

LÍMITES DE ATTERBERG

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Establecer el límite líquido y el límite plástico de un suelo, con el fin de clasificarlo según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar el límite líquido a una determinada muestra de suelo, siguiendo el procedimiento establecido en la norma INV E-125-13.
- Determinar el límite plástico e índice de plasticidad a una determinada muestra de suelo, siguiendo el procedimiento establecido en la norma INV E-126-13.
- Clasificar el tipo suelo de acuerdo con el método SUCS, con el propósito de analizar sus aplicaciones desde el ámbito geotécnico, para la construcción de obras civiles.

INTRODUCCIÓN

Los límites de Atterberg fueron definidos por el químico y científico sueco Albert Atterberg, que descubrió que la plasticidad era una característica de las arcillas. A partir de esto el definió unos límites de consistencia en los cuales el suelo con una cantidad definida de agua es fácilmente moldeable y a un menor contenido de humedad se agrieta al moldearla (Alsharif et al., 2020).

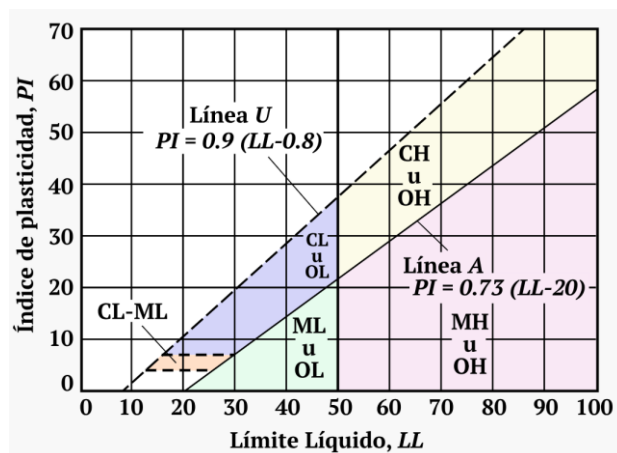
El **límite líquido** se define como el contenido de agua, es decir, la humedad con la que el suelo pierde la suficiente resistencia como para empezar a comportarse como un líquido (Christian, 2003). Este contenido de humedad se puede hallar a través del ensayo descrito en la INV E-125-13, con ayuda de un dispositivo de laboratorio conocido como la cazuela de Casagrande que consiste en una copa de bronce montada en una base de caucho, y que incluye un mecanismo de manivela o motor el cual se encarga de levantar y dejar caer la copa de una altura calibrada, a un ritmo promedio de 2 revoluciones por segundo.

Por otra parte, el **límite plástico** se define como el contenido de humedad en el cual el suelo de grano de fino comienza a agrietarse al intentar ser moldeado, se encuentra con un contenido de agua menor al del límite líquido y la norma que describe el ensayo en Colombia es la INV E-126-13. Adicionalmente, existe un tercer límite de consistencia conocido como el de contracción, este se está dado por la humedad a la cual un suelo fino cambia de volumen al aumentar o disminuir su contenido de agua (Kaliakin, 2017).

La principal diferencia entre el límite líquido y el límite plástico radica en el contenido de humedad con la cual el suelo cambia de consistencia, numéricamente a esta diferencia se le conoce como el **índice de plasticidad**, este valor indica el rango en el cual un suelo se comporta de manera plástica antes de fluir como un líquido. La plasticidad en los suelos es de gran importancia en la geotecnia ya que influye en parámetros como la estabilidad de taludes debido a que suelos más plásticos son más propensos a sufrir deformaciones y deslizamientos, A sí mismo, para las cimentaciones y construcción de pavimentos este tipo de suelos pueden experimentar grandes deformaciones bajo la acción de cargas, generando problemas de inestabilidad en los terrenos (Rodríguez, 2025).

Los ensayos de consistencia son parte fundamental para la ingeniería civil dentro del área de la geotecnia, ya que permiten inferir el comportamiento mecánico de un suelo fino, a partir de los valores de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Estas características se pueden correlacionar a partir de la carta de plasticidad de Casagrande como se observa en la figura 1, un diagrama utilizado en ingeniería para clasificar los suelos finos (limos y arcillas) y que es pieza clave del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Figura 1. Carta de plasticidad de Casagrande.



Nota. Carta de plasticidad de Casagrande. Tomado de Ingeniería Elemental [Imagen], 2026.

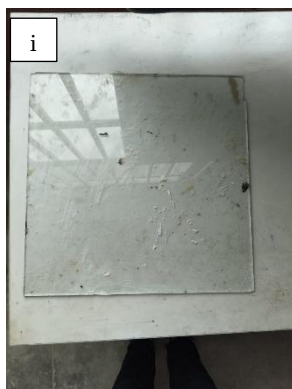
El método SUCS también conocido en inglés como Unified Soil Classification System, es un sistema utilizado en la geotécnica para la clasificación de suelos gruesos y finos, a partir del tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema le da una nomenclatura de dos letras al suelo, según el tipo y de acuerdo con su granulometría para los suelos gruesos y de plasticidad en el caso de los suelos finos. La nomenclatura según el tipo de suelo se define de la siguiente manera: Grava (G), Arena (S), Limo (M), Arcilla (C) y Orgánico (O), y según sus características pueden ser: pobremente graduado (P), bien graduado (W), baja plasticidad (L) y alta plasticidad (H) (Colaboradores de Wikipedia, 2025).

MATERIALES Y EQUIPOS

- (a) Aparato del límite líquido (Cazuela de Casagrande)
- (b) Capsulas o recipientes para la determinación de la humedad
- (c) Ranurador y calibrador
- (d) Balanza legibilidad 0,01 g
- (e) Horno
- (f) Atomizador de agua
- (g) Espátula
- (h) Mortero de porcelana
- (i) Placa de vidrio
- (j) Tamiz No 40
- (k) Calibrador o pie de rey

Figura 2. Materiales y equipos.





Nota. Registro fotográfico materiales y equipos de laboratorio.

Fuente. Rivera (2026).

PROCEDIMIENTO

Límite líquido:

El procedimiento por realizar es el método A con varios puntos de ensayo de la norma INV E-125-13 con el material por vía seca.

- Primero se debe llevar la muestra de suelo al horno a una temperatura máxima de 60 °C hasta que los terrones de suelo se puedan disgregar con facilidad y su apariencia sea completamente seca. Luego se prepara el material a través del tamiz No 40 realizando un tamizado manual con el fin de separar la fracción más fina.
- Luego se toma una muestra de suelo representativa, y se mezcla en el mortero humedeciéndola poco a poco con una cantidad de agua determinada, con ayuda de la espátula se debe ir mezclando homogéneamente hasta obtener una pasta de suelo.



- Con la muestra lista, se coloca una cantidad adecuada de suelo sobre la cazuela, al menos para cubrir la mitad del equipo, luego con la espátula se debe ir extendiendo y comprimiendo para nivelarla. Se debe dejar una profundidad máxima de 10 mm que se deben medir con ayuda del calibrador. En este caso se deben realizar la menor cantidad de pasadas posibles de la espátula sobre la muestra evitando atrapar burbujas de aire en la masa de suelo.
- Después de haber nivelado la superficie del suelo, se divide la muestra con una pasada firme del ranurador desde el punto más alto hacia el punto más bajo en el borde de la cazuela, evitando raspar o desmoronar el suelo que se encuentra a ambos lados de la ranura. Se puede repetir el movimiento a fin de obtener una ranura limpia y de la dimensión deseada y se debe verificar no haya restos de suelo en la base ni en la parte inferior de la cazuela.
- En seguida, se debe levantar y golpear la cazuela girando la manija en sentido antihorario, dando aproximadamente 2 golpes por segundo, hasta las dos mitades de suelo se vuelvan a unir una distancia cercana a los 13 mm o ½”, esto se puede medir con ayuda de un calibrador o pie de rey.
- Se registran el número de golpes que fueron requeridos para cerrar la ranura, luego con la espátula se toma una porción de suelo del ancho de la misma, en ángulo recto con la ranura y tomando la parte de suelo que se unió de ambos lados de la muestra, se coloca en un recipiente o capsula previamente pesado y se lleva directamente a la balanza para luego determinar el contenido de humedad.
- Si el resultado está dentro del intervalo esperado se registra el valor y se procede a remezclar el suelo restante con una cantidad de agua mayor o menor dependiendo el caso y repetir el ensayo al menos dos veces más, esto con el fin de cumplir con los tres intervalos establecidos por la norma (25-35, 20-30 y 15-25).

Nota: Este procedimiento se debe repetir al menos tres veces para determinar tres puntos de humedad establecidos por el método, sin embargo, se puede repetir las veces que sea necesario variando la cantidad de agua hasta obtener estos resultados.

- Por último, se deben llevar la capsula al horno con la muestra a una temperatura de 110 ± 5 °C por un tiempo adecuado, hasta obtener una masa constante y registrar de nuevo el peso de la capsula con el suelo, con el fin de determinar la humedad correspondiente al límite líquido del suelo.

Límite plástico:

El procedimiento por realizar es el método manual de la norma INV E-126-13.

- De la muestra preparada previamente para el ensayo de límite líquido se puede tomar una porción de 20 g o un poco más con el fin de quitarle humedad hasta tener una muestra con una consistencia que se pueda enrollar con facilidad sin que se pegue a las manos. Adicionalmente también se puede tomar una parte del suelo seco tamizado por el No 40, e irlo humedeciendo hasta obtener esta consistencia.
- Luego se toma una parte del suelo y se forma una masa elipsoidal, con la cual se proceden a formar los rollos. Se debe hacer rodar la masa de suelo entre la palma de la mano y la placa de vidrio, e ir ejerciendo presión constante para formar un rollo de un diámetro uniforme a lo largo de toda su longitud. El proceso se debe realizar hasta que él se alcance un diámetro de 3.2 mm o 1/8" e un tiempo no mayor a dos minutos.
- Se deben verificar el diámetro de los rollos con ayuda de un varilla o tubo de 3.2 mm de diámetro, o con ayuda de un calibrador ir verificando este parámetro en la longitud del rollo. Aquí es importante que la muestra se desmorone en el diámetro establecido y con la presión ejercida en el enrollamiento, que no se deje seguir enrollando y se vean fisuras o grietas a lo largo de su longitud, este será el indicativo para separar los especímenes e ir colocándolos en una capsula previamente pesada.

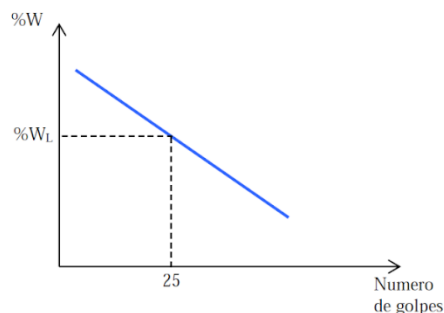
Nota: Es importante que la muestra presente estas condiciones, sino se deberán juntar de nuevos los trozos de suelo y formar de nuevo la masa elipsoidal, para repetir el procedimiento de enrollamiento y que la muestra vaya perdiendo agua hasta que se encuentre en la humedad adecuada para su límite plástico.

- Con los rollos en la condición deseada, se deben ir recolectando en una capsula que debió ser pesada previamente, se deben recolectar al menos 6 gramos de suelo en el recipiente, para luego ser pesado en la balanza con el fin de obtener el contenido de humedad.
- Por último, se debe llevar la capsula con los rollos al horno a una temperatura de 110 ± 5 °C por un tiempo adecuado, hasta obtener una masa constante de la muestra y registrar de nuevo el peso de la capsula con el suelo, con el fin de determinar la humedad correspondiente al límite plástico del suelo.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

De acuerdo con los datos registrados en el laboratorio, se debe realizar la curva de fluidez (%Humedad vs Log (# Golpes)) y determinar el límite líquido del suelo.

Figura 3. Curva de fluidez.



$$LL = \% \text{ Humedad (25 Golpes)} \quad [1]$$

Calcular el valor del límite plástico con base a los resultados obtenidos de la siguiente manera:

$$LP = \frac{LP_1 + LP_2 + LP_3}{3} \quad [2]$$

Adicionalmente determinar el índice de plasticidad de la muestra:

$$IP = LL - LP \quad [3]$$

A partir de los resultados de límite líquido e índice de plasticidad, establecer el tipo de suelo siguiendo el procedimiento establecido por el método SUCS y la carta de plasticidad de Casagrande.

A partir de los resultados obtenidos se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la diferencia hay entre el límite líquido y el límite plástico?
- ¿Qué indica el índice de plasticidad en la clasificación del suelo?
- ¿Qué significado tiene la línea A en la carta de plasticidad?
- ¿Qué significado tiene la línea U en la carta de plasticidad?
- Según el tipo de suelo, ¿qué características y propiedades importantes tiene?



BIBLIOGRAFÍA

- Alsharef, J. M., Taha, M. R., Govindasamy, P., Firoozi, A. A., & Al-Mansob, R. A. (2020). Effect of nanocarbons on physical and mechanical properties of soils. In Elsevier eBooks (pp. 459–485). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819786-8.00020-7>
- Christian, J. T. (2003). Soil Mechanics. In Elsevier eBooks (pp. 63–76). <https://doi.org/10.1016/b0-12-227410-5/00880-2>
- Kaliakin, V. N. (2017). Example problems related to soil identification and classification. In Elsevier eBooks (pp. 51–92). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804491-9.00002-1>
- Rodríguez, G. (2025, March 6). Plasticidad de los suelos. Centro Geotécnico Internacional. <https://www.centrogeotecnico.com/blog-geotecnia-geomecanica/plasticidad-de-los-suelos.html>
- Colaboradores de Wikipedia. (2025, November 4). Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Wikipedia, La Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Unificado_de_Clasificaci%C3%B3n_de_Suelos
- Instituto Nacional de Vías. (2013). Determinación del límite líquido de los suelos (INV E–125–13). Ministerio de Transporte. <https://www.invias.gov.co/>
- Instituto Nacional de Vías. (2013). *Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos* (INV E-126-13). Ministerio de Transporte. <https://www.invias.gov.co/>



FORMATO TOMA DE DATOS

Tabla 1. Formato para registro de datos límite líquido.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO								
Punto	# Cápsula	W_c (gr)	# Golpes	$W_c + W_{sh}$ (gr)	$W_c + W_{ss}$ (gr)	W_{sh} (gr)	W_{ss} (gr)	% H
[25-35]								
[20-30]								
[15-25]								

Tabla 2. Formato para registro de datos límite plástico.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO							
Muestra	# Cápsula	W_c (gr)	$W_c + W_{sh}$ (gr)	$W_c + W_{ss}$ (gr)	W_{sh} (gr)	W_{ss} (gr)	% H [LP]
1							
2							
3							

Donde:

W_c = Peso de la cápsula (gr)

W_{sh} = Peso del suelo húmedo (gr)

W_{ss} = Peso del suelo seco (gr)

% H = Porcentaje de humedad %

$$\% H = \frac{W_{sh} - W_{ss}}{W_{ss}} \times 100$$

OBSERVACIONES: