

ESTIMACIÓN DE LA CURVA DE RETENCIÓN DE AGUA EN EL SUELO A PARTIR DE SU CURVA DE GRANULOMETRÍA



Felipe Zataráin y Carlos Fuentes

29/11/2017

Enfoque macroscópico o fenomenológico (escala de Darcy): Ecuación de Richards.

$$C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} = \nabla \cdot [K(\psi) \nabla (\psi - z)]$$

$$C(\psi) = \frac{d\theta}{d\psi}$$

- Propiedades hidrodinámicas.

$K(\psi)$

$\theta(\psi)$

Modelos para representar la curva de retención (Braddock *et al.*, 2001):

$$\psi = \psi_d \Theta^{-1/\lambda} \left(1 - \Theta^{1/m}\right)^{1/n} \quad \Theta = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

Con $\lambda = mn$ se obtiene la ecuación de van Genuchten (1980):

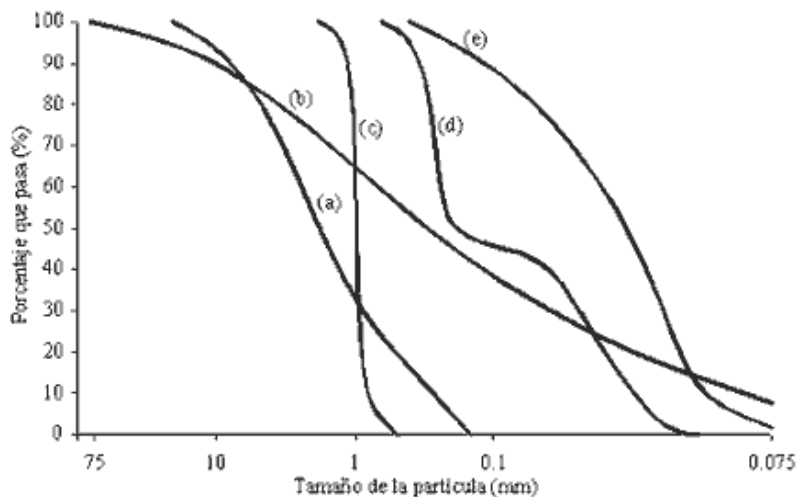
$$\Theta = \left[1 + \left(\frac{\psi}{\psi_d}\right)^n\right]^{-m}$$

Métodos de determinación: directos, indirectos, inversos

- **MÉTODOS INDIRECTOS DE CARACTERIZACIÓN HIDRODINÁMICA**

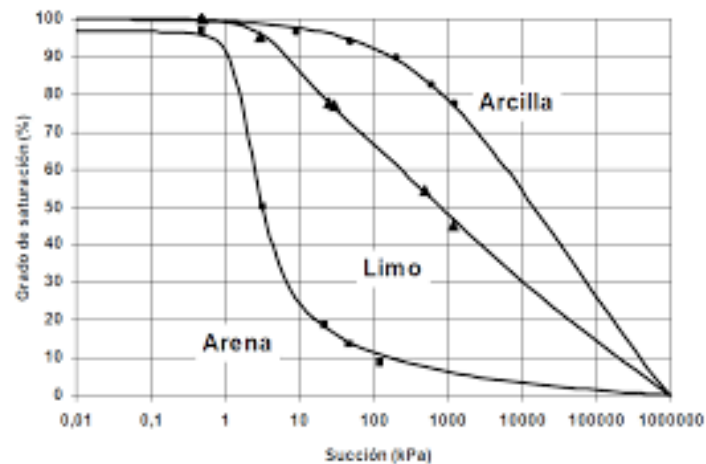
- i Discretos de regresión.
- ii Regresión funcional.
- iii Semi-físicos (físico-empíricos).

MÉTODOS SEMI-FÍSICOS



$F(D)$

Curva porosimétrica



$\theta(\psi)$

$S(R)$

Ley de Laplace

Ley de Stokes

$$\psi = -\frac{2\sigma \cos \alpha_c}{\rho_w g R}$$

$$v_s = \frac{g \rho_o}{18\mu} \left(1 - \frac{\rho_w}{\rho_o} \right) D^2$$

Aria y Paris (1981) discretizan la curva granulométrica en N_c clases.

$$\Delta V_{vi} / \Delta V_{si} = V_{vt} / V_{st} = e$$

$$\Delta M_{si} / \Delta V_{si} = M_{st} / V_{st} = \rho_o$$



$$\Delta V_{vi} / V_{vt} = \Delta M_{si} / M_{st}$$



$$S(R) = F(D)$$

Para un θ dado el agua se encuentra en los poros con

$$\theta(R) = \phi S(R) = \phi F(D)$$

RELACIÓN ENTRE R y D (TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y TAMAÑO DE POROS)

El volumen de los sólidos: $\Delta V_{si} = \frac{\pi}{6} \Delta N_i D_i^3$

El espacio de los vacíos es asimilado a un tubo cilíndrico.

Área

$$\pi R_i^2$$

Longitud

$$\Delta N_i D_i \longrightarrow (\Delta N_i)^\alpha D_i$$



$$R_i = D_i \sqrt{\frac{e}{6(\Delta N_i)^{\alpha-1}}}$$

$$\alpha \cong 1.38$$

Patrón fractal (Fuentes, 1992): $s = D_f/3$

$$R_i = D_i^{1+3s(\alpha-1)/2} \sqrt{\frac{e}{6} \left(\frac{\pi \rho_o D_d^{3(1-s)}}{6 \Delta F_d} \right)^{\alpha-1}}$$

$$\frac{R}{R_d} = \left(\frac{D}{D_d} \right)^{1+\kappa}$$

$$\kappa = \frac{2s-1}{2s(1-s)}$$

Aplicación con la ecuación de van Genuchten (1980)

$$S(R) = S_r + (1 - S_r) \left[1 + \left(\frac{R_d}{R} \right)^n \right]^{-m}$$

$$F(D) = F_r + (1 - F_r) \left[1 + \left(\frac{D_d}{D} \right)^N \right]^{-M}$$

$$M = m$$

$$N = (1 + \kappa)n$$

$$0 < 2sm = 1 - 4s/n < 1$$

La base de datos GRIZZLY

Compila datos de 660 suelos de la literatura. Prácticamente la totalidad de los datos provienen de experimentos de campo, excepto los datos correspondientes a 20 suelos que fueron caracterizados en experimentos de laboratorio.

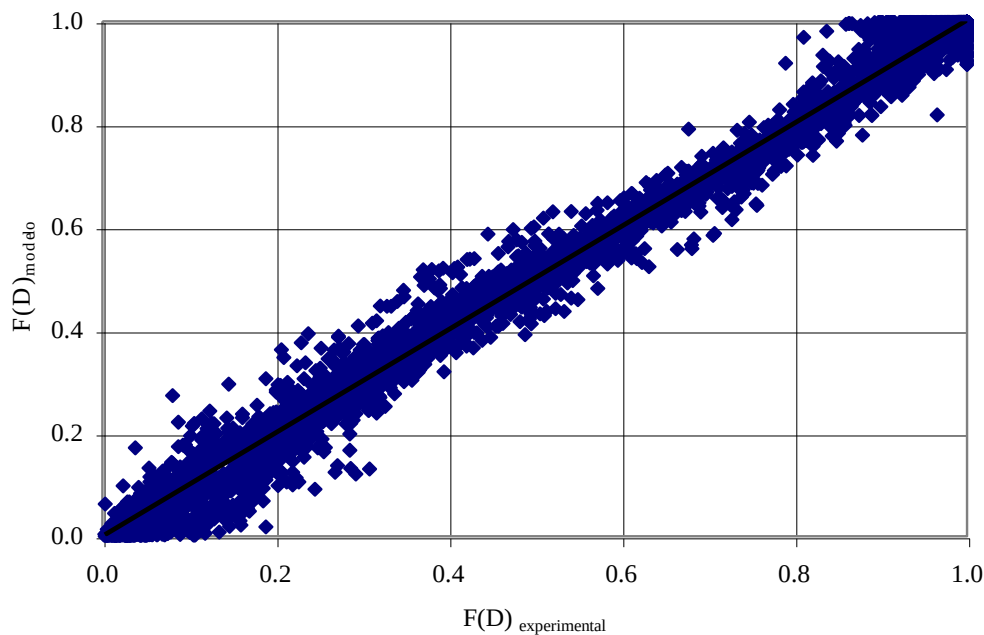
La distribución de los 660 suelos de acuerdo con las clases texturales del USDA (7ª Sistema de Clasificación Americana de suelos del USDA, 1960) cubre la mayoría del triángulo de texturas. En la base datos están representadas 10 clases texturales: arena (85), arena franca (60), franco arenoso (143), franco (72), franco limoso (83), franco arcillo arenoso (2), franco arcilloso (31), franco arcillo limoso (61), arcillo limoso (54), y arcilla (69).

APLICACIÓN

$$F(D) = F_r + (1 - F_r) \left[1 + \left(\frac{D_d}{D} \right)^N \right]^{-M}$$

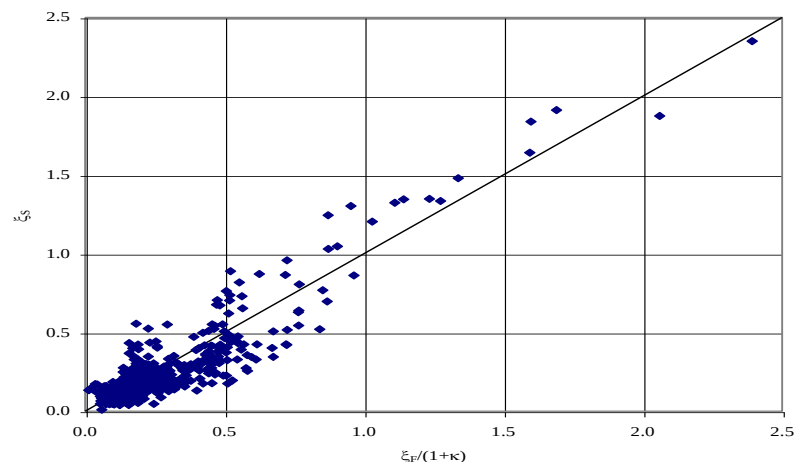
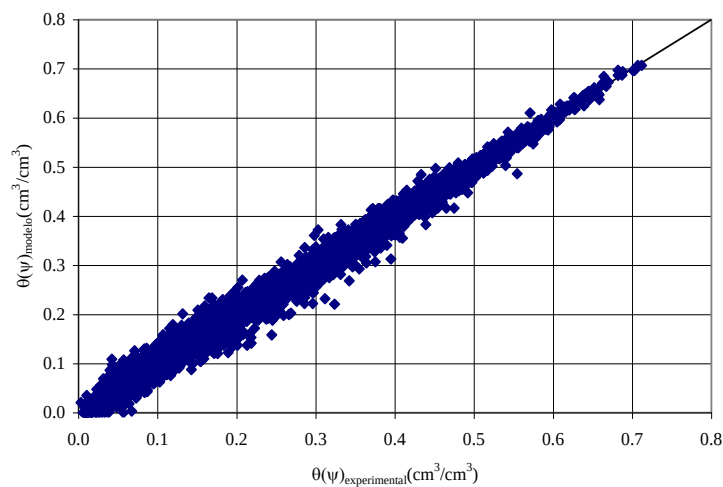
$$\kappa = \frac{2s - 1}{2s(1 - s)}$$

$$0 < 2sm = 1 - 4s/n < 1$$



APLICACIÓN

m



*La variación en la frontera (Dmax) producirá un desplazamiento en la curva granulométrica sobre el eje D y por consecuencia un desplazamiento de la curva de retención sobre el eje del potencial de presión.

CONCLUSIONES

La estimación de los parámetros de forma se realiza aplicando las relaciones desarrolladas en marco de la geometría fractal en la conceptualización de las escalas de Laplace y Stokes.

Los resultados confirman que la metodología propuesta puede ser utilizada con fines de predicción de los parámetros de forma. Los parámetros de estructura de la curva de retención deben ser obtenidos a partir de otras consideraciones.

Gracias

Felipe Zataráin Mendoza

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
zatarainf@Gmail.com



PUEBLA
XXXI CONVENCIÓN ANUAL Y EXPO

ANEAS
2017
27 NOV - 1 DIC



www.comeii.com/comeii2017

  @CongresoCOMEII

 info@comeii.com