



Granulometría Para Finos (Hidrometría)

Luis Vergara ¹, Nair Estrada ², Daniel Merlano ³ y Andrea Mercado ⁴

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: El análisis granulométrico es una técnica fundamental en ingeniería geotécnica para la caracterización de suelos, con la que se puede determinar la distribución granulométrica y su clasificación. En este estudio, se aplicó el método del hidrómetro para evaluar la granulometría de suelos finos y determinar la proporción de partículas de arcilla y limo en una muestra de suelo. Mediante este ensayo se obtuvo la curva granulométrica, que permitió complementar los resultados de prácticas anteriores en suelos gruesos y clasificar el suelo según sistemas de clasificación geotécnica.

Keywords: Análisis granulométrico, suelos finos, hidrómetro, clasificación de suelos, geotecnia.

1. Introducción

El análisis granulométrico con hidrómetro es un procedimiento esencial en geotecnia para la caracterización de los suelos, ya que permite determinar la distribución de tamaños de partículas en una muestra de suelo y su clasificación según normas establecidas. Mientras que el análisis por tamizado es adecuado para suelos de grano grueso, la determinación del tamaño de partículas en suelos finos requiere métodos distintos debido a la pequeña dimensión de las partículas y su tendencia a permanecer en suspensión en medios líquidos.

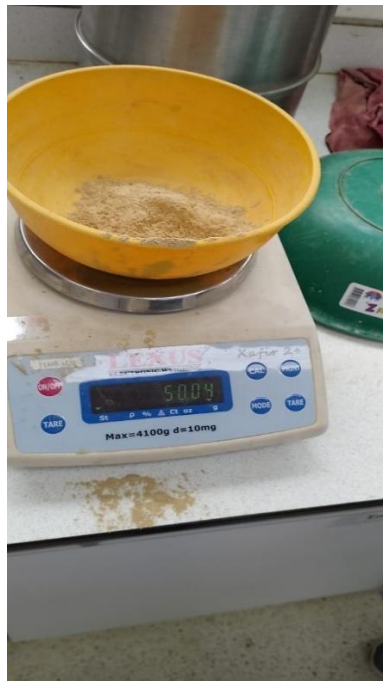
El método del hidrómetro es una técnica ampliamente utilizada para el análisis de suelos finos, basada en los principios de sedimentación de partículas en suspensión. Este método permite calcular la distribución granulométrica a partir de la velocidad de asentamiento de las partículas en un medio líquido. El objetivo de este estudio es familiarizar al estudiante con el método del hidrómetro para el análisis granulométrico de suelos finos y representar gráficamente la distribución cuantitativa del tamaño de partículas. Además, se busca determinar la proporción de arcilla y limo en la muestra, realizar las curvas granulométricas de suelos gruesos y finos

obtenidas en esta y en la práctica anterior, y finalmente clasificar el suelo según los sistemas de clasificación geotécnica.

2. Material y Métodos

Los materiales utilizados para esta práctica son los siguientes:

- Muestra de suelo representativa:



- Agua:



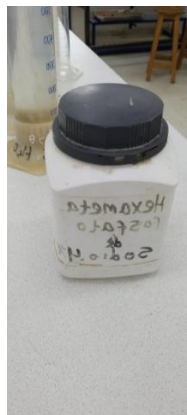
- Probeta de sedimentación de 1000 ml:



- Balanza digital.



- Agente dispersante (hexametáfosfato de sodio)



- Termómetro:



- – Hidrómetro:



- Cronómetro:



El procedimiento requerido para esta práctica fue:

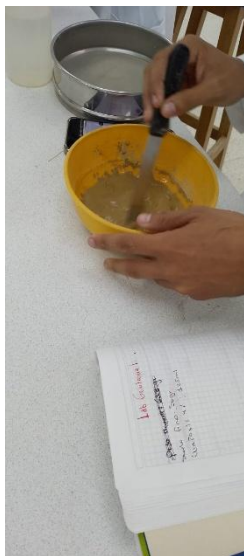
1. Seleccionamos una masa de suelo de 50g para trabajar con ella, esta la seleccionamos de la que pasó el tamiz #200,



2. Lo mezclamos con 125 ml de solución al 4% de NaPO_3 (Hexametáfosfato de sodio).



3. Después de echar más de 2/3 de agua del recipiente mezclamos totalmente esa muestra con el agua. Al terminar lo echamos en una probeta de 1000ml y batimos fuertemente para dispersar las partículas.



4. Colocamos dentro el hidrómetro y empezamos las lecturas que vamos a ver a continuación.

3. Resultados Obtenidos

Tiempo Inicial: 14:36

ID	Fecha	Hora de Lectura	Tiempo (min)	Temp (C)
1	25-feb	14:37	1	26
2	25-feb	14:39	2	26
3	25-feb	14:40	4	26
4	25-feb	14:44	8	26
5	25-feb	14:51	15	26
6	25-feb	15:06	30	26
7	25-feb	15:36	60	23
8	25-feb	16:36	120	23
9	26-feb	8:00	924	26
10	26-feb	11:00	1104	25
11	26-feb	16:00	1404	24

Esta cartera fue llenada sin dificultad puesto que son tomar lecturas del hidrómetro y con sus respectivos tiempos y temperaturas colocarlas en las tabla.

Corrección Temp	Temperatura Corr	R real	R corregido	% mas fino	R corregido	L	L/T	K	D
1,65	27,65	42	39,65	79,3	43	9,2	9,2	0,0127	0,03852101
1,65	27,65	41	42,65	85,3	42	9,6	4,8	0,0127	0,02782431
1,65	27,65	38	39,65	79,3	39	10,1	2,525	0,0127	0,02018062
1,65	27,65	34	35,65	71,3	35	10,7	1,3375	0,0127	0,01468759
1,65	27,65	30	31,65	63,3	31	11,4	0,76	0,0127	0,0110716
1,65	27,65	26	27,65	55,3	27	12,2	0,40666667	0,0127	0,00809884
0,7	23,7	23	23,7	47,4	24	12,5	0,20833333	0,0132	0,00602495
0,7	23,7	18	14,7	29,4	19	13,2	0,11	0,0132	0,00437794
1,65	27,65	7	8,65	17,3	8	15	0,01623377	0,0127	0,00161813
1,3	26,3	6	7,3	14,6	7	12,2	0,01105072	0,0129	0,00135608
1	25	5	6	12	6	12,4	0,00883191	0,0128	0,00120292

La anterior cartera si fue en su mayoría calcular datos y correcciones del procedimiento, de los factores que son los siguientes:

Peso específico	1	2,65
Corrección de ceros		4
Masa Inicial	50	
Corrección menisco	1	

El procedimiento de cálculos fue el siguiente

1. Corrección por menisco y obtener la altura de caída (L)

Cuando se toma la lectura del hidrómetro, se debe corregir el efecto del menisco (la curvatura del líquido en el hidrómetro). Esto se hace con tablas de corrección (como la tabla 2-5).

Luego, se obtiene la altura de caída de las partículas, L , que es la distancia entre la superficie del líquido y el punto de medición del hidrómetro.

TABLA 2-5 Valores de L (Profundidad efectiva) para usar en la fórmula de Stokes en la determinación de diámetros de partículas con el hidrómetro ASTM 152H

Lectura original del hidrómetro	Profundidad efectiva L (cm)	Lectura original del hidrómetro	Profundidad efectiva L (cm)	Lectura original del hidrómetro	Profundidad efectiva L (cm)
0	16,3	21	12,9	42	9
1	16,1	22	12,7	43	9
2	16,0	23	12,5	44	9
3	15,8	24	12,4	45	8
4	15,6	25	12,2	46	8
5	15,5	26	12,0	47	8
6	15,3	27	11,9	48	8
7	15,2	28	11,7	49	8
8	15,0	29	11,5	50	8
9	14,8	30	11,4	51	7
10	14,7	31	11,2	52	7
11	14,5	32	11,1	53	7
12	14,3	33	10,9	54	7
13	14,2	34	10,7	55	7
14	14,0	35	10,5	56	7
15	13,8	36	10,4	57	7
16	13,7	37	10,2	58	6
17	13,5	38	10,1	59	6
18	13,3	39	9,9	60	6
19	13,2	40	9,7		
20	13,0	41	9,6		

2. Calcular el diámetro de partícula (D)

Para calcular el tamaño de las partículas que están sedimentando en un tiempo determinado, se usa la ecuación de Stokes:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}}$$

Con los valores de K, L y el tiempo transcurrido, calculamos los valores para D.

3. Calcular la lectura corregida del hidrómetro (R_{cR_cRc})

La lectura del hidrómetro debe corregirse para tener en cuenta la densidad del agua y otros factores. Se usa la ecuación:

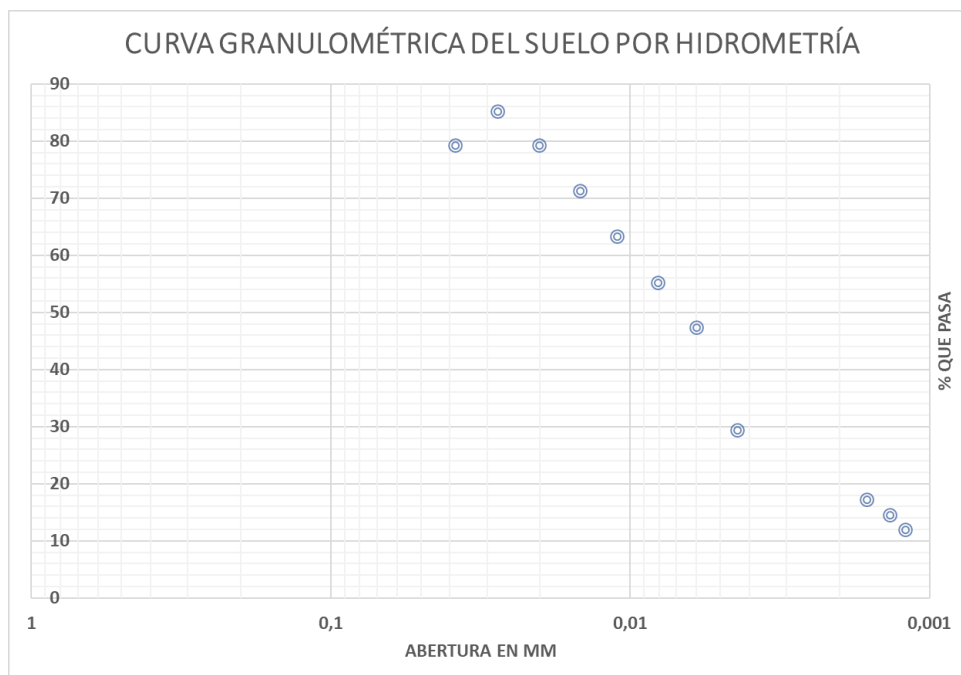
$$R_c = R_{Real} - C_{Ceros} + C_{Temperatura}$$

4. Calcular el porcentaje de material más fino ($\% \setminus \% \%$ más fino)

Con la lectura corregida del hidrómetro, se calcula el porcentaje de partículas más finas que quedan en suspensión con la fórmula:

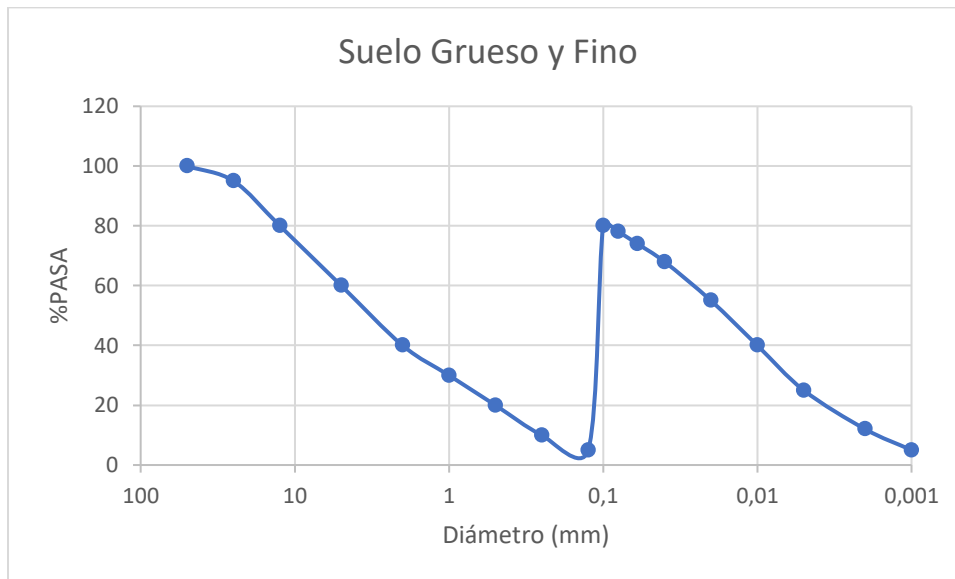
$$\% \text{ mas fino} = \frac{R_c \alpha}{W_s} \times 100$$

5. Hallar la curva granulométrica del suelo fino:



4. Discusión

Si juntáramos los dos gráficos de los dos suelos, grueso y fino nos daría esto:



El análisis granulométrico es fundamental para la clasificación y caracterización de los suelos, ya que permite conocer su distribución de tamaños de partículas y evaluar su comportamiento mecánico. En este estudio, se combinaron los resultados de la granulometría mecánica (para fracciones gruesas) y el análisis por hidrometría (para fracciones finas) con el fin de obtener la curva granulométrica completa del suelo analizado.

La curva obtenida muestra una transición continua entre las fracciones gruesas y finas, lo que indica una adecuada integración de ambos métodos de análisis. Se observa que la proporción de partículas finas es significativa, lo que puede influir en las propiedades de plasticidad y compactación del suelo. La interpolación de los datos permitió generar una curva granulométrica representativa, asegurando que los porcentajes acumulados sean consistentes con la metodología empleada.

Uno de los aspectos clave en la combinación de curvas granulométricas es la normalización de los datos, ya que el porcentaje que pasa por cada tamiz o diámetro debe ajustarse para reflejar correctamente la proporción relativa de cada fracción en la muestra total. En este caso, se aplicaron las correcciones necesarias para garantizar la coherencia de la curva combinada.

En conclusión, la combinación de ambos métodos de análisis granulométrico proporciona una visión más completa de la distribución de partículas en el suelo. Sin embargo, es importante considerar factores como la precisión en las lecturas y posibles errores experimentales en la medición del hidrómetro o en el tamizado. Para futuras investigaciones, se recomienda complementar el análisis con pruebas de plasticidad y límites de consistencia para una mejor caracterización del material.

5. Conclusiones

El análisis granulométrico mediante el método de hidrometría permite determinar la proporción de partículas finas en un suelo, diferenciando entre limos y arcillas. Según la clasificación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS), los suelos finos se dividen en limos y arcillas con base en su diámetro de partícula. En este sistema, las partículas con un diámetro menor a 0.002 mm se consideran arcillas, mientras que aquellas con un diámetro entre 0.002 mm y 0.075 mm se clasifican como limos.

A partir de la tabla de datos obtenida en el laboratorio y de la gráfica de distribución granulométrica, se identificaron los valores clave para la clasificación del suelo. El porcentaje acumulado de material más fino a un diámetro de 0.002 mm es aproximadamente 14.7%, lo que indica que esta fracción corresponde a arcilla. Por otro lado, el porcentaje de material más fino a un diámetro de 0.075 mm es 85.3%, lo que representa la fracción total de suelos finos (limo + arcilla). Dado que el limo corresponde a la diferencia entre el total de finos y la arcilla, se obtiene que el 70.6% del material es limo, mientras que 14.7% es arcilla.

A partir de la gráfica generada con los datos de la tabla, se observa que la curva presenta una pendiente relativamente empinada, lo que indica que la mayoría del material se encuentra en un rango de diámetros relativamente estrecho. Esto sugiere que el suelo no presenta una distribución uniforme de tamaños de partículas y que predomina una fracción específica, en este caso, los limos.

La predominancia del limo en la muestra sugiere que el suelo analizado es un suelo limoso. Según el USCS, si el material presenta baja plasticidad, se clasificaría como ML (Limo inorgánico de baja elasticidad). En caso de que el índice de plasticidad (IP) y el límite líquido (LL) sean elevados ($LL > 50$), el suelo podría clasificarse como MH (Limo inorgánico de alta plasticidad).

En conclusión, el análisis granulométrico por hidrometría muestra que el suelo contiene una proporción mayoritaria de limo con una menor cantidad de arcilla. Para una clasificación más precisa en el USCS, sería recomendable complementar el análisis con pruebas de plasticidad como el límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP).

La clasificación del suelo dentro del USCS depende no solo de la distribución granulométrica, sino también de sus propiedades plásticas. En este caso, al tratarse de un suelo predominantemente limoso, se clasifica preliminarmente como un limo inorgánico (ML o MH). Para una clasificación más precisa, sería necesario determinar el límite de líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP), ya que estos valores permitirían diferenciar entre un limo de baja.

El análisis de la curva granulométrica indica que el suelo es mal gradado, ya que la distribución de tamaños de partículas no es uniforme y la curva muestra un cambio abrupto en la pendiente. Este comportamiento es típico de suelos con predominio de limo o arcilla, lo que implica que el material tiene poca variación en el tamaño de sus partículas y una baja capacidad de compactación sin la adición de otros materiales.

6. Referencias

1. Alvarado, J.; Pérez, M. "Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado." *Ciencia Latina* 2022, 6, 45–60. Disponible en: CIENCIALATINA.ORG
2. González, L.; Martínez, P. "Tamizado húmedo: 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. "Análisis granulométrico por tamizado." *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. "Título de la presentación." En *Actas del Congreso Internacional de Geotecnia*, Medellín, Colombia, 15–17 de marzo de 2024.
7. Martínez, A. "Título de la tesis." Tesis de maestría, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2023.
8. "Tamices para estudio de suelos: herramienta clave en geotecnia." Disponible en: EQUIPODEPERFORACION.COM