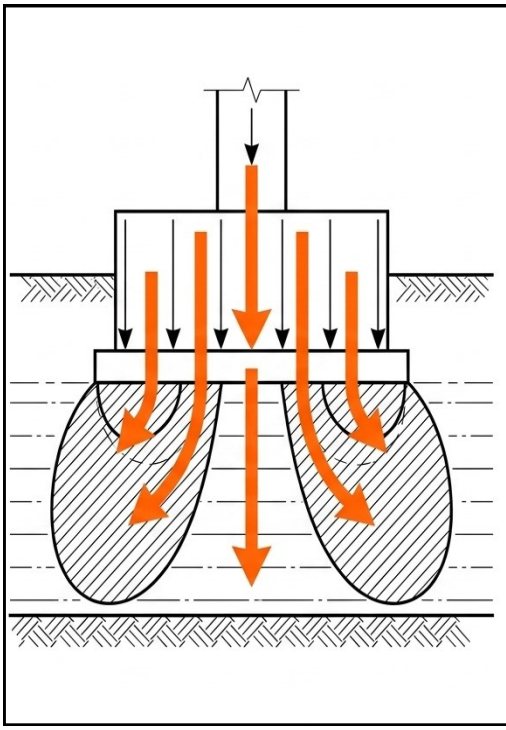


MECÁNICA DE SUELOS: Fundamentos y Aplicaciones Aplicaciones

Fundada por Karl Von Terzaghi en 1925,
la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física, la mecánica y la hidráulica a los problemas de ingeniería, relacionados con la capa superficial de la corteza terrestre.

Esta disciplina se ocupa de sedimentos y acumulaciones no consolidadas de partículas sólidas, siendo fundamental para resolver problemas que involucran cargas aplicadas al terreno.

por Daniel Videla

Definición de Suelo en Ingeniería



Concepto técnico

En ingeniería civil, el **suelo** se define como un sedimento de partículas sólidas que resulta de dos procesos principales:

- Desintegración mecánica de las rocas
- Descomposición química de las rocas

Esta definición es independiente de la presencia o ausencia de materia orgánica en el material, centrándose en su naturaleza física y composición.

por Daniel Videla

Clasificación de Suelos: Tipos Principales

Gravas

Pasan por tamiz N° 3 y son retenidas por tamiz N° 4.



Arenas

Pasan por tamiz N° 4 y son retenidas por tamiz N° 200.



Limos y Arcillas

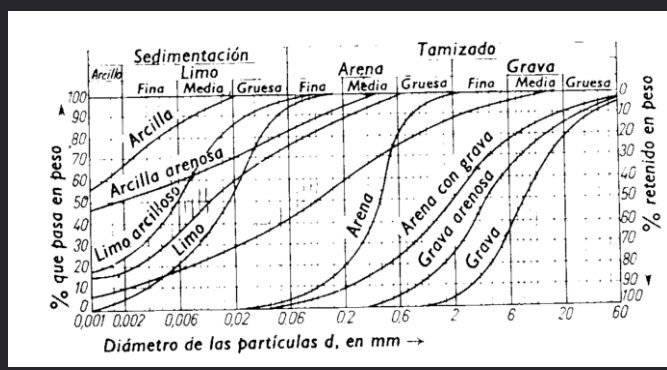
Pasan por tamiz N° 200. Los limos son erosionables y difíciles de compactar. Las arcillas son plásticas y cohesivas.



Otros tipos incluyen: **Coloides** (de poco uso), **Loam** (mezcla de arena, limo y arcilla), **Turba** (>20% materia orgánica, disminuye estabilidad) y **Tosca** (limos de origen eólico-fluvial).

por Daniel Videla

Clasificación Visual de Suelos





La clasificación visual de suelos permite una identificación preliminar en campo. Se basa en el examen de características como tamaño de partículas, forma, color y comportamiento básico.

por Daniel Videla

Clasificación de Suelos: Espectro de Utilidad en Ingeniería

Espectro de Utilidad en Ingeniería

Grava y Arena	**Ideales.** (Suelos granulares). Alta capacidad de soporte.
Arcillas	**Plásticas y Cohesivas.** Retienen agua, requieren análisis exhaustivo de deformación.
Limos	**NO SIRVEN.** Son altamente erosionables, susceptibles a las heladas y muy difíciles de compactar.
Turba / Orgánicos	**Peligrosos.** Contienen >20% de materia orgánica, lo que disminuye críticamente la **estabilidad estructural** del suelo.

por Daniel Videla

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

El SUCS es el sistema de clasificación más utilizado en ingeniería geotécnica, desarrollado por Arthur Casagrande para el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU.

Este sistema clasifica los suelos en grupos basados en sus propiedades de granulometría y plasticidad, permitiendo predecir su comportamiento frente a cargas.



Aplicación del Sistema Unificado (SUCS)

Suelos granular grueso

Grupos principales: G (gravas) y S (arenas)

Subgrupos: W (bien graduados), P (mal graduados), M (con limos), C (con arcillas)

Suelos granular fino

Grupos principales: M (limos), C (arcillas), O (orgánicos)

Subgrupos: L (baja plasticidad), H (alta plasticidad)

Suelos altamente orgánicos

Grupo principal: Pt (turbas)

Contenido orgánico muy alto, alta compresibilidad, baja resistencia

Tabla 1.6. Sistema de clasificación unificado (ASTMD-2487-69).

DIVISION PRINCIPAL			SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TIPICOS	
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GRAVAS LIMPIAS	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	Clasificación basada en el porcentaje de finos Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 GW, GP, SW, SP Más del 12% pasa por el tamiz No. 200 GM, GC, SM, SC (5% a 12% pasa por el tamiz No. 200)
			GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos	
		GRAVAS CON FINOS	GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla	
	ARENAS Más del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz	ARENAS LIMPIAS	SW	Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	
			SP	Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos	
		ARENAS CON FINOS	SM	Arenas limosas, mezclas de arena limo	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	
SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido de 50% o inferior		ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	Indice de plasticidad
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla	
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido superior a 50%		MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos	
			CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas	
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media	
Suelos altamente orgánicos			PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	

Aplicación del Sistema Unificado (SUCS)

El Generador de Nomenclatura SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos funciona como una ecuación de dos letras: Sustancia + Condición.

Primera Letra: El Prefijo	
G:	Grava (Gravel)
S:	Arena (Sand)
M:	Limo (Moh)
C:	Arcilla (Clay)
O:	Orgánico
Pt:	Turba (Peat)

+

Segunda Letra: El Sufijo	
W:	Bien graduado (Well)
P:	Mal graduado (Poor)
H:	Alta plasticidad (High)
L:	Baja plasticidad (Low)

=

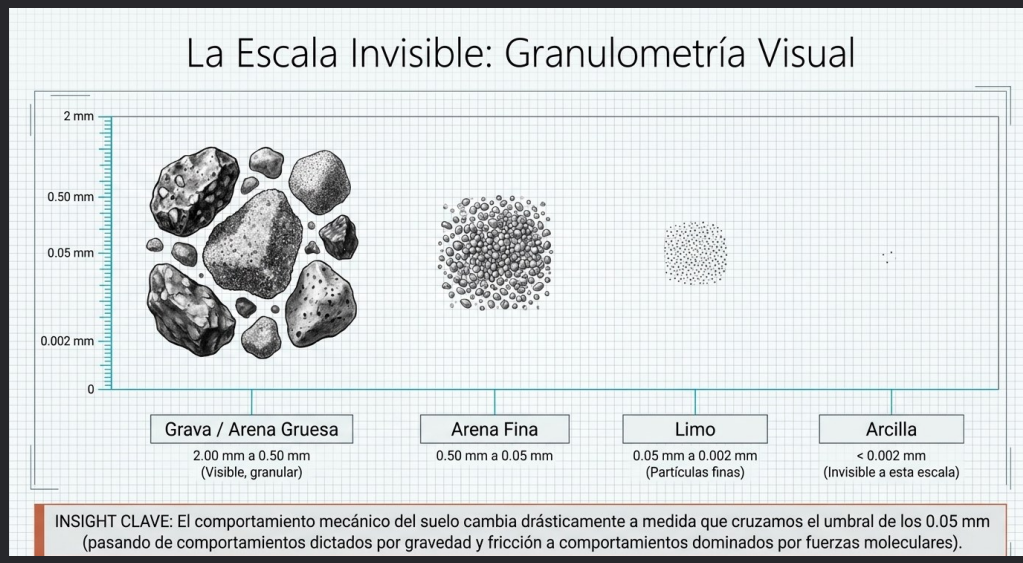
Ejemplos en Campo:

G + W = GW (Grava bien graduada)

C + H = CH (Arcilla de alta plasticidad)

por Daniel Videla

Clasificación (Clases de Suelo)



por Daniel Videla

Clasificación (Clases de Suelo)









por Daniel Videla

Clasificación (Clases de Suelo)

SUELO BLANDO

Es de baja resistencia.

Se caracteriza por ser arcilloso y suele presentar nivel freático.
Para cimentar se recomienda pilotes o losas de cimentación.



SUELO SEMIBLANDO

Es de resistencia media.

Se caracteriza por ser arcilloso y se puede presentar arena, el nivel freático no es muy frecuente.
Para cimentar se recomienda losa de cimentación o zapatas.



SUELO DURO

Es de alta resistencia media.

Se caracteriza por ser de arena compacta o rocoso.
Para cimentar se recomienda zapatas corridas, combinadas, con vigas de conexión o aisladas.

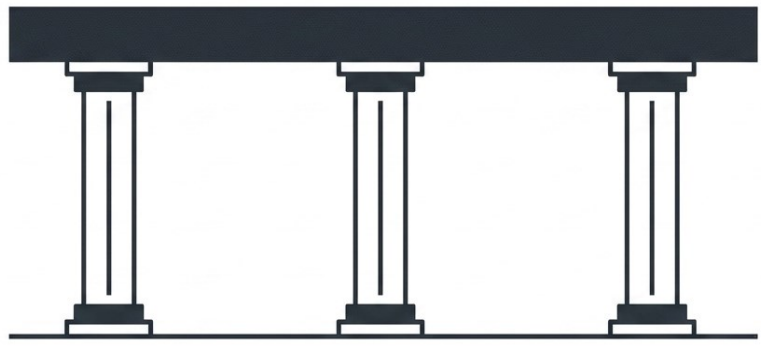




por Daniel Videla

Los 3 Pilares del Comportamiento del Suelo

La **respuesta de un suelo** ante las cargas industriales y ambientales está dictada por tres variables fundamentales:



Pilar 1: **Resistencia** (Fricción y Cohesión).

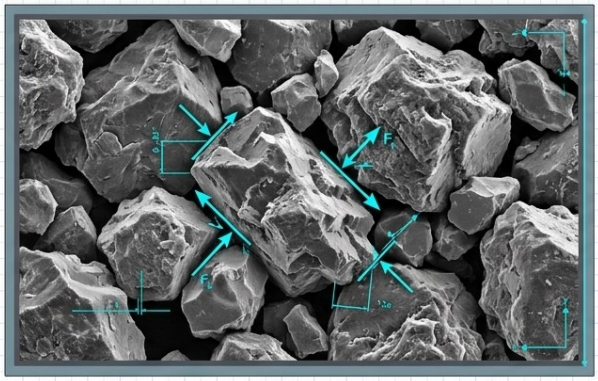
Pilar 2: **Deformación** (Plasticidad y Compresibilidad).

Pilar 3: El Factor **Agua** (Permeabilidad y Expansión).

Pilar 1: Resistencia Mecánica

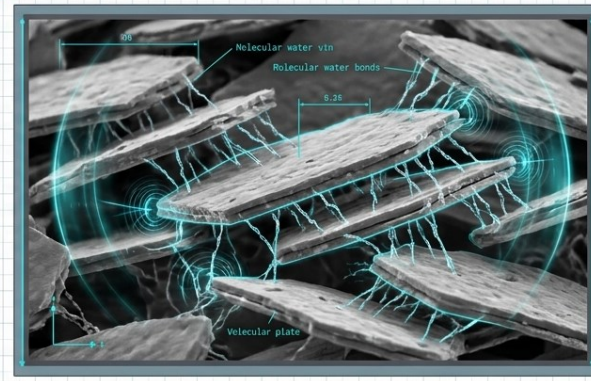
La capacidad del suelo para soportar cargas depende de dos mecanismos microscópicos trabajando en conjunto.

Fricción Interna (φ)



Resistencia mecánica al deslizamiento por el contacto directo entre partículas.
Depende de: Granulometría, densidad y la forma angular de las partículas.
Predomina en arenas y gravas.

Cohesión (c)



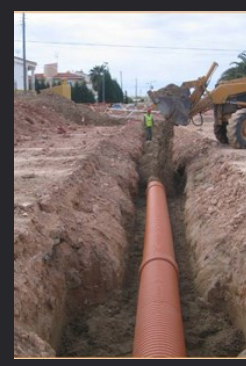
Verdadera: Atracción electromagnética molecular entre placas.
Aparente: Tensión superficial del agua (adsorción) que rodea las partículas.
Depende de: Fisicoquímica y porcentaje de humedad.
Predomina en arcillas.

NotebookLM

Propiedades Mecánicas: Resistencia al Corte



Tierra, marga	de 30º a 45º
Grava	de 30º a 40º
Arena seca	de 25º a 35º
Cenizas	de 25º a 40º
Arena hidratada	de 30º a 45º
Carbón coquizado	de 30º a 45º
Arena húmeda	de 15º a 30º
Carbón de piedra	de 25º a 35º
Tierra compacta	de 35º a 40º





por Daniel Videla

Pilar 2: Propiedades de Deformación

Plasticidad

Capacidad de moldearse **sin agrietarse** y sin variación de volumen
Función directa de la humedad.



Elasticidad

Propiedad de recuperar su forma al retirar la carga (módulo edométrico Eo).
En los suelos, esta capacidad es **mínima**.

Tipo de Suelo	Módulo Eo(t/m²)
Limo	300 a 1000
Arena seca o húmeda suelta (NSPT 3 a 9)	160 · Z a 480 · Z
Arena seca o húmeda media (NSPT 9 a 30)	480 · Z a 1600 · Z
Arena seca o húmeda densa (NSPT 30 a 50)	1600 · Z a 3200 · Z
Grava fina con arena fina	1070 · Z a 1330 · Z
Grava media con arena fina	1330 · Z a 1600 · Z
Grava media con arena gruesa	1600 · Z a 2000 · Z
Grava gruesa con arena gruesa	2000 · Z a 2660 · Z
Grava gruesa firme	1070 · Z a 1330 · Z
Arcilla blanda (qu 0,25 a 0,50 kg/cm²)	150 a 300
Arcilla media (qu 0,50 a 2,00 kg/cm²)	300 a 900
Arcilla compacta (qu 2,00 a 4,00 kg/cm²)	900 a 1800

Compresibilidad

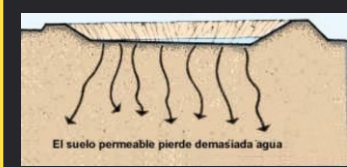
Disminución de volumen bajo carga impuesta.
Ligada directamente a la expulsión de agua o aire de los poros.



Pilar 3: La Variable Crítica (Agua)

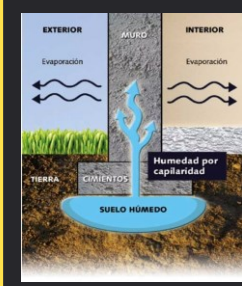
Permeabilidad

Capacidad del suelo para **permitir el paso del agua bajo la acción de la gravedad**.
Está directamente relacionada con la porosidad del material.



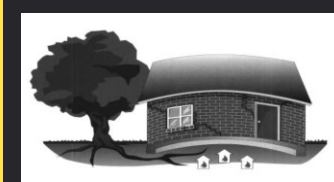
Capilaridad

Elevación o movimiento del agua en los intersticios del suelo **debido a fuerzas capilares**, independientemente de la acción gravitatoria.



Expansión

Aumento de volumen por variación del contenido de humedad.
Se considera aceptable hasta un 3% de expansión.

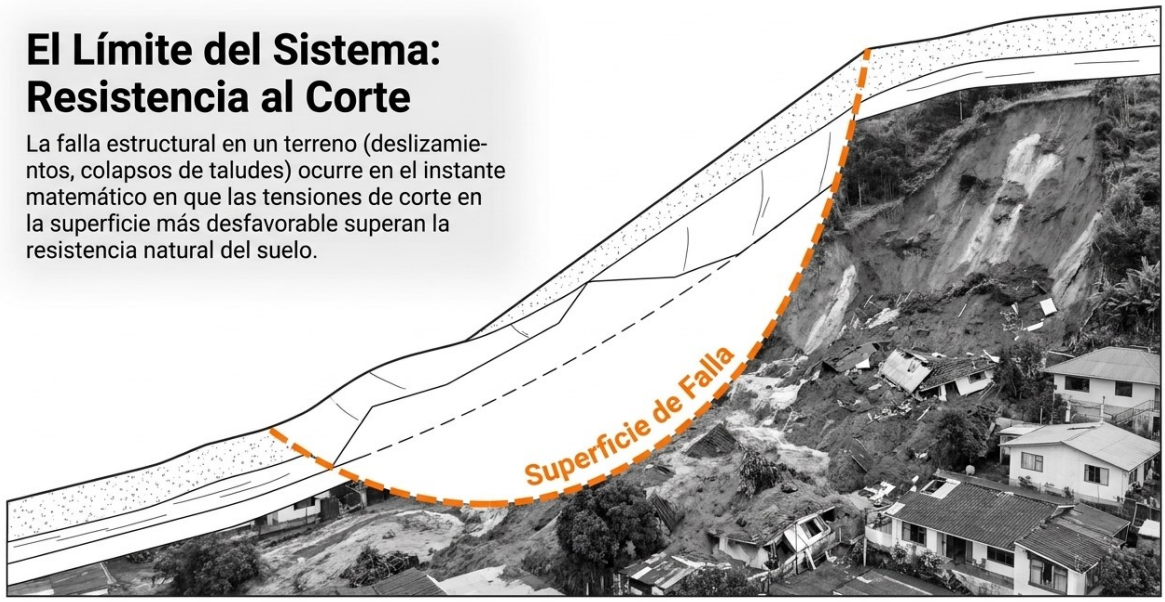


La resistencia del suelo,
definida como la propiedad de soportar cargas sin deformarse excesivamente,
está directamente influenciada
por estas características relacionadas con el agua.


por Daniel Videla

El Límite del Sistema: Resistencia al Corte

La falla estructural en un terreno (deslizamientos, colapsos de taludes) ocurre en el instante matemático en que las tensiones de corte en la superficie más desfavorable superan la resistencia natural del suelo.



por Daniel Videla

Resistencia al Corte: Análisis de Falla

Principales problemas a resolver

1. **Estudio de deformaciones**

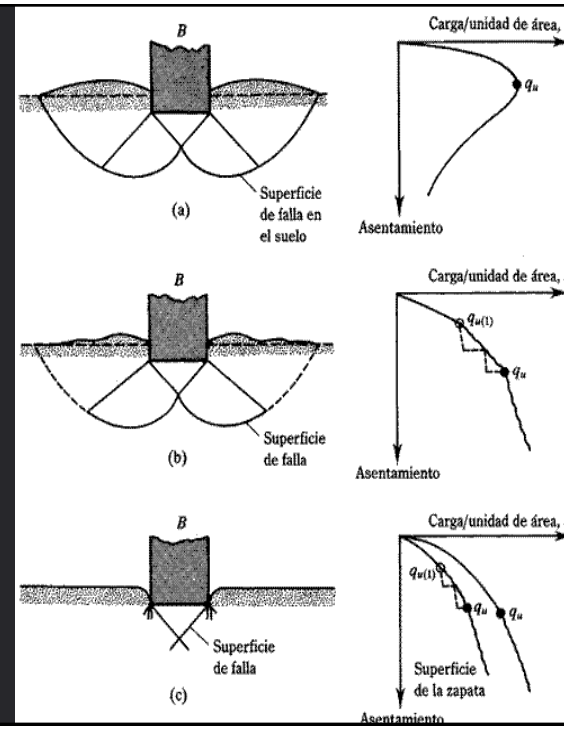
   Análisis del comportamiento del suelo bajo distintos estados de carga y determinación de los asentamientos esperados.

2. **Planos de rotura o falla**

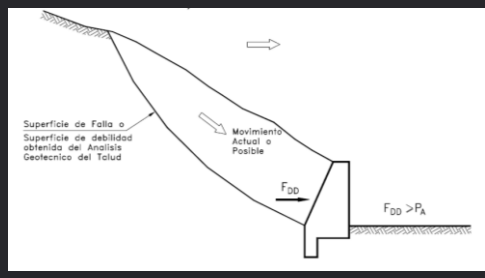
   Identificación de las superficies críticas donde el suelo puede fallar bajo cargas determinadas, crucial para el diseño de cimentaciones.

3. **Cargas de hundimiento**

   Determinación de la capacidad portante del suelo y los límites de carga que puede soportar antes de fallar.



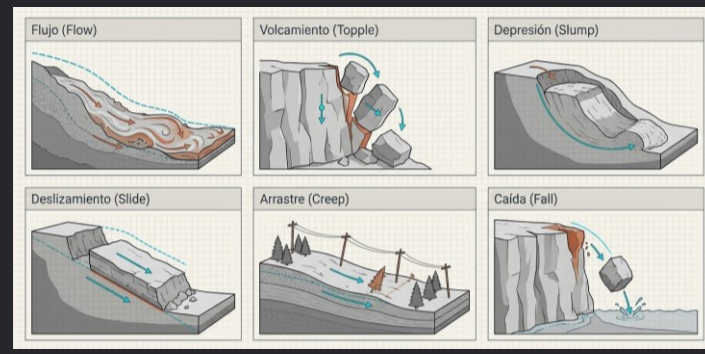
PLANOS DE FALLA EN TERRAPLEN: Muros de Contención



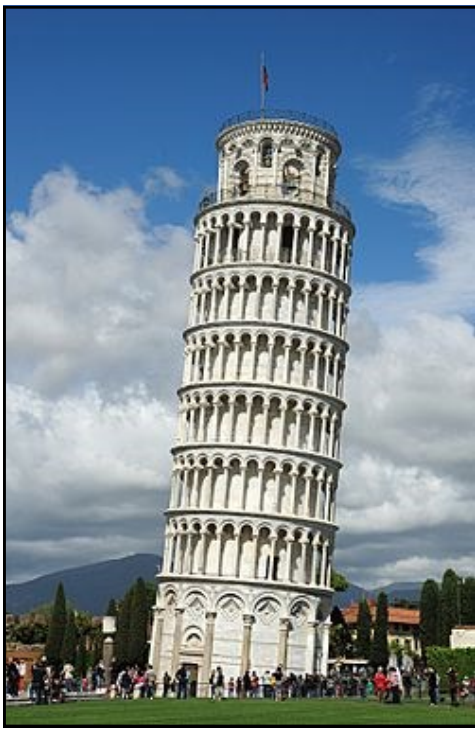
FALLA EN TALUD o TERRAPLEN








por Daniel Videla



Resistencia al Corte en Suelos:

La resistencia al corte es una propiedad fundamental del suelo que determina su comportamiento estructural bajo cargas. Este concepto es crucial para comprender los mecanismos de falla y diseñar cimentaciones seguras en ingeniería civil.

La rotura se producirá cuando las tensiones de corte, corte, en la superficie más desfavorable, superen el valor de su resistencia propia.


por Daniel Videla

Propiedades que Definen la Resistencia al Corte

Resistencia por Fricción

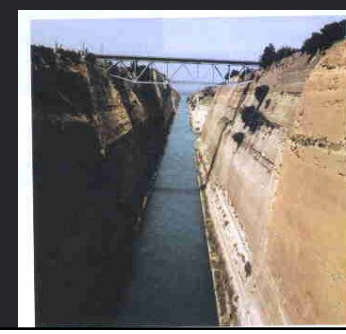
Es función de la rugosidad entre materiales y el valor de la fuerza normal. Es el principal mecanismo de resistencia en suelos gruesos como arenas y gravas.

Resistencia por Cohesión

Existe incluso sin fuerza normal aplicada.
Es característica propia de los suelos finos como arcillas y limos, debida a fuerzas electroquímicas entre partículas.

La comprensión de estos mecanismos es fundamental para el análisis de estabilidad de taludes, cimentaciones y estructuras de contención.





Teoría de Coulomb: Criterio de Rotura

Coulomb estableció la relación lineal entre la resistencia al corte y la presión normal en un plano de falla.

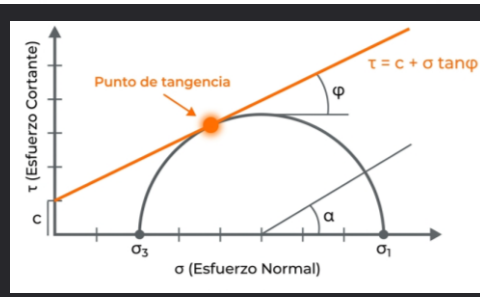
τ = Resistencia al Corte (El límite)

c = Cohesión (Atributo de finos)

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan\phi$$

σ = Presión Normal (Carga aplicada)

ϕ = Ángulo de Fricción Interna



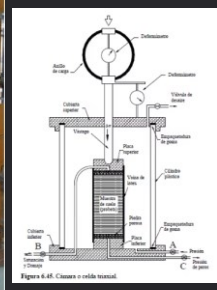
La rotura se produce cuando en alguna superficie se alcanza una combinación crítica de tensión normal y tensión tangencial, definida por la línea de falla.

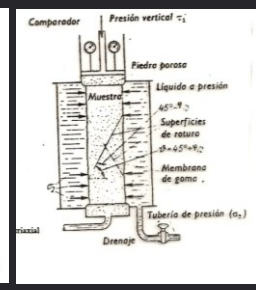
por Daniel Videla

Ensayos Geotécnicos

Solo generan esfuerzos normales sobre la muestra de suelo. Permiten obtener los esfuerzos principales.







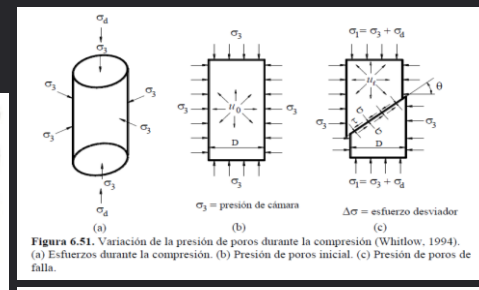


Figura 6.51. Variación de la presión de poros durante la compresión (Whitlow, 1994). (a) Esfuerzos durante la compresión. (b) Presión de poros inicial. (c) Presión de poros de falla.

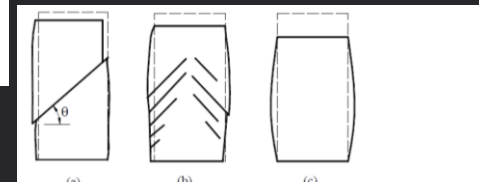


Figura 6.52. Tipos de falla en ensayos triaxiales (Whitlow, 1994). (a) Falla frágil (corte). (b) Falla parcial al corte. (c) Falla de flexibilidad plástica o en barril.

por Daniel Videla

Círculo de Mohr: Representación del Estado Tensional

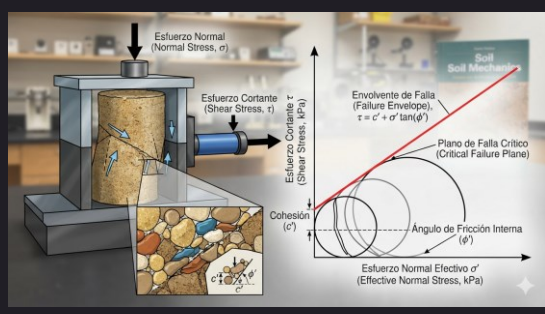
El Círculo de Mohr es una herramienta gráfica fundamental que permite representar el estado tensional en cualquier plano de un elemento de suelo.

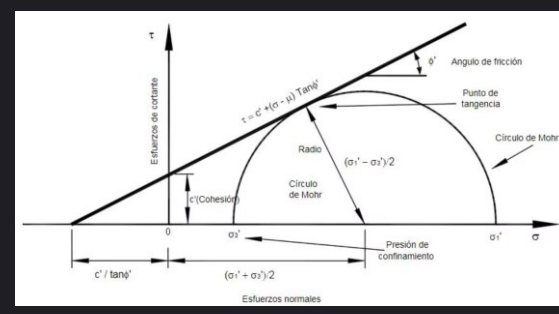
Ensayos Geotécnicos
Solo generan esfuerzos normales sobre la muestra de suelo. Permiten obtener los esfuerzos principales.

Construcción del Círculo
Se representan los esfuerzos principales (σ_1 y σ_3) como diámetro del círculo.

Interpretación
Cualquier punto del círculo representa el estado tensional en un plano específico del suelo.

El estado de tensión en cualquier plano que no sea uno de los principales se obtiene indirectamente mediante el círculo de Mohr.





por Daniel Videla

Plano de Rotura

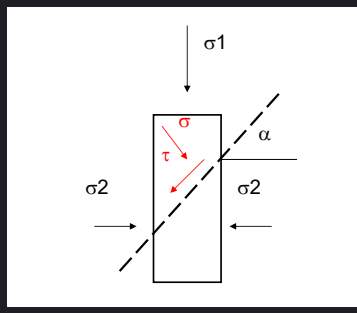
El plano de rotura forma un ángulo α con el plano principal mayor:

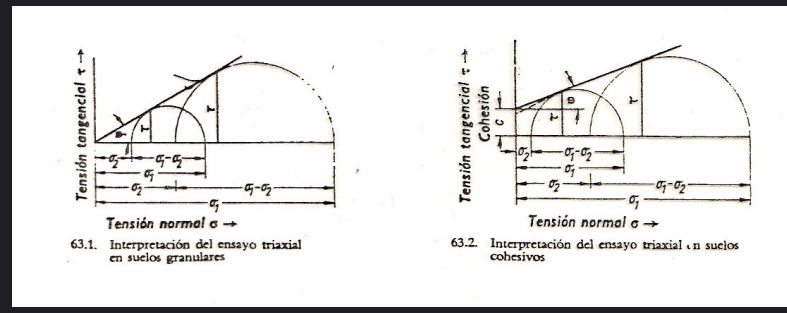
Esta relación es fundamental para determinar la orientación de las superficies de falla en el suelo y analizar la estabilidad de taludes, muros de contención y cimentaciones.

La imagen muestra una masa de suelo sometida a esfuerzos principales σ_1 y σ_2, con la representación de su círculo de Mohr correspondiente y la envolvente de falla de Mohr-Coulomb.

$$\alpha = 45° + \frac{\phi}{2}$$

(donde φ es el ángulo de fricción interna)





63.1. Interpretación del ensayo triaxial en suelos granulares

63.2. Interpretación del ensayo triaxial en suelos cohesivos



por Daniel Videla