



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# LA TÉCNICA DEL AUGER-HOLE

<b>Apellidos, nombre</b>	Ibáñez Asensio, Sara ( <a href="mailto:sibanez@prv.upv.es">sibanez@prv.upv.es</a> ) Moreno Ramón, Héctor ( <a href="mailto:hecmora@prv.upv.es">hecmora@prv.upv.es</a> ) Gisbert Blanquer, Juan Manuel ( <a href="mailto:jgisbert@prv.upv.es">jgisbert@prv.upv.es</a> )
<b>Departamento</b>	Producción Vegetal
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



## 1 Resumen

En el presente artículo se analiza la técnica del Auger-Hole como procedimiento de medida de la velocidad de desplazamiento del agua en suelos encharcados o con una capa freática cerca de la superficie, es decir, en condiciones de saturación.

La conductividad hidráulica de un medio poroso expresa la velocidad con la que circula un fluido por los huecos que quedan entre sus partículas constituyentes, siendo una de las propiedades que reflejan con mayor precisión el tiempo de permanencia del agua en el suelo. Su valor nos ayuda a prever la respuesta del terreno ante a las lluvias o el riego.

## 2 Objetivos

Con el presente artículo docente se pretende que el lector sea capaz de:

- Entender el comportamiento de los suelos saturados
- Determinar la ubicación idóneo de los puntos de sondeo y su profundidad
- Calcular el valor de la conductividad hidráulica mediante la técnica del Auger-Hole

## 3 Estructura e introducción

El presente artículo docente se estructura en los siguientes puntos:

1. Resumen de ideas clave
2. Objetivos
3. Estructura e introducción
4. Desarrollo
  - 4.1. Descripción de la técnica del Auger-Hole
  - 4.2. Procedimiento de trabajo
  - 4.3. Cálculo de la conductividad hidráulica
5. Cierre
6. Bibliografía

Si seguimos todos estos apartados descritos al final tendremos una idea clara de cómo se comporta el agua del suelo cuando el espacio poroso se encuentra, completamente saturado, superando los objetivos anteriormente propuestos. No obstante para poder llegar a entender el funcionamiento de la técnica de medida en estos casos antes deberemos de saber qué es la conductividad hidráulica y cuáles son los factores que determinan su valor.



Si no conoces estos conceptos básicos en edafología, debes buscar información en cualquier libro (por ejemplo los señalados en la bibliografía) o bien buscando en internet con las palabras claves anteriormente señaladas.

## 4 Desarrollo

El método de "auger-hole" es un método rápido y sencillo para medir la conductividad hidráulica del suelo que se encuentra por debajo del nivel de una capa freática, y por lo tanto, tiene todo sus huecos ocupados por agua. Se usa principalmente en estudios de saneamiento o recuperación de zonas pantanosas y en investigaciones de fugas o pérdidas en canales de agua.

El método fue diseñado por Diserens (1934) y perfeccionado por Kirkham (1945, 1948), Van Bavel (1948), Ernst (1950), Jonson (1952), y más tarde de nuevo por Kirkham (1955); se fundamenta en el hecho de que, en las zonas inundadas, la presión hidrostática puede superar a la fuerza ejercida por la gravedad (figura 1).



Figura1: Espacio poroso

Conviene recordar que el suelo es capaz de transmitir agua sean cuales sean las condiciones de humedad en las que se encuentre. Incluso un terreno totalmente encharcado es capaz de drenar finalmente toda el agua a no ser que sea completamente impermeable, sólo es cuestión de esperar el tiempo suficiente.

### 4.1 Descripción de la técnica del Auger-Hole

La manera de proceder para realizar la medida es muy simple:

- Se perfora un agujero a cierta profundidad por debajo de la capa freática; la perforación inmediatamente comienza ha inundarse de agua como consecuencia de la presión hidrostática del agua circundante



- Una vez éste esté inundado (el agua del agujero ha alcanzado el mismo nivel que la capa freática circundante), se extrae una parte del agua del agujero, comenzando el agua a fluir de nuevo hacia el interior del agujero
- Midiendo el tiempo que tarda el agua en volver a ocupar el agujero es posible calcular la velocidad del movimiento del agua, o conductividad hidráulica ( $K$ ) del suelo circundante a la perforación.

El método de "auger-hole" proporciona el valor de la conductividad hidráulica media de los estratos o capas del suelo comprendidos entre el nivel freático y una pequeña distancia (algunos centímetros) por debajo del fondo del agujero. Si existe una capa impermeable en el fondo, el valor calculado de  $K$  estará supeditado al valor de la conductividad de las capas de suelo situadas por encima de dicha capa impermeable. En cuanto al espesor del cuerpo de suelo implicado, el radio de la columna de suelo de la cual se mide la conductividad es de aproximadamente 30-50 cm.

El uso de este método se limita a zonas con un nivel freático elevado al menos en el momento de la medición (figura 2), y a suelos lo suficientemente estables como para mantener la perforación a lo largo de la prueba. De hecho, en algunos suelos arenosos es necesario utilizar un tubo perforado que permita la entrada del agua.

Al margen de las consideraciones teóricas que rigen el flujo del agua en el suelo dentro del agujero, éste procedimiento puede utilizarse principalmente con fines prácticos puesto que si se siguen las recomendaciones del método simplemente con aplicar los diagramas o fórmulas adecuados es posible determinar con facilidad la conductividad hidráulica del suelo.



Figura 2.- Sondeo en la Albufera de Valencia

## 4.2 Procedimiento de trabajo

Se realiza en tres fases consecutivas:

- 1.- Perforación del sondeo
- 2.- Extracción del agua de inundación
- 3.- Medición de la velocidad de elevación del agua

### 1.- Perforación del sondeo

Es muy importante realizar esta operación alterando el suelo lo menos posible, para este fin se utilizan barrenas especiales de doble "hoja abierta" o barrenas de tipo holandés (Figura 3)



Figura 3.- Barrena tipo holandés o de hoja abierta

La profundidad del agujero depende de la naturaleza y espesor de los horizontes, así como de la profundidad a la cual queremos determinar la conductividad hidráulica.

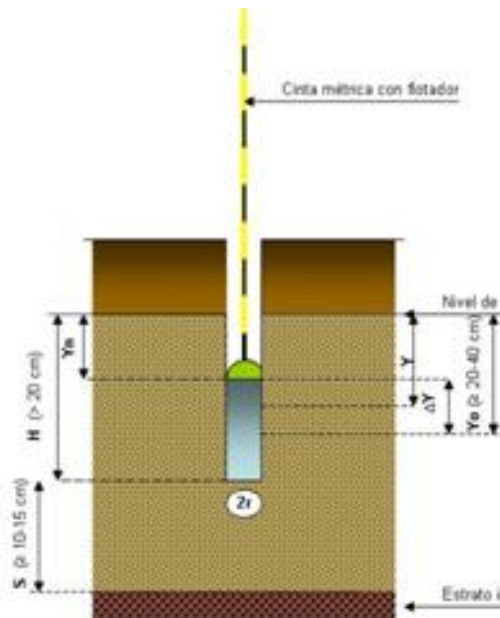
Si el suelo es homogéneo bastará profundizar entre 60 y 70 cm por debajo de la capa freática. No obstante, cuando esperemos obtener conductividades hidráulicas muy altas lo más apropiado será realizar un sondeo de poca profundidad (entre 30 y 50 cm por debajo del nivel freático) puesto que el tiempo disponible para realizar las medidas previsiblemente será escaso.

### 2.- Extracción del agua del sondeo

Esta fase debe comenzar únicamente si la capa freática en el interior del agujero ha alcanzado el equilibrio. Normalmente es necesario que transcurran entre 10 y 30 minutos de tiempo si el suelo es moderadamente permeable ( $K= 1$  m/día) y algunas horas cuando es poco permeable ( $K= 0,1$  m/día).

Otra consideración a tener en cuenta es que al realizar el agujero con la barrena irremediablemente cerramos los poros del suelo de la zona de contacto, por lo que alteramos la conductividad hidráulica del mismo. No obstante, el flujo del agua es capaz de reabrirlos rápidamente si utilizamos la barrena de doble "hoja abierta" o tipo holandés; en caso contrario, será necesario extraer agua varias veces para que la apertura de los poros de la pared del agujero sea total.

Para extraer el agua del sondeo lo más sencillo es utilizar una bomba manual, siendo conveniente achicar hasta dejar el nivel entre 20 y 40 cm por debajo de la capa freática (figura 4).



**H**= Profundidad del sondeo por debajo de la capa freática ( $20 < H < 200$  cm)

**S**= Profundidad a la que se encuentra el estrato impermeable (o similar) por debajo del fondo del agujero ( $> 10-15$  cm)

**r**= Radio del agujero ( $> 3$  cm)

**Yo**= Distancia entre el nivel de la capa freática y el agua en el sondeo después de bombear el agua ( $> 20 - 40$  cm). Se corresponde con el tiempo de la primera lectura.

**Yn**= Distancia entre el nivel de la capa freática y el agua en el sondeo al final de la experiencia. Se corresponde con el tiempo de la última lectura.

Figura 4: Esquema del procedimiento "auger-hole"

### 3.- Medida de la velocidad de inundación

La medida consiste en controlar la velocidad a la cual el agua asciende de nuevo en el agujero. Las observaciones pueden ser realizadas empleando intervalos de tiempo constantes ( $\Delta t$ ) o mediante intervalos de ascensión del agua prefijados de antemano ( $\Delta Y t$ ).

En cuanto al número de medidas a realizar, en orden a aumentar la exactitud de los resultados y reducir errores, es conveniente realizar unas cinco lecturas mientras el nivel de agua asciende.

El intervalo de tiempo que deberemos dejar transcurrir entre las medidas dependerá de la permeabilidad del terreno, empleándose generalmente intervalos de 5, 10, 15 ó 30 segundos.

En cualquier caso las mediciones deben concluirse antes de que  $Y_n = 3/4 Y_o$ , o lo que es más fácil de determinar, antes de que  $\Delta Y > 1/4 Y_o$ . Por ejemplo, si inicialmente extraemos 40 cm de altura de agua ( $Y_o = 40$  cm), podemos realizar medidas en una serie de intervalos de 10 cm ( $\Delta Y = 1/4 Y_o = 10$  cm) o hasta que  $Y_t = 3/4 Y_o = 30$  cm esta forma nos aseguramos de que la presión piezométrica ejercida por la capa freática es similar durante toda la experiencia.

### Resumen del procedimiento (figura 5)

1. Se realiza el sondeo o perforación con la barrena. Se anota su profundidad (D) y diámetro (2r)
2. Se dejan transcurrir unas 24 h para dejando el agua de la capa freática inunde el sondeo por completo. Se anota la profundidad de la capa freática (W')
3. Se extrae el agua del sondeo mediante una bomba de achique (una de mano es suficiente). Se introduce el conjunto varilla- boya y se comprueba la profundidad del sondeo (D'). Se anota igualmente la altura sobre el suelo a la que queda el punto de referencia del conjunto varilla-boya (L).
4. Se registran medidas de la velocidad de ascenso del agua en el sondeo, anotando mm de elevación (Y'n) y la hora de lectura de cada medida (tn)

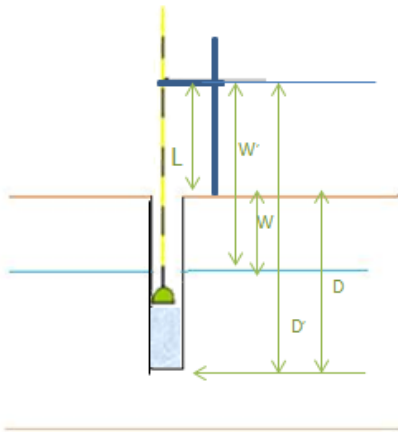


Figura 5a. Esquema de instalación

No.:		
Location:		
D' = 240	D = 200	
W' = 114	W = 74	
H = 126	H = 126	
t	Y <sub>t</sub>	Δy <sub>t</sub>
0	145.2	
10	144.0	1.2
20	142.8	1.2
30	141.7	1.1
40	140.6	1.1
50	139.6	1.1

Figura 5b. Ejemplo de ficha de toma de datos (Beers 1958).

### 4.3 Cálculo de la conductividad hidráulica

$$K = C \frac{\Delta y}{\Delta t}, \text{ donde}$$

K, conductividad hidráulica (m/día)

ΔY= elevación de la lámina de agua en el sondeo durante la experiencia (cm) =  $\sum Y_t = Y'_0 - Y'_n = Y_0 - Y_n$

Δt, = tiempo transcurrido durante la realización de la experiencia (segundos) =  $t_n - t_0$

C, coeficiente (adimensional)

El coeficiente C se puede obtener mediante ábacos o aplicando una de las siguientes ecuaciones:





a) Si  $S > H$

$$C = \frac{4000r^2}{Y(H + 20r)(2 - \frac{Y}{H})}$$

b) Si  $S = 0$

$$C = \frac{3600r^2}{Y(H + 10r)(2 - \frac{Y}{H})}$$

siendo  $Y$  = Distancia entre el nivel estático de la capa freática y el nivel medio del agua en el sondeo durante el tiempo de medición.

## 5 Cierre

Como hemos visto mediante la técnica del Auger-Hole es posible medir con rigurosidad la conductividad hidráulica del suelo en suelos encharcados o con la capa freática elevada en condiciones de campo.

Para asegurarnos unos buenos resultados debemos ser muy respetuosos en el cumplimiento de los requisitos de ésta técnica puesto que las ecuaciones utilizadas en los cálculos son de naturaleza empírica.

## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

[1] Bavel, C.H.M. Van, 1948. Field measurements of soil permeability using auger holes. Proc. Soil Soc. Am.: 90-96.

[2] Beers, W.F.J., 1983. A field measurement of the hydraulic conductivity of soil below the water table. International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI. En:  
<http://content.alterra.wur.nl/Internet/webdocs/ilri-publicaties/bulletins/Bul1/bul1-h1.pdf>

[3] Ernst, L.F., 1950. A new formula for the calculation of permeability factor with the auger hole method. T.N.C. Groningen, 1950. Translated from the Dutch by H. Bouwer, Cornell Univ. Ithaca, N.Y. 1955

[4] International Institute for Land Reclamation and Improvement. 1958. The auger hole method. Bulletin 1, Wageningen





[5] Johnson, H.P., Frevert, R.K. & Evans, D.D. 1952. Simplified procedure for the measurement and computation of soil permeability below the water-table. *Agric. Eng.* 283-286.

[6] Kirkham, D. 1945. Proposed methods for field measurements of permeability of soil below the water-table. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*: 56-68

[7] Kirkham, D. 1955. Measurement of the hydraulic conductivity of soil in place. *Sym. On permeability of soil. Am. Soc. for Testing Materials. Spec.Tech. Pbl.* 163