



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Carrera Ingeniería Civil
Mecánica de Suelos 1
Dr. Francisco Javier Olguin Coca
Pachuca de Soto, Hgo. Agosto de 2011

CONTENIDO DEL CURSO

UNIDAD	TEMAS	SUBTEMAS
I	Introducción a la Mecánica de Suelos	1.1 Origen y formación de suelos 1.2 Factores geológicos que influyen en las propiedades de los suelos. 1.3 Características y estructuración de los suelos. 1.3.1 Tipos de estructuras de las arcillas. a) Simple b) Panaloide c) Floculenta d) Compuesta e) Castillo de naipe f) Dispersa 1.4 Clasificación de las arcillas, en base a su estabilidad. 1.4.1 Arcillas caolinitas 1.4.2 Arcillas ilitas 1.4.3 Arcillas motmorilonitas.
II	Exploración y muestreo	2.1 Métodos de sondeos. 2.1.1 Métodos de sondeos preliminares. 2.1.2 Métodos de sondeos definitivos. 2.1.3 Métodos geofísicos. 2.2 Sondeos preliminares. 2.2.1 Pozo a cielo abierto con muestreo alterado e inalterado. 2.2.2 perforación con posteadora y barrenos. 2.2.3 Método de lavado.. 2.2.4 Penetración estándar. 2.2.5 Penetración cónica. 2.3. Sondeos definitivos. 2.3.1 Pozo a cielo abierto con muestreo alterado. E inalterado. 2.3.2. Sondeo de tubo con pared delgada. 2.3.3 Perforación rotatoria para rocas. 2.4. Métodos geofísicos. 2.4.1 Método sísmico. 2.4.2. Método de resistividad eléctrica.
III	Relaciones volumétricas y gravimétricas.	3.1. Fases de un suelo. 3.1.1 Fase sólida 3.1.2 Fase líquida. 3.1.3 Fase gaseosa. 3.2 relaciones fundamentales de las propiedades mecánicas de los suelos. 3.2.1 Relación de vacíos. 3.2.2 Porosidad. 3.2.3 Grado de saturación. 3.2.4 Contenido de agua. 3.3. Formulas para determinar relaciones volumétricas y gravimétricas de suelos saturados y parcialmente saturados. 3.4 Determinación en el laboratorio del peso específico relativo de sólidos.

IV	Granulometría	<p>4.1. Análisis granulométrico mecánico.</p> <p>4.2. Determinación de los coeficientes de uniformidad y de curvatura.</p> <p>4.3 Análisis de sedimentación, método del hidrómetro.</p>
V	Plasticidad	<p>5.1. Estados y límites de consistencia de los suelos.</p> <p>5.2. Determinación en el laboratorio de los límites de consistencia.</p> <p>5.2.1. Límite líquido.</p> <p>5.2.2. Límite plástico.</p> <p>5.2.3. límite de contracción.</p> <p>5.3 Carta de plasticidad de los suelos.</p>
VI	Clasificación e identificación de suelos.	<p>6.1. Sistemas de clasificación de suelos.</p> <p>6.2 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).</p> <p>6.3. Sistema AASHTO.</p>
VII	Propiedades hidráulicas de los suelos.	<p>7.1. Flujo laminar y turbulento.</p> <p>7.2. Ley de Darcy y coeficiente de permeabilidad.</p> <p>7.3. Métodos para medir el coeficiente de permeabilidad.</p> <p>7.3.1. Métodos directos.</p> <p>a) Permeámetro de carga constante.</p> <p>b) Permeámetro de carga variable.</p> <p>7.3.2. Métodos indirectos.</p> <p>a) A partir del análisis granulométrico.</p> <p>7.4 Factores que influyen en la permeabilidad de los suelos.</p> <p>7.4.1. Relación de vacíos.</p> <p>7.4.2. Temperatura.</p> <p>7.4.3. Estructura y estratificación.</p> <p>7.4.4. existencia de agujeros y fisuras.</p>
VIII	Consolidación.	<p>8.1. Distribución de presiones, efectivas, neutras y totales.</p> <p>8.2. Teoría de consolidación (analogía mecánica de Terzagui).</p> <p>8.3. Prueba de consolidación unidimensional.</p> <p>8.4. Factores que influyen en el tiempo de consolidación.</p> <p>8.5. Determinación del 0%, 50% y 100% de consolidación primaria en una curva de consolidación, aplicando el método del Dr. Casagrande.</p> <p>8.6. Determinación de la carga de preconsolidación en una curva de compresibilidad, aplicando el método del Dr. Casagrande.</p> <p>8.7. Consolidación primaria en un estrato arcilloso y determinación de los coeficientes de compresibilidad, variación volumétrica unitaria, consolidación, permeabilidad y factor tiempo, necesarios para el análisis de asentamientos.</p>
IX	Resistencia al esfuerzo cortante.	<p>9.1. Estados de esfuerzos y deformaciones planas.</p> <p>9.2. Circulo de Mohr.</p> <p>9.3. Relaciones de esfuerzos principales.</p> <p>9.4. Pruebas de laboratorio para determinar la resistencia al esfuerzo cortante.</p> <p>9.5.1. prueba de compresión simple.</p> <p>9.5.2. Prueba de corte directo.</p>

		<p>9.5.3. Prueba UU (no consolidada, no drenada)</p> <p>9.5.4. Prueba CU (Consolidada, no drenada)</p> <p>9.5.5. Prueba CD (consolidada, drenada)</p> <p>9.5. Pruebas de campo para determinar la resistencia al esfuerzo cortante.</p> <p>9.6.1. Prueba de la veleta.</p> <p>9.6.2. Prueba con torquímetro.</p> <p>9.6.3. Prueba con penetrómetro.</p> <p>9.7. Resistencia al esfuerzo cortante en suelos friccionantes</p> <p>9.7.1 Relación de vacíos crítica y licuación de arenas.</p>
X	Mejoramiento mecánico de los suelos.	<p>10.1. Determinación de pozos volumétricos para de campo, para los métodos de:</p> <p>10.1.1. Cono de arena.</p> <p>10.1.2. Balón de densidad.</p> <p>10.1.3. Empleando aceite.</p> <p>10.2. Pruebas de compactación en el laboratorio.</p> <p>10.2.1. Prueba AASHTO estándar.</p> <p>10.2.2. Prueba AASHTO modificada.</p> <p>10.2.3. Prueba Porter.</p> <p>10.3. Factores que intervienen en el proceso de compactación.</p> <p>10.3.1. Contenido de agua.</p> <p>10.3.2. Energía de compactación.</p> <p>10.3.3. La recompactación.</p> <p>10.3.4. La temperatura.</p> <p>10.3.5. La velocidad de recompactación.</p>

INTRODUCCIÓN.

Karl Terzagui, reconocido universalmente como el Padre de la Mecánica de Suelos, nació en Praga el 2 de octubre de 1883, y murió el 25 de octubre de 1963, en Winchester Massachussets. Su carrera profesional la dedico a la búsqueda del método racional, para abordar los problemas de la ingeniería de suelos y cimentaciones . Sus esfuerzos se vieron coronados, con la publicación en 1925, de su famoso libro Erdbaumechanik, la cual se considera en la actualidad como el nacimiento de la Mecánica de Suelos.

En su trabajo práctico, el Ingeniero Civil, enfrenta diferentes problemas en los terrenos, sobre los cuales tiene la necesidad de construir estructuras. Por ello, en estos apuntes, se intenta enunciar en forma clara los principios fundamentales de las propiedades mecánicas de los suelos, como una forma teórica, la cual se complementa con pruebas de laboratorio, que en su conjunto serán una herramienta en la introducción a la Mecánica de Suelos para los alumnos de la carrera de Ingeniería civil.

Estos apuntes, se deben de considerar como tal, como las notas que debe escribir un alumno que cursa la materia de Mecánica de Suelos I. En cada uno de los temas se realizó un resumen, de tal manera que los apuntes tengan un alcance muy limitativo, con respecto al conocimiento de la Mecánica de Suelos como ciencia. Ya que únicamente abarca los fundamentos mas importantes de esta ciencia y con el intento de emplear un nivel descriptivo que sea de fácil comprensión para el alumno.

El contenido del curso, esta basado en el programa de la materia, autorizado en la curricula de la institución, sin embargo se han realizado algunos cambios con fundamento en la aplicación práctica de la Mecánica de Suelos.

UNIDAD I

INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE SUELOS.

1.1 Origen y formación de suelos

Los suelos son producidos por el intemperismo y la erosión de las rocas, los cuales pueden ser residuales o transportados, los primeros, son aquellos que se localizan junto a la roca que le dio origen y los transportados, se consideran aquellos que son localizados lejos de las rocas que le dan origen, siendo el medio de transporte: el agua, el viento, los glaciares, los animales o la gravedad.

Los suelos por consecuencia son agregados pétreos que tienen una composición mineral idéntica a la roca que le dio origen, con la diferencia de que los suelos son partículas con un tamaño máximo de tres pulgadas (7.5 cm). Las partículas con tamaño mayor se consideran fragmentos de roca como se identifica en la siguiente tabla

TAMAÑO	DENOMINACIÓN
Mayores de 2.0 mts.	Macizo rocoso
De 70.0 cm a 2.0 mts.	Fragmentos grandes de roca.
De 20.0 cm a 70.0 cm	Fragmentos medianos de roca
De 3" a 20.0 cm.	Fragmentos chicos de roca
No. 4 a 3"	Suelos gruesos (Grava).
No. 200 a No.4	Suelos gruesos (Arenas)
Pasa la malla No. 200	Suelos finos

1.2. Factores geológicos que influyen en las propiedades de los suelos

Naturaleza de la formación del suelo.

El globo terrestre, esta formado en su parte interna por una núcleo, el cual esta constituido por compuestos predominantes de hierro y níquel, un magma fluido rodea al núcleo y envolviendo al magma, se encuentra la corteza terrestre, formada sobre todo por silicatos, esta capa tiene un espesor de 30 a 40

kilómetros, en las plataformas continentales esta constituida por grandes masas heterogéneas con depresiones ocupadas por los mares y océanos.

Sobre yaciendo a la corteza terrestre, existe una pequeña capa, formada por la desintegración y descomposición de los últimos niveles; esta pequeña capa del planeta es el suelo, del cual se trata a Mecánica de Suelos.

El suelo es un conjunto de partículas orgánicas e inorgánicas, con una organización definida y propiedades que varían vectorialmente. En la dirección vertical, las propiedades varían mucho más rápido que en el sentido horizontal.

Existen diferentes definiciones de suelo, según sea la utilidad del mismo, por ejemplo, para los agrónomos tiene un significado, para los geólogos tiene otro significado, pero para fines de la Mecánica de Suelos, diremos que "Suelo", es todo tipo de material terroso que tiene un tamaño menor a tres pulgadas.

La corteza terrestre, es atacada principalmente por el aire y el agua, todos los mecanismos de ataque pueden incluirse en dos grupos ; **desintegración física y descomposición química.**

La desintegración mecánica, se refiere la intemperización de las rocas por agentes físicos, tales como cambios periódicos de temperatura, acción de congelación del agua en juntas y grietas de las rocas, efectos de organismos, plantas, etc. Por estos fenómenos, las rocas llegan a formar arenas, limos y solo en casos especiales arcillas.

La descomposición química, es la acción de agentes que atacan a las rocas modificando su composición mineralógica o química. El agente más importante, es desde luego el agua y los mecanismos de ataque más importantes son: la oxidación, la hidratación, la carbonatación y efectos químicos de la vegetación. Estos mecanismos generalmente producen arcillas como producto último de descomposición.

Los suelos deben su origen a una variedad de causas que excede todo poder de descripción detallada. El resultado de estas causas, es una inmensa diversidad de suelos resultantes.

De acuerdo al lugar de origen de los suelos, estos se clasifican en **suelos residuales y suelos transportados.**

Los suelos residuales, son aquellos que se localizan en el lugar directamente sobre la roca de la cual se derivan.

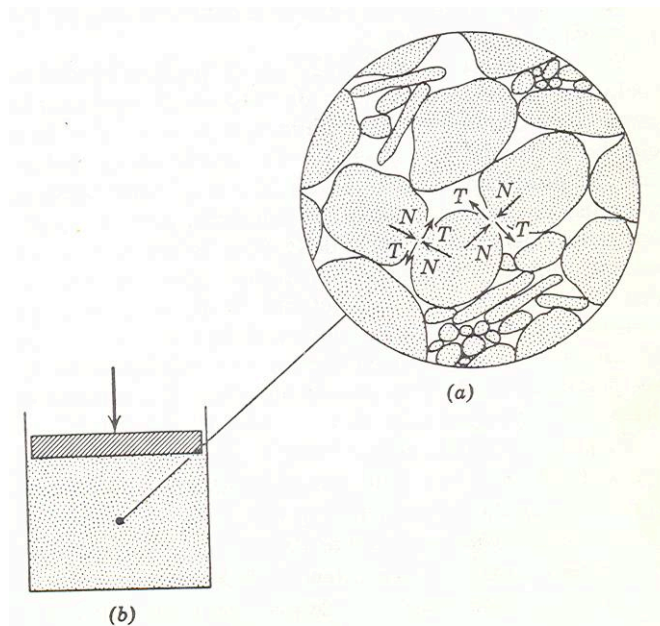
Los suelos transportados, son removidos del lugar de formación, por los mismos agentes geológicos y redepositarlos en otra zona, existiendo en la naturaleza numerosos agentes de transporte, como los glaciares, el viento, los ríos, corrientes de agua superficial, los mares y las fuerzas de gravedad. En general un suelo transportado, queda descrito por un perfil estratigráfico, que resalta la secuencia de su colocación y el espesor de sus estratos.

Deformación del suelo.

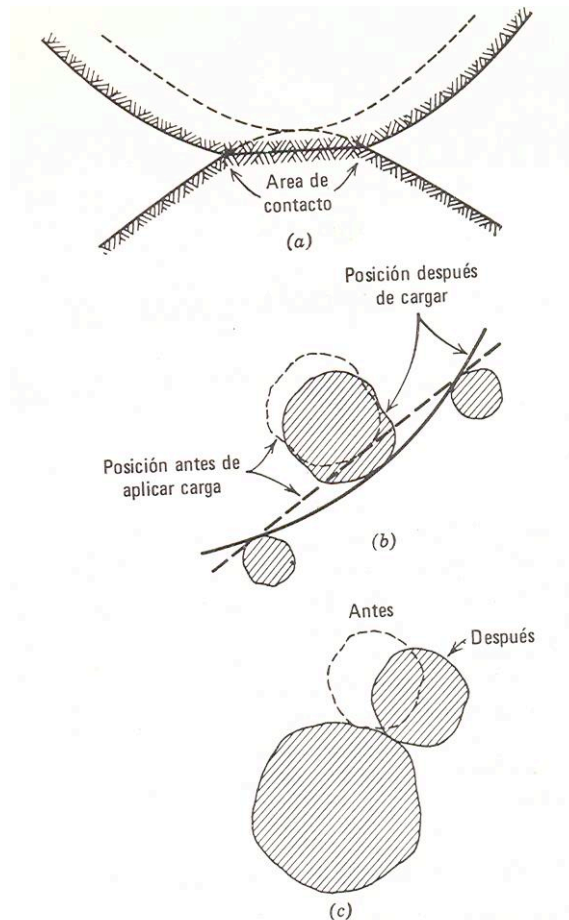
El suelo como sistema de partículas.

Si examinamos un puñado de arena de playa, se advierte a simple vista que el suelo se compone de granos independientes, lo mismo sucede en todos los suelos, aunque muchas partículas son tan pequeñas que se requiere de técnicas microscópicas para distinguirlas.

Un recipiente lleno de suelo seco junto con un pistón, con el cual se le aplicará una carga vertical, aumentando la escala de esta sección, hasta poder ver las partículas indivisibles, podemos imaginar la carga transmitida a través del suelo que genera fuerzas de contacto sobre las partículas del suelo, las cuales se pueden descomponer en normales N y tangenciales T a la superficie de contacto. Las partículas individuales, se deforman como resultado de estas fuerzas de contacto, pudiendo ser esta deformación del tipo elástica o plástica (dependiendo de su naturaleza mineralógica), la fractura y la deformación, en ciertos casos puede ser importante. Estas deformaciones producen un aumento en el área de contacto entre partículas, permitiendo así la aproximación de los centros de gravedad de las partículas, en el caso de partículas de forma alargada (lajeada), se produce una flexión y un desplazamiento en las partículas adyacentes, por lo tanto la deformación general de la masa del suelo es en parte el resultado de las deformaciones individuales.



Transmisión de fuerzas a través del suelo



Causas del movimiento rotativo entre partículas del suelo

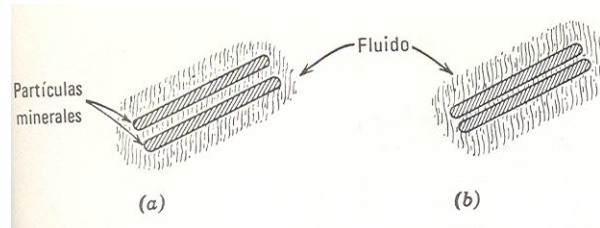
En suelos granulares, la deformación es producida por el aplastamiento de partículas, por la deflexión de las mismas y por el movimiento relativo entre ellas (acomodo), por lo que no existe una deformación total y por lo tanto no se puede hablar de una relación de esfuerzo deformación, por eso los suelos granulares compactos, reducen sus espacios para disminuir el desplazamiento y flexión de sus partículas.

Comportamiento de la fase intersticial

Interacción química.

*Los espacios que quedan entre las partículas de un suelo, se denominan vacíos, huecos, poros, o **intersticios**, estos suelen estar ocupados por aire o por agua (con o sin materiales disueltos), así pues el suelo es un sistema formado por una fase mineral, denominada esqueleto mineral, mas una fase fluida o fluido intersticial. Dicho fluido influye al deslizamiento entre dos partículas, según la*

naturaleza química de los minerales que forman las partículas del suelo. En partículas muy pequeñas al aplicar una carga se juntan las partículas por la disminución de la face intersticial, encontrando una nueva causa que influye en la deformación total y a esta interacción entre fases, se le denomina **interacción química**.

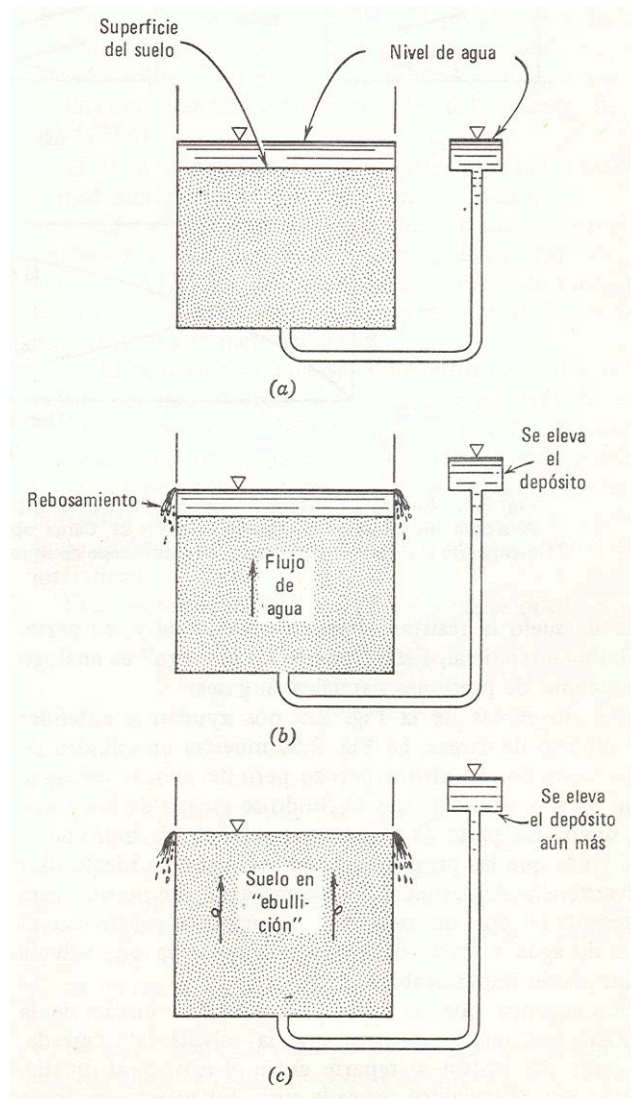


Partículas de líquido rodeando partículas de suelo

Interacción física.

Volvamos al recipiente con suelo, pero ahora sus espacios están ocupados totalmente por agua, es lo que se denomina un **suelo saturado**.

En primer lugar, supongamos que la presión del agua es hidrostática, es decir que la presión en los poros en cualquier punto, es igual al peso específico del agua, por la profundidad del punto considerado bajo la superficie del agua, en este caso, no habrá circulación o flujo del agua.



Interacción física, entre las fases mineral e intersticial, a). hidrostático, el agua no circula, b). Pequeño flujo de agua, c). sifonamiento o ebullición.

*Suponiendo ahora, que aumenta la presión del agua, mientras el nivel del recipiente se mantiene constante por medio de un rebosadero, en este caso existirá un flujo constante de agua y el caudal del líquido que fluya, estará en función de la sobrepresión aplicada al fondo del recipiente, generando una propiedad en el suelo denominada como **permeabilidad**.*

*Si la subpresión del agua aumenta, se alcanzará una presión para la cual la arena **hierve** bajo el flujo ascensional del agua, se dice que ha alcanzado el estado de **ebullición o sifonamiento**, evidentemente a existido una **interacción física** entre el esqueleto mineral y el agua intersticial.*

El agua puede circular a través del suelo, ejerciendo un efecto sobre el esqueleto mineral que modifica la magnitud de las fuerzas en los puntos de contacto entre partículas e influye sobre la resistencia del suelo a la compresión y al esfuerzo cortante.

SUELOS GRUESOS

Propiedades de los suelos gruesos.

Los suelos gruesos definen su resistencia al esfuerzo cortante en función de dos propiedades, las cuales se consideran las más importantes y las cuales son la Orientación de las Partículas y la Composición Granulométrica.

1.- Composición Granulométrica.

La sucesión de tamaños que presentan los suelos gruesos es de vital importancia para definir el comportamiento de los mismos, esto se refiere a la cantidad de tamaños de sus partículas que lo componen. Un material que contiene una cantidad igual en todos sus tamaños, se dice que tiene una buena composición granulométrica, y por consecuencia una mejor resistencia al cortante.

Por otro lado, un suelo grueso que presenta una cantidad mucho mayor de un solo tamaño de partículas o de la carencia de otros tamaños, se dice que presenta una mala composición granulométrica, y una mala resistencia al cortante.

Para que los materiales pétreos sean considerados con una buena composición granulométrica, se requiere que su curva granulométrica quede comprendida dentro de los límites establecidos en las zonas de especificación general, para cada uno de los materiales en particular.

2.- Orientación de las partículas.

Un suelo grueso debe tener una buena orientación de sus partículas para tener una buena resistencia al esfuerzo cortante.

Cuando las partículas de un suelo grueso presentan ángulos en su periferia, se dice que entre más ángulos forme en su periferia, mejor orientación tiene la partícula. Por el contrario se dice que la partícula de un suelo entre más redondeada este presenta una peor orientación de sus partículas.

Partícula de un agregado que forma varios ángulos en su periferia y con una buena orientación de sus partículas. (Esta propiedad la genera el tratamiento de trituración de los agregados)



Comparación entre partícula triturada y redondeada

SUELOS FINOS

1.3 Características y estructuración de los suelos.

Minerales constitutivos de los suelos gruesos.

Un mineral, es una sustancia inorgánica y natural, que tiene una estructura interna característica determinada por un cierto arreglo específico de sus átomos e iones. Sus propiedades físicas para identificarlos, son el color, el lustre, la tonalidad de sus raspaduras, la forma de cristalización, la dureza, la forma de su fractura y disposición de sus planos cruceros, la tenacidad, la capacidad para permitir los ralloos de luz y la densidad relativa.

En los suelos formados por partículas gruesas, los minerales predominantes son:

- *Silicatos*
- *Feldespatos de potasio, sodio o calcio.*
- *Micas.*
- *Olivino.*
- *Serpentina.*
- *Etc.*

Óxidos, cuyos exponentes son:

- *El cuarzo (SiO₂).*
- *La limonita.*
- *La magnetita.*
- *El corindon.*

Carbonatos, entre los que destacan:

- *La calcita*
- *La dolomita.*

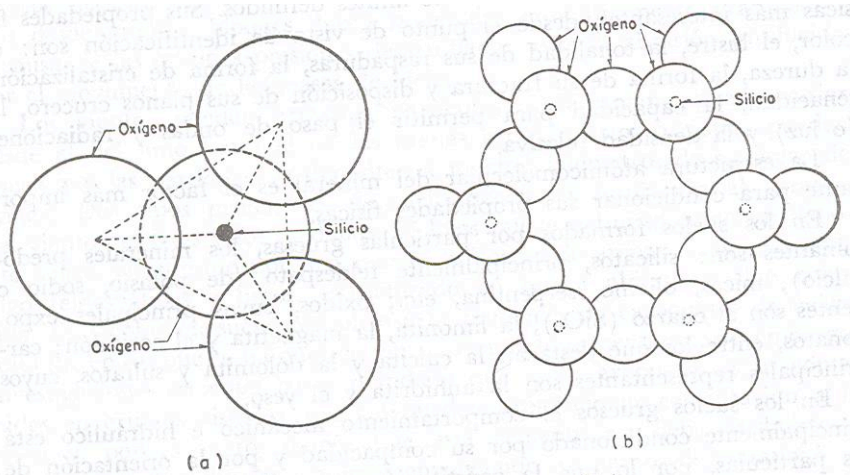
Y sulfatos, cuyos principales representantes son:

- *La anhidrita.*
- *El yeso.*

Minerales constitutivos de las arcillas.

Los silicatos, se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas y los agentes de descomposición química dan origen a las arcillas.

La constitución mineralógica de las arcillas, influye en forma directa sobre su comportamiento mecánico, estas están constituidas en su mayoría por **silicatos de aluminio hidratados**, presentando además, en algunas ocasiones, **silicatos de magnesio, hierro u otros metales también hidratados** Estos minerales tienen casi siempre una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en laminas. Existiendo dos variedades de tales láminas: la sílica y la aluminica. La sílica, esta formada por un átomo de silicio, rodeado de cuatro de oxígeno, disponiéndose en forma de tetraedro, los cuales se agrupan en unidades hexagonales, sirviendo un átomo de oxígeno entre cada dos tetraedros



Esquema de una estructura de lamina sílica

PROPIEDADES DE LOS MINERALES								
SUBDIVISIÓN QUÍMICA	NOMBRE	COLOR	DUREZA	FRACTURA Y TENACIDAD	BRILLO	RAYA	FORMA CRISTALINA	PESO ESPECÍFICO
SILICATOS	CLORITA	VERDE	2-2.5	NO ELÁSTICA, LAMINAR	PERLADO	VERDE PÁLIDA A BLANCA	MONOCLÍNICA	2.7
	FELDESPATO	INCOLORO O BLANCO, ROJIZO, AMARILLENTO (SI ES IMPURO)	6	DESIGUAL, QUEBRADIZO	VITREO CON EXFOLIACIÓN PERLADA	BLANCA	MONOCLÍNICA O TRICLÍNICA	2.54 A 2.76
	CAOLINITA	BLANCO, TONOS DE AMARILLO A PARDO	1.5 - 2	REQUIEREN MICROSCOPIO PARA SU IDENTIFICACIÓN			MONOCLÍNICA	
	MICAS	BLANCO (MOSCOBITA), NEGRO (BIOLITA), COLORACIONES IMPURAS	2 - 3	FLEXIBLES, ELÁSTICAS	VITREO O SEDOSO		MONOCLÍNICA A MENUDO COMO TABLILLAS APLASTADAS DE 6 LADOS	2.76 - 3.2
	OLIVINA		6.5 - 7		VITREO	ES COMUN EN LAS ROCAS OSCURAS		
	PIROXENOS	BLANCO, VERDE, NEGRO	5 - 7	QUEBRADIZOS	VITREO APERLADO	BLANCA A GRIS VERDE	MONOCLÍNICA	3.2 - 3.6
	TALCO	BLANCO A BLANCO VERDOSO	1BLANDO, TACTO UNTUOSO COMO JABON	PLATEADO A GRASO	VITREO A APERLADO	BLANCA A BLANCA DERDOSA MONOCLÍNICA	MONOCLÍNICA	2.7 - 2.8
	SERPENTINA	VERDOSO EN VARIOS TONOS	2 - 5	A MENUDO FIBROSA A COMPACTA. LAMINAR	GRASO COMPACTO		MONOCLÍNICA	2.2 - 2.7
	ZEOLITAS		2.5 - 5.5		VITREO	INCOLORA A BLANCA		2.0 A 2.4

OXIDOS	CORINDON	TONALIDADES DE GRIS A AZUL	9	QUEBRADIZO A TENAZ	DIAMANTINO, VITREO A APAGADO Y GRASO		HEXAGONAL	4
	HEMATITES	GRIS A NEGRO	5.5 – 6.5	LAMINAR	METALICO APAGADO	ROJA	HEXAGONAL ROMBOÉDRICA	5.2
	ILMENITA	ROJIZO A NEGRO PARDUSCO	5 – 6	CONCOIDEA QUEBRADIZA	SUBMETALICO	NEGRA A ROJA PARDOSCA	HEXAGONAL	4.5 - 5
	LIMONITA	PARDO A PARDO AMARILLENTO	5.5 – 6		APAGADO A SUBMETÁLICO	PARDO AMARILLENTO	AMORFA, MASAS TERROSAS	3.6 – 4
	MAGNETITA	GRIS OSCURO A NEGRO	5.5 – 6.5	QUEBRADIZA EXFOLIACIÓN POBRE	METÁLICO		ISOMETRICA	5.2
	CUARZO	BLANCO, GRIS, NEGRO, ROSA	7	CONCOIDEA, DESIGUAL, ASTILLOSA, QUEBRADIZO A TENAZ	ACEITOSO A VITREO	BLANCA	HEXAGONAL	2.65
CARBONATOS	CALCITA	INCOLORO O BLANCO, PERO PUEDE ESTAR MANCHADO	3		VITREO Y APAGADO SI ES COMPACTO	INCOLORA O BLANCA	ROMBOHEDRICA	2.71
	DOLOMÍA	BLANCO A MULTICOLOR	3.5 – 4		VITREO A A PERLADO APAGADO		ROMBOÉDRICA (RARA EN FORMA DE CRISTAL)	2.8 – 2.9
SULFATOS	ANHIDRITA	BLANCO PERO AVECES MANCHADO	3 – 3.5	HOJOSO, CONCOIDEA	PERLADO, VITREO APAGADO – COMPACTO		MAS FRECUENTEMENTE DE GRANULAR A MASAS COMPACTAS	2.95
	YESO	INCOLORO A BLANCO, PUEDE TENIRSE DE VARIOS COLORES	1.5 – 2		VITREO, BLANCO APERLADO, FIBROSO SATINADO. APAGADO COMPACTO		MONOCLINICA	2.32

Dureza.

La dureza de un mineral se expresa por el número, que le corresponde por la comparación con la escala de Mohs.

ESCALA MOHS DE DUREZA		
TALCO	1	Marca los tejidos
YESO	2	Puede ser arañado por la uña.
CALCITA	3	Puede ser rayado por una moneda de cobre.
FLUORITA	4	
APATITO	5	Puede ser rayado por una navaja.
ORTOSA	6	Araña los cristales de una ventana.
CUARZO	7	No se deja rayar por una lima de acero.
TOPACIO	8	
CORINDON	9	Raya la mayor parte de los metales, pero no al diamante.
DIAMANTE	10	Raya cualquier material pero no al diamante.

Crucero.

Si un mineral se golpea con un objeto agudo, se rompe a lo largo de un determinado plano (plano crucero), el cual es paralelo a la cara del cristal, por lo general la cara del crucero constituye una superficie perfectamente lisa que parece estar pulida. Algunos minerales ofrecen lo que se llama crucero duro o difícil, el cual solo se puede determinar con la ayuda de un microscopio.

Fractura.

La fractura de un mineral, se puede lograr mediante un golpe seco, los tipos de fractura, se denominan:

Concoidal.- Semejante a una superficie suave, cóncava o convexa.

Desigual.- Superficie áspera irregular, con salientes angulosas y redondeadas.

Astilloza.- Forma astillas en su superficie.

Mellada.- Superficie irregular, que asemeja la extremidad de una varilla de acero rota por compresión.

Tenacidad.

La tenacidad, es la capacidad que presenta un mineral, para resistir aplastamiento, desgarre o flexión, a este respecto, los minerales suelen clasificarse como sigue:

Quebradizos.- Saltan en fragmentos y son fáciles de pulverizar.

Maleables.- Pueden trabajarse con martillo, hasta reducirlos a laminas delgadas.

Sectil.- Que puede cortarse en capas delgadas con una navaja.

Dúctil.- Susceptible a ser estirado en forma de hilo.

Flexible.- (Inelástico) Puede ser doblado pero no recupera su forma original.

Elástico.- Que puede doblarse, pero vuelve a su forma original cuando cesa la acción de la fuerza.

Forma cristalina.

Excepto los minerales amorfos (que no tienen forma definida), todos los demas tienen la forma de un cristal, limitado por varias o muchas caras.

Peso específico o densidad.

El peso especifico de un mineral, es la relación existente entre la masa de un volumen de agua a la temperatura de 4°C.

Brillo.

La mayor parte de los minerales ofrecen cierta apariencia característica (brillo) a la luz reflejada, el brillo puede ser metálico, submetálico o no metálico.

Los brillos no metálicos, pueden dividirse como:

Vítreo.- Con apariencia de vidrio.

Grasos.- Con aspecto graso o aceitoso.

Diamantino.- Con un brillo seco, tan característico de los diamantes.

Perlado.- Con el aspecto característico(iridiscente) de las perlas.

Sedoso.- Muy semejante al matiz de la seda.

Resinoso.- Con aspecto de resina.

Capacidad de transmisión de la luz (Diafaneidad).

Los minerales de acuerdo a su capacidad de transmisión de la luz, se dividen en:

Transparente.- Si a su través, se pueden ver claramente objetos.

Translúcido.- Si transmite la luz, pero no permite ver los objetos a su través.

Opaco.- Si la luz no se transmite a través del mineral o de sus aristas mas finas.

Práctica de laboratorio, en la cual se identificarán las propiedades de los minerales componentes de una roca o suelo y la clasificación del mismo.

Material:

Una lima de acero.

Una lupa.

Una navaja de acero.

Parafina.

Los suelos finos, los cuales están constituidos por limos, turbas y arcillas, tienen propiedades mecánicas que definen su comportamiento, las cuales son estudiadas por la Mecánica de Suelos.

1.- Estructura.

Los elementos principales de la naturaleza que forman los minerales arcillosos, son el Aluminio con una carga positiva de 3, el Silicio con una carga positiva de 4 y el Magnesio con una carga positiva de 2. Estos elementos al combinarse, forman a los minerales arcillosos como; la Motmorilonita que tiene una alta capacidad para absorber agua; la illita que presenta una capacidad media para absorber agua y la Caolinita que tiene una capacidad baja para absorber agua. Esta capacidad de absorción, se debe al tipo de elemento que los constituye, ya que los elementos con mayor valencia positiva, tienen mas uniones con los iones negativos del agua y por ende una mayor capacidad de absorber agua.

Dependiendo de la cantidad y combinación de elementos para formar un mineral de arcilla (Cristales o laminas), Estos tienen diferente capacidad de enlazarse con el hidroxido (Ionizarse), lo que produce que dichas laminas posean cargas electricas con diferente intensidad, lo que genera diferentes estructuras en las arcillas como las siguientes:

- *Floculenta*
- *Panaloide*
- *Castillo de naipes*
- *Dispersa*
- *Compuestas, Etc.*

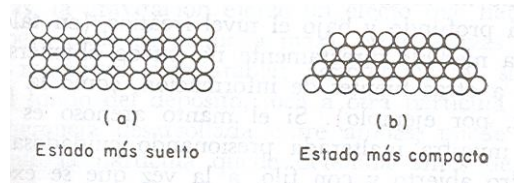
Por lo tanto se denomina como estructura al arreglo o desposición que adopten sus particulas minerales.

1.3.1 Tipos de estructuras de las arcillas.

a) Estructura Simple

Es aquella que se produce cuando las fuerzas de gravedad son predominantes en la disposición de las partículas, es por lo tanto una disposición típica de los suelos de granos gruesos como las gravas y arenas.

Las partículas se disponen apoyándose directamente unas sobre otras y cada partícula posee varios puntos de apoyo. Desde el punto de vista ingeniería, su comportamiento mecánico queda definido por su compacidad y por la orientación de las partículas.



Compacidad de un conjunto de esferas

Para medir la compacidad de un suelo de estructura simple, Terzaghi propuso la relación empírica, determinable en el laboratorio, llamada **compacidad relativa**.

$$Cr (\%) = \frac{e_{\text{máx.}} - e_{\text{nat.}}}{e_{\text{máx.}} - e_{\text{mín.}}}$$

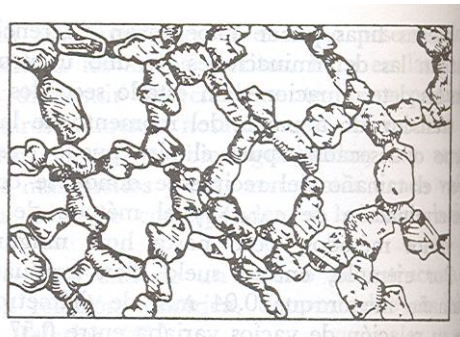
e_{max} = Relación de vacíos correspondiente al estado mas suelto del suelo.

$e_{\text{mín.}}$ = Relación de vacíos correspondiente al estado mas compacto del suelo.

$e_{\text{nat.}}$ = Relación de vacios del suelo en estado natural.

b).Estructura Panaloide

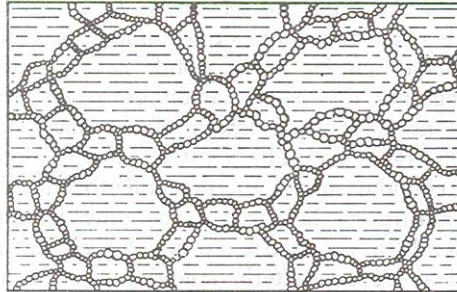
Esta estructura se considera típica en suelos de partículas pequeñas (0.02 mm de diámetro o algo menores), en estas partículas la gravedad ejerce un efecto que hace que tiendan a sedimentarse en un medio continuo acuoso. Pero dada su pequeña masa, las partículas en el proceso de sedimentación, son atraídas por otras partículas de su tamaño similar, ahora otras partículas se van añadiendo, formando celdas con una cantidad importante de vacíos formando panales al llegar a su recorrido de sedimentación.



Estructura panaloide

c) Floculenta

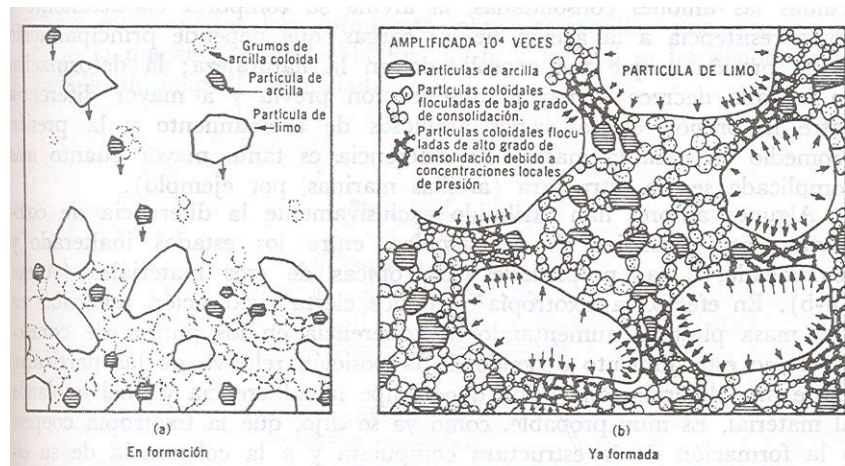
Cuando en el proceso de sedimentación, dos partículas menores de 0.02 mm llegan a tocarse, se adhieren con fuerza y se sedimentan juntas; así otras partículas pueden unirse al grupo, formando un grumo, con estructura similar a un panal. El mecanismo anterior es una estructura muy blanda y suelta, llamada floculenta. Esta estructura es similar a la panaloide, pero sus cadenas de partículas son dobles.



Estructura floculenta

d) Compuesta

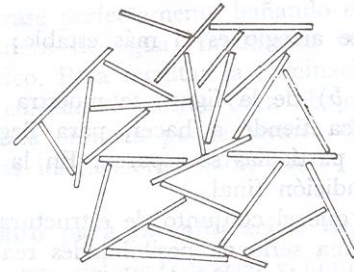
Las estructuras anteriores, rara vez se presentan puras en la naturaleza, pues la sedimentación comprende todo tipo de tamaños y tipos, formando esqueletos de granos gruesos y pequeños, que forman nexos entre ellos, que permiten la sedimentación de partículas gruesas y finas simultáneamente, esto ocurre frecuentemente en el agua de mar o lagos con contenido de sales apreciable donde el efecto floculante de las sales es generada por el viento y las corrientes de agua.



Estructura compuesta

e) Castillo de naipes.

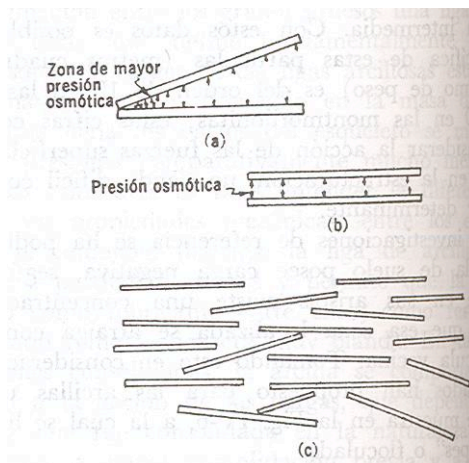
Goldschmidt y Lambe, proponen una interpretación diferente para los floculos de la estructura, ya que las partículas de las arcillas, son laminas con diferente intensidad de carga y magnitud en la superficie como en las aristas, por ello las partículas tienen un acomodo parecido a un castillo de naipes o floculada.



Estructura castillo de naipes

f) Dispersa

Algunos autores coinciden en que la estructura de los floculos de las arcillas, pueden separarse y orientarse, debido a las presiones osmóticas que son generadas y eliminadas por el incremento o perdida de agua en el suelo, lo que concluye que el agua con la carga de sus iones, orienta a las laminas de arcilla en sus aristas.



Estructura dispersa