

GEOLOGIA Y GEOTECNIA

2020

(6ta edición)

PROPIEDADES INDICE

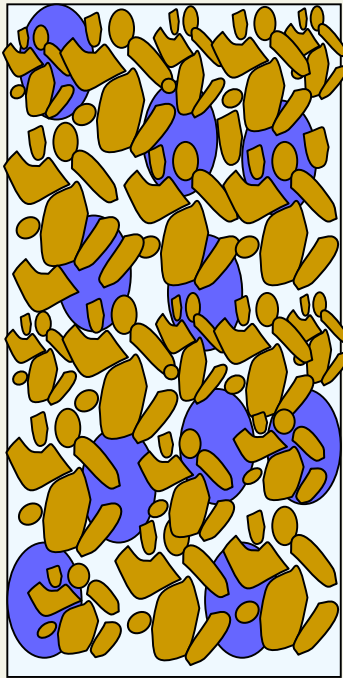
PLASTICIDAD

Dra.Ing. Silvia Angelone

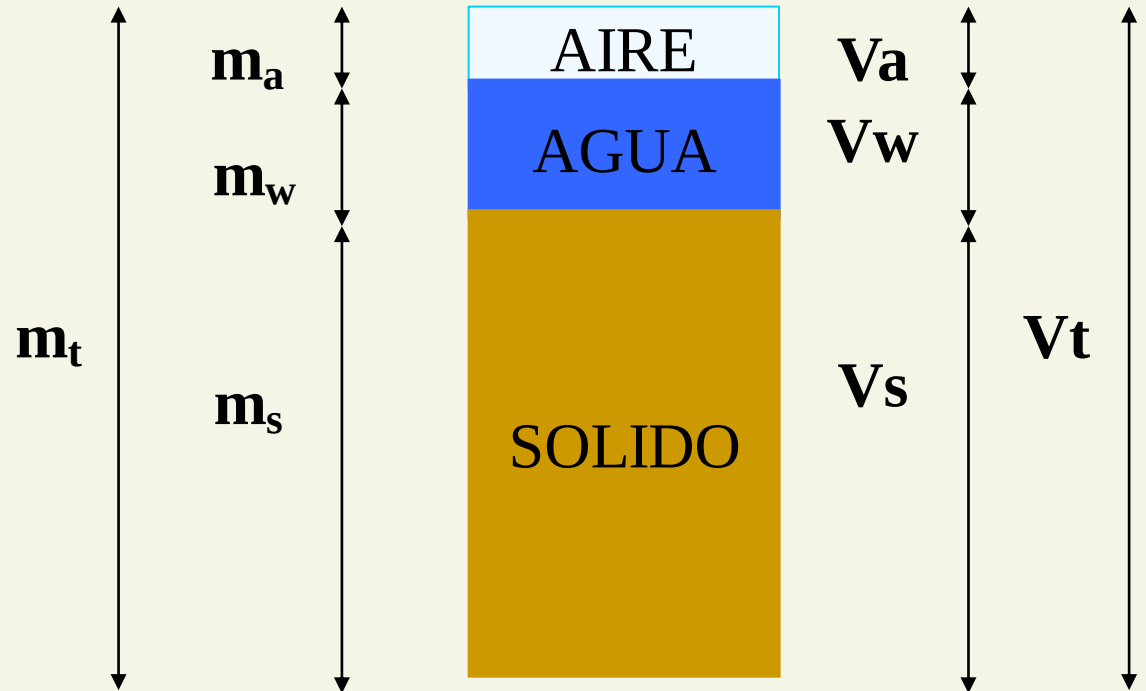
Mg. Ing. María Teresa Garibay

PROPIEDADES INDICE

Muestra de suelo



Modelo de Tres Fases



PROPIEDADES INDICE

Relaciones Volumétricas:

e: relación de vacíos

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$\eta = \frac{V_v}{V_T}$$

$$\eta = \frac{e}{1+e}$$

η : porosidad

Dr: densidad relativa o compacidad

$$D_r = C_r = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

Sr: grado de saturación

a: contenido de aire

$$S_r = \frac{V_w}{V_v}$$

$$a = \frac{V_a}{V_v}$$

$$S_r + a = 1$$

Dr (arenas) (%)	Estado
0-15	Muy suelta
15-50	Suelta
50-70	Mediamente Densa
70-85	Densa
85-100	Muy Densa

PROPIEDADES INDICE

Relaciones Gravimétricas:

ω : contenido de humedad

G : densidad relativa de los sólidos

γ_s : peso específico del sólido

γ_h : peso específico húmedo

γ_d : peso específico seco

γ_{sat} : peso específico saturado

γ' : peso específico sumergido

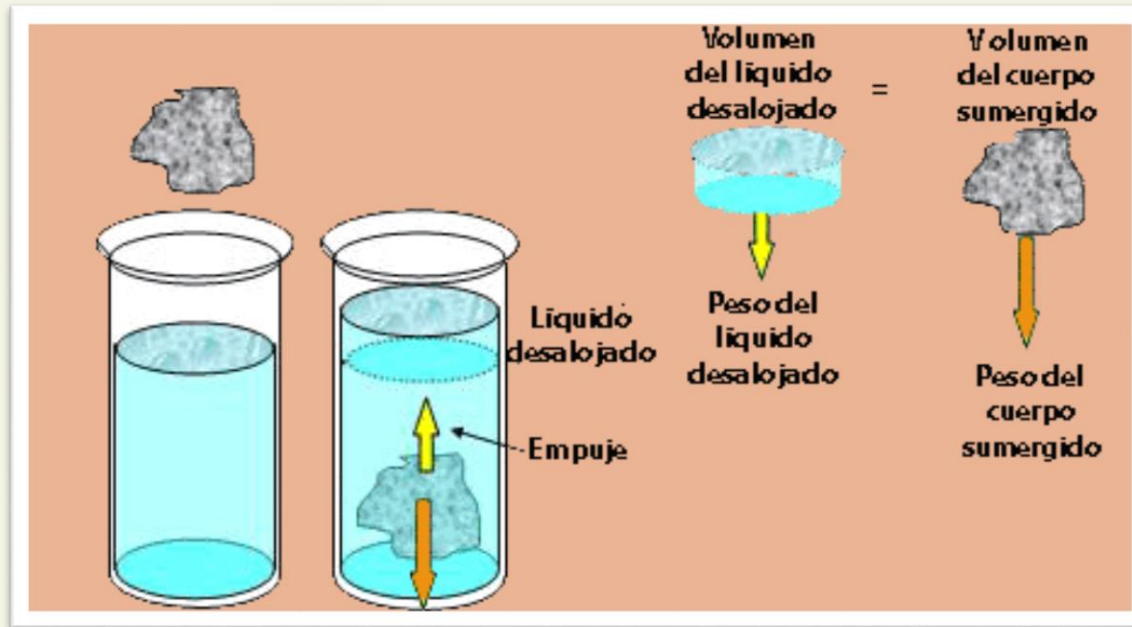
$$\omega = \frac{m_w}{m_s}$$

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

$$\gamma_s = \frac{m_s}{V_s} \cdot g$$

$$\gamma = \frac{m}{V_T} \cdot g$$

Peso específico sumergido

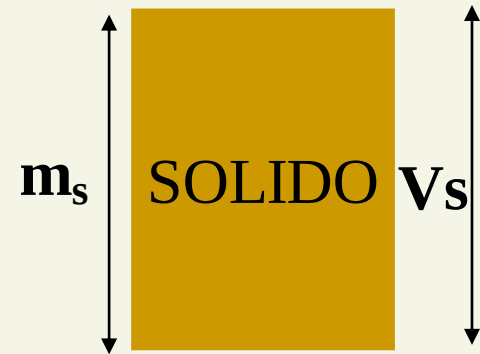


$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{agua}}$$

γ' = peso específico sumergido

γ_{sat} : peso específico saturado

Densidad relativa de los sólidos del suelo - G

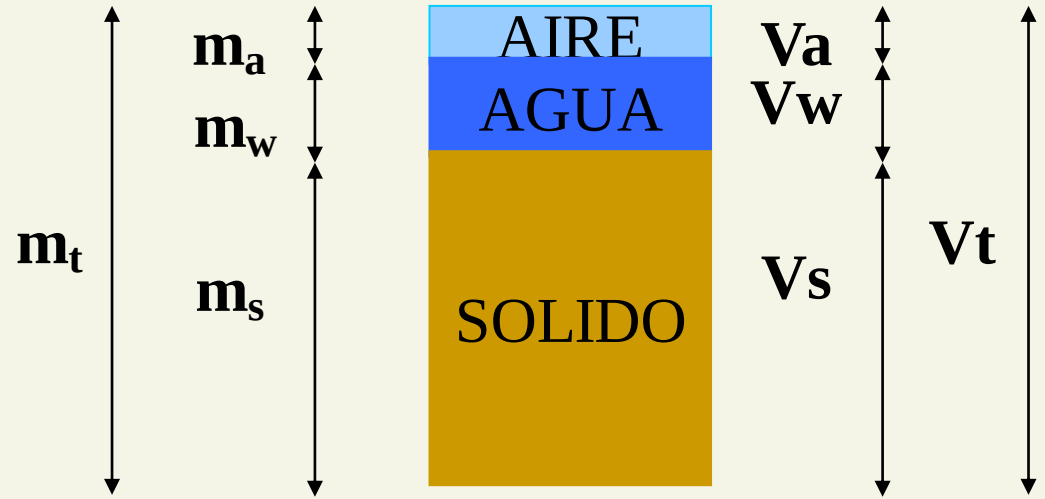


$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$$

$$G = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

Mineral	Densidad relativa de los sólidos (G)
Cuarzo	2.65
Feldespatos	2.54 - 2.76
Mica	2.76 - 3.20
Calcita	2.71
Hematita	5.20
Yeso	2.32
Caolinita	2.62- 2.66
Illita	2.60 -2.86
Motmorillonita	2.75 – 2.78

PROPIEDADES INDICE



**DEPENDEN DE LA
ESTRUCTURA:**

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$Sr = \frac{V_w}{V_v}$$

$$\eta = \frac{V_v}{V_T}$$

$$a = \frac{V_a}{V_v}$$

$$\gamma = \frac{m}{V_T} \cdot g$$

**NO DEPENDEN DE LA
ESTRUCTURA:**

$$\gamma_s = \frac{m_s}{V_s} \cdot g$$

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$$

$$\omega = \frac{m_w}{m_s}$$

PROPIEDADES INDICE

que se determinan en el laboratorio
a través de ensayos

$$\omega = \frac{m_w}{m_s}$$

$$G = \frac{\gamma_s}{\gamma_\omega}$$

$$\gamma_h = \frac{m_{sh}}{V_T} \cdot g$$

Las restantes se calculan a partir de ellas

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + \omega}$$

$$e = \frac{G}{\gamma_d} \gamma_\omega - 1$$

$$S_r = \frac{\omega \cdot G}{e}$$

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD



Muestra recibida en laboratorio

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD



Balanza y recipientes para contener suelo (pesafiltros).



Horno para secado de muestras de suelo.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

$$\omega = \frac{m_{\omega}}{m_s}$$

DATOS DE LABORATORIO:

- **msh + recipiente** *se seca a horno a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$*
- **ms + recipiente**
- **m recipiente**

RESULTADOS:

- **(msh + recipiente) - (m s + recipiente) = m_{ω}**
- **(m s + recipiente) - (m recipiente) = m_s**

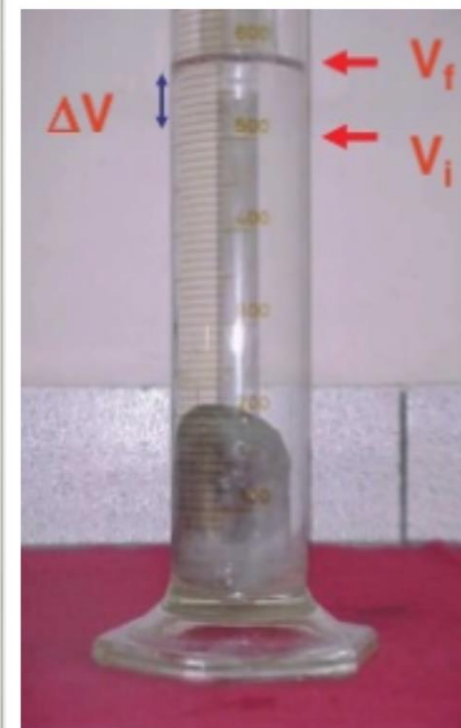
DETERMINACIÓN DE DENSIDADES

$$\gamma_h = \frac{m_{sh}}{V_T} \cdot g$$

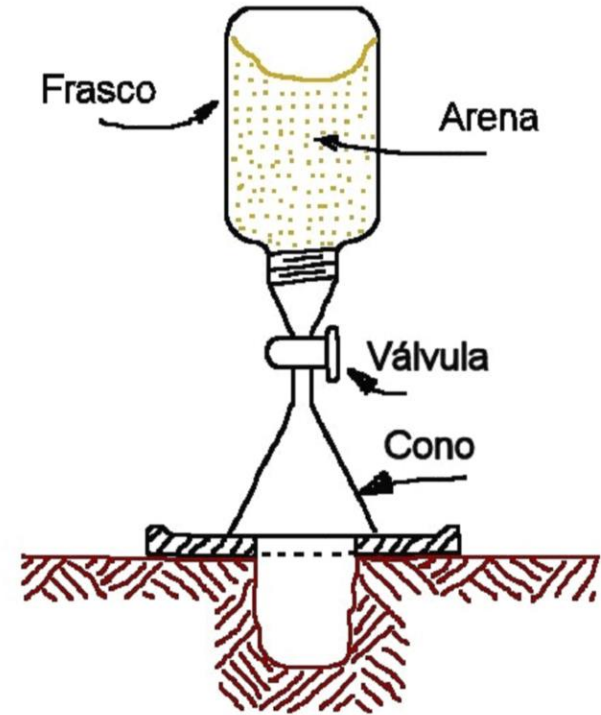
- **DETERMINACIÓN DE PESOS**
- **DETERMINACIÓN DE VOLUMENES**
 - **en laboratorio**
 - Geometría**
 - Inmersión en agua o mercurio**
 - **in situ**
 - Toma de muestra**
 - Cono de arena**
 - Volumenómetro**
 - Nucleodensímetro**

DETERMINACIÓN DE VOLUMENES EN LABORATORIO

- Geometría
- Inmersión en agua o mercurio



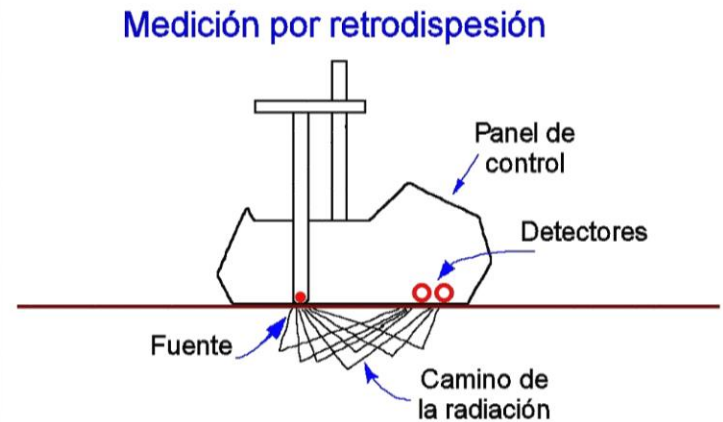
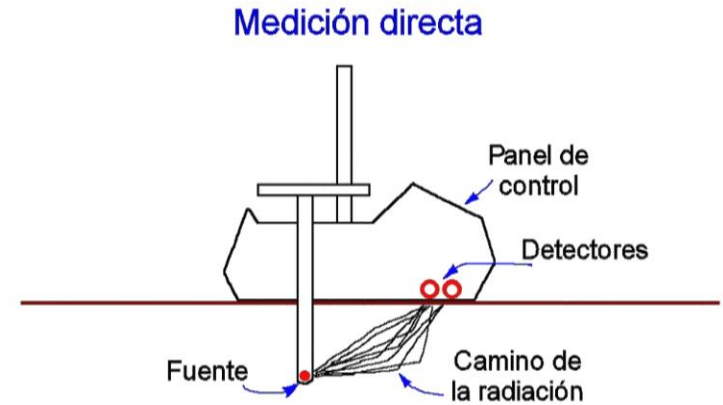
VOLUMEMES IN SITU



Densidad y humedad in situ con “Nucleodensímetro”

Ensayo no destructivo:

El empleo de isótopos radioactivos, posibilita medir la densidad y la humedad en forma muy rápida y precisa



Densidad relativa de los sólidos del suelo (Gravedad específica)

Se determina el método general de obtención de la gravedad específica de la masa de cualquier material compuesto por partículas pequeñas cuya peso específico relativo sea mayor que 1.00.



Recordemos la definición de

$$G = \gamma_{\text{material}} / \gamma_{\text{agua a } 4^{\circ}\text{C}}$$

que también puede ser escrita como

$$G = \frac{m_{\text{suelo}} / V}{m_{\text{agua a } 4^{\circ}\text{C}} / V}$$

y como los volúmenes son iguales queda

$$G = \frac{m_{\text{suelo}}}{m_{\text{agua a } 4^{\circ}\text{C}}}$$

Finalmente

$$G = \frac{m_{\text{suelo}}}{m_{\text{agua desplazada}}}$$

Datos que se obtienen en el laboratorio

Figura 1



Masa del matraz
vacío

m_{matraz}

Figura 2



Masa del matraz +
agua

$m_{\text{matraz+agua}}$

Figura 3



Masa del matraz +
agua+suelo

$m_{\text{matraz+agua+suelo}}$

Si los sólidos del suelo no desplazarán un volumen de agua igual al volumen que ellos ocupan tendríamos que el peso total en la figura 3 **sería:**

$$m_{\text{total}} = m_{\text{matraz+agua}} + m_{\text{suelo}}$$

Pero como parte del agua es reemplazada por partículas de suelo, la masa total en la figura 3 **es:**

$$m_{\text{matraz+agua+ suelo}} = m_{\text{matraz+agua}} + m_{\text{suelo}} - m_{\text{agua desplazada}}$$

De la expresión que habíamos deducido anteriormente se puede despejar el valor de la **masa de agua desplazada** ya que todos los términos escritos en azul se obtienen en el laboratorio por medio de pesadas.

$$m_{\text{matraz+agua+ suelo}} = m_{\text{matraz+agua}} + m_{\text{suelo}} - m_{\text{agua desplazada}}$$

Por lo que

$$G = \frac{m_{\text{suelo}}}{m_{\text{agua desplazada}}}$$

$$G = \frac{m_{\text{suelo}}}{m_{\text{matraz+agua}} + m_{\text{suelo}} - m_{\text{matraz+agua+ suelo}}}$$

Densidad relativa de los sólidos del suelo

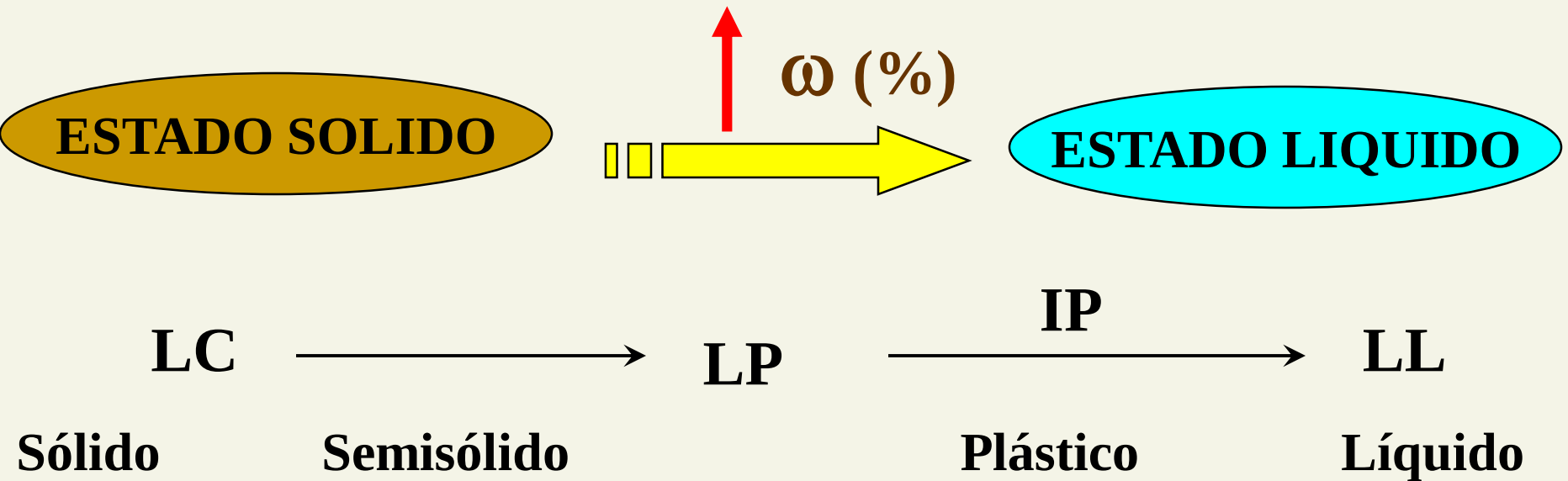
El método de trabajo del laboratorio para determinar la densidad relativa es un **método indirecto** porque para medir el volumen del suelo se mide el volumen del agua que este desplaza.

$$G = \frac{m_{\text{suelo}}}{m_{\text{aguadesplazada}}}$$

$$\alpha = \frac{\rho_{T^{\circ}\text{Ensayo}}}{\rho_{\text{agua } 20^{\circ}\text{C}}}$$

$$G = \frac{\alpha \cdot m_{\text{suelo}}}{m_{\text{matraz+agua}} + m_{\text{suelo}} - m_{\text{matraz+agua+suelo}}}$$

ESTADOS DE CONSISTENCIA



LIMITES DE ATTERBERG:

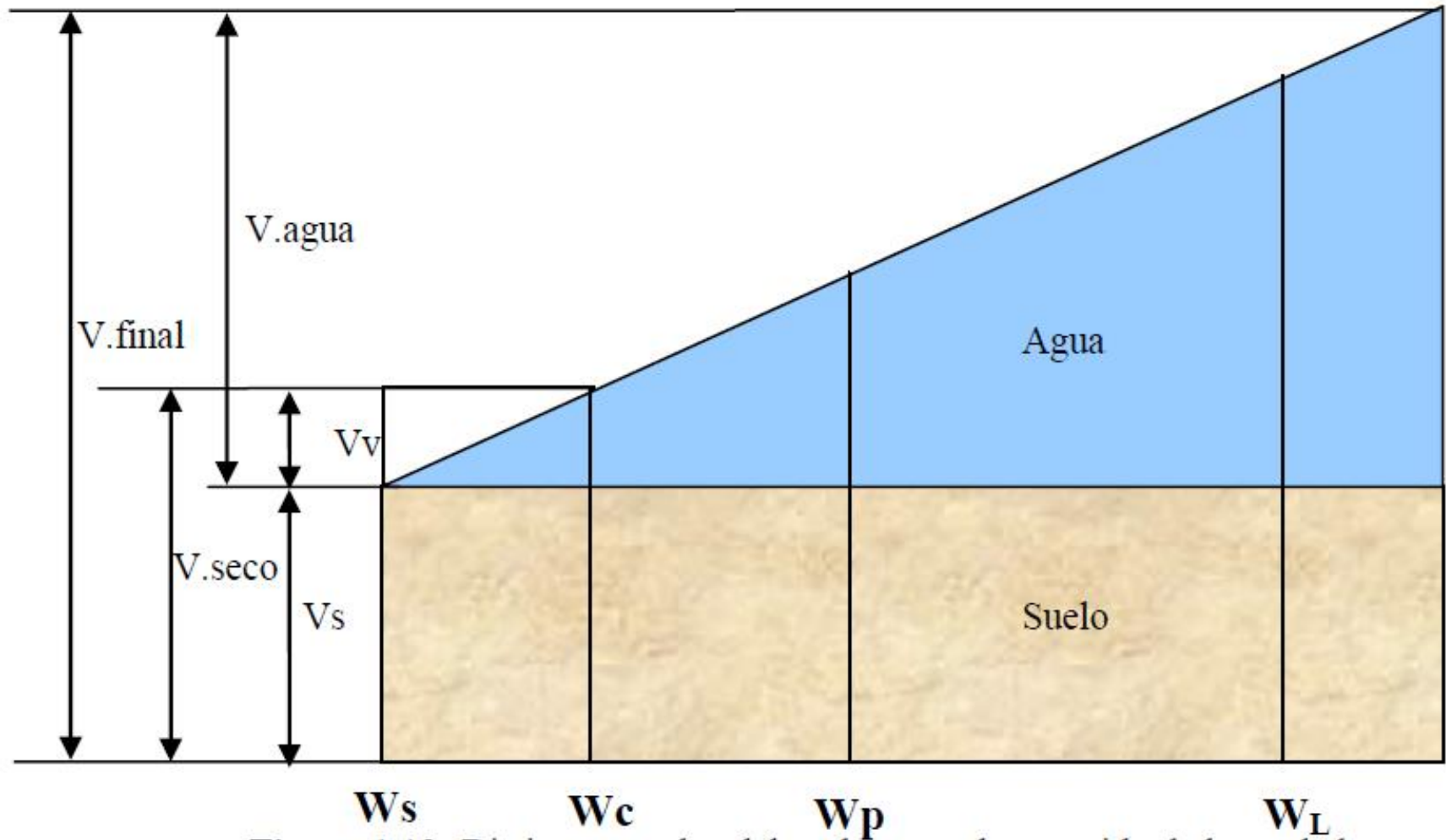
son límites arbitrarios entre los diferentes estados

LIMITES DE ATTERBERG

LIMITES DE ATTERBERG:

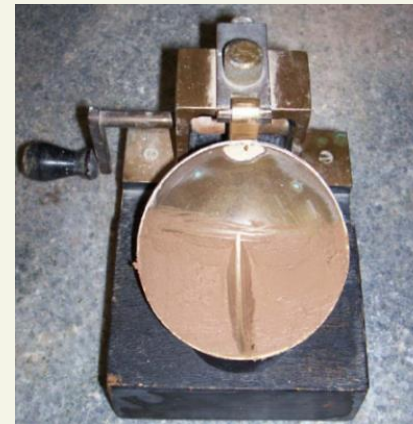
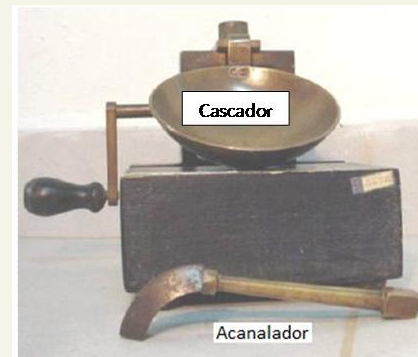
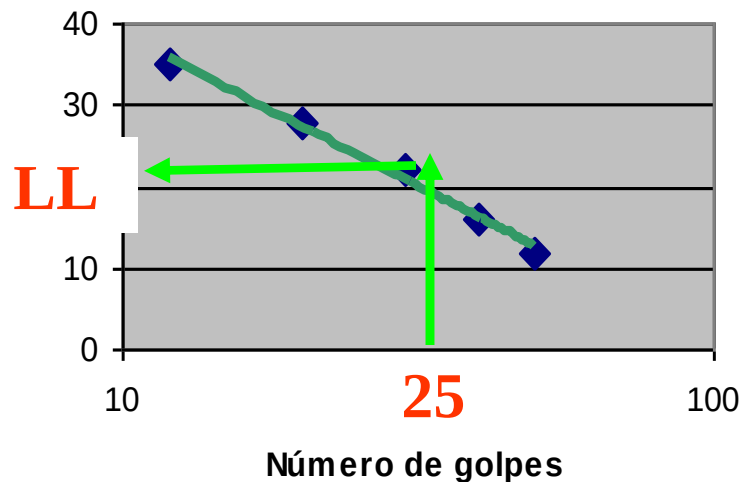
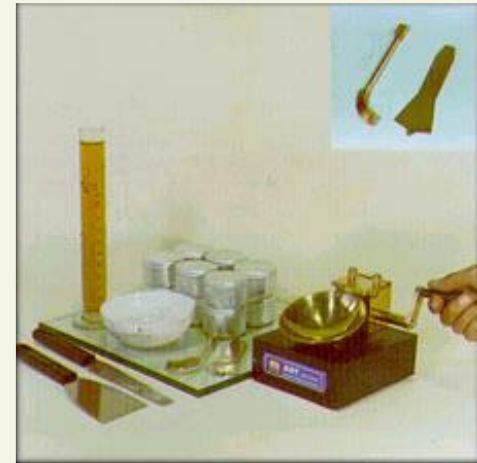
- Son límites arbitrarios entre los diferentes estados de consistencia
- Se realizan con la parte fina de los suelos
- Fracción que pasa el tamiz IRAM N° 40 (420 μm)
- Los más usados son:
 - Límite líquido (LL o ω_L)
 - Límite plástico (LP o ω_P)
 - Límite de contracción (LC o ω_C)

LIMITES DE ATTERBERG



LIMITES DE ATTERBERG

- **LIMITE LIQUIDO** (LL): es el contenido de humedad entre los estados de consistencia plástico y líquido.
- Y es el contenido de humedad para el cual 2 secciones de una pasta de suelo, alcanzan a unirse en 12 mm al cabo de 25 golpes en el Cascador de Casagrande



• Índice de fluencia: $I_f = \Delta w / \Delta \log N$

LIMITES DE ATTERBERG

- **LIMITE LIQUIDO** (LL): es el contenido de humedad entre los estados de consistencia plástico y líquido.
- Para N entre 20 y 30 golpes, con un solo ensayo se puede estimar el LL, donde
:
 ω_n es la humedad correspondiente a N golpes

$$\beta = 6.9^\circ \quad \tan \beta = 0.121$$

$$LL = \omega_n \left(\frac{N}{25} \right)^{\tan \beta}$$

LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE PLASTICO:

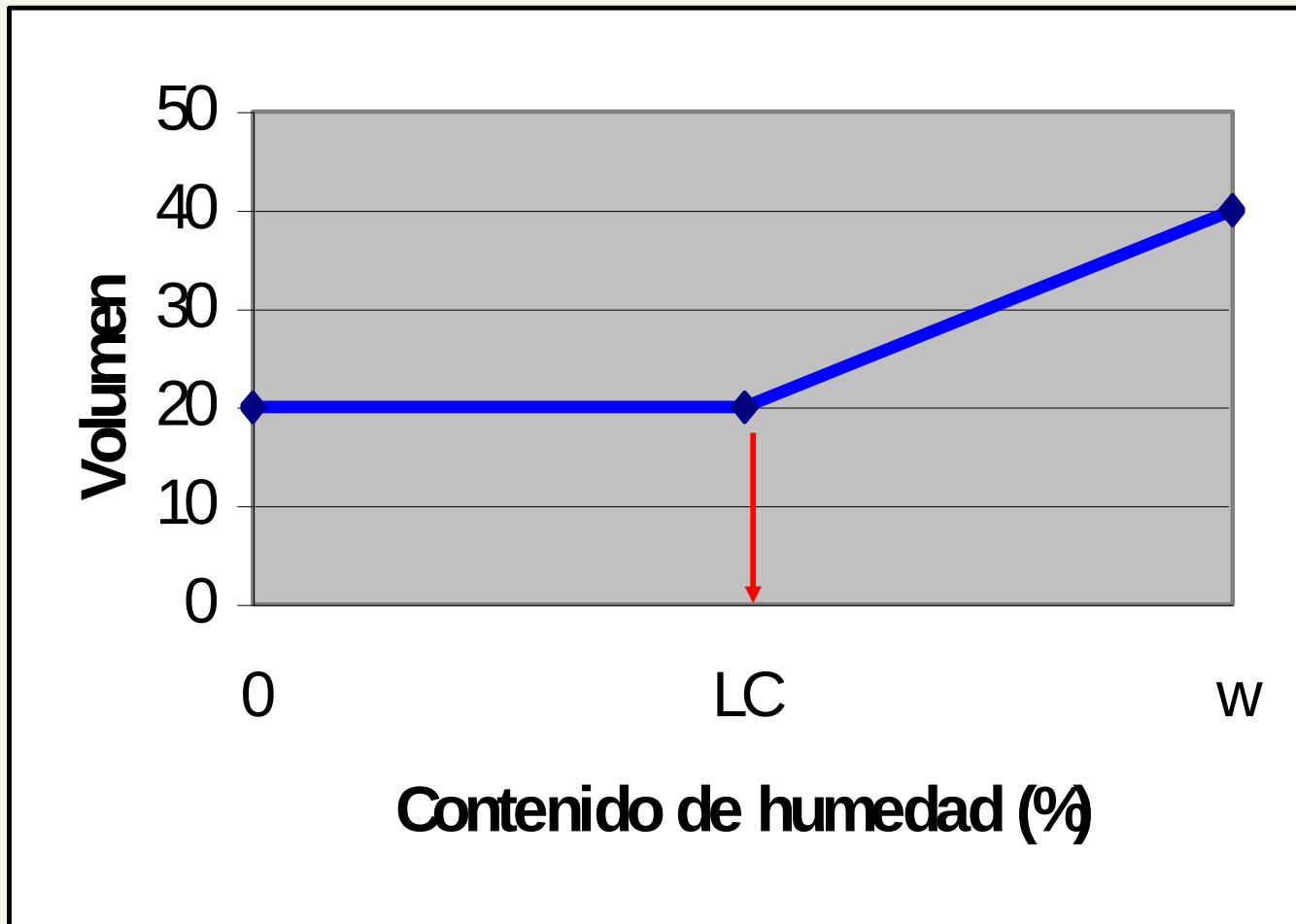
- es el contenido de humedad entre los estados de consistencia plástico y semisólido
- es el contenido de humedad para el cual el suelo comienza a agrietarse cuando es amasado en cilindros de 3 mm de diámetro.



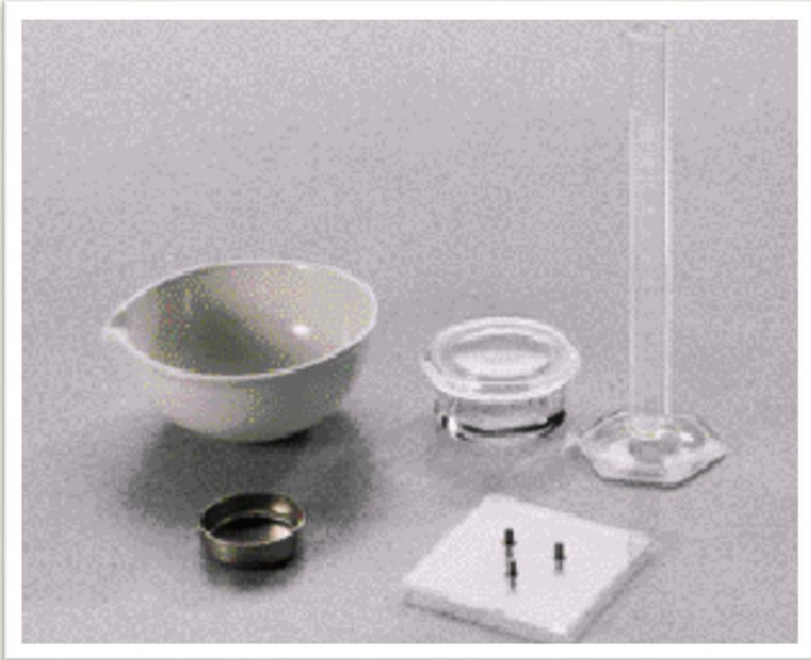
LIMITES DE ATTERBERG

LIMITE DE CONTRACCION:

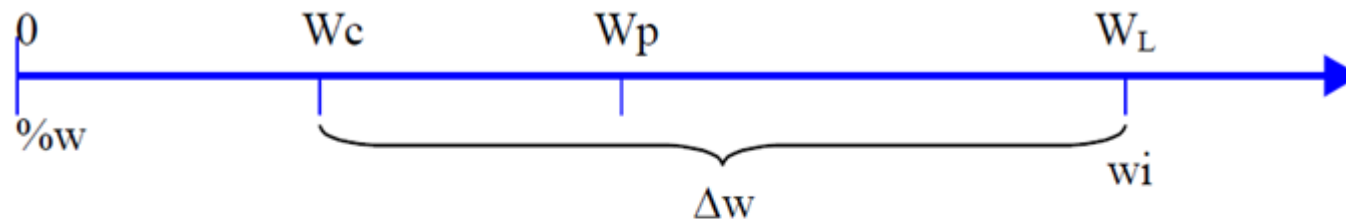
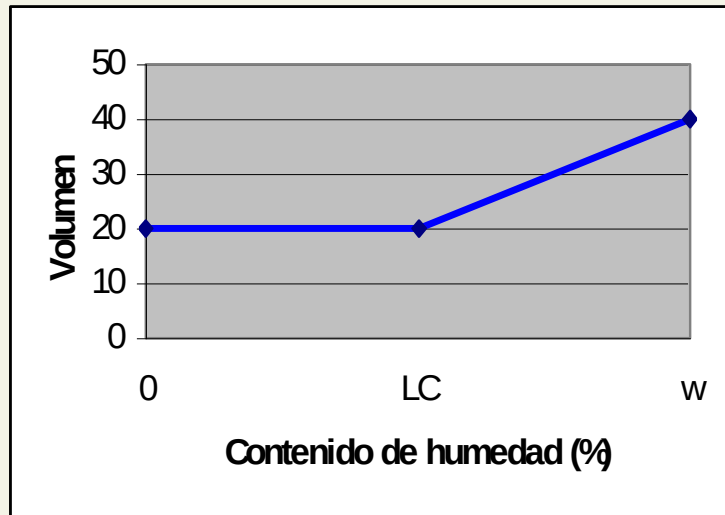
- es el contenido de humedad entre los estados de consistencia semisólido y sólido
- es el contenido de humedad por debajo del cual una pérdida de humedad no trae aparejado un cambio de volumen



LIMITE DE CONTRACCION



LIMITE DE CONTRACCION



$$W_c = w_i - \Delta w$$

$$W_c = \frac{m_h - m_s}{m_s} \cdot 100 - \frac{V_i - V_f}{m_s} \cdot \rho_w \cdot 100$$

LIMITES DE ATTERBERG

Indice Plástico $IP = LL - LP$

Indice de liquidez : $IL = (w - LP) / IP$

$W > LL$ ----- $IL > 1$ ---- masa viscosa

$IL < 0$ ----- no se puede amasar

Consistencia relativa: $CR = (LL - w) / IP$

$0.50 < CR < 0.75$ consistencia media

$0.75 < CR < 1$ consistencia rígida

Cálculo de la Actividad Superficial de las Arcillas

La Actividad de las arcillas de acuerdo con s/Skempton A. (1953) se define como:

$$A = \frac{IP}{\% \text{arcilla}}$$

donde

IP es el índice de plasticidad

% arcilla es el porcentajes de partículas menores a 2 micrones

Potencial de expansión en las arcillas en función de
acuerdo a normas colombianas NSR-98

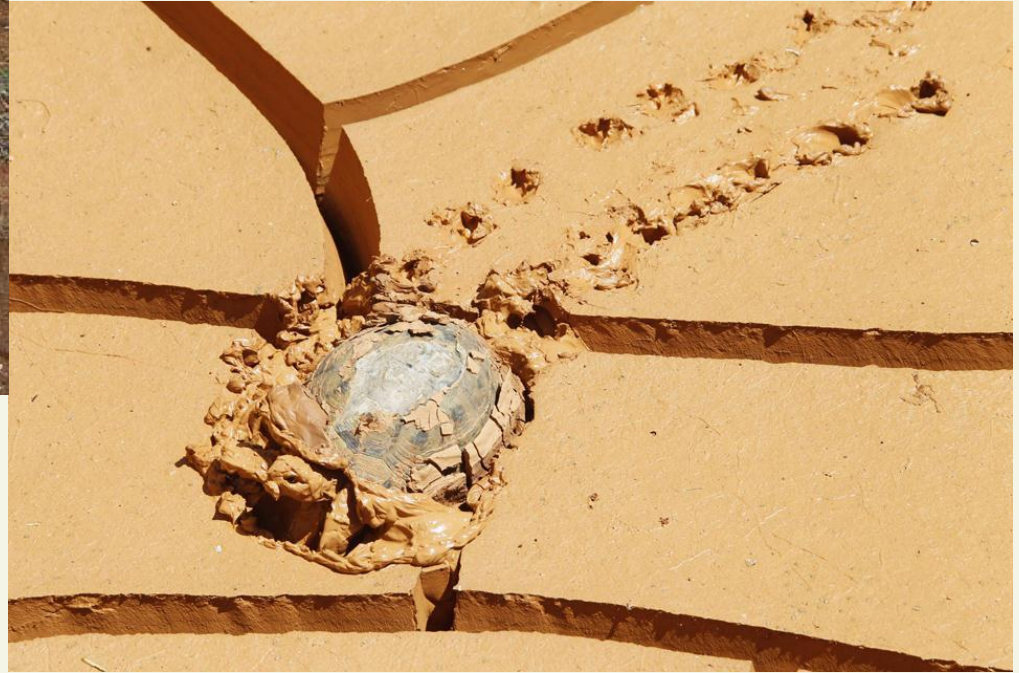
Potencial Expansivo	Expansión Consolidómetro	LL (%)	LC (%)	IP (%)	Partículas < 1 μ (%)
Muy Alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37
Alto	20 - 30	50 - 63	6 - 12	23 - 45	18 - 37
Medio	10 - 20	39 - 50	8 -18	12 – 34	12 - 37
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17

¿CÓMO DISTINGUIR SUELOS EXPANSIVOS DE COLAPSABLES?

- Los suelos expansivos aumentan su volumen cuando se aumenta su humedad, $\uparrow V$ $\uparrow \omega$
- Los suelos colapsables reducen su volumen cuando aumenta su humedad $\downarrow V$ $\uparrow \omega$
- La manifestación exterior puede ser similar
- El límite líquido permite distinguirlos

Suelos Expansivos $LL > 50\%$ y $\omega_{sat} \ll LL$

Suelos Colapsables $LL < 35\%$ y $\omega_{sat} \cong LL$



¿Qué se observa?

¿Hay diferencias entre los suelos?

