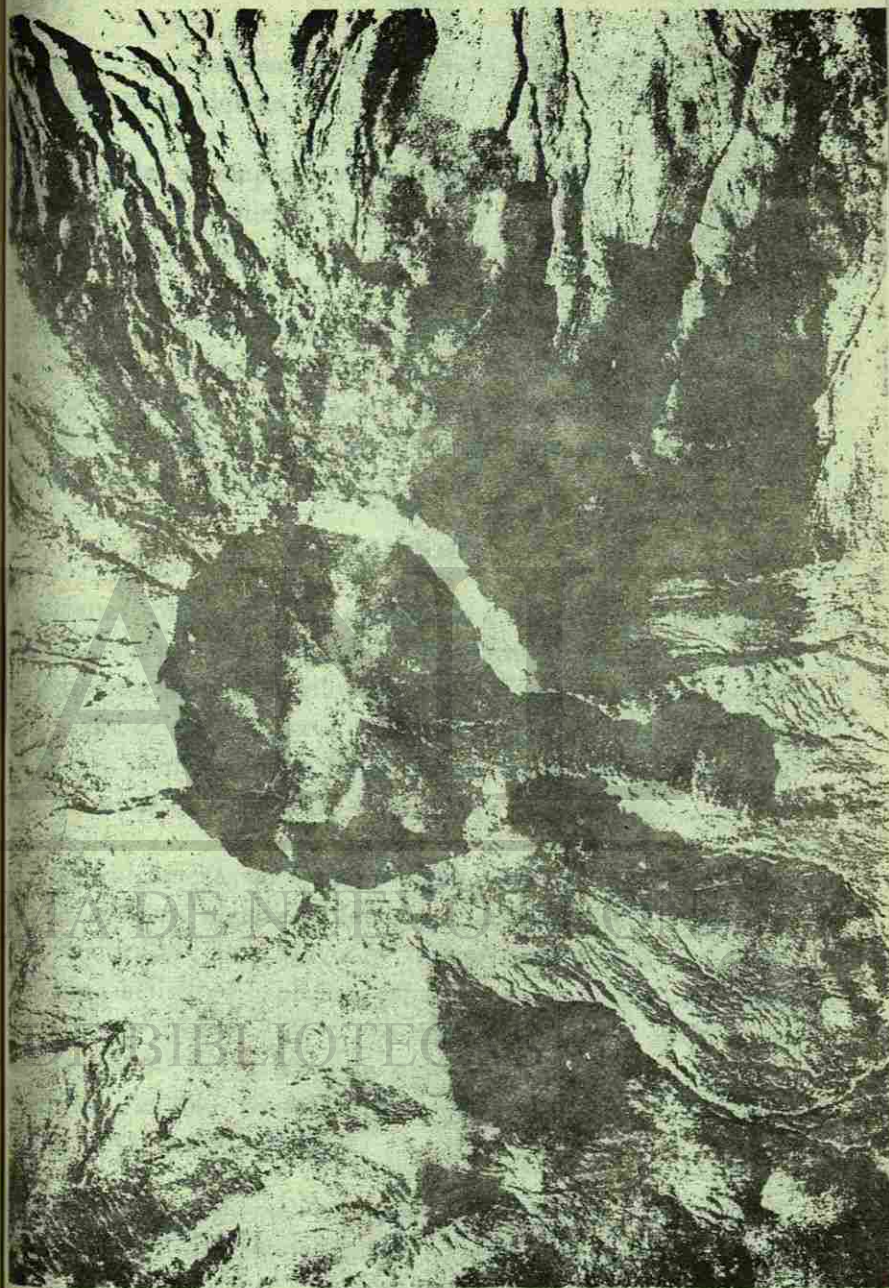
5. *Intrusiones ígneas.* El magma en su movimiento ascendente empuja los estratos superiores y los pliega formando un anticlinal o un domo.
6. *Plegamiento por intrusiones salinas.* Similarmente al magma, la sal intrusiona las capas suprayacentes produciendo esfuerzos verticales que comban las capas dando lugar a la formación de domos.
7. *Por disolución.* Se presentan en calizas, cuando el basamento calizo sobre el que descansan otras capas sedimentarias, sufre una intensa disolución formándose grutas y otras cavidades que provocan hundimientos y posteriormente plegamientos sinclinales.

INTERÉS DE LOS PLEGAMIENTOS PARA LA INGENIERÍA CIVIL

La importancia que para la ingeniería civil tienen los plegamientos, reside principalmente en que las deformaciones, provocan que los planos de estratificación presenten echados fuertes y a que las rocas sean debilitadas por fracturamiento intenso cerca de los ejes, creando condiciones desfavorables al hacer cortes, túneles o excavaciones, así como en los sitios para presas cuando por sus efectos aumenta la permeabilidad en las rocas.

ANCLAR Y BANDERILLEAR

Las anclas se utilizan en laderas o en cortes en donde se tienen rocas estratificadas o paralelamente fracturadas, con el objeto de aumentar la resistencia al esfuerzo cortante a lo largo de los planos potenciales de deslizamiento. Consisten de una barra de acero que se introduce en una perforación perpendicular a los planos de debilidad que se fija por medio de un mortero de



Vista aérea del volcán de Colima.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

mento. El espaciamiento y la profundidad dependen de las condiciones estructurales de la formación.

Las banderillas se emplean en los cortes en que la roca muestra un excesivo fracturamiento y presenta el problema de derrumbes. Consisten de una barra de acero que en la punta termina en forma de cola de pescado y en la parte superior tiene una cuerda, una placa de fierro y una tuerca. Se fija la punta en la roca sana, se amaciza con mortero de cemento la barra y se coloca la placa, generalmente de sección cuadrada como si fuera una rondana sobre la superficie de la roca y con la tuerca se aprieta hasta dejarla bien fija.

VOLCANISMO

Los volcanes son estructuras geológicas formadas por materiales piroclásticos o por lavas, que han sido acumulados durante períodos de intensa actividad. Hay algunos volcanes en cuyo cono se alternan las coladas de lava y los estratos de materiales piroclásticos. Es común que los conos volcánicos muestren una disposición en capas de materiales clasificados por tamaños.

Las lavas volcánicas, no siempre están asociadas a conos volcánicos; se conocen algunas coladas que cubren millares de kilómetros cuadrados, que fluyeron tranquilamente por fracturas, sin ninguna actividad explosiva constructora de conos. Son raras las coladas de más de 100 m. de espesor, siendo la media del orden de los 50 m. A veces se superponen coladas y llegan a alcanzar en conjunto espesores de más de 3 000 m. con superficies hasta de 1 000 000 Km².

Los volcanes en general, son formas fácilmente erosionables. Cuando queda al descubierto por la erosión el tapón o núcleo del

volcán, constituido por la roca resistente, queda una chimenea, beral o cuello volcánico que tiene una forma cilíndrica. Su diámetro puede llegar a los 400 m. y una altura hasta de 600 m.

Muchos volcanes, después de alcanzar un gran tamaño son destruidos en menor o mayor grado por una explosión de un extraordinario vigor, que a veces hace volar la mayor parte del volcán. La depresión resultante se conoce como una caldera y puede alcanzar varios kilómetros de diámetro.

Un tipo de volcán tipo cóno, formado por sucesivos flujos de lava, es llamado de cóno de lavas. Se encuentran en Hawái alturas de 3500 m. y se extienden sobre grandes áreas, con pendientes del orden de los 5° en sus flancos.

Los fenómenos volcánicos son acompañados por movimientos sísmicos, a veces de gran intensidad.

Los productos volcánicos tanto lavas como los materiales piroclásticos y las rocas piroclásticas son muy usados como materiales de construcción.

México es un país con un extraordinario número de volcanes, que dan una expresión morfológica característica a grandes zonas en el centro, el occidente y el sur del territorio. Existen, además, volcanes aislados en casi todos los Estados, excluyendo los del Sureste.

La Cuenca de México está rodeada por sierras de origen volcánico. La Sierra Madre Occidental con sus grandes elevaciones y su enorme extensión, es también de origen esencialmente volcánico.

Capítulo V

HIDROLOGIA

CICLO HIDROLOGICO

Se acostumbra expresar el ciclo hidrológico por medio de una igualdad en la que el primer miembro representa la precipitación y en el segundo se tienen tres sumandos que representan el escurrimiento superficial, la infiltración y la evaporación, respectivamente

$$P =$$

$$I =$$

TEORÍA DEL UNIFORMITARISMO

La teoría del Uniformitarismo, sostiene que los fenómenos presentes son la clave para conocer lo que sucedió en el pasado. Los procesos geológicos que pueden reconocerse actuando en el presente son similares a los que desde épocas remotas han venido produciendo cambios superficiales, a través de ciclos que siguieron el mismo desarrollo que los actuales.

PERFIL DE EQUILIBRIO

El perfil de equilibrio de una vía fluvial es el gradiente hidráulico que alcanza un río al tener una relativa estabilidad en su pendiente. El perfil de equilibrio se alcanza en las corrientes maduras cuando la cantidad del material acarreado por la corriente durante las avenidas vuelve a ser depositada al disminuir la velocidad; se tiende a una pendiente longitudinal de máxima eficiencia. Todas las corrientes trabajan continuamente por llegar a establecer su perfil de equilibrio.

volcán, constituido por la roca resistente, queda una chimenea, beral o cuello volcánico que tiene una forma cilíndrica. Su diámetro puede llegar a los 400 m. y una altura hasta de 600 m.

Muchos volcanes, después de alcanzar un gran tamaño son destruidos en menor o mayor grado por una explosión de un extraordinario vigor, que a veces hace volar la mayor parte del volcán. La depresión resultante se conoce como una caldera y puede alcanzar varios kilómetros de diámetro.

Un tipo de volcán tipo cóno, formado por sucesivos flujos de lava, es el cono de cinderas. Se encuentran en Hawái alturas de 3500 m. y se extienden sobre grandes áreas, con pendientes del orden de los 5° en sus flancos.

Los fenómenos volcánicos son acompañados por movimientos sísmicos, a veces de gran intensidad.

Los productos volcánicos tanto lavas como los materiales piroclásticos y las rocas piroclásticas son muy usados como materiales de construcción.

México es un país con un extraordinario número de volcanes, que dan una expresión morfológica característica a grandes zonas en el centro, el occidente y el sur del territorio. Existen, además, volcanes aislados en casi todos los Estados, excluyendo los del Sureste.

La Cuenca de México está rodeada por sierras de origen volcánico. La Sierra Madre Occidental con sus grandes elevaciones y su enorme extensión, es también de origen esencialmente volcánico.

Capítulo V

HIDROLOGIA

CICLO HIDROLOGICO

Se acostumbra expresar el ciclo hidrológico por medio de una igualdad en la que el primer miembro representa la precipitación y en el segundo se tienen tres sumandos que representan el escurrimiento superficial, la infiltración y la evaporación, respectivamente

$$P =$$

$$I =$$

TEORÍA DEL UNIFORMITARISMO

La teoría del Uniformitarismo, sostiene que los fenómenos presentes son la clave para conocer lo que sucedió en el pasado. Los procesos geológicos que pueden reconocerse actuando en el presente son similares a los que desde épocas remotas han venido produciendo cambios superficiales, a través de ciclos que siguieron el mismo desarrollo que los actuales.

PERFIL DE EQUILIBRIO

El perfil de equilibrio de una vía fluvial es el gradiente hidráulico que alcanza un río al tener una relativa estabilidad en su pendiente. El perfil de equilibrio se alcanza en las corrientes maduras cuando la cantidad del material acarreado por la corriente durante las avenidas vuelve a ser depositada al disminuir la velocidad; se tiende a una pendiente longitudinal de máxima eficiencia. Todas las corrientes trabajan continuamente por llegar a establecer su perfil de equilibrio.

CICLO GEOMORFICO

El ciclo geomórfico se divide en varias etapas, pasando de una a la siguiente, por una serie de procesos que modifican en forma continua las características morfológicas en la superficie terrestre y que a través de tiempos considerables, pueden considerarse como cíclicos, o sea que las condiciones esenciales del relieve se repiten. Con un levantamiento, el relieve se hace abrupto encontrándose profundos cañones al lado de altas montañas; los cauces de los arroyos presentan una sección en forma de "V" con laderas casi verticales y con una fuerte pendiente hidráulica. A esta etapa se le llama de juventud.

Los agentes erosivos continúan actuando sobre las rocas que afloran, denudándolas y acarreando los sedimentos a lugares más bajos y finalmente al mar. Este ataque continuo y prolongado hace que la morfología se vuelva menos accidentada. Las formas se redondean y son menos elevadas, los cauces son menos profundos y su sección tiene forma de "U" con pendientes hidráulicas moderadas. Esta es la etapa llamada de madurez, en la cual las corrientes erosionan tanto vertical como horizontalmente.

El proceso final se produce cuando la erosión ha reducido una región a una planicie en la que las elevaciones alcanzan una escasa magnitud y las corrientes son divagantes con tendencia a depositar material fino. Esta es la etapa de senectud. La parte final del río, llamada ría, se ve afectada por las mareas.

Cada una de las etapas del ciclo geomórfico se divide en dos: inicial y avanzada, de acuerdo con los detalles del relieve que presenta la región.

El ciclo se cierra al producirse, por efecto del fenómeno de la

isostasia u otro levantamiento tectónico, una elevación del nivel general del terreno, lo que origina un rejuvenecimiento regional. El ciclo geomórfico se interrumpe en alguna etapa intermedia, dando lugar a la repetición de procesos erosivos que a menudo pueden ser observados en las capas terrestres.

CLASIFICACION DEL ESCURRIMIENTO

La forma y características de escurrimiento del agua sobre la superficie terrestre pueden ser clasificadas desde distintos puntos de vista.

Clasificación de los Esgurrimientos con Respecto a la Posición de las Formaciones

Esta clasificación tiene un interés que en algunos casos puede ser importante. El conocer la manera en que una corriente corta las rocas sedimentarias permite predecir el probable comportamiento futuro de la vía fluvial. Los ríos se clasifican de acuerdo con la posición de su cauce en relación con la de las capas sobre las que escurren en los siguientes tipos:

RÍO CONSECUENTE

Es aquél que sigue la pendiente original del terreno.

Los ríos consecuentes tienen en general un cauce estable; pero pueden sufrir capturas o ser desviados notablemente en su curso al presentarse accidentes geológicos.

RÍO SUBSECUENTE

Es aquél en que el cauce se ha establecido paralelamente al

rumbo de los estratos. Su escurrimiento es prácticamente normal al cauce del río consecuente.

Los cursos de los ríos subsecuentes tienden a formar valles alargados, paralelos a otros adyacentes. Sus cauces son bien definidos y poco variables. Las condiciones del subsuelo varían poco a lo largo de su curso en tramos grandes.

Río OBSECUENTE

El cauce se establece perpendicularmente al rumbo y en sentido contrario al echado en las capas.

Río RESECUENTE

Cauce perpendicular al rumbo de las capas con la corriente en el mismo sentido del echado de los estratos.

Los ríos obsecuentes y los resecuentes presentan en general cursos de longitud restringida y sinuosos, afluentes de los ríos subsecuentes. Al llegar a su etapa de madurez son sumamente divagantes, y con frecuencia son elementos activos en piraterías. Las condiciones del subsuelo para cimentaciones pueden cambiar notablemente en cortos tramos.

Río INSECUENTE

El cauce del río insecuente, se establece sin obedecer aparentemente las características estructurales de las rocas. Son poco estables y en general pueden encontrarse cortando formaciones recientes o rellenos. Sus cauces se encuentran mal definidos en la mayoría de los casos; las condiciones de cimentación deben estudiarse casi siempre a través de la mecánica de suelos.

Río SUPERPUERTO

El curso de los ríos superpuestos se establece erosionando una capa superficial de acarreo manteniendo su curso al llegar a erosionar el basamento. Su cauce puede considerarse como muy estable. El subsuelo será rocoso, permitiendo cimentaciones firmes.

Clasificación del Escurrimiento en Cuanto a su Sistema

El sistema de escurrimiento se refiere a la disposición de la red formada por las corrientes fluviales y sus afluentes.

SISTEMA DENDRÍTICO

El escurrimiento dendrítico en conjunto presenta la forma de las nervaduras de una hoja; se desarrolla en zonas en donde la formación superficial es homogénea o en donde las capas sedimentarias tienen una posición horizontal.

El sistema arborescente, que es una variedad del dendrítico, se presenta cuando la roca que aflora es homogénea y fácilmente erosionable. La red de escurrimiento es más tupida que en el sistema dendrítico.

SISTEMA RECTANGULAR

El drenaje rectangular es aquél en que los cauces siguen dos direcciones preferidas casi normales entre sí, estableciéndose en formaciones cristalinas que presentan un sistema de fracturas bien definido.

SISTEMA DE ENREJADO

El escurrimiento en conjunto da la impresión de una reja. Se establece en formaciones plegadas, a lo largo del rumbo y del echado de las capas.

SISTEMA RADIAL

El escurrimiento se produce radialmente y hacia afuera de un punto elevado. Se presenta principalmente en lugares donde hay procesos de erosión en intrusiones o volcanes.

SISTEMA ANULAR

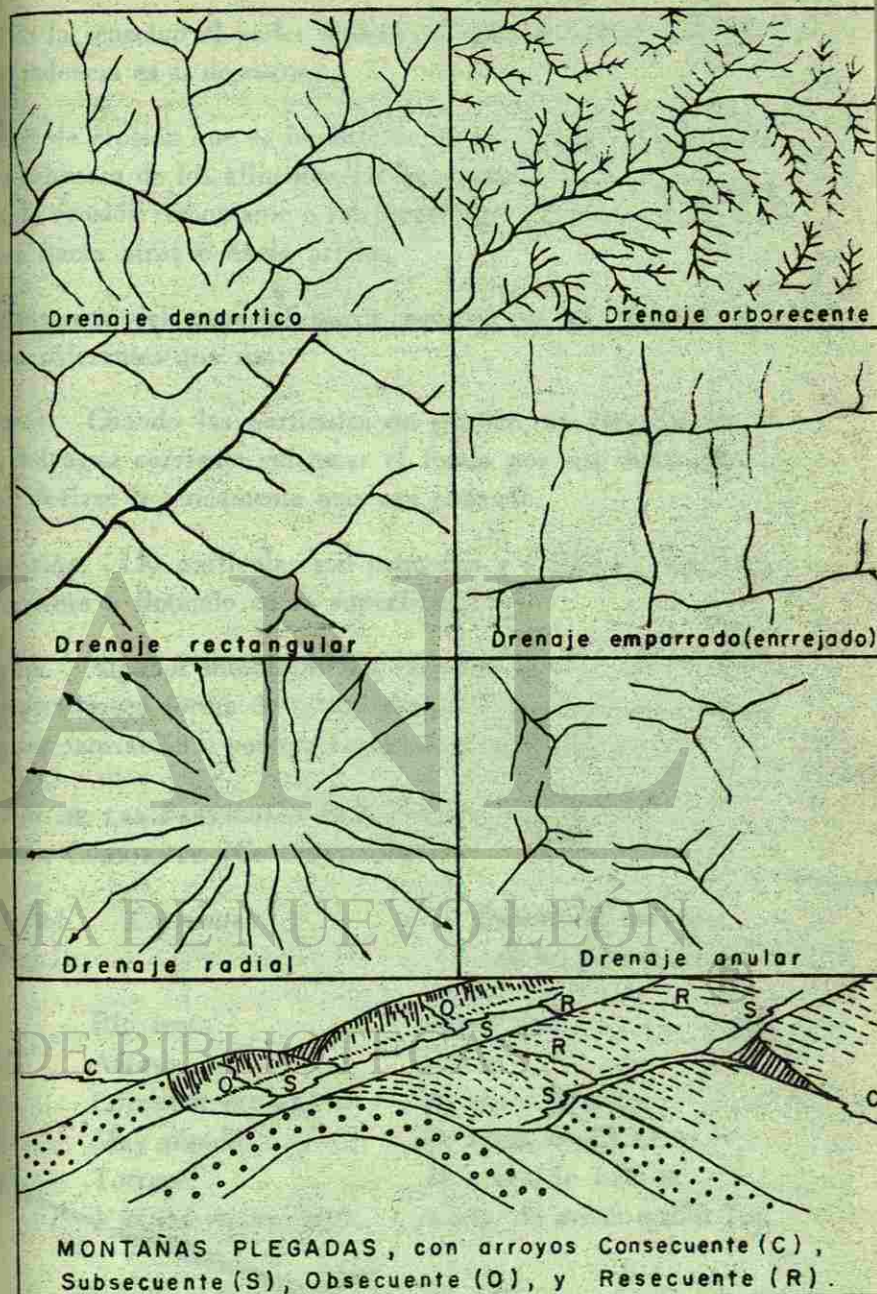
Los cauces se encuentran en forma de arcos de círculo concéntrico, estableciéndose en áreas influenciadas por intrusiones ígneas o domos salinos.

El sistema de escurrimiento en una zona, como se ha visto, proporciona una serie de datos acerca de la geología y del probable comportamiento de las vías fluviales, lo cual en algunos casos tiene gran importancia.

EROSION FLUVIAL

El tipo de erosión que producen los ríos depende de la etapa del ciclo geomórfico en que se encuentran.

En la juventud, los ríos erosionan principalmente el fondo de sus cauces; al llegar a la madurez se tiene una cierta estabilidad aparente en el perfil de equilibrio, o sea que la erosión y el depósito son equivalentes y el río tiende a erosionar sus márgenes.





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

En la senectud el poder erosivo de una corriente es mínimo su tendencia es al depósito.

Un tipo de erosión que es importante, es aquél que se desarrolla en la cabecera de los afluentes, en la cercanía de los partaguas, llamada erosión remontante o retrógrada por ser una erosión que avanza hacia atrás o hacia arriba.

El transporte del material puede hacerse en los ríos en tres formas diferentes que son:

Arrastre. Cuando las partículas no pueden ser llevadas en el fondo del agua corriente sin tocar el fondo por sus dimensiones, puede decirse prácticamente que van rodando.

Suspensión. Las partículas son pequeñas y viajan en medio de la corriente o flotando en la superficie.

Disolución. Algunos minerales son disueltos por el agua y son transportados en forma de soluciones. Su depósito puede producirse por saturación o por reacciones químicas en el agua.

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS QUE PUEDEN SER ACARREADAS POR UNA CORRIENTE (COMPETENCIA)

Velocidad (m/seg.)	Corriente	Dimensión máxima de las partículas
0.15	Río lento	Arena fina
0.40	Arroyo	Grava
1.2	Corriente rápida	de arista de 5 cm.
2.5	Muy rápida	de arista de 25 cm.
4.0	Torrente	de arista de 1.00 m.
9.1	Máximo en montaña	4.5 m. de arista o 250 Ton.

LAGOS

Son cinco los tipos de cuencas lacustres: Glacial, de río, de costa, de deflación y tectónica.

Los lagos no tienen una zona litoral verdadera, puesto que no existe la marea; sin embargo, los cambios de nivel debidos a la precipitación y a la acción de las olas, pueden producir condiciones semejantes a las de un litoral oceánico. Los lagos poco profundos con olas suaves, no muestran erosión en las márgenes y tienden a ser colonizados por plantas acuáticas. Los materiales del fondo varían de gravas y arenas en las márgenes, a lodos a poca profundidad. Los sedimentos coloidales y limos no floculan rápidamente en las lagunas, de aquí que se les encuentra invariablemente dispersos sobre todo el fondo. La depositación del material fino tiende a ser continua sobre el fondo de los lagos y normalmente se presenta en capas.

Los lagos glaciales inicialmente reciben sedimentos de tipo glaciolacustre que pasan a sedimentos que responden a las condiciones posteriores a la desaparición del hielo. Muchos lagos glaciales fueron poco profundos y así los depósitos típicos lacustres fueron seguidos por depósitos de pantano. La forma tiende a ser circular pero pueden ser alargados o irregulares.

Los lagos relacionados con los ríos, son poco profundos y alargados. Muchos se forman sobre depósitos de canal y quedan rodeados por depósitos de planicie de inundación. Los sedimentos son lodos y arenas, generalmente laminados, de color oscuro y mostrando frecuentemente grietas de lodos. Pueden encontrarse restos orgánicos.

Los lagos en las costas se desarrollan a lo largo de los litorales

y se forman debido a la construcción de barras por las olas o de deltas por los ríos. Contienen tanto agua dulce como salada; pueden comenzar como salados y convertirse posteriormente en dulces. Generalmente son poco profundos y las corrientes fluyen dentro de ellos. Los depósitos son una mezcla de sedimentos de origen marino y de agua dulce. Lateral y verticalmente pueden pasar a depósitos de pantanos parállicos.

Las cuencas producidas por deflación, se forman en regiones áridas y, si tienen agua, generalmente es salitrosa. Pueden contener materiales orgánicos. Los sedimentos son arcillas, limos, arenas, gravas y evaporitas. Los sedimentos finos antes de su litificación pueden ser negros, debido a la formación de monosulfuro de hierro.

Las cuencas lacustres que deben su origen a movimientos corticales, varían en área, pero generalmente son grandes. Como ejemplos pueden citarse los Grandes Lagos y el Lago Nicaragua. El agua puede ser dulce o salitrosa. Los depósitos de aguas someras de los lagos muy grandes son similares a los del mar, pero los de las aguas profundas consisten en lodos finos que pueden contener algunos moluscos.

MARES

El medio ambiente marino ha sido dividido en tres zonas: Nerítica o de fondos poco profundos; batial, de fondos de profundidad intermedia, que van de 200 a 2 000 metros; y abisal o de fondos que van más allá de los 2 000 metros.

Los sedimentos que se depositan en el mar, pueden ser terrígenos, orgánicos, volcánicos, meteóricos y posiblemente magmá-

ticos. La mayoría de los sedimentos son de origen continental y orgánico, pero hay una importante contribución de sedimentos volcánicos.

Medio ambiente Nerítico

El medio ambiente nerítico está confinado generalmente a la plataforma continental y a los mares epicontinentales, como el Mar Báltico y la Bahía de Hudson. Si el nivel del mar se eleva, o sea si hay una transgresión, la porción inferior del medio ambiente nerítico se convierte en batial y la parte baja del medio batial pasa a ser abisal. Lo contrario ocurre cuando se trata de una regresión marina, o sea cuando el mar se retira.

Las aguas de los medios ambientes neríticos en los mares abiertos, son de salinidad normal, mientras que las de los mares epicontinentales varían desde aguas dulces hasta aguas excesivamente saladas y pueden variar de salinidad en el tiempo debido a la dificultad de conexión con el mar abierto o a las grandes avenidas.

La flora y la fauna tienden a ser más cosmopolitas en los mares abiertos que en los epicontinentales, y en muchos casos los organismos de estos últimos son particulares.

En general los sedimentos más gruesos tienden a localizarse más cerca de la costa, pero hay casos excepcionales. Los sedimentos neríticos terrígenos, consisten de gravas, arenas, limos y arcillas. Las gravas, y las arenas tienden a ser bien clasificadas; muchas han sufrido una larga transportación y en algunas de ellas el cuarzo es el mineral más común.

Los sedimentos químicos y orgánicos son abundantes y consisten

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DE BIBLIOTECAS

en conchas, algas, corales y algunas otras sustancias. La mayoría son calcáreas pero hay algunas de sílice, de fosfato de calcio, de óxido de hierro y algunos otros.

Medio ambiente Batial

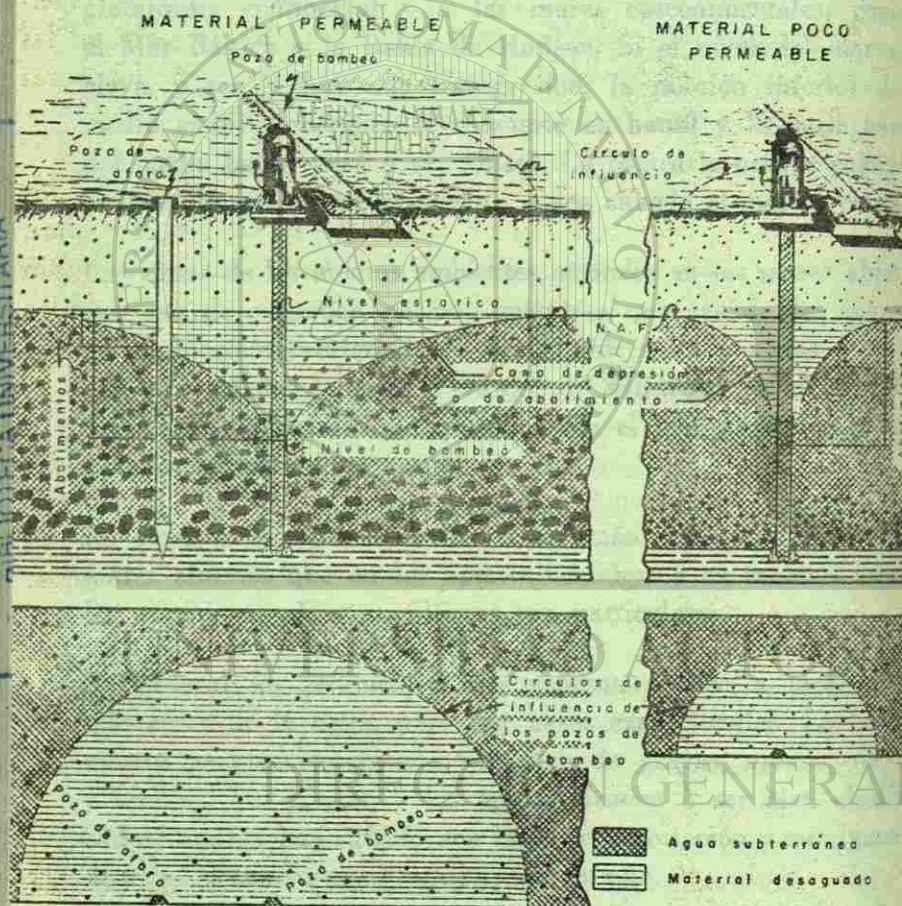
Las partes más altas del área reciben un poco de luz; la superficie de su fondo muestra poca pendiente, excepto cerca de las costas de islas de coral, volcánicas o afalladas en donde las pendientes son muy pronunciadas.

Los procesos físicos tienen efectos limitados sobre los fondos batiales. Las corrientes pueden ser fuertes en la porciones altas, y los procesos químicos son menos variados que en el medio ambiente nerítico. Los organismos constituyen gran parte de los sedimentos en los fondos batiales, correspondiendo muchos de ellos al plankton que vive en las aguas superiores.

La estratificación debe ser regular y uniforme sobre grandes áreas. Los sedimentos depositados en el medio ambiente batial están formados por arenas, lodos, sustancias calcáreas, glauconita, sedimentos salinos y otras sustancias más o menos raras. Las arenas pueden ser terrígenas o volcánicas y no son comunes. Los lodos son los sedimentos más comunes, y la mayoría contienen carbonato de calcio. Algunos lodos son de origen volcánico.

Medio ambiente Abisal

El fondo del mar no recibe luz. Soporta presiones del orden de una tonelada por centímetro cuadrado por cada kilómetro de profundidad y la temperatura es cercana a la de congelación todo el tiempo. El agua prácticamente no tiene movimiento.



PLANTA Y SECCION DEL NIVEL FREATICO

Alteraciones provocadas en el N.A.F. por bombeo. Para simplificar, el área de influencia se ha señalado como circular.

excepto cuando es agitada por erupciones volcánicas o por temblores de tierra. Algunos sedimentos de origen volcánico consisten en cenizas y pómez con varios grados de alteración.

Los sedimentos de origen terrígeno, alcanzan el fondo marino transportados por el aire, el agua o el hielo. Los sedimentos orgánicos están compuestos por conchas y otras partes duras de organismos; la mayoría de las conchas provienen del plankton, que vive en las aguas superiores que reciben luz del sol.

Las unidades sedimentarias, mantienen un carácter esencialmente uniforme así como espesor y una posición horizontal sobre grandes áreas.

Capítulo VI GEOHIDROLOGIA

PRINCIPIOS DE GEOHIDROLOGIA

La Hidrología, en un sentido amplio, es la ciencia que trata del agua de la Tierra: sin embargo, debido a la existencia de la Meteorología y la Oceanografía, el campo de la Hidrología puede ser reducido solamente al agua continental. La parte de la Hidrología que trata con el agua en las rocas y en el suelo es la Geohidrología.

La Geohidrología estudia la textura y la estratificación de las rocas y de los suelos, ya que son éstos los que forman los receptáculos y conductos por donde el agua se infiltra. En este aspecto corresponde al campo de la Geología, pero la Geohidro-

logía también tiene que ver con las fuerzas que actúan sobre el agua subterránea y provocan su movimiento. En este aspecto queda dentro del campo de la Mecánica de Fluidos.

En respecto a la Geohidrología, la porción superficial porosa de la corteza terrestre puede ser dividida en dos zonas:

Zona de saturación. Es aquella cuya superficie superior está limitada por el Nivel de Aguas Freáticas (N. A. F.), o por una formación impermeable.

La zona suprayacente o de aireación. Comprende desde el N. A. F. hasta la superficie.

El agua que se encuentra en la zona de saturación se llama generalmente agua del subsuelo; al agua de la zona de aireación se le llama agua vadosa o quedada incluida en la designación de humedad del subsuelo. El término agua subterránea incluye tanto el agua vadosa como a la que se encuentra debajo del nivel freático.

INFILTRACIÓN Y RECARGA DE ACUÍFEROS

Un acuífero es una roca que contiene agua.

Los movimientos del agua en las rocas y en los suelos, forman parte del ciclo hidrológico. El primer paso en la etapa subterránea del ciclo, es la infiltración. El agua infiltrada puede seguir dos caminos: permanecer en el suelo hasta ser devuelta a la atmósfera por evaporación directa o por transpiración de las plantas o bien ir hacia abajo hasta llegar al N. A. F. a mezclarse con el resto del agua del subsuelo.

excepto cuando es agitada por erupciones volcánicas o por temblores de tierra. Algunos sedimentos de origen volcánico consisten en cenizas y pómez con varios grados de alteración.

Los sedimentos de origen terrígeno, alcanzan el fondo marino transportados por el aire, el agua o el hielo. Los sedimentos orgánicos están compuestos por conchas y otras partes duras de organismos; la mayoría de las conchas provienen del plankton, que vive en las aguas superiores que reciben luz del sol.

Las unidades sedimentarias, mantienen un carácter esencialmente uniforme así como espesor y una posición horizontal sobre grandes áreas.

Capítulo VI GEOHIDROLOGIA

PRINCIPIOS DE GEOHIDROLOGIA

La Hidrología, en un sentido amplio, es la ciencia que trata del agua de la Tierra: sin embargo, debido a la existencia de la Meteorología y la Oceanografía, el campo de la Hidrología puede ser reducido solamente al agua continental. La parte de la Hidrología que trata con el agua en las rocas y en el suelo es la Geohidrología.

La Geohidrología estudia la textura y la estratificación de las rocas y de los suelos, ya que son éstos los que forman los receptáculos y conductos por donde el agua se infiltra. En este aspecto corresponde al campo de la Geología, pero la Geohidro-

logía también tiene que ver con las fuerzas que actúan sobre el agua subterránea y provocan su movimiento. En este aspecto queda dentro del campo de la Mecánica de Fluidos.

En respecto a la Geohidrología, la porción superficial porosa de la corteza terrestre puede ser dividida en dos zonas:

Zona de saturación. Es aquella cuya superficie superior está limitada por el Nivel de Aguas Freáticas (N. A. F.), o por una formación impermeable.

La zona suprayacente o de aireación. Comprende desde el N. A. F. hasta la superficie.

El agua que se encuentra en la zona de saturación se llama generalmente agua del subsuelo; al agua de la zona de aireación se le llama agua vadosa o quedada incluida en la designación de humedad del subsuelo. El término agua subterránea incluye tanto el agua vadosa como a la que se encuentra debajo del nivel freático.

INFILTRACIÓN Y RECARGA DE ACUÍFEROS

Un acuífero es una roca que contiene agua.

Los movimientos del agua en las rocas y en los suelos, forman parte del ciclo hidrológico. El primer paso en la etapa subterránea del ciclo, es la infiltración. El agua infiltrada puede seguir dos caminos: permanecer en el suelo hasta ser devuelta a la atmósfera por evaporación directa o por transpiración de las plantas o bien ir hacia abajo hasta llegar al N. A. F. a mezclarse con el resto del agua del subsuelo.

Tanto la infiltración como la recarga de agua del subsuelo, se ven afectadas de manera complicada por las variaciones en la precipitación y por las diferencias que hay en las rocas en cuanto a las facilidades de infiltración. Bajo similares condiciones de precipitación y clima, la infiltración y recarga de los acuíferos difiere grandemente de un lugar a otro de acuerdo con las diferencias en la facilidad de infiltración. Esas diferencias son debidas a la morfología, a la litología, a la estratigrafía, a la estructura, a la textura, al espesor del suelo y a la cubierta vegetal.

Nota: Un levantamiento rápido del N. A. F. es indicativo de una baja permeabilidad, o sea falta de capacidad de las rocas para almacenar o para permitir el paso del agua.

NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS Y FAJA DE CAPILARIDAD

Inmediatamente encima del manto freático se encuentra la faja de capilaridad, en la cual el agua se halla "colgada", como si hubiera tubos capilares irregulares. El manto freático es una superficie imaginaria que señala el nivel hidrostático al que se encuentra el agua subterránea bajo la presión atmosférica. La superficie real del agua es irregular en la parte superior de la faja de capilaridad.

Cuando el manto freático baja por causas naturales o por bombeo, la faja capilar también desciende y el agua que llenaba los intersticios es evacuada parcialmente.

MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea en la zona de saturación generalmente se

encuentra en movimiento muy lento y continuo por lo menos hasta la profundidad donde el agua es dulce. El flujo en tubos muy pequeños varía directamente con el gradiente hidráulico.

La energía que gasta el agua subterránea en su movimiento, por la fricción interna debida a su propia viscosidad, es proporcionada por la diferencia de cargas entre el lugar de entrada y el de salida de un acuífero.

PERMEABILIDAD DE LAS ROCAS

La permeabilidad de las rocas puede diferir grandemente aún en una misma formación.

Frecuentemente las rocas poseen cierta estructura y el flujo del agua es controlado por la alteración de capas permeables e impermeables, por los echados y pliegues, por discordancias, por fallas, diques, mantos y otras muchas estructuras.

RELACIONES ENTRE EL AGUA DULCE Y SALADA

Las relaciones entre el agua dulce y la salada son siempre complicadas, aunque se muevan por la ley de balance de las aguas de diferentes densidades, excepto cuando existen barreras tales como formaciones confinantes o estructurales.

En algunos lugares el agua subterránea se encuentra a poca profundidad y buscarla más abajo es tiempo perdido; sin embargo, en otros sitios los verdaderos acuíferos se encuentran a varios miles de metros y su posición puede predecirse con

un límite de error razonable a través de estudios de geología.

EXPLOTACION DEL AGUA SUBTERRANEA

Cuando el agua es sacada de un acuífero por flujo artesiano o por bombeo, el régimen de las aguas subterráneas se altera inmediatamente, afectando la carga, la dirección y la velocidad de su movimiento en las cercanías del pozo, extendiéndose gradualmente esos cambios a mayores distancias.

En muchos lugares en que se explotan aguas subterráneas, se bombea ésta en tan grandes cantidades, que la razón de bombeo no puede ser mantenida por mucho tiempo, y los pozos dejan de dar agua aunque el área en general no haya sido explotada totalmente y sea capaz aún de proporcionar grandes volúmenes.

REABASTECIMIENTO ARTIFICIAL

En muchas áreas el suministro de aguas subterráneas, puede incrementarse por medio de procesos de reabastecimiento artificial o de infiltración inducida de corrientes, pero el éxito de estas operaciones depende de un adecuado conocimiento de las condiciones geohidrológicas del área.

APLICACION DE LA GEOHIDROLOGIA AL CONTROL DEL AGUA SUBTERRANEA EN PROYECTOS DE INGENIERIA

CIMENTACIONES

Los problemas de las cimentaciones de edificios, puentes, presas y otras estructuras que se relacionan principalmente con la resis-

tencia de los materiales terrestres, pueden sufrir un cambio radical si se llega a un estado de saturación. Ciertos tipos de arenas se convierten en arenas movedizas cuando se saturan y muchas arcillas que pueden resistir cargas moderadas, se convierten en un material plástico de una resistencia mínima.

En la construcción de carreteras y aeropistas el problema del contenido del agua de la sub-base, es especialmente difícil e importante.

Los problemas debidos al agua subterránea se presentan dondequiera que se hagan excavaciones; los problemas pueden afectar a la excavación misma debido a la cantidad del agua que se infiltra o pueden provocar deslizamientos. Indirectamente originan perjuicios en áreas cultivadas o en minas cercanas en donde para poder explotar vetas debajo del N. A. F. debe hacerse un costoso bombeo. Todos los problemas son variados y complejos y su solución requiere la aplicación de procedimientos geológicos e hidrológicos.

PROYECTOS DE DESAGÜE

Los proyectos de desagüe se hacen principalmente con el propósito de hacer descender el N. A. F. El objeto para fines agrícolas es bajar ese nivel en forma controlada para mantenerlo a una profundidad óptima para cada cultivo.

El desagüe generalmente está relacionado con diques o drenes, pero en algunos casos puede ser efectuado más económicamente por medio de pozos de absorción o de bombeo.

Capítulo VII

ESTUDIOS GEOLOGICOS

Los estudios geológicos son efectuados normalmente por geólogos, pero es importante que el ingeniero civil conozca sus objetivos y sea capaz de utilizar sus resultados. Los estudios se hacen yendo de lo general a lo particular, lo que significa ir de lo menos costoso a lo que requiere mayores erogaciones.

Frecuentemente el ingeniero civil tiene que programar y efectuar algunos estudios geológicos, por lo que sus conocimientos sobre el tema son de capital importancia en su vida profesional.

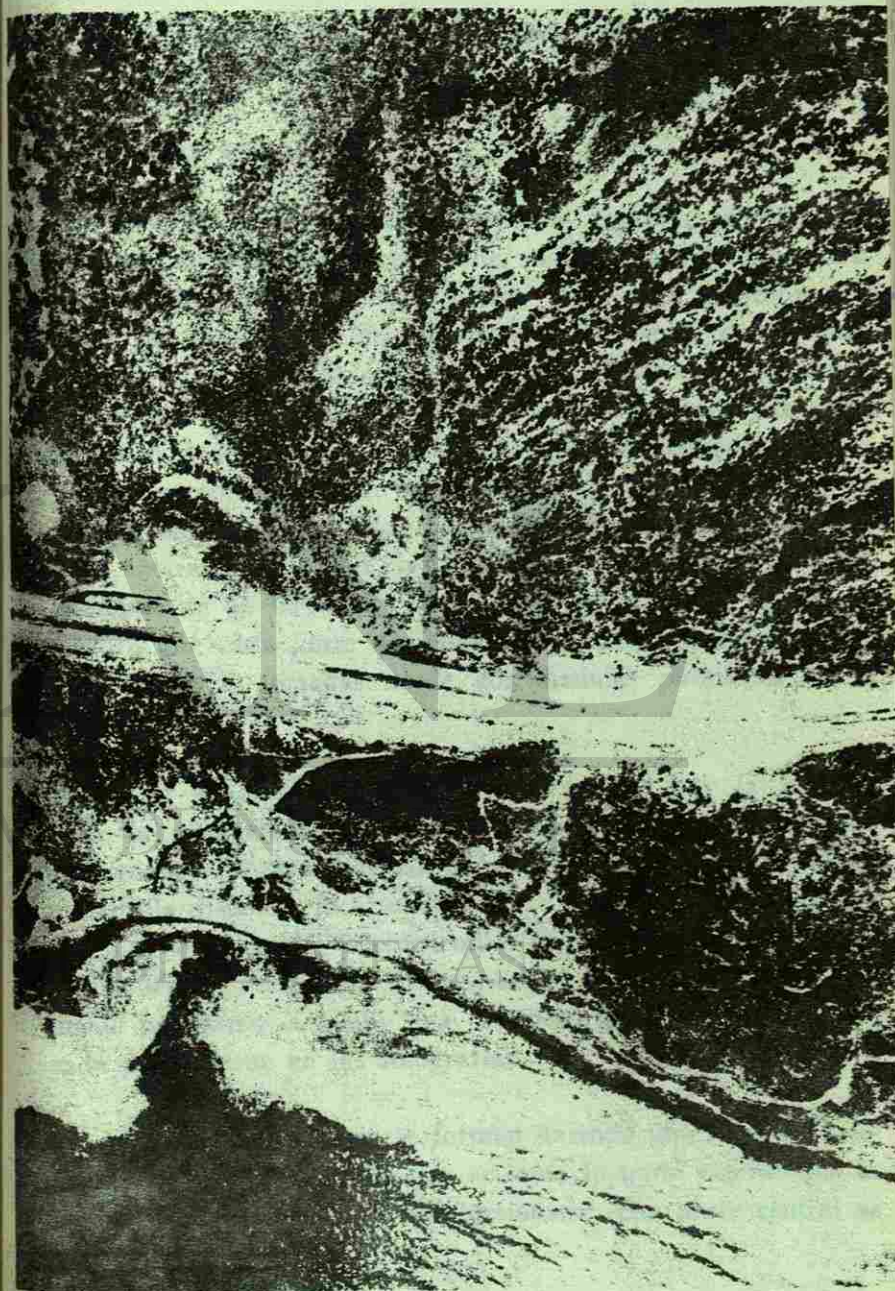
FOTOINTERPRETACION

El uso de las fotografías aéreas es muy importante en los grandes proyectos de ingeniería.

En general las escalas que se emplean varían de 1:2 000 a 1:100 000; las más utilizables para estudios de reconocimiento son de 1:25 000 a 1:50 000, y para trabajos de detalle de 1:5 000 a 1:20 000.

La fotointerpretación geológica es un procedimiento de trabajo para hacer geología superficial teniendo como base la interpretación de fotografías aéreas. Es una forma de reconocer geológicamente áreas de grandes extensiones, en un tiempo sumamente corto.

La fotogeología se complementa con geología de campo, cuya aplicación se hace en puntos determinados que se seleccionan



Fotografía aérea. Zona de deslizamientos cerca del litoral en el Estado de Baja California.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

en las fotografías y que se llaman puntos de verificación. Con ésta metodología se consigue una mayor calidad en los estudios.

FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Para obtener las fotografías aéreas de contacto tal como se necesitan para un trabajo corriente, el avión hace vuelos paralelos con una separación de 3 Km. entre uno y otro a una altura de unos 4,500 m. sobre el nivel medio del terreno, variando estos factores según las características de la lente y las escalas propuestas. Las exposiciones a lo largo del vuelo se toman a intervalos de 1.5 Km. aproximadamente. En un vuelo adyacente a otro, la cámara toma las fotografías con un 30% de superposición sobre las fotografías tomadas en el recorrido anterior y a su vez, las tomadas en línea tienen un recubrimiento de un 60% con la que le sigue. De esta manera se asegura que cada parte del terreno aparezca por lo menos en dos fotografías tomadas desde dos distintas posiciones de la cámara.

La escala de la fotografía está determinada por la relación entre la distancia focal de la cámara y la altura de vuelo. Para conocer la escala de las fotografías aéreas sin tener determinada la distancia focal ni la altura de vuelo, se compara una longitud conocida del terreno con la misma definida en la fotografía aérea. Cuando no se cuenta con un plano de la región puede procederse a medir una distancia en el terreno identificada previamente en las fotografías.

Los mosaicos fotográficos se forman uniendo una serie de fotografías de contacto, de las que se toma la parte central que es la que se encuentra menos distorsionada. Esa parte central se

recorta a lo largo de los ríos, caminos o contactos geológicos, con el objeto de que se note menos la unión de las fotos.

También pueden utilizarse fotografías aéreas oblicuas.

Las fotografías aéreas en colores son utilizadas para estudios de detalle, normalmente de escalas de 1:20 000 a 1:1 000. Su costo se estima como del doble que el de las de blanco y negro. Se puede obtener de ellas una mejor información.

Han aparecido otros sistemas de obtención de imágenes de la superficie terrestre, llamados sensores remotos (las fotografías también quedan clasificadas como sensores remotos). Estos sistemas son esencialmente el radar vertical y oblicuo que captan la reflexión de ondas de muy alta frecuencia y el barredor térmico de infrarrojo que percibe diferencias de temperatura de los objetos.

Las ondas se reciben en una superficie pulida especial (espejo) y se transmiten en forma de corriente eléctrica para ser grabadas en una cinta magnética, que es una especie de video tape. De la cinta, a través de una computadora y un cinescopio especial se convierten en imágenes que se imprimen en papel fotográfico, en blanco y negro.

Se emplean también fotografías obtenidas con diferentes tipos de filtros y de películas que contrastan o detectan mejor algunos rasgos particulares.

Los sensores de radar y el "scanner" o barredor, se usan en los reconocimientos que se hacen en la Luna y en otros cuerpos celestes. Su aplicación a estudios para localización de recursos

naturales en la Tierra, es todavía restringida y está prácticamente en etapa de experimentación.

ESTEREOSCOPIA

Cuando una misma área ha sido fotografiada desde dos posiciones distintas y las dos fotografías se examinan a través de un estereoscopio, el terreno se ve en tercera dimensión y presenta la apariencia de un modelo en relieve. A este fenómeno se le llama estereoscopia.

INTERPRETACIÓN

Interpretar las fotografías aéreas es obtener de ellas toda la información que sea posible, basándose en los diversos criterios técnicos y científicos tanto de orden geológico como de la ingeniería. La interpretación fotogeológica no se basa en nuevos principios sino que aprovecha la perspectiva aérea que se obtiene en las fotografías y subraya la importancia de los elementos morfológicos y las anomalías estructurales en la búsqueda de información.

Para hacer la interpretación de las fotografías, al igual que en la geología de campo, debe tenerse en cuenta la idea básica de que las deformaciones estructurales pueden ser reconocidas en la superficie en virtud de la influencia que ejercen sobre los procesos erosivos que modelan las formas terrestres resultantes.

La cantidad de información geológica que puede obtenerse del área en estudio depende de la calidad de las fotografías, de las características del terreno, y de la experiencia, conocimientos y aptitudes del fotointérprete.

LAS DOCE REGLAS DE LA INTERPRETACIÓN

Las reglas de la interpretación fotogeológica se reúnen en cinco grupos atendiendo a su común origen y a su similitud de características, distribuyéndose en ellos de la manera que a continuación se indica.

Grupo Primero: Reglas correspondientes a las características físicas de las fotografías aéreas mismas.

Regla 1a. o "del tono fotográfico" o "de los colores".

Regla 2a. o "de la textura de la fotografía".

Grupo Segundo: Reglas correspondientes a las características propias de los rasgos u objetos reproducidos por sus imágenes en las fotografías aéreas.

Regla 3a, o "de la forma y tamaño de los objetos o rasgos".

Regla 4a, o "de la sombra".

Regla 5a, o "de las relaciones con objetos asociados".

Grupo Tercero: Reglas correspondientes a las características topográficas, tal como se muestran en el modelo espacial o tridimensional formado por la observación estereoscópica de los estereogramas.

Regla 6a, o "de las formas topográficas constitutivas del relieve terrestre".

Regla 7a, o "de la posición o gradiente".

Regla 8a, o "de la discordancia".

Regla 9a, o de "las alineaciones".

Grupo Cuarto: Reglas correspondientes a las características

Regiones petroleras y su importancia.

Fuentes de abastecimiento de agua de que se dispone.

Posibilidades de ampliar las áreas productivas de cualquier recurso.

Influencia que en la explotación de un recurso, pueden tener los restantes.

Posibilidades industriales de los recursos existentes.

Inter-relación en el aprovechamiento de los diversos recursos naturales y su posible influencia sobre las industrias existentes.

Condiciones demográficas y posibilidades de colonización.

Vías de comunicación que son necesarias, jerarquizando su importancia.

Fuentes de energía de que se podría disponer.

Visión de conjunto de todos los recursos aprovechables.

Nuevas actividades provechosas que podrían establecerse en cada zona.

Proposición concreta de obras de ingeniería.

Elaboración de una programación de actividades inmediatas y a largo plazo.

VENTAJAS

Las principales ventajas de usar las fotografías aéreas son:

1. El tiempo necesario para realizar un trabajo se reduce notablemente.
2. En regiones difíciles de habitar para el hombre debido a las condiciones climáticas, lo que acontece en zonas tórridas, desérticas y glaciáricas, las fotografías aéreas tomadas en una época propicia permiten llevar a cabo su reconocimiento sin dificultades.
3. El poder disponer en el momento necesario de las fotografías aéreas para hacer una nueva investigación en el área estudiada sin necesidad de hacer nuevos gastos.
4. La riqueza de detalle que se tiene en las gráficas aéreas no puede conseguirse en un plano topográfico por más tiempo que se emplee en levantarlo.
5. Las zonas que por su morfología son inaccesibles o de difícil tránsito para el geólogo o para el ingeniero, para el fotointerpretador no representa ningún problema.
6. La calidad del trabajo es insuperable ya que con las fotografías aéreas se tiene una visión general que permite obtener e interpretar la información para llegar a conclusiones acertadas.
7. Substituye el trabajo topográfico que además de ser el factor que más tiempo toma en la exploración a menudo se presta para que se cometan errores de consideración.

8. El resultado de la exploración es completo en cuanto al área por estudiar.
9. Puede obtenerse de las fotografías la solución inmediata de algunos problemas geológicos o de otra índole.
10. Basándose en la geomorfología se hace una interpretación de los fenómenos geológicos que existen en el subsuelo.
11. La fotointerpretación es un procedimiento inmejorable al programar los itinerarios que deberán seguirse para el reconocimiento en el terreno.
12. Cuando van a localizarse las secciones más convenientes para estudiar la estratigrafía de una región, la fotogeología es extraordinariamente útil ya que cada sección puede ser escogida con la seguridad de que proporcionará una información máxima.
13. Se reduce el problema debido a la particular disposición de los nativos de algunas regiones en contra de los técnicos que van a hacer reconocimientos.

LIMITACIONES

La fotointerpretación no puede emplearse en muchos casos como procedimiento único, pues está limitada por algunos obstáculos actualmente insalvables, que obligan a usar otros métodos de exploración de más detalle y más costosos. Sin embargo, en todo caso, sirve para planear el siguiente paso de investigación.

MAPAS GEOLOGICOS

La planeación del uso de la tierra y del agua para satisfacer las necesidades del hombre, es una de las aplicaciones básicas de la ingeniería civil. Para poder hacer una planeación correcta, deben conocerse los siguientes factores.



Un mapa topográfico es la representación de las características naturales y culturales de un área por medio de signos convencionales sobre un soporte plano. El mapa topográfico muestra las formas y elevaciones, como las elevaciones, las que se refieren a un cierto nivel o datum, para la mayoría de los casos, este es el nivel del mar con elevación 0.00. La configuración de la superficie terrestre, puede ser representada en un mapa por medio de curvas de nivel. Las escalas de los mapas varían de acuerdo con el terreno y con el uso a que se les destina.

MAPAS GEOLOGICOS

Hay dos tipos básicos de mapas geológicos: el mapa de la superficie y el mapa de subsuelo. El primero se forma a partir de

datos de geología superficial y el segundo a partir de perforaciones, registros eléctricos, sondeos geofísicos y por extrapolación de los datos superficiales.

Los mapas de geología superficial muestran el carácter y la distribución de los materiales superficiales, tales como los afloramientos (rocas expuestas) y los suelos que generalmente se identifican de acuerdo con su origen. Estos mapas son sumamente útiles para los ingenieros ya que, además de los tipos de rocas y suelos, muestran detalles estructurales tales como fracturas y fallas, rumbo y echado de las capas, la posición de los ejes de anticlinales y sinclinales y otros rasgos interesantes. Estos elementos se señalan por medio de símbolos.

Las estructuras del subsuelo por ser tridimensionales no pueden mostrarse adecuadamente en un mapa bidimensional, por lo tanto para complementar la información dada por un mapa de geología superficial, se añade información columnar o de secciones geológicas. La sección geológica representa la distribución de los estratos proyectados sobre un plano vertical.

Los mapas superficiales y las secciones geológicas no pueden explicar con suficiente claridad una condición geológica compleja; en tales casos se utilizan los llamados bloques diagramáticos, que son representaciones en perspectiva.

GEOLOGIA DE CAMPO

La geología de campo trata directamente de los criterios que deben guiar en las exploraciones de campo al técnico que las realiza. Tiene relación tanto con la geología superficial como con la del subsuelo.

Las normas que establece la geología de campo, son fundamentales en la investigación de las condiciones geológicas de los lugares en que se planea construir obras de ingeniería. A través de estos estudios, puede llegarse a un conocimiento definitivo de las características litológicas, estructurales e hidrológicas que permitan proyectar con seguridad la obra planeada. En muchas ocasiones un reconocimiento superficial no es suficiente para conocer con claridad las condiciones geológicas del lugar, por lo que se hace necesario programar, de preferencia durante el mismo reconocimiento, otros pasos de investigación geológica que sean los adecuados para resolver las dudas que existan, relativas al trabajo de ingeniería propuesto para el área en cuestión.

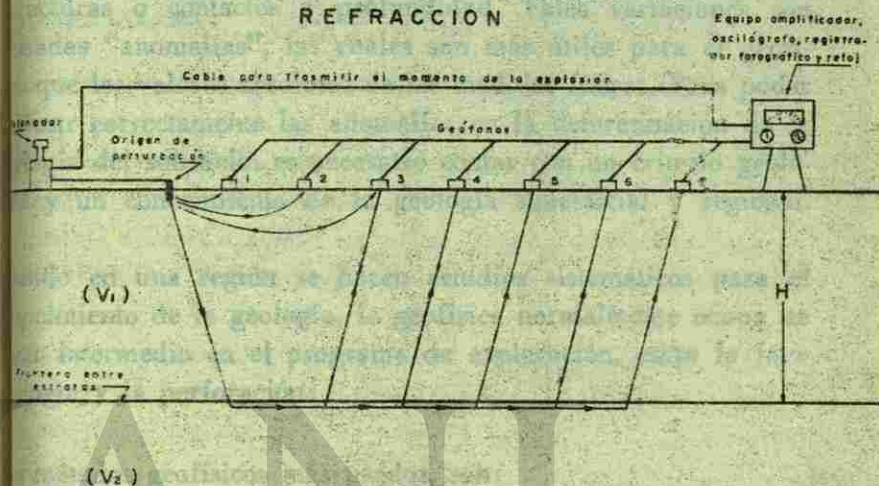
El uso de fotografías aéreas para los estudios de geología de campo es de gran utilidad, al grado de que no es conveniente proceder a efectuar un reconocimiento para una obra de importancia sin haber interpretado previamente las fotos de la zona.

MÉTODOS GEOFÍSICOS DE EXPLORACIÓN

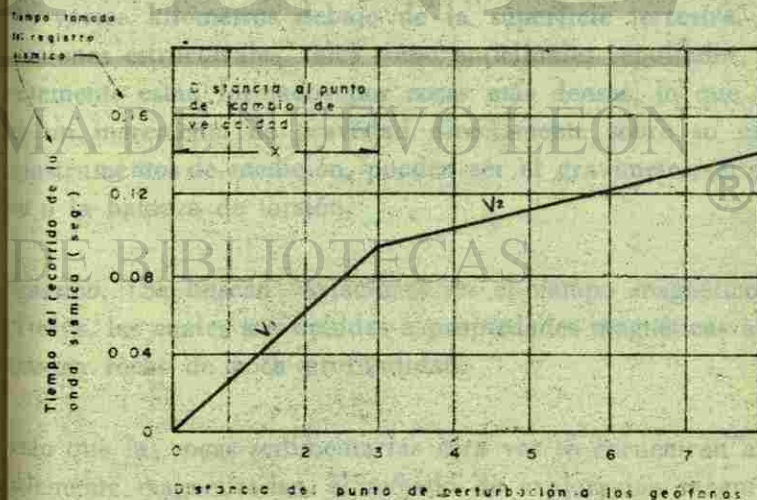
La exploración geofísica es una forma de investigación de campo, en la que las medidas físicas se hacen generalmente desde la superficie del terreno, mediante el empleo de instrumentos especiales. Se aprovechan las diferentes propiedades físicas de las rocas para determinar sus posiciones relativas en el subsuelo.

Todas las técnicas de prospección geofísica, están basadas en unas cuantas leyes fundamentales de física, tales como la ley de atracción gravitacional de Newton, la de resistencia eléctrica de Ohm y la ley de la refracción de Snell. Durante mucho tiempo antes de que estas leyes fueran aplicadas a la exploración, ayudaron a los físicos a conocer la constitución interna de la Tierra.

INSTALACION METODO SISMICO POR REFRACCION



CURVA RECORRIDO-TIEMPO





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

DIRECCIÓN GENERAL

Las variaciones sistemáticas de las propiedades de las formaciones del subsuelo, son las que evidencian la existencia de estructuras o contactos a profundidad. Tales variaciones son llamadas "anomalías", las cuales son más útiles para el geofísico que los valores absolutos de las medidas físicas. Para poder analizar correctamente las anomalías en la determinación de la geología del subsuelo, es necesario contar con un criterio geológico y un conocimiento de la geología superficial y regional.

Cuando en una región se hacen estudios sistemáticos para el conocimiento de la geología, la geofísica normalmente ocupa un lugar intermedio en el programa de exploración, entre la fotogeología y la perforación.

Los métodos geofísicos más usados, son:

Gravimétrico. Es empleado para detectar las variaciones de la atracción de la gravedad, producidas por rocas que yacen a varios kilómetros debajo de la superficie terrestre. Las elevaciones estructurales, tales como anticlinales sepultados, frecuentemente están formados por rocas más densas, lo que produce un incremento de gravedad directamente sobre su cima. Los instrumentos de medición, pueden ser el gravímetro, el péndulo o la balanza de torsión.

Magnético. Se buscan variaciones en el campo magnético de la Tierra, las cuales son debidas a propiedades magnéticas anómalas en rocas de poca profundidad.

Puesto que las rocas sedimentarias rara vez se encuentran apreciablemente magnetizadas, el método de exploración magnética

Las variaciones sistemáticas de las propiedades de las rocas, al ser medidas en el subsuelo, son las que evidencian la existencia de estructuras o contactos a profundidad. Tales variaciones son llamadas "anomalías", las cuales son más útiles para el geofísico que los valores absolutos de las medidas físicas. Para poder utilizar correctamente las anomalías en la interpretación de la geología del subsuelo, es necesario contar con un cierto conocimiento y un conocimiento de la geología regional.

Cuando en una región se hacen estudios sistemáticos para el conocimiento de la geología, la geofísica sistemática ocupa un lugar intermedio en el programa de exploración, entre la geología y la geología regional. Los métodos geofísicos más usados son:

1. Sísmico. Es empleado para detectar las variaciones de la velocidad de la gravedad, producidas por las variaciones de la estructura de la corteza terrestre. Las variaciones estructurales, tales como anticlinales, fallas, etc., producen cambios en la velocidad de la gravedad, lo que puede ser detectado por el método de la gravedad.

2. Eléctrico. Aprovecha las variaciones en las propiedades eléctricas de las rocas o minerales. Los métodos eléctricos son muy variados. En el procedimiento de resistividad, uno de los más usados, se insertan en el suelo cuatro electrodos a lo largo de un perfil; se introduce una corriente eléctrica al terreno por dos de los electrodos y la diferencia de potencial con respecto a la corriente que pasó por el subsuelo, se mide en los dos primeros electrodos.

3. Magnético. Aprovecha las variaciones en las propiedades magnéticas de las rocas o minerales. El método de la magnetometría, que consiste en medir la intensidad del campo magnético terrestre, es el más utilizado. Las variaciones magnéticas, producidas por las variaciones en la estructura de la corteza terrestre, pueden ser detectadas por el método de la magnetometría.

4. Radiométrico. Aprovecha las variaciones en las propiedades radiométricas de las rocas o minerales. El método de la radiometría, que consiste en medir la intensidad de la radiación emitida por las rocas, es el más utilizado. Las variaciones radiométricas, producidas por las variaciones en la estructura de la corteza terrestre, pueden ser detectadas por el método de la radiometría.

aplica únicamente a rocas ígneas o a depósitos minerales constituyentes magnéticos. El instrumento de medición se llama magnetómetro.

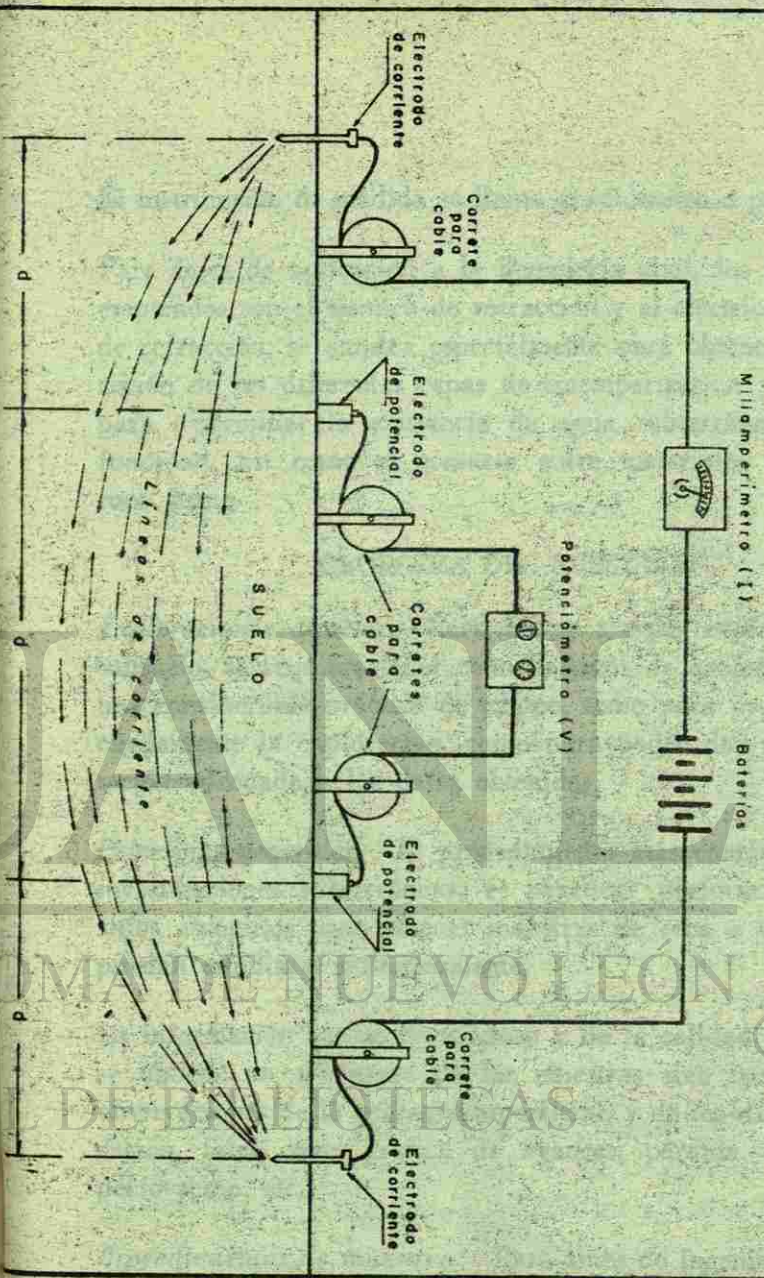
5. Sísmico. Aprovecha las propiedades elásticas de las rocas para determinar las estructuras y los contactos existentes. Por medio de explosiones artificiales, se mandan ondas sonoras, las cuales se reflejan a la superficie ya sea por reflexión al llegar a planos de contacto, o por refracción después de haber recorrido un trecho a lo largo de esas superficies. Partiendo del tiempo que requieren las ondas para llegar a los detectores en los puntos a lo largo de la superficie, se puede determinar la profundidad de los contactos entre diferentes estratos, y las estructuras existentes.

Los métodos sísmicos dan una información muy detallada en las zonas donde las formaciones muestran contrastes marcados en las propiedades elásticas. De todas las técnicas geofísicas, las sísmicas son las más ampliamente usadas. El instrumento más utilizado es el sismómetro de geófonos.

6. Eléctrico. Aprovecha las variaciones en las propiedades eléctricas de las rocas o minerales. Los métodos eléctricos son muy variados. En el procedimiento de resistividad, uno de los más usados, se insertan en el suelo cuatro electrodos a lo largo de un perfil; se introduce una corriente eléctrica al terreno por dos de los electrodos y la diferencia de potencial con respecto a la corriente que pasó por el subsuelo, se mide en los dos primeros electrodos.

La naturaleza y profundidad de las anomalías pueden ser estimadas por el análisis de las curvas de resistividad contra separación de electrodos.

METODO ELECTRICO DE RESISTIVIDADES



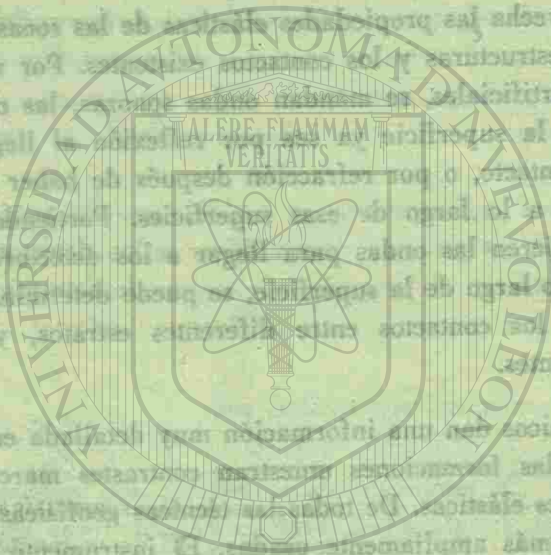
se aplica únicamente a rocas ígneas o a depósitos minerales con constituyentes magnéticos. El instrumento de medición se llama magnetómetro.

Algunos. Aprovecha las propiedades de las rocas para determinar las estructuras y las propiedades magnéticas de las rocas. Por medio de exposiciones artísticas, se puede llegar a la superficie y la profundidad de las rocas. Los planos de contacto o por fractura después de un tiempo a lo largo de las rocas. Los planos que requieren las rocas para ser de los puntos a lo largo de la superficie y la profundidad de las rocas. Los planos que requieren las rocas para ser de los puntos a lo largo de la superficie y la profundidad de las rocas.

Los métodos siempre son una información muy útil en las rocas. Los métodos siempre son una información muy útil en las rocas. Los métodos siempre son una información muy útil en las rocas. Los métodos siempre son una información muy útil en las rocas.

En el procedimiento de resistividad, uno de los más comunes, se insertan en el suelo cuatro electrodos a lo largo de una línea recta. Los electrodos se conectan a un puente de resistividad. La diferencia de potencial se mide entre los electrodos. La corriente que pasa por el subsuelo, se mide en los dos electrodos.

La profundidad y profundidad de las anomalías pueden ser estimadas por el análisis de las curvas de resistividad contra la profundidad de los electrodos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

El instrumento de medida se llama gradiómetro o potenciómetro.

Para fines de aplicación a la ingeniería civil, los métodos más empleados son el sísmico de refracción y el eléctrico. El sísmico de refracción, se emplea especialmente para obtener la configuración de las diferentes capas de intemperización y el eléctrico para determinar la existencia de agua subterránea y su profundidad, así como el contacto entre materiales sueltos y la roca firme.

GEOLOGIA DEL SUBSUELO

Exploraciones directas. Para llevar a cabo exploraciones del subsuelo, se requiere tener conocimientos de geología, así como una considerable práctica de campo, tanto para programar adecuadamente la exploración, como para poder dar una interpretación adecuada a los datos obtenidos.

Principios generales. El procedimiento más común para hacer investigaciones subterráneas, es practicar perforaciones en los sitios escogidos para obtener muestras de roca o de suelo que puedan estudiarse posteriormente.

La información acerca de la clase y de la calidad del material, se obtiene no solamente de las muestras sino también de las observaciones de la geología superficial, y de los datos de perforación, tales como gráfica de avances, pérdida del agua de perforación, etc.

Procedimientos de muestreo. Para fines de ingeniería civil, los métodos de muestreo más empleados, son los pozos a cielo abierto, el penetrómetro estándar, el tubo de lámina y la perforación rotatoria.

Las muestras de suelo que se obtienen de una excavación, pueden ser alteradas o inalteradas. Las muestras alteradas son aquellas en que el material ha sido removido o remoldeado por lo que las características de la muestra difieren grandemente de las que tenía ese material "in situ". Las muestras "inalteradas", son las que mantienen las propiedades del material "in situ". Aún cuando en realidad no hay posibilidad de tomar muestras completamente inalteradas, se considera que lo son porque se obtienen con procedimientos especiales que permiten conservar en gran parte sus propiedades. Se toman para estudios de cimentaciones en materiales blandos.

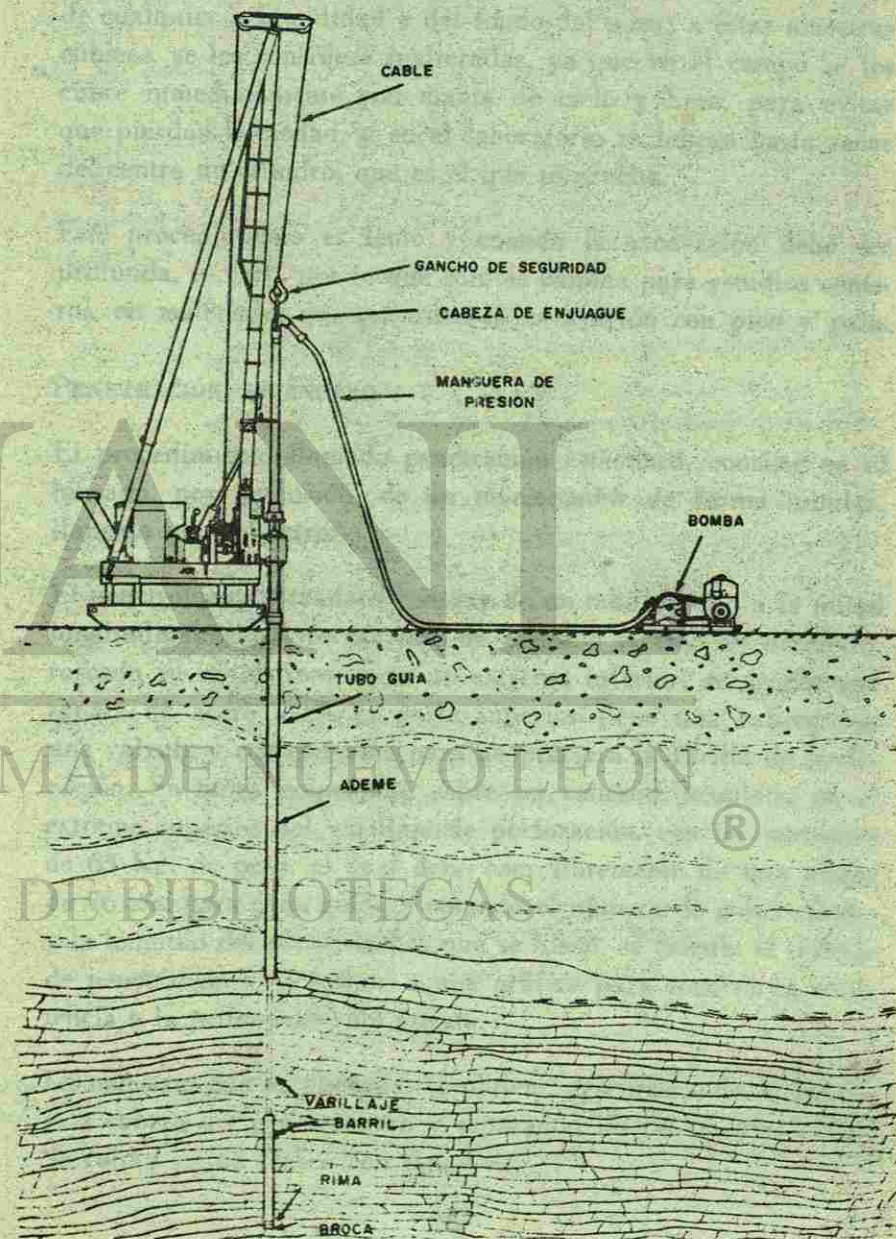
Columna Geológica. En la práctica, la columna geológica en una perforación, es la sucesión de los estratos encontrados. El conocimiento de la columna geológica es el objeto directo de cada excavación. Se representa a escala dando a cada capa su espesor relativo.

Perfil estratigráfico. También llamado perfil geológico o de suelos, se forma uniendo gráficamente los contactos entre los diferentes estratos de cada una de las columnas geológicas. La formación del perfil estratigráfico requiere un criterio geológico y el conocimiento de la geología superficial.

POZO A CIELO ABIERTO

Los pozos a cielo abierto, son excavaciones que se hacen con pico y pala, de unos 2 x 2 m. de sección y profundidades pequeñas o medianas, cuando el nivel de aguas freáticas lo permite.

Por medio de estas excavaciones, se puede reconocer directamente la columna geológica del lugar, hasta la profundidad de excavación así como las características de cada uno de los estra-



Equipo de perforación rotatoria. Puede usarse para remoción



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES

tos. También permite tomar muestras cúbicas (30 x 30 x 30 cm.) de cualquier profundidad o del fondo del pozo; a estas muestras cúbicas, se les considera inalteradas, ya que en el campo se les cubre inmediatamente con manta de cielo y brea, para evitar que pierdan humedad, y en el laboratorio se labran hasta sacar del centro un cilindro, que es el que se prueba.

Este procedimiento es lento y cuando la excavación debe ser profunda, es caro, por lo que sólo se emplea para estudios someros, en materiales que permiten la excavación con pico y pala.

PENETRACIÓN ESTÁNDAR

El procedimiento llamado penetración estándar, consiste en el hincado, por percusión, de un muestreador de forma tubular, llamado penetrómetro.

El penetrómetro estándar consiste de un tubo partido a la mitad longitudinalmente, de 60 cm. de largo y 5 cm. de diámetro, roscado en sus extremos; en un extremo inferior, se acopla una zapata de acero y en su parte superior tiene una cabeza con una válvula y con conexión para acoplarse a la varilla de perforación. Se hince golpeando, sobre un cabezote acoplado en el extremo superior del varillaje de perforación, con un martinete de 63 Kg. de peso, el cual debe caer libremente de una altura de 76 cm. para cada golpe. Contando el número de golpes dados y la longitud del penetrómetro que se hincó, se calcula el trabajo de penetración y se refiere a una gráfica para conocer la resistencia a la penetración del estrato.

La muestra, que es alterada, se obtiene desenroscando la zapata y la cabeza del penetrómetro y separando las dos medias cañas. Se coloca en un frasco con tapadera.

TUBO SHELBY

El muestreo con tubo de lámina o "Shelby" se emplea en suelos arcillosos blandos, para extraer muestras inalteradas. El caso del subsuelo de la Cuenca de México es de ese tipo.

El tubo de lámina más usado, mide 10 cm. (4") de diámetro y 90 cm. (3') de largo, la lámina es delgada, de 1.6 mm. (1/16") con el objeto de que el suelo no se altere al tomar la muestra.

El muestreador se hince por presión, o bien por percusión, y al sacarse a la superficie, se procede a recubrir sus extremos con brea, para preservar la muestra.

PERFORACIÓN ROTATORIA

La perforación con máquina rotatoria, se emplea para obtener muestras de formaciones duras. Esencialmente el equipo consiste de la máquina, un tripié o torre; un suivel o cabeza de enjuague por donde se inyecta el agua o el lodo de perforación, el varillaje o tubería de perforación; un barril muestreador, que es un tubo donde se aloja la muestra llamada núcleo, bastón o corazón; una rima y una broca de diamantes normalmente de 36 a 74 mm. de diámetro que cortan por abrasión y la tubería de ademe.

También es esencial contar con una bomba para inyectar el agua o lodo. El objeto de la inyección de un fluido es:

1. Enfriar la broca.
2. Sacar la cortadura o muestra de canal.
3. Ademar o enjarrar las paredes para evitar derrumbes.

Existen otros procedimientos para obtener muestras de suelos

remoldeadas, como la posteadora, con la que se puede llegar hasta quince metros, pero su aplicación es más restringida.

PRUEBAS DE CAMPO

Cuando se hace el estudio de geología superficial, es frecuente que se presente la necesidad de llevar a cabo algunas pruebas de campo sobre rocas o suelos, independientemente de la toma de muestras para el laboratorio, particularmente para cimentaciones, cortes y túneles.

Estas pruebas de campo se refieren principalmente a mediciones de valores de resistencia "in situ".

Para suelos arcillosos saturados se emplea en algunos casos un medidor de cohesión manual tipo dinamómetro, para determinar la resistencia superficial a la compresión por medio de un pequeño pistón cilíndrico que se hince en el terreno. Este valor es útil para tener una idea general de la resistencia.

Para probar la resistencia "in situ" de rocas, en túneles u otras excavaciones, se procede a aplicar cargas por medio de gatos hidráulicos sobre las paredes o sobre pequeñas columnas de sección cuadrada excavadas exprofeso. Se mide la resistencia a la compresión y al esfuerzo cortante en el lugar en que se hace la prueba.

Los conocimientos geológicos y la experiencia del ingeniero le permiten extrapolar o saber hasta que grado se puede generalizar la información obtenida en la medición.

El martillo de geólogo es la herramienta más útil en el campo para conocer en una forma aproximada las características de dureza, resistencia y fracturamiento en rocas y suelos.

Capítulo VIII

GEOLOGIA APLICADA

La aplicación de conocimientos de geología a la planeación y proyecto de obras de ingeniería, es de tal importancia, que su utilización puede decidir el éxito o el fracaso de la obra.

El ingeniero tiene la obligación de asegurar, hasta donde sea posible económicamente, el buen funcionamiento de la obra. Para esto, necesita contar con la información requerida para la planeación y el proyecto, la cual obtiene de estudios previos. En la elaboración de los estudios adecuados no debe escatimarse ni tiempo ni costo, ya que lo que se ahorra al no hacerlos completos, se paga posteriormente con creces durante la construcción y la operación.

Es frecuente que, aún contando con los resultados de los estudios, algunos aspectos del proyecto no puedan ser apoyados 100% sobre datos confiables. En estos casos, es en los que se requiere que el ingeniero, con base en sus conocimientos y su experiencia, sea capaz de aceptar un riesgo razonado; acertar mejor y más a menudo en sus apreciaciones hace a un ingeniero superior a otro. Los conocimientos de geología proporcionan una parte importante de los elementos de juicio con que puede contar para resolver los problemas comunes y los imprevistos, así como para normar su criterio al ordenar o efectuar personalmente las exploraciones de investigación.

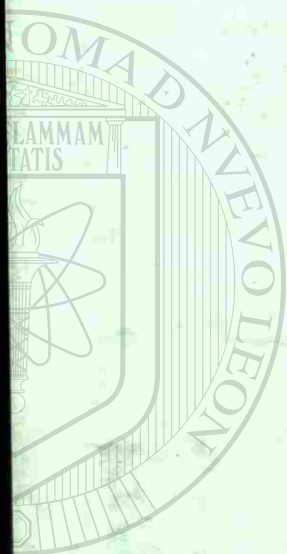
CIMENTACIONES

Los estudios geológicos para el proyecto de cimentaciones pue-

BIBLIOGRAFIA

También como libros de consulta para la clase de Geología Aplicada.

- Principles of Geology* = Gilluly, Walters y Woodford
- Application of Geology to Engineering Practice* = Berkey Volume
- Historical Geology* = Dunbar
- Principles of Sedimentation* = Twenhofel
- Geomorphology* = Lobeck
- Field Geology* = Lahee
- Principles of Engineering Geology and Geotechnics* = Krynine and Judd
- Geology for Engineers* = Trefethen
- Apuntes de Geología Aplicada* = Puig
- Dam Geology* = Walters
- Apuntes Sobre las Rocas* = Vivar
- Las Doce Reglas de la Interpretación Fotogeológica* = Guerra Peña
- Fotogeología y su Aplicación a la Exploración Petrolera* = Puig
- Fotogeología Aplicada a las Vías Terrestres* = Puig.



UAN

SIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO

CCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECA