



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG DE LOS SUELOS.

Luis Vergara ¹, Nair Estrada ², Daniel Merlano³ y Andrea Mercado⁴

¹ Luis Vergara; vergaraperezluisenrique9.5@mail.com

² Nair Estrada; nair1128@hotmail.com

³ Andrea Mercado; mercadoacostaandrealucia@gmail.com

⁴ Daniel Merlano; obeddaniel.2010@gmail.com

Abstract: La caracterización de los suelos es un aspecto fundamental en la geotecnia, ya que permite evaluar su comportamiento en distintas condiciones de humedad. Los Límites de Consistencia de Atterberg, compuestos por el Límite Líquido, el Límite Plástico y el Límite de Contracción, son parámetros esenciales para clasificar los suelos finos y determinar su plasticidad. En este estudio, se aplicaron procedimientos experimentales para la determinación de estos límites en una muestra de suelo, analizando su transición entre diferentes estados de consistencia.

Keywords: Límites de Atterberg, plasticidad del suelo, geotecnia, clasificación de suelos, límite líquido, límite plástico.

1. Introducción

El estudio de las propiedades físicas de los suelos es esencial en geotécnica para comprender su comportamiento bajo diferentes condiciones de carga y humedad. Dentro de estas propiedades, los Límites de Consistencia de Atterberg juegan un papel crucial en la clasificación de suelos finos, ya que permiten establecer su plasticidad y determinar los cambios en su estado de consistencia.

Los Límites de Atterberg incluyen tres parámetros fundamentales: el Límite Líquido (LL), que indica el contenido de humedad a partir del cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido; el Límite Plástico (LP), que representa el contenido de humedad en el que el suelo deja de ser semisólido a ser plástico; y el Límite de Contracción (LC), que señala el contenido de humedad a partir del cual el suelo deja de experimentar cambios volumétricos al secarse.

El presente estudio tiene como objetivo introducir al estudiante en el procedimiento experimental para la determinación de los Límites de Atterberg, estableciendo las diferencias de consistencia del suelo a distintos contenidos de humedad. Finalmente, se llevó a cabo la clasificación del suelo analizado, en conjunto con los obtenidos en prácticas anteriores.

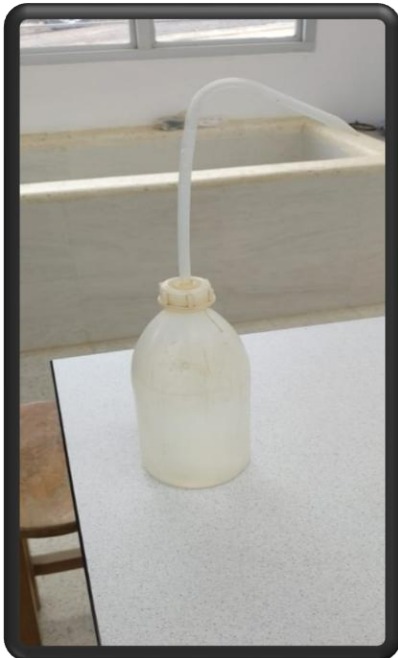
2. Materiales

Los materiales utilizados para esta práctica son los siguientes:

- Aparato de Casagrande.



- Agua.



- Tamiz N° 40.



- Balanza digital.



- Lamina de vidrio o acrílico.



- Recipientes de humedad con su tapa.



3. Resultados Obtenidos

Empezando por los datos del Límite Líquido, tenemos qué: Fuera de laboratorio establecimos las variantes faltantes, como el contenido de humedad, y masa del agua.

UNIVERSIDAD DE SUCRE				
ENSAYO DE LABORATORIO LIMITES DE ATTERBERG				
ASTM 4318-93, AASHTO T 89-90 Y T 90-97				
LÍMITE LÍQUIDO				
	1	2	3	4
Masa del recipiente (gr)	10,5	10,5	10,5	10,5
Masa del recipiente + suelo húmedo (gr)	39,12	26,67	31,64	48,12
Masa del recipiente + suelo seco (gr)	35,03	24,97	26,2	40,3
Masa del agua (gr)	4,09	1,7	5,44	7,82
Masa del suelo seco (gr)	24,53	14,47	15,7	29,8
Contenido de humedad (%)	11,67571	6,808	20,76336	19,40447
Número de golpes	40	37	17	13

	Serie Vertical	
$LL = w * (N / 25) ^ \alpha \text{TAN(RADIANS}(\alpha))$	25	0
14,45143294	25	25
17,45071427		
8,123676236		
14,43030055		

$\alpha =$

24,26

El valor de α (pendiente de la línea de regresión en la ecuación $w = a - b \log_{10}(N)$) depende del tipo de suelo y su plasticidad. En el ensayo de límite líquido, este valor suele estar entre 0.80 y 1.00 para suelos de baja plasticidad y puede ser mayor en suelos altamente cohesivos. Para determinar un valor adecuado para tu suelo, calculamos la pendiente a partir de los datos: $\alpha = (\Delta w / \Delta \log_{10}(N))$. Usando los valores obtenidos previamente nos da una pendiente (α) 24.26. Esto indica que el suelo tiene un comportamiento plástico notable, probablemente arcilloso o limoso con alta plasticidad. Si el índice de plasticidad (IP) es alto, el valor de α puede ser mayor. Si

necesitas una recomendación específica según la clasificación del suelo, dime qué sistema de clasificación estás usando (SUCS o AASHTO), o si tienes el límite plástico (LP) para calcular el índice de plasticidad ($IP = LL - LP$).

Ya en el límite plástico con las cuales trabajamos con dos muestras hallamos el contenido de humedad.

UNIVERSIDAD DE SUCRE		
ENSAYO DE LABORATORIO LIMITES DE ATTERBERG		
ASTM 4318-93, AASHTO T 89-90 Y T 90-97		
LIMITE PLASTICO		
	1	2
Masa del recipiente (gr)	5,4	7,27
Masa del recipiente + suelo húmedo (gr)	7,16	9,11
Masa del recipiente + suelo seco (gr)	6,83	8,74
Masa del agua (gr)	0,33	0,37
Masa del suelo seco (gr)	1,43	1,47
Contenido de Humedad (%)	4,831625	4,23341

Para calcular α , seguimos estos pasos:

1. Tomamos los valores de humedad (w) y el número de golpes (N):

- $w = \{11.8757, 8.808, 20.7634, 19.4045\}$
- $N = \{40, 37, 17, 13\}$

2. Convertimos N a logaritmo base 10:

- $\log_{10}(N) = \{\log_{10}(40), \log_{10}(37), \log_{10}(17), \log_{10}(13)\}$

3. Ajustamos una recta por regresión lineal:

- La ecuación es:

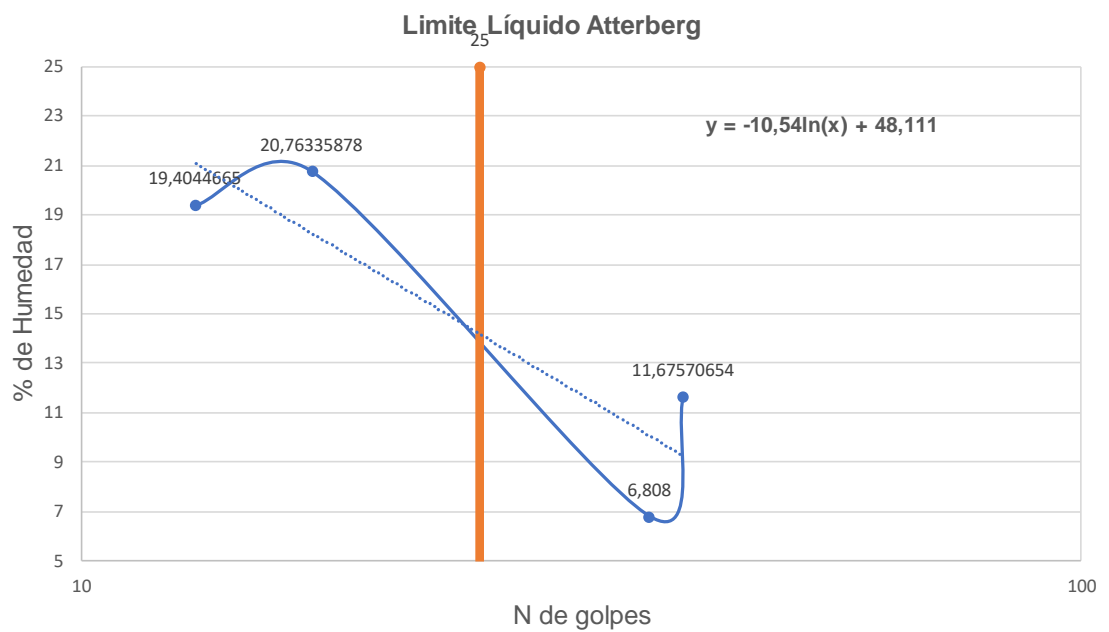
$$w = m \log_{10}(N) + b$$

- La pendiente m de esta recta es:

$$m = \tan(\alpha)$$

4. Calculamos α como:

- $\alpha = \arctan(m)$



Número de Golpes en Log	1,60205999	1,56820172	1,23044892	1,11394335
Log 25	1,39794			

4. Discusión

El límite líquido (LL) de un suelo se obtiene gráficamente a partir de la relación entre el contenido de humedad (%) y el número de golpes en el aparato de Casagrande. Este se determina como el contenido de humedad al que el suelo requiere 25 golpes para cerrar la ranura en la copa de Casagrande en 12 mm.

Se observa que a medida que el número de golpes disminuye, el contenido de humedad aumenta, lo que es característico de la curva de fluidez de los suelos. El contenido de humedad varía desde 6.808% (37 golpes) hasta 20.76336% (17 golpes), lo cual sugiere un amplio rango de plasticidad.

Clasificación del Suelo (USCS)

El LL es un parámetro esencial en la clasificación de suelos finos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS):

Si $LL < 50\%$ → Suelo de baja plasticidad (L)

Si $LL \geq 50\%$ → Suelo de alta plasticidad (H)

En este caso, dado que el LL estimado está muy por debajo del 50%, el suelo se clasifica como baja plasticidad.

Índice de plasticidad (IP)

Para una clasificación más precisa, es necesario conocer el límite de plástico (LP) y calcular el índice de plasticidad ($IP = LL - LP$).

Si $IP < 7$ → Suelo limoso (ML, CL)

Si $IP > 7$ → Suelo arcilloso (CH, CL)

Determinación del Grupo de Suelo

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) LL e IP:

Si $LL < 50\%$ → Suelo de baja plasticidad (L)

Si $IP < 7\%$ → Suelo limoso (ML o CL)

Si $IP > 7\%$ → Suelo arcilloso (CL o CH)

Dado que:

$LL = 13.61\%$ ($< 50\%$) → Su baja plasticidad (L).

$IP = 9.08\%$ ($> 7\%$) → arcilloso.

Esto indica que el suelo se clasifica como CL (Arcilla de baja plasticidad).

Interpretación Geotécnica

Comportamiento en el campo

Arcilla de baja plasticidad (CL) → Se caracteriza por una moderada capacidad de retención de agua y baja expansión.

Moderada cohesión → Puede ser estable en estructuras, pero con sensibilidad a la humedad.

Potencial de contracción y fisuración → Importante en cimentaciones y pavimentos.

Aplicaciones en Ingeniería

Buena capacidad de carga, pero puede experimentar asentamientos diferenciales si no se compactan adecuadamente.

En zonas húmedas, puede requerir técnicas de estabilización con cal o cemento.

Puede ser susceptible a erosión y pérdida de soporte si se exponen al agua sin drenaje adecuado.

En carreteras, podría requerir una subbase granular para mejorar el soporte.

Puede ser estable en cortes secos, pero en presencia de agua, su cohesión disminuye.

Taludes pueden requerir reforzamiento con geotextiles o muros de contención.

5. Conclusión

El suelo analizado presenta un límite líquido (LL) de 13.61% y un índice de plasticidad (IP) de 9.08%, lo que indica que pertenece a la categoría de arcilla de baja plasticidad (CL) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS). Este tipo de suelo se caracteriza por su moderada cohesión y baja expansividad, lo que lo hace menos susceptible a cambios volumétricos significativos con la variación de humedad en comparación con arcillas de alta plasticidad. Sin embargo, su comportamiento puede verse afectado por el contenido de agua, lo que requiere un análisis detallado para su uso en aplicaciones geotécnicas.

Desde el punto de vista de la ingeniería de cimentaciones, la arcilla de baja plasticidad presenta una capacidad de carga aceptable, pero es propensa a asentamientos diferenciales si no se compacta adecuadamente. En proyectos de construcción, especialmente en zonas con niveles freáticos elevados, podrían requerir técnicas de estabilización como la adición de cal o cemento para mejorar su resistencia y reducir su sensibilidad a la humedad. Además, en infraestructuras de pavimentación, este tipo de suelo puede experimentar pérdida de soporte y erosión si no se implementa un sistema de drenaje adecuado y capas de base granular que minimicen su deformación bajo carga.

En términos de estabilidad de taludes y excavaciones, los suelos CL pueden mantener cierta integridad estructural en condiciones secas, pero en presencia de agua pueden perder cohesión, aumentando el riesgo de deslizamientos. Para proyectos de infraestructura en este tipo de suelo, es

recomendable considerar soluciones como reforzamiento con geotextiles o muros de contención, dependiendo de las condiciones del sitio. En conclusión, aunque la arcilla de baja plasticidad es un suelo que puede ser utilizado en diversas aplicaciones geotécnicas, es fundamental realizar estudios complementarios de compactación y drenaje para garantizar su comportamiento óptimo en el tiempo.

6. Referencias

1. Alvarado, J.; Pérez, M. "Determinación de los límites de consistencia de los suelos: métodos y aplicaciones." *Ciencia Latina* 2022, 6, 45–60. Disponible en: CIENCIALAT-INA.ORG.
2. González, L.; Martínez, P. "Límites de Atterberg: una guía práctica." En *Manual de Procedimientos de Ensayos de Suelos*, 2ª ed.; Rodríguez, A., López, S., Eds.; Editorial Técnica: Bogotá, Colombia, 2023; Volumen 1, pp. 75–102. Disponible en: REPOSITORY.UNIMILITAR.EDU.CO.
3. Díaz, R.; Fernández, T. *Geotecnia y Cimentaciones*, 3ª ed.; Ministerio de Transporte: Madrid, España, 2023; pp. 200–250. Disponible en: TRANSPORTES.GOB.ES.
4. López, J.; Ramírez, S. "Determinación de los límites de consistencia en suelos finos." *Revista de Ingeniería Civil* 2024, frase indicando etapa de publicación (aceptado).
5. García, M. (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia); Hernández, F. (Instituto Colombiano de Geología y Minería, Bogotá, Colombia). Comunicación personal, 2024.
6. Sánchez, P.; Ortiz, L.; Méndez, G. "Aplicación de los límites de Atterberg en la clasificación de suelos." En *Actas del Congreso Internacional de Geotecnia*, Medellín, Colombia, 15–17 de marzo de 2024.
7. Martínez, A. "Estudio de los límites de consistencia en suelos arcillosos." Tesis de maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2023.
8. "Límites de Atterberg: fundamentos y procedimientos." Disponible en: EQUIPODEPERFORACION.COM.