

# RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMÉTRICAS DE LOS SUELOS

---

GEOTECNIA I

Elaboró: José Saturnino Pérez Fajardo



Febrero 2023

# Objetivo

Analizar y determinar las relaciones volumétricas y gravimétricas de un suelo multifásico, estas relaciones son fundamentales para estimar la capacidad de carga del suelo, su estabilidad y resistencia, así como prevenir posibles fallas estructurales.





## Contenido

---

- Introducción
- Fases del suelo
- Nomenclatura
- Relaciones gravimétricas y volumétricas
- Ejercicios
- Conclusiones
- Bibliografía

# Introducción

Para estudiar los suelos es indispensable determinar sus propiedades físicas (mecánicas e hidráulicas) además de conocer su origen y formación. Entre las propiedades físicas se encuentran el color y olor, la textura y granulometría, estructura y las relaciones gravimétricas y volumétricas. Las relaciones volumétricas entre los componentes del suelo son esenciales en la construcción, permiten determinar su densidad, su porosidad y su capacidad de soporte. En general, un suelo adecuado para construir debe tener una alta densidad, una baja porosidad y una buena capacidad de soporte.

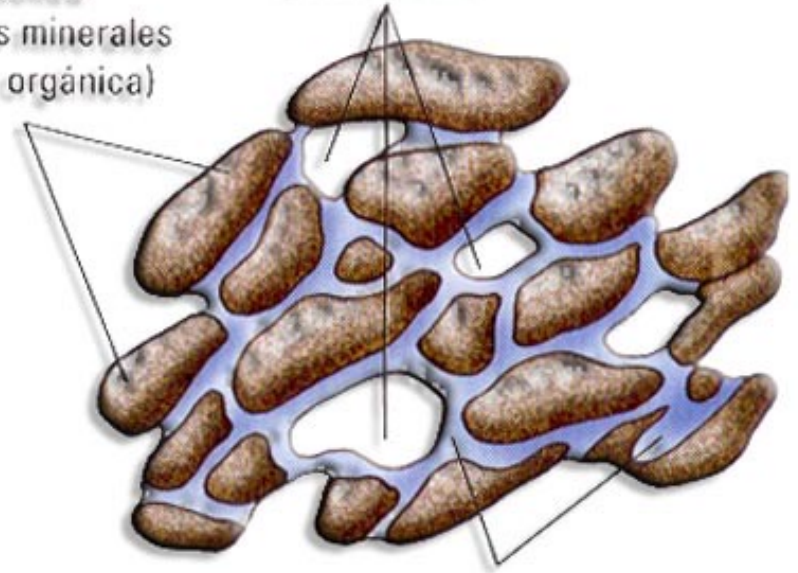




(BiologiaSur, s.f.)

Fase sólida  
(agregados minerales  
y materia orgánica)

Fase gaseosa  
(poros vacíos)



Fase líquida  
(poros con agua)

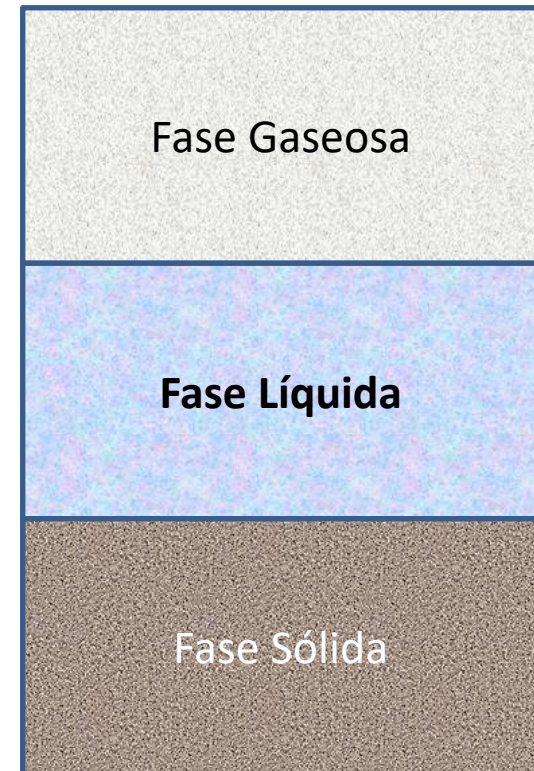
# FASES DEL SUELO

(Das, B. M., 2015)

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la **sólida**, la **líquida** y la **gaseosa**.

# Fase sólida

Formada por las partículas minerales del suelo, incluyendo la fase sólida adsorbida



# Fase líquida

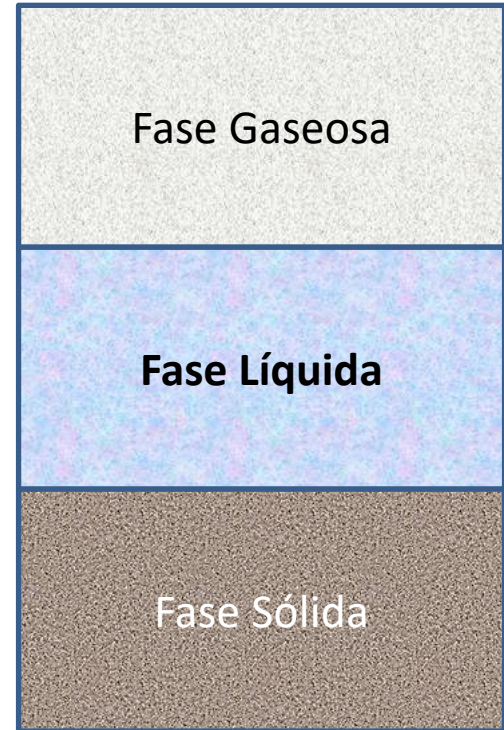


---

Formada por el agua libre específicamente, aunque pueden existir otros líquidos de menor significación.

---

La capa viscosa del agua adsorbida, que presenta propiedades intermedias entre la fase sólida y la líquida suele incluirse en la fase líquida, pues susceptible de desaparecer, cuando el suelo es sometido a una fuerte evaporación (secado).



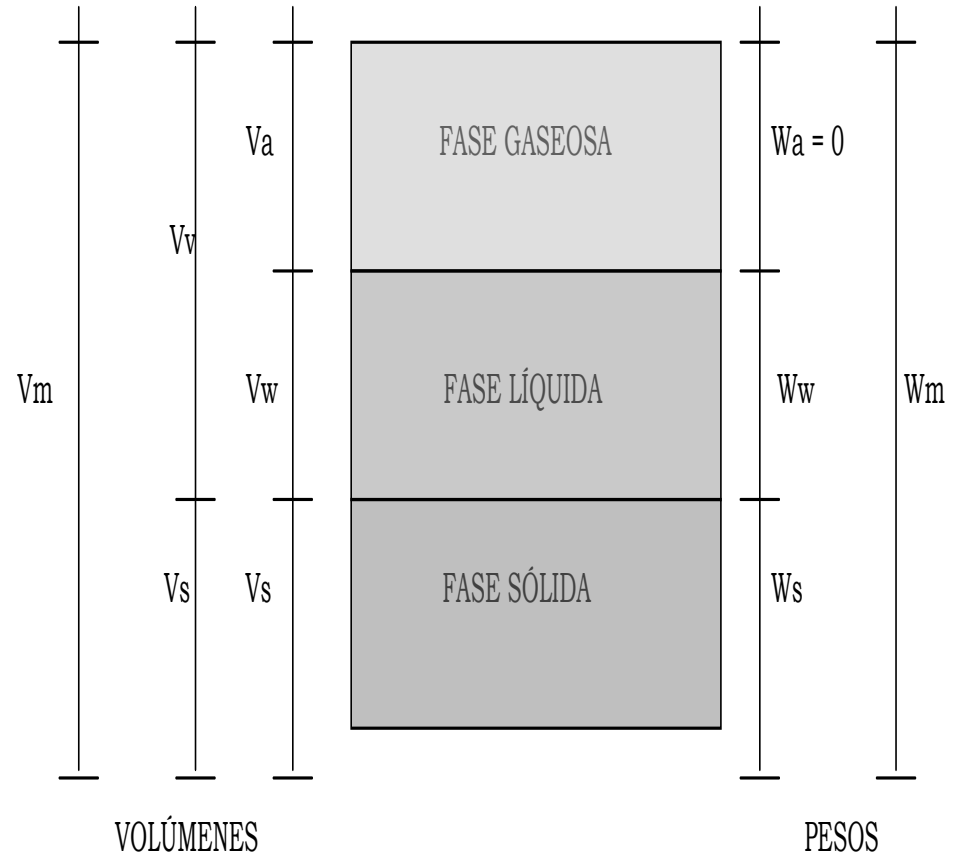
# Fase gaseosa

- Comprende sobre todo el aire, pudiendo estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.).



# NOMENCLATURA

- $V_m$  = volumen de la masa de suelo.
- $V_s$  = volumen de la fase sólida o de sólidos.
- $V_w$  = volumen de la fase líquida o de agua.
- $V_a$  = volumen de la fase gaseosa o de aire.
- $V_v$  = volumen de vacíos.
- $W_m$  = peso de la masa de suelo.
- $W_s$  = peso de la fase sólida o de sólidos.
- $W_w$  = peso de la fase líquida o de agua.
- $W_a$  = peso de la fase gaseosa o de aire (es nulo en mecánica de suelos).



# Relaciones gravimétricas y volumétricas

- 
- Las fases líquida y gaseosa suelen comprenderse en el volumen de vacíos ( $V_v$ ), mientras que la fase sólida constituye el volumen de sólidos ( $V_s$ ).

$$V_m = V_v + V_s$$

$$W_m = W_s + W_w$$

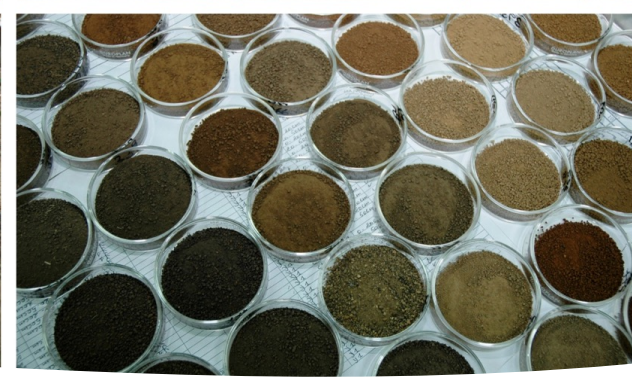
- Un suelo está totalmente saturado cuando todos sus vacíos están completamente ocupados por agua, presentando en este caso sólo dos fases; la sólida y la líquida. Muchos suelos yacientes bajo el nivel freático son totalmente saturados.

---

Cuando el suelo está totalmente seco, todos sus vacíos están ocupados por aire, presentando sólo la fase sólida y la fase gaseosa. Algunos suelos contienen además materia orgánica, en diversas formas y cantidades; en turbas, estas materias predominan y consisten en residuos vegetales parcialmente descompuestos.

---

Aunque el contenido de materia orgánica y las capas adsorbidas son muy importantes desde el punto de vista de las propiedades mecánicas del suelo, no es preciso considerarlos en la medición de pesos y volúmenes relativos de las tres fases principales; su influencia se toma en cuenta en el estudio de ciertas propiedades de los suelos.



(PortalFruticola, s.f.)

- En los laboratorios de mecánica de suelos podemos determinar fácilmente los pesos de las muestras húmedas y secas. Estas magnitudes no son las únicas cuyo cálculo es necesario; es preciso obtener relaciones sencillas y prácticas que nos permitan medir otras magnitudes en término de éstas.
- Estas relaciones de tipo gravimétrico y volumétrico son de gran importancia y se involucran por medio del concepto de peso específico.

- Se distinguen las siguientes relaciones entre pesos y volúmenes denominados pesos específicos:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Donde:

- $\gamma$  = peso específico del material.
- $W$  = peso del material.
- $V$  = volumen del material.

**Peso Específico Relativo ( $\delta$ ):**

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_o} = \frac{W}{V\gamma_o}$$

Donde:

- $\gamma_o$  = peso específico del agua destilada a 4° C a nivel del mar.
- $\gamma$  = peso específico del material.
- $W$  = peso del material.
- $V$  = volumen del material.

## Peso Específico Relativo de la Masa de Suelo ( $\delta_m$ ):

$$\delta_m = \frac{\gamma_m}{\gamma_o} = \frac{W_m}{V_m \gamma_o}$$

Donde:

- $\gamma_o$  = peso específico del agua destilada a 4° C a nivel del mar.
- $\gamma_m$  = peso específico de la masa de suelo.
- $W_m$  = peso de la masa de suelo.
- $V_m$  = volumen de la masa de suelo.



**Peso Específico Relativo de la Fase Sólida del Suelo (densidad de sólidos), ( $\delta_s$ ):**

$$\delta_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o}$$

Donde:

- $\gamma_o$  = peso específico del agua destilada a 4° C a nivel del mar.
- $\gamma_s$  = peso específico de la fase sólida.



# RELACIONES FUNDAMENTALES

**1. Relación de vacíos** u oquedades o Índice de poros (e):

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

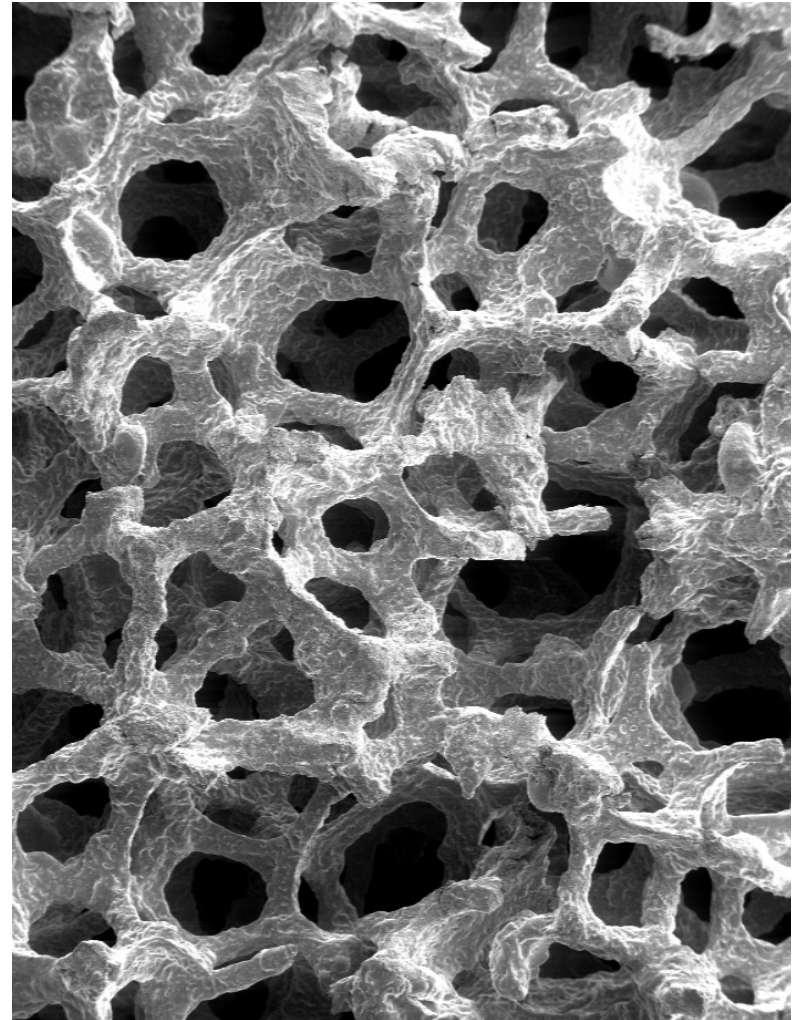
- Puede variar teóricamente de cero (si  $V_v = 0$ ) a infinito (valor correspondiente a un espacio vacío). En la práctica no suelen hallarse valores menores de 0.25 en arenas muy compactas con finos, ni mayores de 15 en el caso de algunas arcillas altamente compresibles.

2. **Porosidad (n)**. Se expresa en porcentaje mediante la siguiente expresión:

---

$$n(\%) = \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

- Puede variar de cero (en un suelo ideal sólo con fase sólida) a 100 (espacio vacío). Los valores reales suelen oscilar entre 20% y 95%.



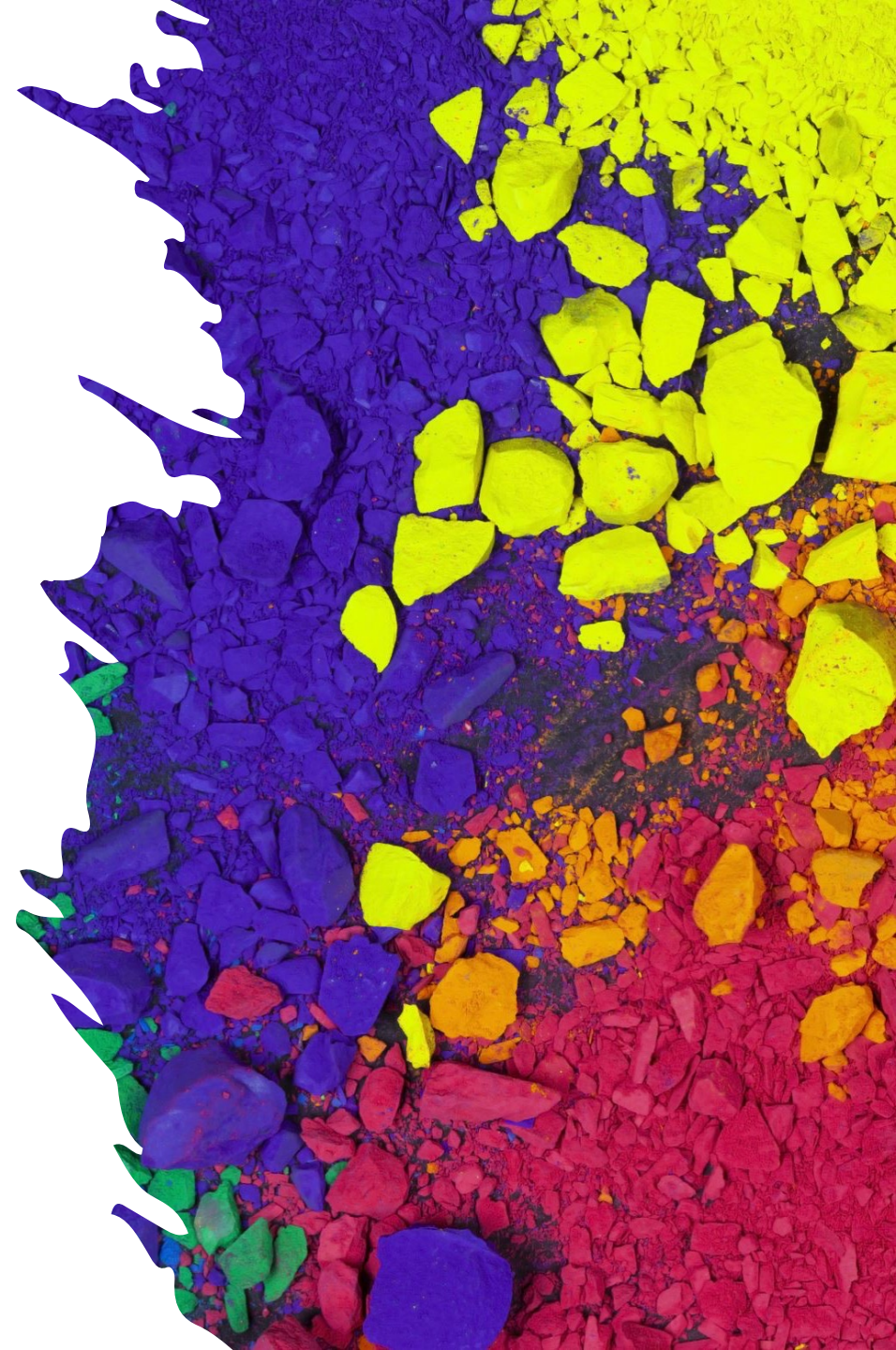
(Wikipedia, s.f.)

### 3. Grado de Saturación agua ( $G_w$ ).

Se da en porcentaje y se expresa como:

$$G_w (\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

- Varía de cero (suelo seco) a 100 (suelo saturado totalmente).



#### 4. Contenido de Agua o Humedad en un Suelo (H, w, m).

Se da en porcentaje y se expresa como:

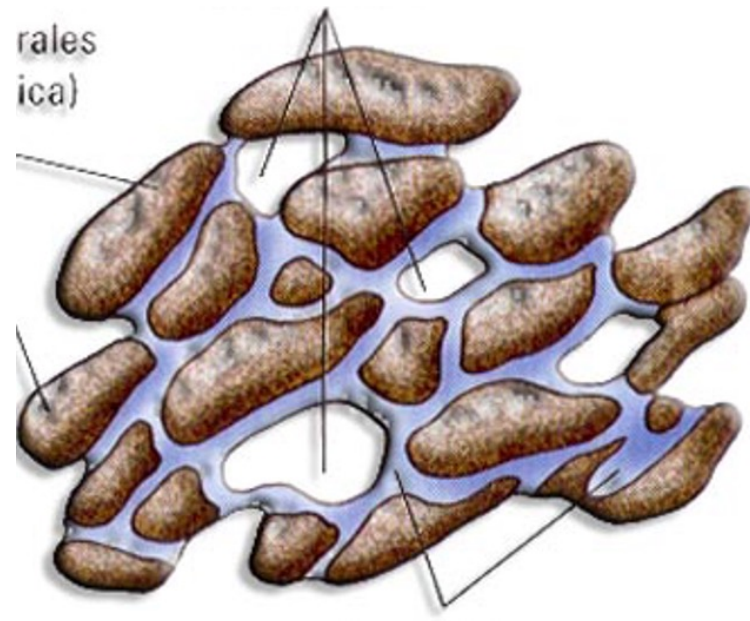
$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

- Varía teóricamente de cero (suelo seco) a infinito. En la naturaleza la humedad de los suelos varía entre límites muy amplios. En arcillas japonesas se han registrado contenidos de agua de 1,200 % a 1,400 %; en México existen valores de 1,000 % en arcillas procedentes de la región sureste del país; en el Valle de México son normales humedades de 500% a 600%.

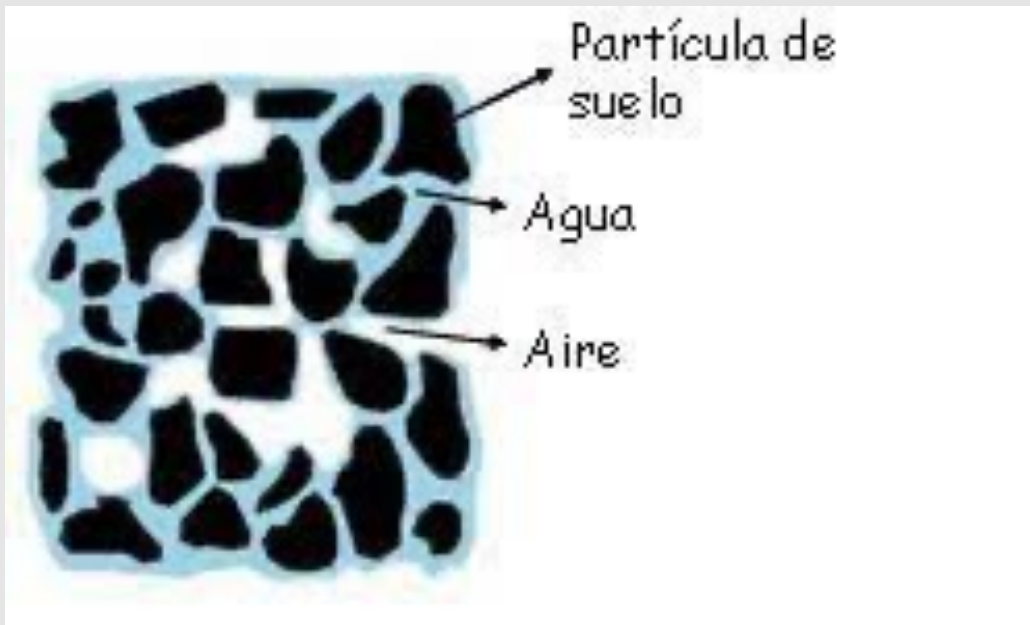


- 
- **5. Grado de Saturación del Aire ( $G_a$ ).** Se da en porcentaje y se expresa como:

$$G_a (\%) = \frac{V_a}{V_v} \times 100$$



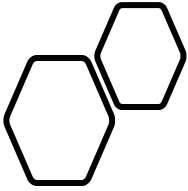
$$A_v(\%) = \frac{V_a}{V_m} \times 100$$



## 6. Relación Aire Vacíos ( $A_v$ ).

Se da en porcentaje y se expresa como:

- $A_v$  es igual a cero cuando el suelo está totalmente saturado.

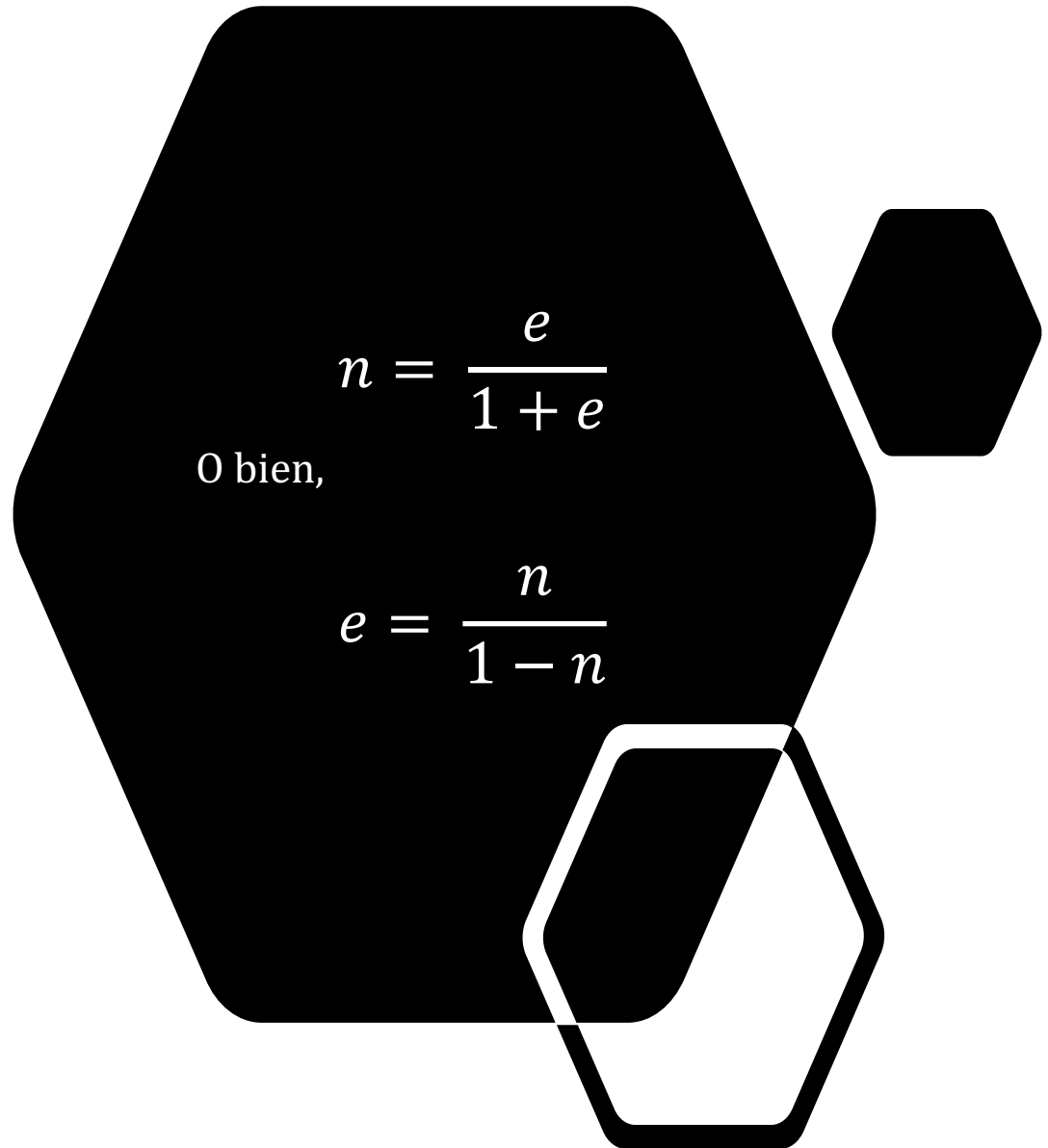


**CORRELACIÓN ENTRE  
LA RELACIÓN DE VACÍOS  
Y LA POROSIDAD**

$$n = \frac{e}{1 + e}$$

O bien,

$$e = \frac{n}{1 - n}$$





# Peso Específico de la Masa de Suelo Seca

Es la masa de suelo sin considerar su contenido de humedad. Se denota  $\gamma_d$ , y se determina con la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_m}$$

O bien,

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + w}$$

# Pesos Específicos Sumergidos

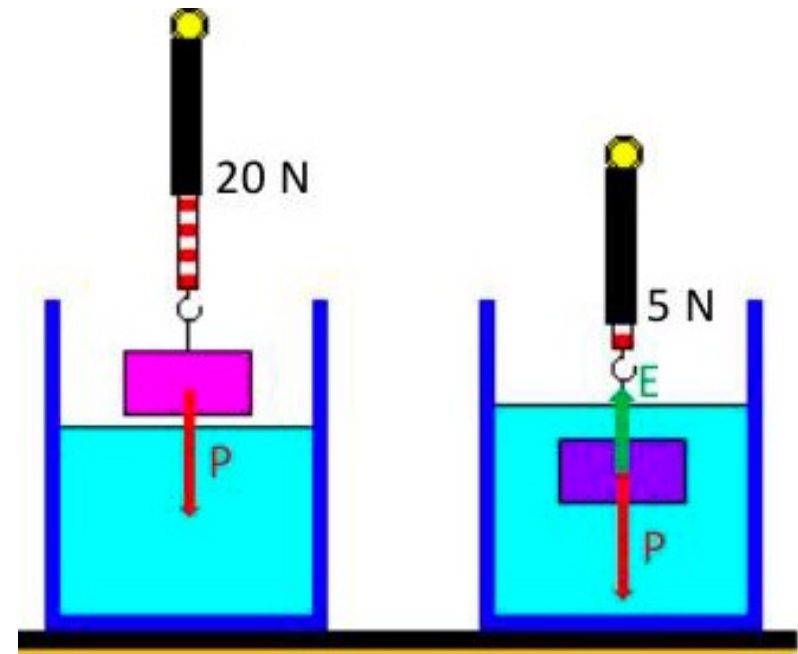
Como ya se había comentado anteriormente, un suelo ubicado por debajo del nivel de aguas freáticas se considera totalmente saturado que, además, está sujeto a la presión hidrostática, lo que provoca que su peso sea menor.

Con base en lo anterior, el peso específico de un suelo por debajo del nivel freático, definido como peso específico de la masa de suelo sumergido, denotado  $\gamma'_m$ , está dado por:

$$\gamma'_m = \gamma_m - \gamma_o$$

Donde:

- $\gamma_m$ , peso específico de la masa de suelo.
- $\gamma_o$ , peso específico del agua.



- Así también, el **peso específico relativo de la masa de suelo sumergido**, denotado  $\delta'_m$ , está dado por:

$$\delta'_m = \delta_m - 1$$

Donde:

- $\delta_m$ , peso específico relativo de la masa de suelo.

# Pasos a seguir:

## Caso 1

### Caso 1:

1) Esquema de humedad del suelo

2) Identificar si en los datos se tienen valores de volúmenes o pesos. Se deben de elegir sus unidades con base a los datos. Se colocan los datos en el esquema.

Por ejemplo: se conocen  $V_s$ ,  $W_s$  y  $V_w$

3) Se completan los demás datos del esquema, empleando los datos del problema.

4) Finalmente se determinan las relaciones fundamentales que pide el problema.



# Caso 2

## Caso 2).

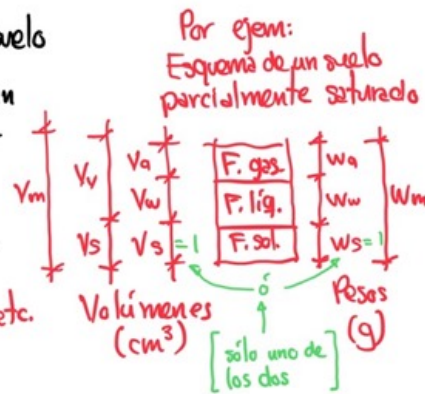
- 1). Se dibuje el esquema del suelo
- 2). En este caso no se tienen datos de pesos ni de volúmenes de las fases del suelo, sólo se tienen datos de relaciones fundamentales.

Por ejemplo:  $e$ ,  $w$ ,  $S_s$ , etc.

- 3). Se considere que:

$$V_s = 1 \quad \text{ó} \quad W_s = 1$$

(se elige  $V_s = 1$  o  $W_s = 1$  con base a las relaciones fundamentales que se tienen como dato).



Por ejemplo:

Si se conoce  $e$  o  $n$  entonces  $V_s = 1$

Si se conoce  $w$  entonces  $W_s = 1$

Si se conocen  $e$  y  $w$  entonces  $V_s = 1$  ó  $W_s = 1$

- 4). Completar los pesos y volúmenes del esquema
- 5). Finalmente, se obtienen las relaciones fundamentales solicitadas en el ejercicio.



# Conclusiones

Las relaciones volumétricas y gravimétricas en los suelos son fundamentales en la construcción. Comprender estas relaciones permite estimar la capacidad de carga del suelo, su estabilidad y resistencia ante movimientos sísmicos, así como prevenir posibles fallas estructurales y garantizar la seguridad de las edificaciones. Es esencial realizar estudios de la relación volumétrica y gravimétrica antes de la construcción para garantizar la estabilidad y seguridad de cualquier proyecto que involucre la tierra como elemento de soporte.

# Ejercicio 1

El volumen de una muestra irregular de suelo parcialmente saturado se ha determinado cubriendo la muestra con cera y pesándola al aire y bajo agua. Se conocen:

- Masa total de la muestra al aire, 174.8g
- Contenido de agua de la muestra, 11.6%
- Masa de la muestra envuelta en cera en el aire, 185.4g
- Masa de la muestra envuelta en cera sumergida, 73.5g
- Peso específico relativo de sólidos del suelo, 2.68
- Peso específico relativo de la cera, 0.91
- Determinar:  $e$ ,  $n$ ,  $G_w$ ,  $A_v$ ,  $\gamma_m$  y  $\gamma_d$

# Ejercicio 2

Una muestra de arena totalmente seca, llena un cilindro metálico de  $200 \text{ cm}^3$  y masa  $260 \text{ g}$ . Si  $\delta_s = 2.60$  obtener;  $e$ ,  $n$  y  $\gamma_d$ .





### Ejercicio 3

De un suelo saturado, se conocen  $n$  y  $H$ .  
encontrar,  $\delta_s$ ,  $e$ ,  $\gamma_m$  y  $\gamma'_m$ .

## Ejercicio 4

En una muestra de suelo parcialmente saturado se conocen, la relación de vacíos, el contenido de humedad y la densidad de sólidos. Obtener el peso específico de la masa de suelo, el peso específico relativo de la masa de suelo, así como, su grado de saturación.



## Ejercicio 5

Dados el contenido de humedad de un suelo saturado y su peso específico relativo de sólidos, encuentre el peso específico de la masa de suelo, el peso específico sumergido de la masa de suelo, su relación de vacíos y su porosidad.

# BIBLIOGRAFÍA

- BiologíaSur. (s.f.). Procesos geológicos externos y sus riesgos.  
<https://www.biologiasur.org/index.php/teoria/geosfera/procesos-geologicos-externos-y-sus-riesgos>
- Das, B. M. (2015). Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.). *Mexico: CENGAGE Learning*.
- PortalFruticola. (s.f.). Métodos de medición de humedad del suelo.  
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/08/30/metodos-de-medicion-de-humedad-del-suelo-del-campo-al-laboratorio/>
- Wikipedia. (s.f.). Espuma metálica.  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Espuma\\_met%C3%A1lica](https://es.wikipedia.org/wiki/Espuma_met%C3%A1lica)



An aerial photograph of a modern cityscape. On the left, several tall, white skyscrapers with grid-like window patterns stand prominently. In the center and right, a multi-lane highway curves through a green park area. A large, bright blue lake is visible in the lower right, with a small, dark, angular structure in the water. The sky is clear and blue. A large, white, brush-stroke-like shape is overlaid on the center of the image, containing the word "Gracias".

**Gracias**