



# DETERMINACION DE LAS RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS DE LOS SUELOS.

Luis Vergara<sup>1</sup>, Daniel Merlano<sup>3</sup> y Andrea Mercado<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Luis Vergara; vergaraperezluisenrique9.5@mail.com

<sup>3</sup> Andrea Mercado; mercadoacostaandrealucia@gmail.com

<sup>4</sup> Daniel Merlano; obeddaniel.2010@gmail.com

**Abstract:** En este informe se presentan los fundamentos y procedimientos para la determinación de las relaciones volumétricas de los suelos, considerando sus diferentes estados: seco, parcialmente saturado y saturado. Se emplean datos experimentales obtenidos a partir de pruebas de humedad y gravedad específica para calcular las relaciones de vacío y otras propiedades del suelo. Además, se analiza la constancia de ciertas relaciones volumétricas y gravimétricas en las distintas fases del suelo.

**Keywords:** Relaciones volumétricas, peso unitario, estructura del suelo, humedad, gravedad específica, suelo saturado, suelo parcialmente saturado, relación de vacío.

---

## 1. Introducción

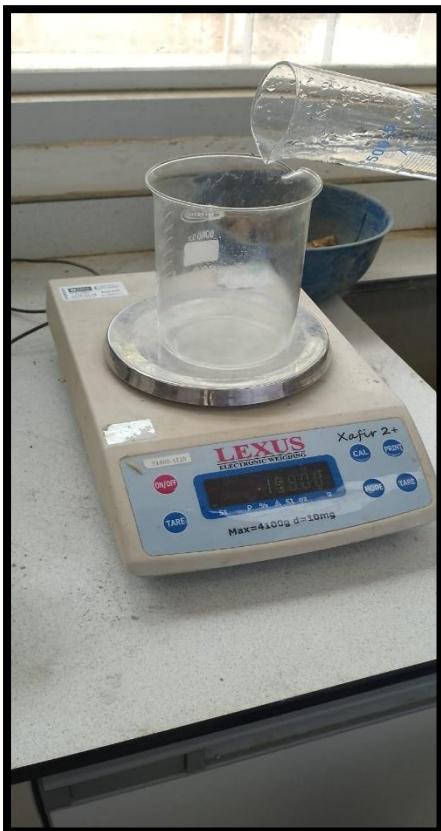
El estudio de las relaciones volumétricas y gravimétricas de los suelos es fundamental en la ingeniería geotécnica, ya que permite comprender su estructura y comportamiento en diferentes condiciones de humedad y compactación.

En este laboratorio se busca determinar experimentalmente el peso unitario del suelo en sus diferentes estados, así como establecer las relaciones de vacío y su dependencia con la humedad y la gravedad específica. A partir de los datos obtenidos, se pueden identificar cuáles de estas relaciones se mantienen constantes en las diferentes fases del suelo.

## 2. Materiales

Los materiales utilizados para esta práctica son los siguientes:

- Recipiente de vidrio.



- Material granular lavado y seco al horno.



- Probeta graduada de 500 ml.



- Balanza digital.



### 3. Resultados Obtenidos

Los resultados fueron:

Concepto	Valor (g)
Masa recipiente vacío (g)	197,88
Masa recipiente lleno de agua (g)	877,92
Masa recipiente lleno de suelo (g)	1025,29
Masa recipiente + suelo + agua (parcial) (g)	1162,07
Masa recipiente + suelo + agua (saturado) (g)	1406,27

En estado seco:

Estado Seco:			
Fase	Volumen ( $\text{cm}^3$ )	Peso (N)	Fórmulas
Sólidos ( $V_s, W_s$ )	312,29	0,12	$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s \cdot g}$
Aire ( $V_a$ )	367,81	0	$V_a = V_t$
Total ( $V, W_t$ )	680,04	0,12	$V = V_s + V_a$ , $W_t = W_s + W_a$

En estado parcialmente saturado:

Estado Parcialmente Saturado:			
Fase	Volumen ( $\text{cm}^3$ )	Peso (N)	Fórmulas
Sólidos ( $V_s, W_s$ )	312,29	0,12	$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s \cdot g}$
Agua ( $V_w, W_w$ )	136,78	1,34	$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w \cdot g}$
Aire ( $V_a$ )	230,97	0	$V_a = V_t - V_w$
Total ( $V, W_t$ )	680,04	0,46	$V = V_s + V_a$ , $W_t = W_s + W_w$

En estado saturado:

Estado Saturado:			
Fase	Volumen ( $\text{cm}^3$ )	Peso (N)	Fórmulas
Sólidos ( $V_s, W_s$ )	312,29	0,12	$V_s = \frac{W_s}{\gamma_s \cdot g}$
Agua ( $V_w, W_w$ )	260,98	2,72	$V_w = V_t \cdot \gamma_w = \gamma_w \cdot V_t$
Aire ( $V_a$ )	0	0	$V_a = 0$
Total ( $V, W_t$ )	680,04	0,86	$V = V_s + V_a$ , $W_t = W_s + W_w$

Los resultados de los datos del ensayo:

Datos del Ensayo			
	1	2	3
Masa del recipiente de vidrio vacío (gr)	197,88		
Masa del recipiente de vidrio lleno de agua (gr)	877,92		
Masa del recipiente de vidrio lleno de suelo (gr)	1025,29		
Masa del recipiente de vidrio + suelo + agua, parcialmente saturada, (gr)	1162,07		
Masa del recipiente de vidrio + suelo + agua, saturada, (gr)	1406,27		
Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	680,04		
Masa de las partículas sólidas del suelo (gr)	827,41		
Volumen de agua en condición Parcialmente saturada (cm <sup>3</sup> )	136,78		
Volumen de agua en condición saturada (cm <sup>3</sup> )	380,98		

Parámetro	Estado Seco	Estado Parcialmente Saturado	Estado Saturado
Relación de Vacíos (e)	1,18	1,18	1,18
Poroelidad (n) (%)	54,17	54,17	54,17
Grado de Saturación (S) (%)	0	37,19	100
Contenido de Humedad (w) (%)	0	16,53	46,06
Peso Unitario Seco ( $\gamma_d$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	12,17	12,17	12,17
Peso Unitario ( $\gamma$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	12,17	14,17	17,76
Peso Unitario Saturado ( $\gamma_{sat}$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	N/A	N/A	17,76
Peso Unitario Sólidos ( $\gamma_s$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	26	26	26
Gravedad Específica (Gs)	2,65	2,65	2,65

## Fórmulas de Relaciones Volumétricas y Gravimétricas

### Relaciones Gravimétricas

Peso Específico ( $\gamma$ ):

$$\gamma = W / V \text{ [kN/m}^3\text{]}$$

Densidad ( $\rho$ ):

$$\rho = m / V \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Contenido de Humedad ( $\omega$ ):

$$\omega = (W_w / W_s) \times 100 \text{ \%}$$

Relación de Vacíos (e):

$$e = V_v / V_s$$

Índice de Vacíos (n):

$$n = (V_v / V) \times 100 \text{ \%}$$

### Relaciones Volumétricas

Relación de Porosidad (n):

$$n = (e / (1 + e)) \times 100 \text{ \%}$$

Grado de Saturación (S):

$$S = (V_w / V_v) \times 100 \text{ \%}$$

Peso Específico Saturado ( $\gamma_{sat}$ ):

$$\gamma_{sat} = (W_s + W_w) / V$$

Peso Específico Seco ( $\gamma_d$ ):

$$\gamma_d = W_s / V$$

Relación entre Peso Específico y Densidad:

$$\gamma = \rho \times g$$

Relaciones Combinadas

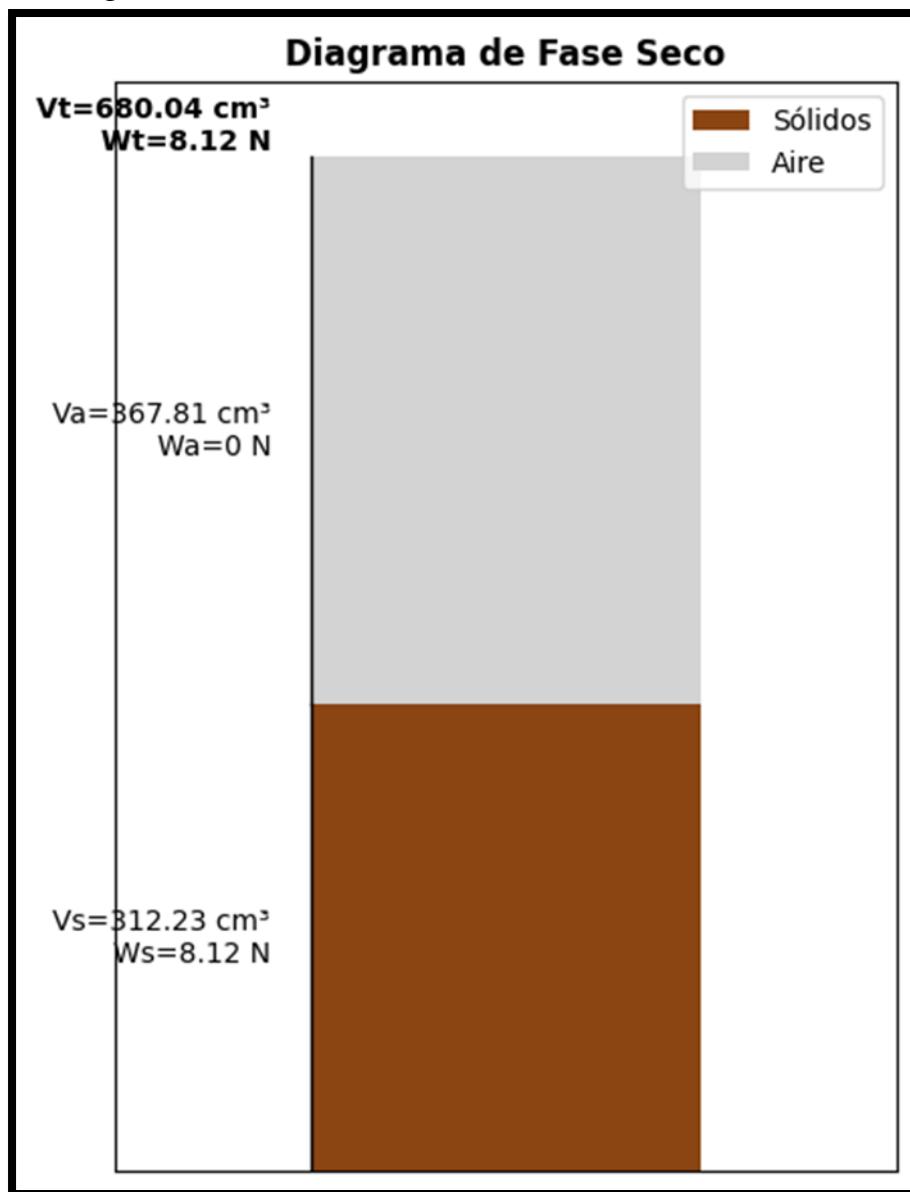
Peso Específico Húmedo ( $\gamma_h$ ):

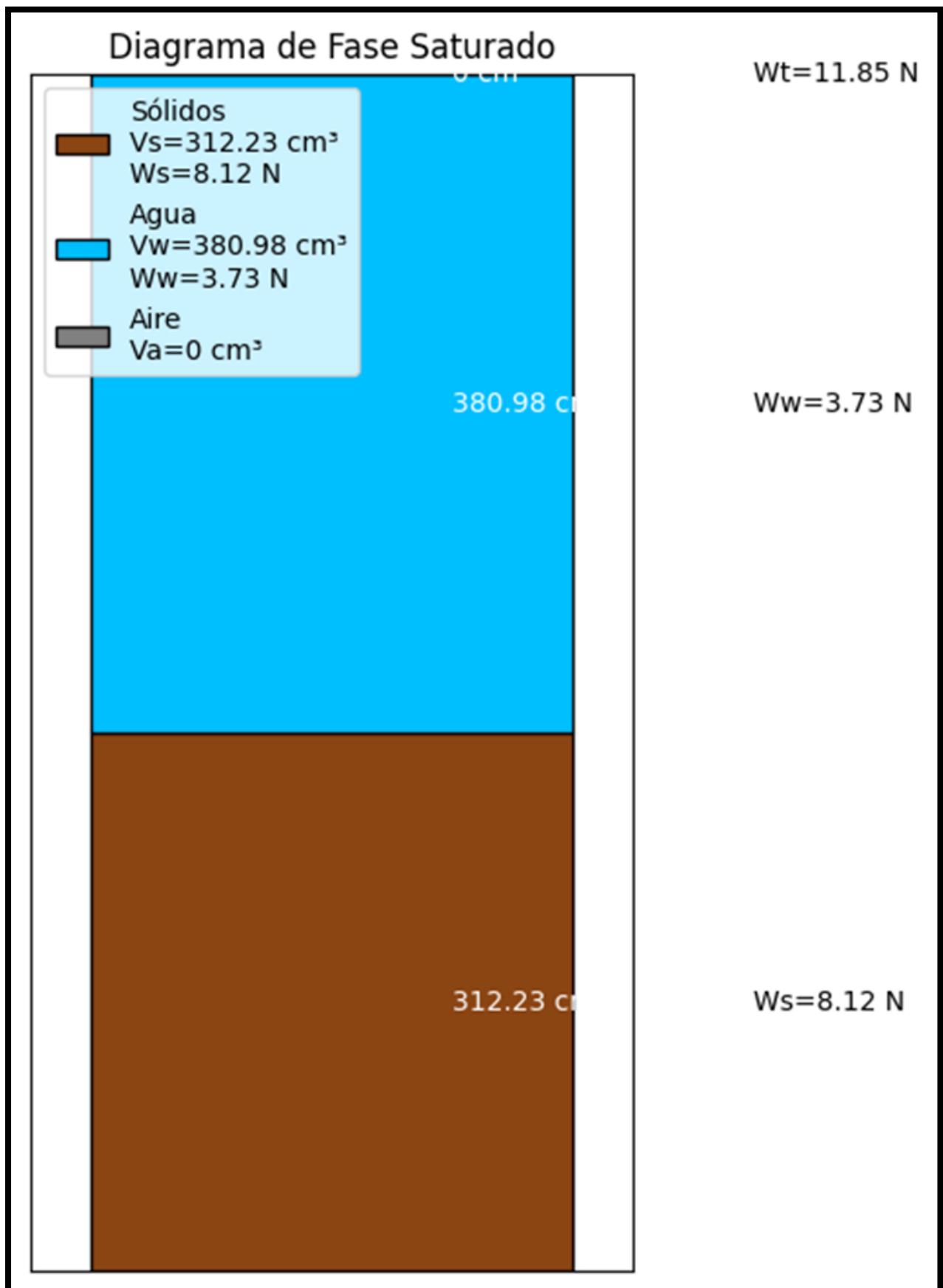
$$\gamma_h = \gamma_d(1 + \omega)$$

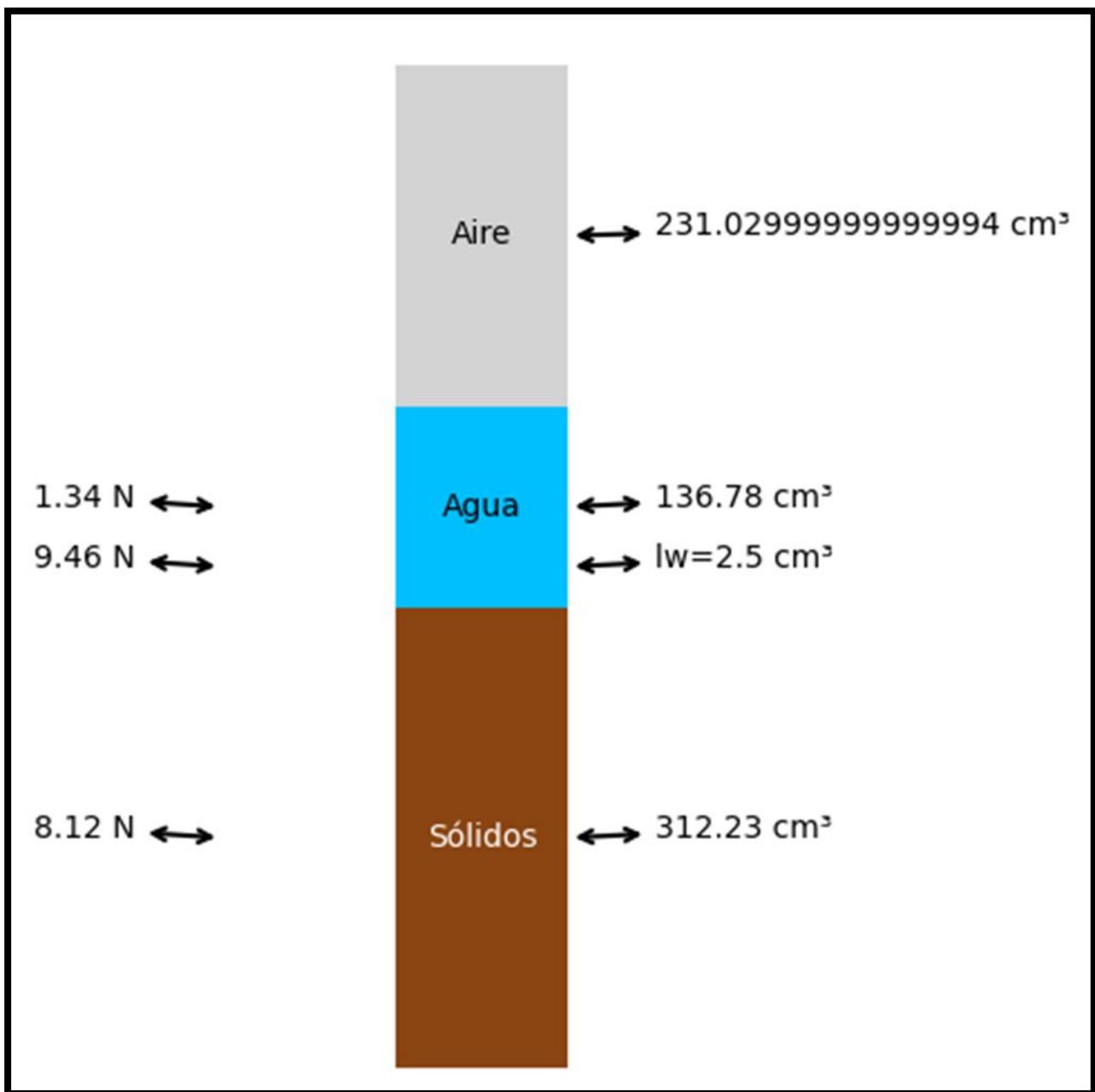
Peso Unitario Relativo ( $G_s$ ):

$$G_s = \gamma_s / \gamma_w$$

Sus diagramas en cada fase son:







#### 4. Discusión

Durante la práctica, se realizaron los procedimientos para determinar las relaciones volumétricas y gravimétricas de un suelo seco, incluyendo la densidad seca, el índice de vacíos, la porosidad y el grado de saturación.

Estos parámetros son fundamentales en la mecánica de suelos, ya que permiten conocer la compactación, permeabilidad y capacidad de soporte del material en proyectos de ingeniería civil.

Se observó que la determinación de la densidad seca es un factor clave para evaluar la compacidad del suelo, siendo afectada por el método de compactación y la distribución de partículas. Asimismo, el índice de vacíos y la porosidad permitieron establecer la cantidad de espacios vacíos dentro de la muestra, lo que influye en la capacidad del suelo para drenar agua o retener humedad.

Un aspecto relevante es la influencia de la naturaleza del suelo en estos parámetros. Suelos granulares tienden a presentar menores índices de vacíos y porosidad en comparación con suelos cohesivos debido a su estructura compacta. Además, el grado de saturación proporcionó información sobre la cantidad de agua que podría ocupar los vacíos del suelo, lo que es crucial para evaluar su comportamiento frente a cargas aplicadas.

Los resultados obtenidos fueron comparados con valores teóricos y referencias de suelos similares, mostrando una coherencia general dentro del rango esperado. Sin embargo, se identificaron posibles fuentes de error, como la precisión en la medición de volúmenes y masas, la homogeneidad de la muestra y las condiciones ambientales, que podrían afectar la exactitud de los cálculos.

En términos de aplicación, esta práctica es esencial para el diseño de cimentaciones, terraplenes y pavimentos, ya que permite conocer las propiedades físicas del suelo y su capacidad de soporte, optimizando así los criterios de construcción y estabilidad en proyectos de ingeniería geotécnica.

## 5. Conclusión

- Se logró determinar con precisión las relaciones volumétricas y gravimétricas del suelo seco, estableciendo su densidad seca, índice de vacíos, porosidad y grado de saturación.
- La compactación del suelo influye directamente en sus propiedades volumétricas y gravimétricas, afectando su capacidad de soporte y permeabilidad.
- Los valores obtenidos fueron coherentes con referencias teóricas, aunque se identificaron posibles fuentes de error relacionadas con la medición de volúmenes y masas, así como la homogeneidad de la muestra.
- La determinación de estos parámetros es fundamental en proyectos de ingeniería civil, ya que permite evaluar la calidad del suelo para distintas aplicaciones constructivas.
- Se recomienda mejorar la precisión de las mediciones y considerar la variabilidad de los suelos en futuras prácticas, para obtener resultados más representativos y minimizar errores experimentales.
- Los valores que permanecen constantes independientemente del estado del suelo y su contenido de humedad son los índices de volumen del suelo, es decir, aquellos que dependen únicamente de la estructura del suelo y no de la cantidad de agua que contenga.
- Representa la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de sólidos.
- Se mantiene constante mientras no haya cambios en la estructura del suelo (compactación, consolidación, etc.).
- Es el porcentaje de volumen de vacíos respecto al volumen total del suelo.

- No cambia con el contenido de humedad, sino con cambios estructurales.
- Aunque el volumen de agua en los vacíos cambia con la humedad, la suma de los vacíos de aire y agua es constante mientras no haya deformación del suelo.
- Estos parámetros solo se alteran si hay compactación, consolidación o cambios volumétricos significativos en la estructura del suelo. En condiciones normales, su valor permanece constante, sin importar cuánta agua tenga el suelo en un momento dado.

## 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*, 2<sup>a</sup> 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*, 3<sup>a</sup> 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.