

VALORES DEL SUELO.

De volumen:

- humedad
- porosidad
- índice de poros
- compacidad
- 5 densidades
- índice de densidad y densidad relativa
- índice de consistencia

Mecánicos:

- resistencia
- deformabilidad
- ángulo de rozamiento interno
- cohesión

VALORES DEL SUELO. Humedad.



Humedad $w = (\text{peso del agua} / \text{peso del sólido}) \times 100$. Es un porcentaje sin unidades.
 $w = 100\%$ no indica que la muestra esté saturada. Indica que el agua que contiene pesa igual que las partículas sólidas que contiene

VALORES DEL SUELO. Porosidad n

Es la fracción del volumen total ocupada por los poros, o sea el agua más el aire:
 $n = \text{volumen (aire + agua)} / \text{volumen total}$

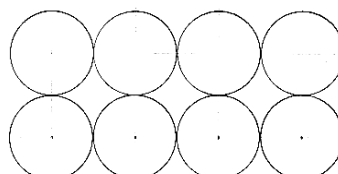
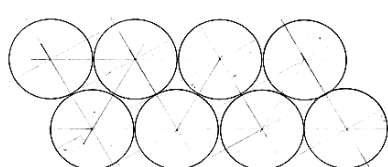
VALORES DEL SUELO. Índice o proporción de poros e

Es la relación entre el volumen ocupado por los poros (aire + agua) y el volumen de la fracción sólida: $e = \text{volumen (aire + agua)} / \text{volumen del sólido}$.

Relación entre índice de poros y porosidad:

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

El índice de poros de un conjunto de partículas puede variar entre un mínimo (densidad máxima) y un máximo (densidad mínima). Por ejemplo, para un conjunto de esferas:



$e_{\min} = 0,35$ (densidad máxima)

$e_{\max} = 0,91$ (densidad mínima)

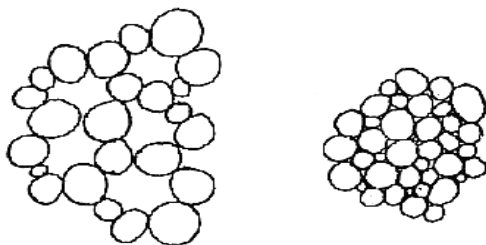
VALORES DEL SUELO. Compacidad σ

Es la fracción del volumen total ocupada por la fracción sólida:

$$\sigma = \text{volumen del sólido} / \text{volumen total}$$

Complementa a la porosidad n , de manera que $\sigma + n = 1$

La máxima compacidad se corresponde con la porosidad menor.



La máxima compacidad se corresponde con la porosidad menor.

VALORES DEL SUELO. Densidad de las partículas γ_s

$$\gamma_s = \text{peso del sólido} / \text{volumen del sólido}$$

Es la mayor de las densidades.

Valores orientativos: arcilla 2,5 a 2,9 T / m³; arena: 2,65 T/m³

Densidad aparente o densidad γ

$$\gamma = \text{peso total} / \text{volumen total}$$

Es menor que γ_s porque incluye los poros. Varía entre γ_d y γ_{sat}

Densidad seca γ_d

$$\gamma_d = \text{peso del sólido} / \text{volumen total}$$

Es la menor de las densidades aparentes posibles porque todos los poros están secos.

Es fácil demostrar que $\gamma_d = \gamma_s \cdot (1 - n)$

Densidad saturada γ_{sat} :

$$\gamma_{sat} = (\text{peso del sólido} + \text{peso del agua}) / \text{volumen total}$$

Es la mayor de las densidades aparentes posibles porque todos los poros están llenos de agua. No hay aire. El suelo está saturado.

Es fácil demostrar que $\gamma_{sat} = \gamma_d + n \cdot \gamma_w$

(γ_w es la densidad del agua)

Densidad sumergida γ' :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

Cuando el suelo está sumergido, todos los poros están llenos de agua. Hay que descontar del peso propio del suelo el peso del agua que ocuparía su lugar (o sea el empuje de Arquímedes 287 a 212 a.C.)

Observaciones: γ_{sat} es la densidad del suelo saturado por encima del nivel freático. No actúa el empuje de Arquímedes. En cambio, γ' es la densidad del suelo saturado sometido al empuje de Arquímedes por debajo del nivel freático. Por lo tanto, la densidad sumergida es inferior a la saturada, lo cual significa que el suelo, cuando se inunda, pesa menos. **Cuando baja el nivel freático aumenta la densidad del suelo** porque pasa de sumergida γ' a saturada γ_{sat} .

Tabla D.26. Valores orientativos de densidades de suelos

Tipo de suelo	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
Grava	20 – 22	15 – 17
Arena	18 – 20	13 – 16
Limo	18 – 20	14 – 18
Arcilla	16 – 22	14 – 21

Tabla D.27. Propiedades básicas de los suelos

Clase de suelo		Peso específico aparente (kN/m ³)	Ángulo de rozamiento interno
Terreno natural	Grava	19 – 22	34° - 45°
	Arena	17 – 20	30° - 36°
	Limo	17 – 20	25 – 32°
	Arcilla	15 – 22	16° – 28°
Rellenos	Tierra vegetal	17	25°
	Terraplén	17	30°
	Pedraplén	18	40°

Tabla D.28. Valores orientativos del coeficiente de Permeabilidad

Tipo de suelo	k_z (m/s)
Grava limpia	$> 10^{-2}$
Arena limpia y mezcla de grava y arena limpia	$10^{-2} - 10^{-5}$
Arena fina, limo, mezclas de arenas, limos y arcillas	$10^{-5} - 10^{-9}$
Arcilla	$< 10^{-9}$

Tabla D.29. Valores orientativos del coeficiente de balasto, K_{30}

Tipo de suelo	K_{30} (MN/m ³)
Arcilla blanda	15 – 30
Arcilla media	30 – 60
Arcilla dura	60 – 200
Limo	15 – 45
Arena floja	10 – 30
Arena media	30 – 90
Arena compacta	90 – 200
Grava arenosa floja	70 – 120
Grava arenosa compacta	120 – 300
Margas arcillosas	200 – 400
Rocas algo alteradas	300 – 5.000
Rocas sanas	> 5.000

Tabla D.23. Valores orientativos de N_{SPT} , resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N_{SPT}	q_u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 – 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 – 100
Suelos compactos o duros	50 – Rechazo	300 - 500	100 – 500
Rocas blandas	Rechazo	500 – 5.000	500 – 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 – 40.000	8.000 – 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 15.000

Tabla D.24. Valores orientativos del coeficiente de Poisson

Tipo de suelo	Coficiente de Poisson
Arcillas blandas normalmente consolidadas	0,40
Arcillas medias	0,30
Arcillas duras preconsolidadas	0,15
Arenas y suelos granulares	0,30

VALORES DEL SUELO. Índice de densidad I_D

Define la proporción del índice de poros e que falta para llegar al máximo posible, o sea a la densidad mínima: $I_D = (e_{MAX} - e) / (e_{MAX} - e_{min})$

$e = e_{MAX} \Rightarrow I_D = 0 \Rightarrow$ densidad mínima

$e = e_{min} \Rightarrow I_D = 1 \Rightarrow$ densidad máxima

Densidad relativa $C_r = 100 \cdot I_D$

C_r	Estado de la arena
0 a 15	Muy suelta o muy poca densa
15 a 35	Suelta o poco densa
35 a 65	Medianamente densa
65 a 85	Densa
85 a 100	Muy densa

Las arenas más densas ($65 \leq C_r \leq 100$) aguantan más y tienen más rozamiento: $\varphi = 45^\circ$

Las arenas menos densas ($15 \leq C_r \leq 35$) aguantan menos y tienen menos rozamiento: $26^\circ \leq \varphi \leq 45^\circ$

Índice de consistencia en estado plástico I_c

Define la proporción que falta para llegar al límite líquido w_L comparando w , w_L , w_p y I_p :

$$I_c = (w_L - w) / I_p$$

w	I_c	Consistencia
w_L	0	Fluida (líquida)
	$0 \leq I_c \leq 0,5$	Pastosa
	$0,5 < I_c \leq 0,75$	Blanda
	$0,75 < I_c \leq 1$	Firme
w_p	1	Consistente (semi-sólida)

Relaciones entre valores de volumen del suelo:

$$(1 + e) \cdot (1 - n) = 1$$

$$\gamma = \gamma_d \cdot (1 + w / 100)$$

$$w = 100 \cdot (\gamma - \gamma_d) / \gamma_d$$

$$e = (\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d$$

ALGUNOS VALORES MECÁNICOS.

Ángulo de rozamiento interno φ : es el ángulo de rozamiento entre las partículas del suelo. Lo miden los ensayos de corte directo y triaxial.

Cohesión c : es la atracción entre las partículas. La miden el escisómetro (molinete o vane test), el ensayo de corte directo y el triaxial.

Módulo de deformación E : relaciona la tensión con la deformación. Varía con el intervalo de presiones puesto que la relación tensión-deformación no es lineal. Lo miden el ensayo de carga con placa y el presiómetro.

Resistencia a la compresión simple σ : es la resistencia a la carga vertical sin confinamiento lateral