



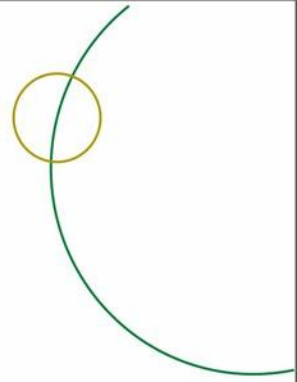
Universidad de Sucre

INCLUYENTE, INTEGRADA Y PARTICIPATIVA



GEOTECNIA I

(20222150062111)



M. Sc. Carlos Medina
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Sucre



ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS

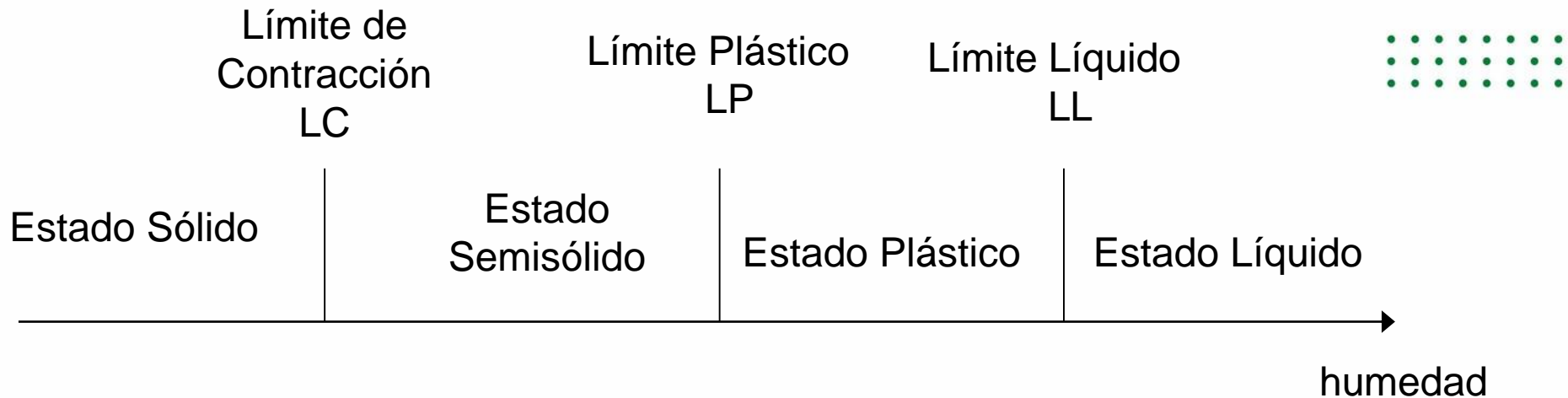
La Consistencia es la trabazón o coherencia entre las partículas de una masa de suelo.

La consistencia de las arcillas tiene un amplio rango y puede variar de acuerdo al contenido de humedad, desde parecer una roca (seco) a comportarse como un líquido viscoso (saturada).

La plasticidad es la capacidad de los materiales de experimentar deformaciones irreversibles sin romperse. Depende de la composición mineralógica y su contenido de humedad.

Cohesión: fuerzas de atracción intermolecular, que permiten a las partículas adherirse entre si

ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS



El contenido de humedad para la cual la consistencia cambia varía de una arcilla a otra, dependiendo de la cantidad y tipo de mineral arcilloso presente.



ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS

Límites de Atterberg

Albert Mauritz Atterberg (1911) trabajando en la industria de la cerámica, desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variable.

Los límites de Atterberg son contenidos de humedad en ciertos límites o estados críticos para el comportamiento de los suelos arcillosos. Son seis (6)

Límite de cohesión: Es la cantidad de humedad por el cual las boronas de un suelo son capaces de pegarse unas a otras.



ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS

Límite Pegajosidad: Es el contenido de humedad con el cual el suelo comienza a pegarse en la superficie metálica tales como la cuchilla y la espátula.

Límite de Contracción (LC): Es el contenido de humedad por debajo del cual no se produce reducción adicional de volumen o contracción en el suelo.

Límite Plástico (LP): Límite inferior del comportamiento plástico

Límite Líquido (LL): Es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. Límite inferior del comportamiento como líquido viscoso.

Límite de saturación. Es el contenido de humedad cuando el suelo tiene todo el volumen de vacíos lleno de agua



ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS

Límite líquido (LL):

Es el Contenido de agua para el cual una ranura estándar de 13mm(1/2 pulg) hecha en un suelo remoldeado requiere 25 golpes para cerrarse con una caída de 10mm sobre una base de micarta o caucho duro (D-4318 de la ASTM).

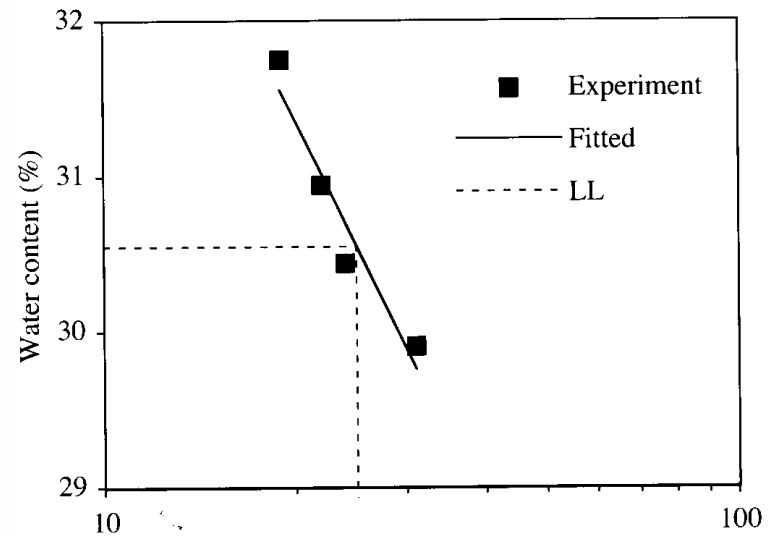
Aparato: Cazuela de Casagrande

- LL se determina mediante la interpolación del número de golpes obtenidos para cerrar la ranura en suelos con contenidos de agua crecientes.
- Significado: Límite entre el estado plástico del suelo y el estado líquido

Límite líquido (LL):



Límite líquido (LL):



ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS

Límite plástico (LP):

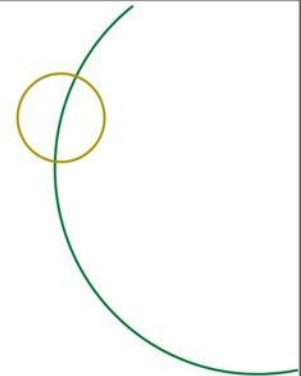
Se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro se desmorona (D-4318 de la ASTM).

El LP se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal.

-Significado: el LP es el límite inferior del rango plástico del suelo.

-Límite entre estado plástico y el estado semisólido del suelo

• Límite plástico (LP):



ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS

Índice de plasticidad (IP):

Rango de contenido de agua en el cual la arcilla tiene un comportamiento plástico.

El IP es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico

$$IP = LL - LP$$

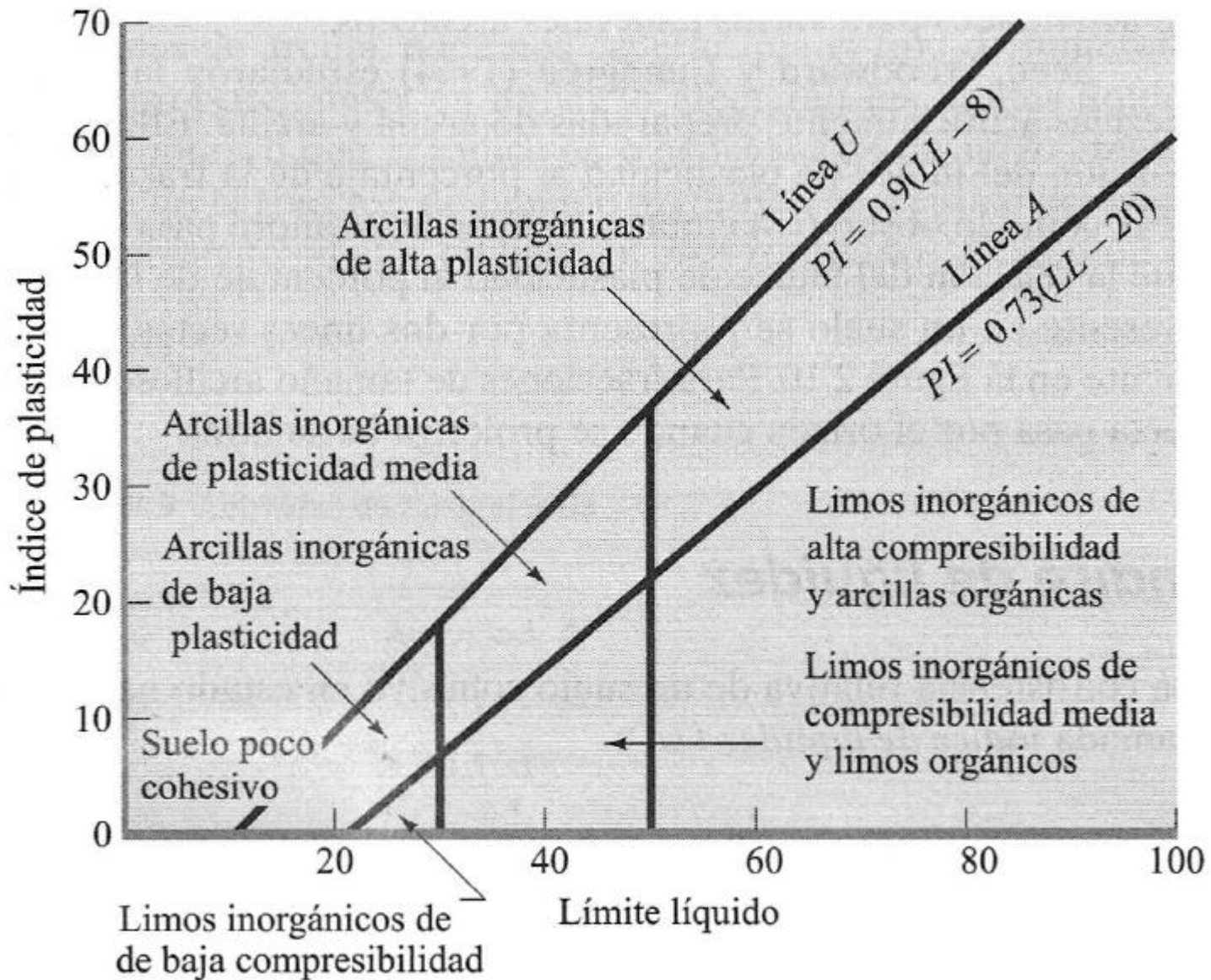


FIGURA 2.11 Carta de plasticidad.

EJERCICIO 1

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de límite líquido y plástico de un suelo.

LÍMITE LÍQUIDO				
	1	2	3	4
Masa del recipiente (gr)	10,1	12,5	11,4	10,9
Masa del recipiente + suelo húmedo (gr)	68,9	72,5	71,4	73,8
Masa del recipiente + suelo seco (gr)	62,3	63,4	60,2	58,3
Masa del agua (gr)				
Masa del suelo seco (gr)				
Contenido de Humedad (%)				
Número de golpes	38	29	20	12

LÍMITE PLÁSTICO		
	1	2
Masa del recipiente (gr)	10,4	11,5
Masa del recipiente + suelo húmedo (gr)	35,4	36,8
Masa del recipiente + suelo seco (gr)		
Masa del agua (gr)		
Masa del suelo seco (gr)		
Contenido de Humedad (%)		

Determinar:

- Límite líquido
- Límite plástico
- Índice de plasticidad

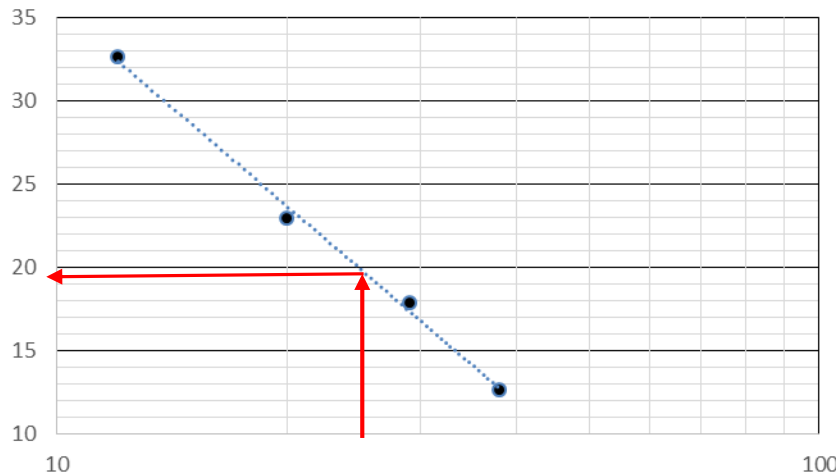


EJERCICIO 1

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de límite líquido y plástico de un suelo.

LÍMITE LÍQUIDO				
	1	2	3	4
Masa del recipiente (gr)	10,1	12,5	11,4	10,9
Masa del recipiente + suelo húmedo (gr)	68,9	72,5	71,4	73,8
Masa del recipiente + suelo seco (gr)	62,3	63,4	60,2	58,3
Masa del agua (gr)	6,6	9,1	11,2	15,5
Masa del suelo seco (gr)	52,2	50,9	48,8	47,4
Contenido de Humedad (%)	12,64	17,88	22,95	32,70
Número de golpes	38	29	20	12

Humedad (vs) N° de Golpes



Límite Líquido=19,98%



A continuación se presentan los resultados de las pruebas de límite líquido y plástico de un suelo.

LÍMITE PLÁSTICO		
	1	2
Masa del recipiente (gr)	10,4	11,5
Masa del recipiente + suelo húmedo (gr)	35,4	36,8
Masa del recipiente + suelo seco (gr)	33,1	34,5
Masa del agua (gr)	2,3	2,3
Masa del suelo seco (gr)	22,7	23
Contenido de Humedad (%)	10,13	10,00

Límite Plástico=10,06%

Límite Líquido=19,98%

$$IP = LL - LP$$

Índice de Plasticidad=19,98%-10,06%

Índice de Plasticidad=9,92%

ESTADO DE CONSISTENCIA SUELOS FINOS

- Límite de contracción (LC): Una masa de suelo se contrae en la medida en que este pierde agua. Con la pérdida continua, se alcanza un estado de equilibrio en el que más pérdida de agua no provoca cambio de volumen.
 - Es el contenido de agua por debajo del cual un suelo no experimenta cambios de volumen por secado
 - El menor contenido de agua en el cual el suelo puede estar saturado



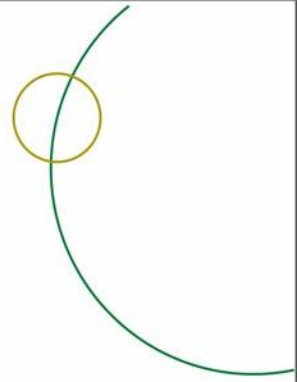
Límite de contracción (LC): (D-427 de la ASTM)

Se efectúa en un recipiente de porcelana de 44mm de diámetro y 13 mm de altura.

El interior del recipiente se cubre con aceite de petróleo (o vaselina) y se llena con suelo húmedo.

Se pesa el suelo húmedo y se seca al horno a masa de suelo





- Límite de contracción (LC):
EQUIPO

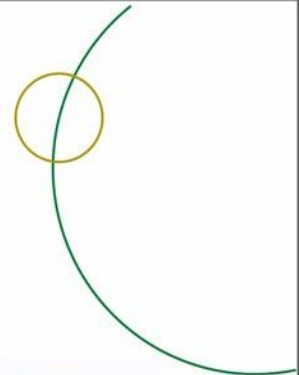


Equipo básico



Probeta y mercurio



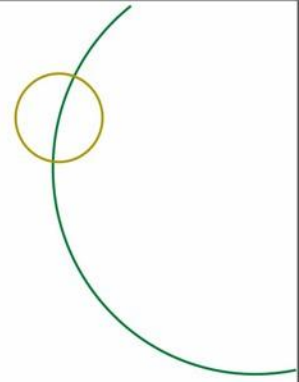


- Límite de contracción (LC):

PROCEDIMIENTO

- Recubrir el interior de la cápsula de evaporación con una capa fina de grasa.
- Llenar la cápsula de evaporación en tres capas. Compactar cada capa dando golpes suaves sobre una superficie firme para eliminar las burbujas de aire.



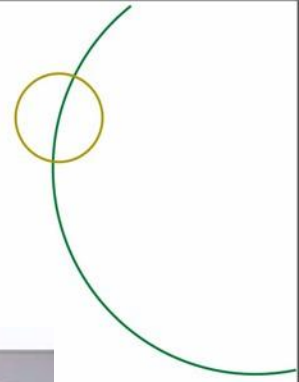


- Límite de contracción (LC):

PROCEDIMIENTO

- Luego de completar la tercera capa, se enrasa utilizando la espátula.
- Se toma el peso de la cápsula con el suelo húmedo para determinar el contenido de humedad y se lleva al horno.



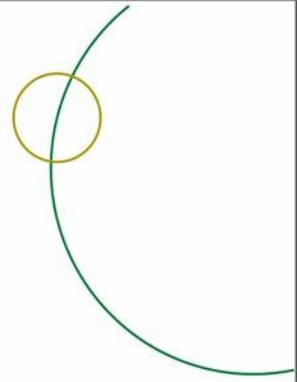


• Límite de contracción (LC):

PROCEDIMIENTO

- Se deja secar en el horno a temperatura estándar.
- Luego del secado se retira y se halla el peso seco. Se puede observar la variación del volumen por secado





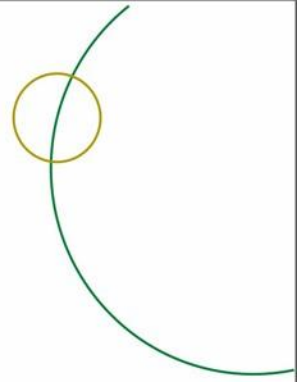
- Límite de contracción (LC):

PROCEDIMIENTO



- Luego se debe determinar el volumen de la muestra de suelo seca. Se utiliza el desplazamiento en mercurio.



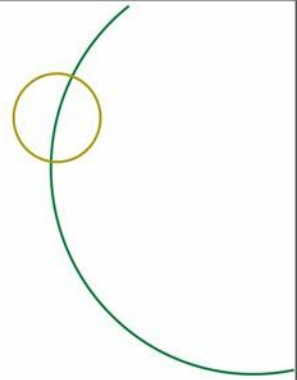


- Límite de contracción (LC):



- Se coloca la pastilla de suelo sobre un recipiente enrasado con mercurio y se introduce con la ayuda de una placa plástica de tres puntas. Se recoge en un recipiente el volumen de mercurio desplazado.

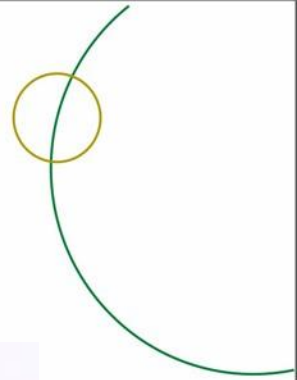




- Límite de contracción (LC):



- El volumen desplazado por el suelo se recoge con ayuda de un recipiente y se coloca en la probeta graduada para determinar su volumen .



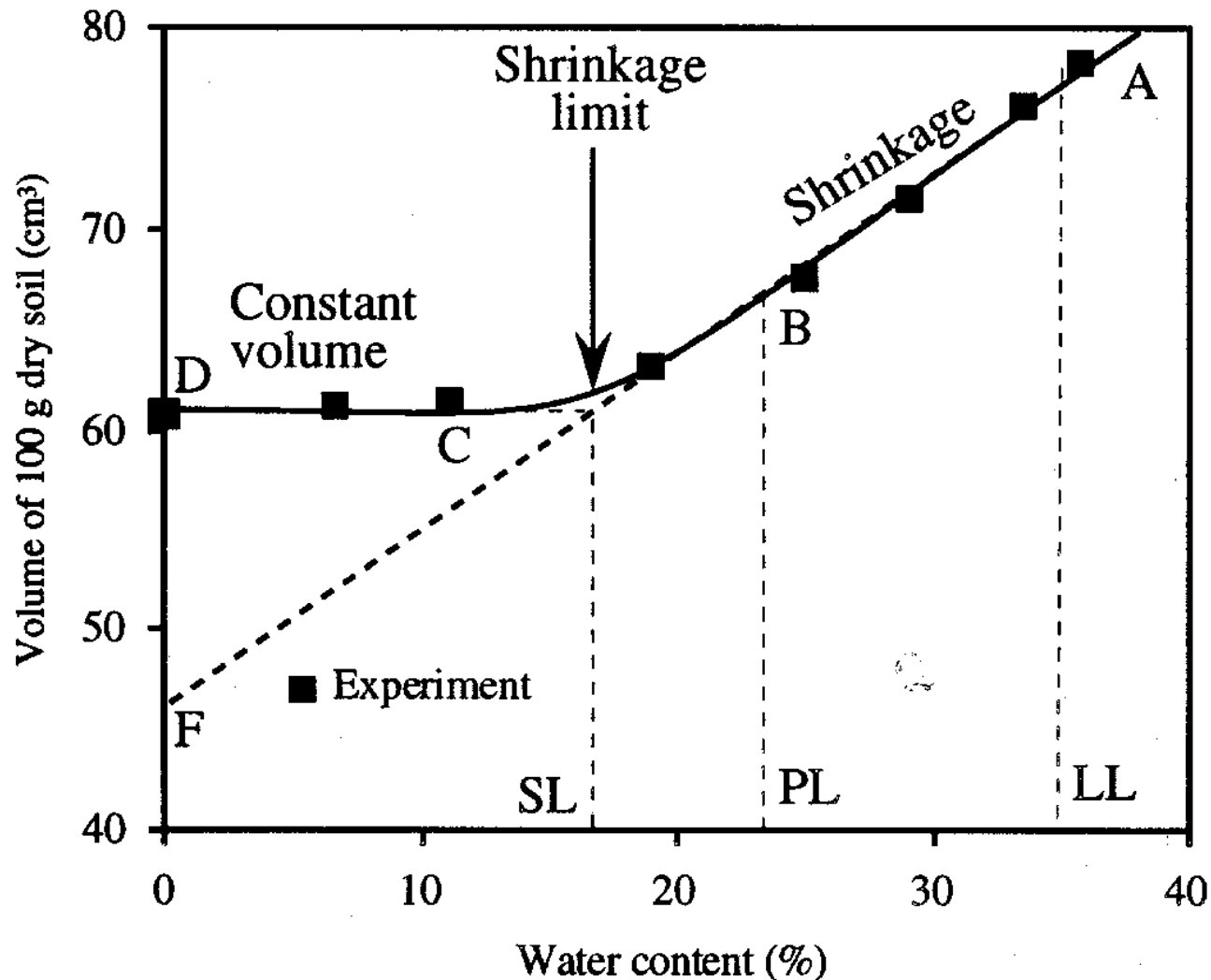
- Límite de contracción (LC):

$$LC = \omega - \left[\frac{(V - V_o) \gamma_w}{W_o} \right] * 100$$

Donde:

- LC** : Límite de contracción (%) .
 ω : Contenido de humedad del suelo al momento del ensayo
V : Volumen del suelo húmedo .
 V_o : Volumen del suelo seco .
 W_o : Peso de suelo seco (pastilla) .
 γ_w : Densidad del agua (1.0 gr/cm³) .

CURVA TÍPICA DE CONTRACCIÓN DE UN SUELO (Head, 1984)



Índice de liquidez (IL):

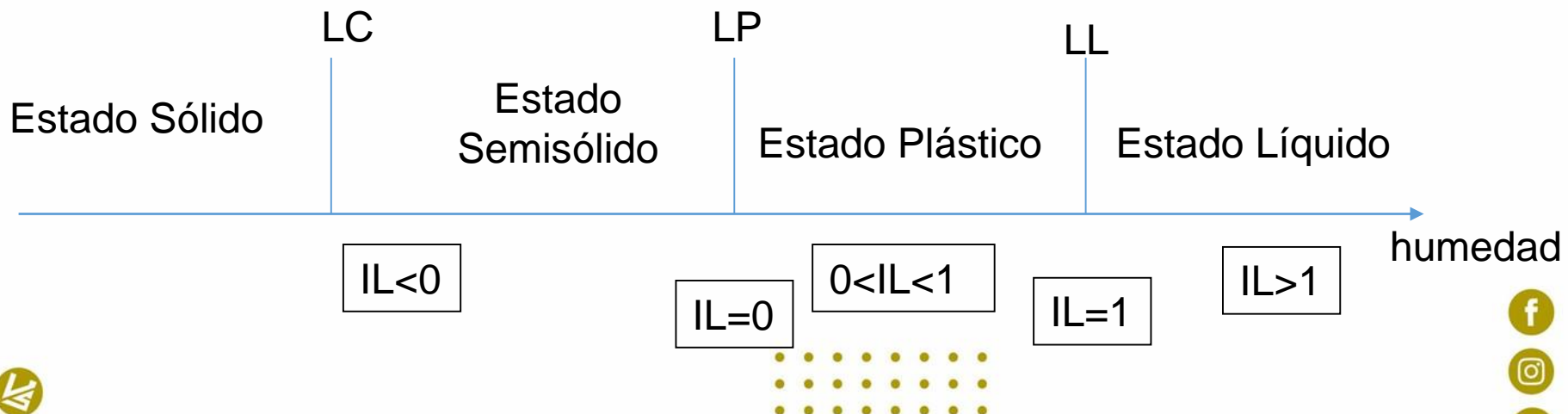
Expresa la consistencia relativa de un suelo cohesivo en estado natural

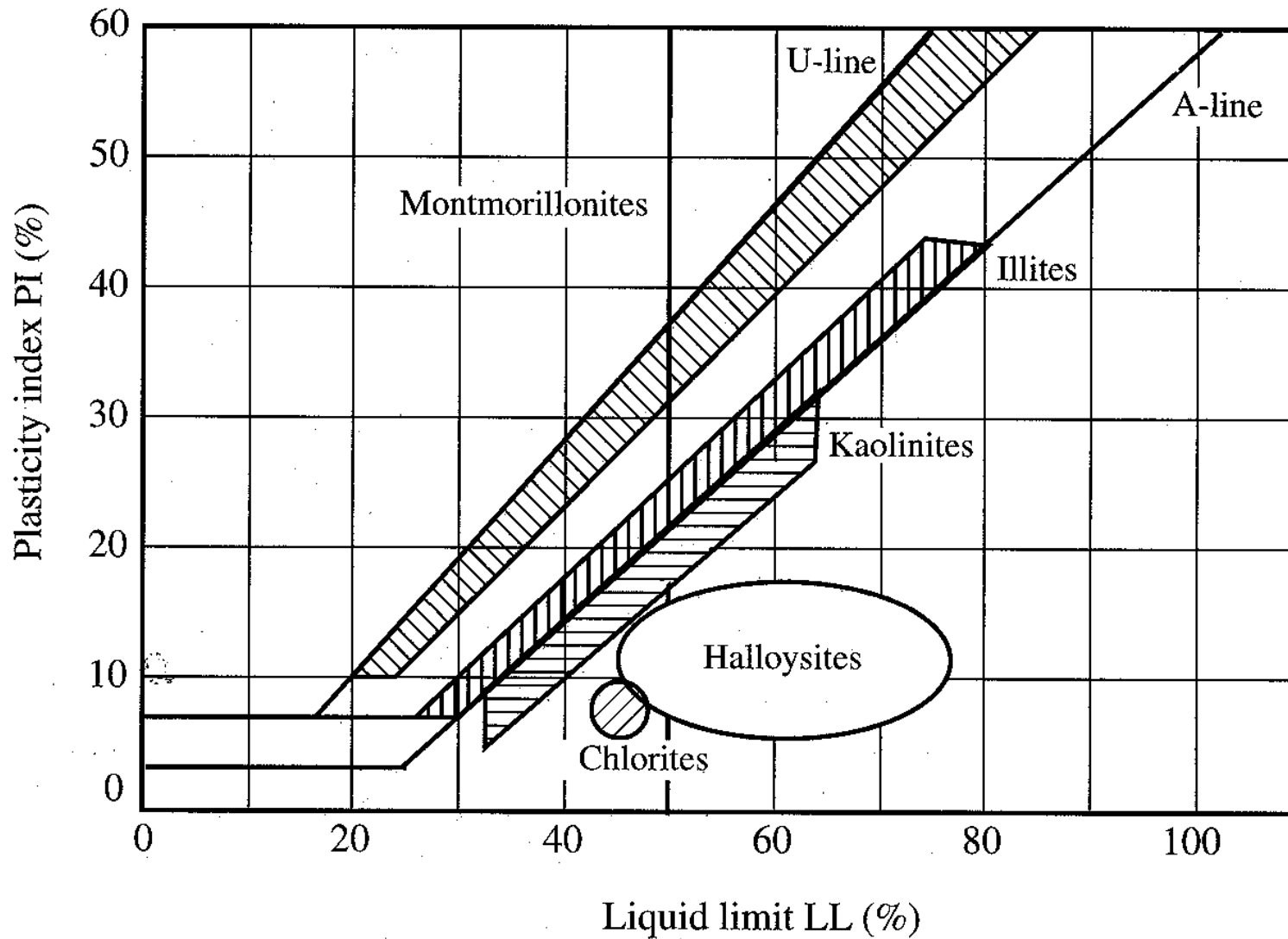
$$IL = \frac{w_n - LP}{LL - LP}$$

IL < 0: suelo presenta una fractura quebradiza cuando se corta

0 < IL < 1: Suelo presenta un comportamiento plástico

IL > 1: Suelo es esencialmente un Líquido viscoso cuando es cortado (arcillas ultra sensitivas)







Valores típicos de límites líquidos, límites plásticos, actividad

Table 4.2 Typical Values of Liquid Limit, Plastic Limit, and Activity of Some Clay Minerals

Mineral	Liquid limit, <i>LL</i>	Plastic limit, <i>PL</i>	Activity, <i>A</i>
Kaolinite	35–100	20–40	0.3–0.5
Illite	60–120	35–60	0.5–1.2
Montmorillonite	100–900	50–100	1.5–7.0
Halloysite (hydrated)	50–70	40–60	0.1–0.2
Halloysite (dehydrated)	40–55	30–45	0.4–0.6
Attapulgite	150–250	100–125	0.4–1.3
Allophane	200–250	120–150	0.4–1.3

- 4.C.2** The liquidity index, LI , defined by Eq. (4.24), can indicate probable engineering behavior depending on the natural or current state of water content. For example, the material behavior can vary from a brittle soil ($LI < 1$) to viscous fluid ($LI > 1$), with an intermediate plastic state ($0 < LI < 1$). From the plasticity characteristics and ranges of moisture contents listed in the following table,
- Determine the range of liquidity index for each soil over the range of water content.
 - Comment on the probable engineering behavior of each soil as the water content changes (refer to Figure 4.1).



Soil	% Clay fraction ($< 2 \mu\text{m}$)	Natural water content, w_n (%)	Liquid limit, LL (%)	Plastic limit, PL (%)
1	34	59–67	49	26
2	44	29–36	37	21
3	54	51–56	61	26
4	81	61–70	58	24
5	28	441–600	511	192
6	67	98–111	132	49
7	72	51–65	89	31

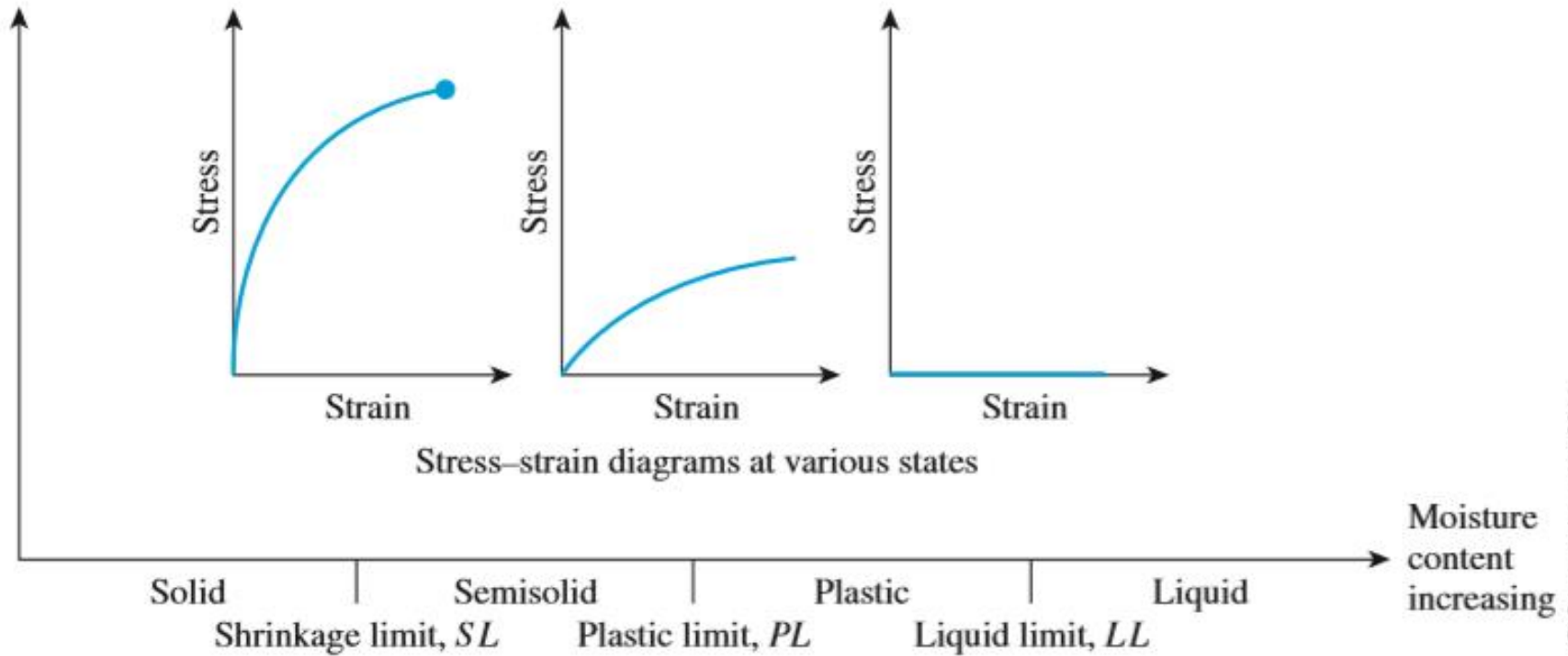


Figure 4.1 Atterberg limits

