

# JORNADAS TÉCNICAS SOBRE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA RIEGO

Torrejón de Ardoz (Madrid)  
2 a 4 de junio, 2009

**CENTER**  
Centro Nacional de Tecnología de Regadíos  
(Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)

*Tema: Tipos de acuíferos y parámetros  
hidrogeológicos*

**Dr. Fermín Villarroya**  
Profesor Titular de Hidrogeología  
y Geología Ambiental.  
Departamento de Geodinámica  
Facultad de Ciencias Geológicas

Universidad Complutense

[ferminv@geo.ucm.es](mailto:ferminv@geo.ucm.es)

Sumario:

## TIPOS DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLOGICOS

### Tipos de materiales

### Tipos de acuíferos

### Parámetros hidráulicos

Porosidad y tipos de porosidad

Permeabilidad o conductividad hidráulica (k)

Transmisividad (T) y caudal específico (q)

Coefficiente de almacenamiento (S)

### Concepto de potencial ó carga hidráulica (h) y de gradiente (i)

Energía del agua

Potencial por unidad de masa, de peso y de volumen.

## FUENTES DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA

...///...

## ***TIPOS DE ACUÍFEROS Y PARÁMETROS HIDROGEOLOGICOS***

### ***Tipos de materiales***

Desde el punto de vista de su comportamiento hidrogeológico se distinguen los siguientes tipos de materiales:

**Acuífero:** formación geológica capaz de contener y transmitir agua en cantidades significativas. Por ejemplo las terrazas fluviales, las calizas del páramo de la Alcarria, etc.

**Acuitardo:** formación geológica capaz de contener agua y transmitirla lentamente. Por ejemplo los limos arenosos, y en parte, el acuífero terciario detrítico de Madrid.

**Acuicludo:** formación geológica capaz de contener agua pero no transmitirla. Por ejemplo las formaciones arcillosas; de hecho se consideran como “impermeables”.

**Acuífugo:** formación geológica que no contiene ni transmite agua. Por ejemplo las rocas ígneas no fracturadas ni meteorizadas.

### ***Tipos de acuíferos***

#### *Atendiendo a su textura:*

**Acuíferos Porosos:** como por ejemplo las llanuras aluviales y cuencas terciarias. (Algunos autores prefieren denominarlos acuíferos detríticos).

**Acuíferos Kársticos:** como las calizas del Páramo, el Campo de Montiel (Ruidera), etc.

**Acuíferos Fisurados:** cualquier formación geológica afectada por una intensa fracturación.

*Atendiendo a su estructura:*

### ***Acuífero libre o freático (water table)***

En los acuíferos freáticos el agua satura los poros y fracturas de la formación y es liberada por drenaje (espontáneo o forzado por el hombre), y, por lo tanto, se produce una simple desaturación. Los acuíferos libres se encuentran en contacto directo con la superficie del terreno y la superficie freática se encuentra sometida a la presión atmosférica. Buenos ejemplos son las terrazas y llanuras aluviales (Fig. 1).

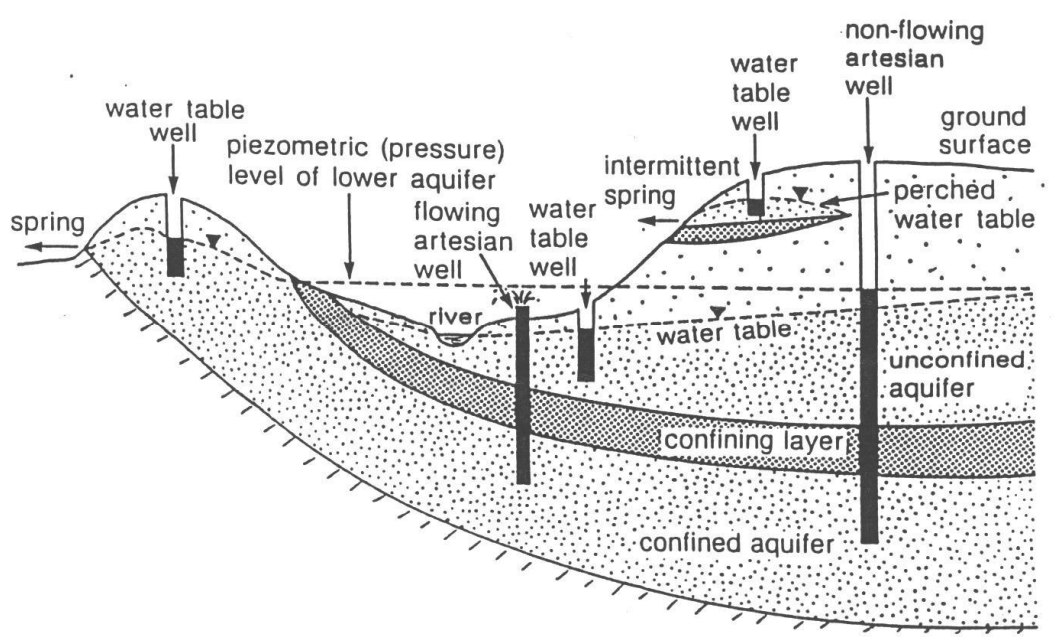


Figura 1.- Tipos de acuíferos: libre, confinado, colgado, regional y local. (Brassington, 1995).

### ***Acuífero confinado o cautivo***

Se encuentran rodeados en el subsuelo tanto por arriba como por abajo por materiales impermeables. El peso de los materiales superiores supone una carga o presión sobre el agua (tensión intersticial) y sobre el esqueleto físico del acuífero (tensión intergranular). Cuando se bombea, el agua que ceden estos acuíferos proviene tanto de la decompresión del terreno ( $\alpha$ ), como del propio agua ( $\beta$ ) (Fig.1) (ver más adelante el significado de  $\alpha$  y  $\beta$ ).

### ***Acuífero semiconfinado***

Es un sistema físico integrado por un acuífero superior bien alimentado, un paquete semipermeable o acuitardo y un acuífero inferior en condiciones de semiconfinamiento (Fig. 2). La diferencia de nivel piezométrico entre los acuíferos acarrea una transferencia vertical de agua (ascendente o descendente, dependiendo de la posición de los niveles piezométricos de ambos acuíferos).

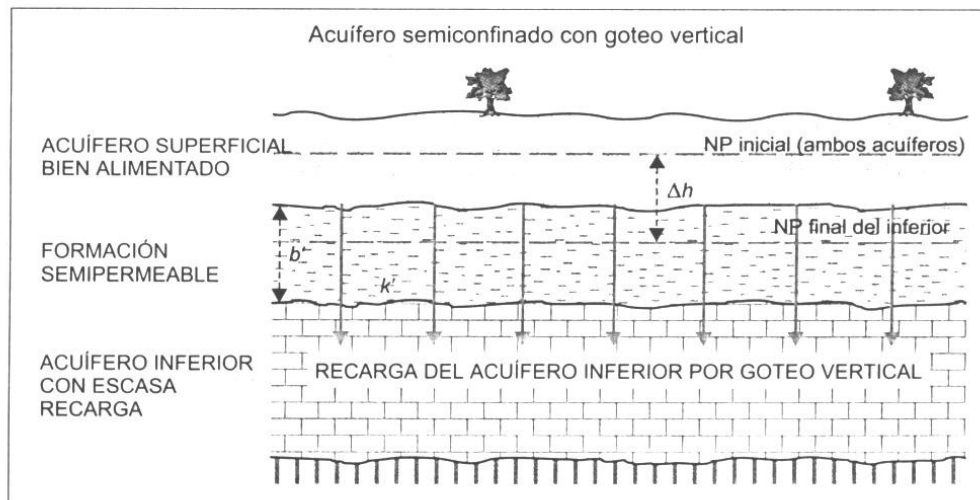


Figura 2.- Esquema de un acuífero semiconfinado, según Iglesias (2002).

### **Parámetros hidráulicos**

Se definen a continuación una serie de parámetros fundamentales para caracterizar los acuíferos. Las características de estos parámetros (porosidad, permeabilidad, transmisividad y coeficiente de almacenamiento) definen las posibilidades de explotación que ofrecen los acuíferos.

#### ***Porosidad y tipos de porosidad***

Porosidad Total ( $m$  ó  $m_s$ ): es el cociente entre el volumen de poros que presenta el acuífero referidos al volumen total del mismo, expresado en porcentaje (%).

Porosidad eficaz ( $m_e$ ): es el cociente entre el volumen de poros o huecos conectados que presenta el acuífero por donde puede circular efectivamente el agua subterránea referidos al volumen total del mismo.

Esta porosidad es primaria si es sinsedimentaria o secundaria si la formación geológica la ha obtenido posteriormente por meteorización, disolución y/o fracturación. La porosidad es un parámetro adimensional. La tabla 1 muestra valores de porosidad.

Material		Porosidad total % m					Porosidad eficaz % m <sub>e</sub>			Observaciones
Tipo	Descripción	Media	Normal Máx.	Mín.	Extraordinaria Máx.	Mín.	Media	Máx.	Mín.	
Rocas masivas	Granito	0,3	4	0,2	9	0,05	<0,2	0,5	0,0	A
	Caliza masiva	8	15	0,5	20		<0,5	1	0,0	B
	Dolomia	5	10	2			<0,5	1	0,0	B
Rocas metamórficas		0,5	5	0,2			<0,5	2	0,0	A
Rocas volcánicas	Piroclastos y tobas	30	50	10	60	5	<5	20	0,0	C, E
	Escorias	25	80	10			20	50	1	C, E
	Pumitas	85	90	50			<5	20	0,0	D
	Basaltos densos, fonolitas	2	5	0,1			<1	2	0,1	A
	Basaltos vacuolares	12	30	5			5	10	1	C
Rocas sedimentarias consolidadas (ver rocas masivas)	Pizarras sedimentarias	5	15	2	30	0,5	<2	5	0,0	E
	Areniscas	15	25	3	30	0,5	10	20	0,0	F
	Creta blanda	20	50	10			1	5	0,2	B
	Caliza detritica	10	30	1,5			3	20	0,5	
Rocas sedimentarias sueltas	Aluviones	25	40	20	45	15	15	35	5	E
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Gravas	30	40	25	40	20	25	35	15	
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1	E
	Arenas	35	45	20			25	35	10	
	Depósitos glaciares	25	35	15			15	30	5	
	Limos	40	50	35			10	20	2	E
	Arcillas sin compactar	45	60	40	85	30	2	10	0,0	E
	Suelos superiores	50	60	30			10	20	1	E

A = Aumenta m y m<sub>e</sub> por meteorización.  
 B = Aumenta m y m<sub>e</sub> por fenómenos de disolución.  
 C = Disminuye m y m<sub>e</sub> con la edad.

D = Disminuye m y puede aumentar m<sub>e</sub> con la edad.  
 E = m<sub>e</sub> muy variable según circunstancias y tiempo.  
 F = Variable según el grado de cementación y su solubilidad.

Tabla 1.- Valores de porosidad según Custodio y Llamas, 1983.

### **Permeabilidad o conductividad hidráulica (k)**

La permeabilidad es el caudal de agua que circula por una sección de acuífero con altura la unidad, anchura la unidad, bajo un gradiente hidráulico unitario.

Representa la facilidad que tiene una roca para que el agua circule a su través. La permeabilidad (k) depende tanto del medio físico como del fluido que lo atraviesa:

$$k = k_0 * \gamma / \mu$$

$\gamma$  es el peso específico del agua,  $\mu$  la viscosidad cinemática del agua, y  $k_0$  es la **permeabilidad intrínseca**, que engloba las características de la roca:

$$k_0 = C d^2$$

C, es el factor de forma: un coeficiente que depende de la roca (estratificación, empaquetamiento, forma de los clastos, textura, porosidad, y estructura sedimentaria), y es adimensional. Por su parte,  $d^2$  es el diámetro medio de la curva granulométrica correspondiente a  $d^2$  es el diámetro medio de la curva granulométrica correspondiente a un paso del 50%. La permeabilidad puede hallarse experimentalmente (curvas granulométricas, ensayos de admisión en sondeos, permeámetros...) o deducirse a partir de otros parámetros,

de perfiles hidrogeológicos y ciertas fórmulas analíticas aplicadas a redes de flujo que más adelante se estudiarán.

La permeabilidad tiene dimensiones de velocidad (pero no es un parámetro que indique realmente la velocidad de circulación del agua subterránea).

La permeabilidad en un acuífero puede variar notablemente según la dirección que tome el agua. La permeabilidad vertical, que es necesario tener en cuenta si el flujo es vertical (ascendente o descendente), suele ser, en los acuíferos detríticos, dos o tres ordenes de magnitud inferior a la horizontal. Esto conviene tenerlo muy presente. A este cambio del valor de la permeabilidad según la dirección que lleve el agua se denomina **anisotropía**.

La Fig. 3 presenta los valores de permeabilidad de diferentes agrupaciones litológicas.

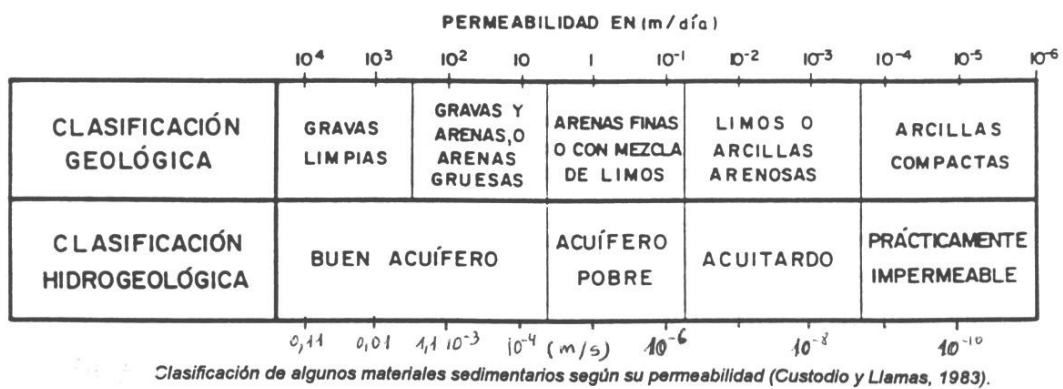


Figura.3.- Valores de permeabilidad o conductividad hidráulica según Custodio y Llamas, 1983.

### **Transmisividad (T) y caudal específico (q)**

La **transmisividad**, es el caudal de agua subterránea que circula por una sección de acuífero de altura el espesor saturado y anchura la unidad cuando el gradiente hidráulico es la unidad.

$$T = k * b$$

siendo k la permeabilidad y b el espesor saturado.

$$T = k * b$$

siendo k la permeabilidad y b el espesor saturado.

Es un parámetro que indica la posibilidad que ofrece un acuífero de cara a su explotación. La transmisividad (algunos autores la llaman transmisibilidad), se suele hallar mediante ensayos de bombeo. También se puede deducir si conocemos b y k. Otra posibilidad a la

que se recurre frecuentemente es deducirla aplicando la fórmula experimental de **Galofré** (experto hidrogeólogo de la Generalitat de Catalunya, fallecido en 2006) que comprobó que

$$T \text{ (m}^2\text{/día)} = 100 * q \text{ (L/s/m)}$$

Que viene a decir que la transmisividad expresada en m<sup>2</sup>/día es cien veces el **caudal específico (q)** de una captación si **q** está expresado en L/s/m. El caudal específico (q) (que se obtiene en el inventario de puntos de agua que se describe más adelante), expresa el caudal que se extrae por bombeo de un sondeo por cada metro que se deprime el nivel del agua en el interior del sondeo. Por lo tanto un q = 0,2 indicaría que para obtener un caudal de 2 L/s de una captación es necesario deprimir 10 metros el nivel del agua en el interior del sondeo. Por otro lado la transmisividad del acuífero aplicando la fórmula será de 20 m<sup>2</sup>/día. Acuíferos pobres o poco productivos podrían considerarse a aquellos que tienen trasmisividades por debajo de 10 m<sup>2</sup>/día. Trasmisividades de 100 o más indicarán acuíferos muy m<sup>2</sup>/día. Trasmisividades de 100 o más indicarán acuíferos muy productivos. No obstante estas apreciaciones son muy relativas y no tienen más validez que la de mera comparación (Tabla 2).

T (m <sup>2</sup> /día)	Calificación	Posibilidades del acuífero
T<10	Muy baja	Menos de 1 l/s con 10 metros de depresión
10<T<100	Baja	Entre 1 y 10 l/s con 10 metros de depresión
100<T<500	Media a alta	Entre 10 y 50 l/s con 10 metros de depresión
500<T<1000	Alta	Entre 50 y 100 l/s con 10 metros de depresión
T<1000	Muy alta	Más de 100 l/s con 10 metros de depresión

(1) Pozos y acuíferos. IGME (1984)

Tabla 2.- Valores de la Transmisividad, según Iglesias (2002).

### ***Coefficiente de almacenamiento (S)***

Coefficiente de almacenamiento (S) es el volumen de agua que es capaz de liberar un prisma de acuífero de base unitaria y altura la del espesor saturado (b), cuando el potencial hidráulico varía la unidad. Es un parámetro adimensional.

El coeficiente de almacenamiento en un acuífero cautivo (se suele denominar también coeficiente de almacenamiento elástico) se expresa así:

$$S = \gamma b (m_e \beta + \alpha)$$

Siendo  $\gamma$  el peso específico del agua y  $b$  el espesor saturado del acuífero.

En un acuífero libre el  $S = m_e$  ya que el agua ocupa los huecos, sin más. En cambio, en un acuífero confinado el agua y el acuífero están comprimidos y el agua que libera el acuífero confinado cuando se la extrae por ejemplo mediante un bombeo, proviene exclusivamente de la decompresión (componente elástico); no del almacenamiento. De hecho el acuífero al acabar el bombeo, sigue completamente saturado, solo que ligeramente decomprimido. A esa agua que expulsa gracias a la decompresión permaneciendo saturado el acuífero, se le denomina coeficiente de almacenamiento elástico ( $S$  elástico, cuya fórmula aparece arriba). Lo único que pasa es que tanto el agua como el terreno son poco compresibles. El agua normalmente es menos compresible que el terreno.

$\alpha$  = Módulo de compresibilidad del acuífero.

$\beta$  = Módulo de compresibilidad del agua, que vale

$$\beta = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2/\text{N} \text{ ó } 4,7 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{kg}$$

Profundicemos en el significado de ambos parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ :

### A) Decompresión del agua ( $\beta$ )

Si disminuye la presión en  $\Delta p$ , el volumen inicial de agua en el acuífero ( $V_w$ ), se incrementará en  $\Delta V_w$ , este valor es equivalente al agua liberada por decompresión del agua.

La relación entre el esfuerzo que da origen a la decompresión y la variación relativa de volumen que genera, es el módulo de elasticidad volumétrico del agua ( $B$ ), su inverso ( $\frac{1}{B} = \beta$ ), es el módulo de compresibilidad del agua:

$$B = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V_w}{V_w}}; \Delta V_w = \frac{1}{B} \Delta p \cdot V_w = \beta \cdot \rho g l \cdot m_e \cdot 1 \cdot 1 \cdot b = \beta \gamma m_e b$$

### B) Decompresión del acuífero ( $\alpha$ )

Si disminuye la presión en  $\Delta p$ , el volumen inicial del acuífero variará un valor  $\Delta V_A$ . Este valor es equivalente al agua que cederá por decompresión el esqueleto físico del acuífero.

La relación entre el esfuerzo que da origen a la decompresión y la variación relativa de volumen que produce, es el módulo de elasticidad del acuífero ( $E$ ). El inverso,  $\frac{1}{E} = \alpha$ , es el módulo de compresibilidad vertical del acuífero:

$$E = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V_A}{V_A}}; \Delta V_A = \frac{1}{E} \Delta p \cdot V_A = \alpha \cdot \rho g l \cdot 1 \cdot 1 \cdot b = \alpha \gamma b$$



El coeficiente elástico de almacenamiento resultante es la suma de ambos:

$$S = \Delta V_w + \Delta V_A = \gamma b (\beta m_e + \alpha)$$

Los valores más comunes del coeficiente de almacenamiento que conviene retener son los que aparecen en la Tabla 3.

Material Permeable	Acuífero	S (Valores medios)
Kárstico: Calizas y dolomías jurásicas	Libre	$2 \cdot 10^{-2}$
	Semiconfinado	$5 \cdot 10^{-4}$
	Confinado	$5 \cdot 10^{-5}$
Calizas y dolomías cretácicas y terciarias	Libre	$2 \cdot 10^{-2} - 6 \cdot 10^{-2}$
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \cdot 10^{-5}$
Poroso intergranular gravas y arenas	Libre	$5 \cdot 10^{-2} - 15 \cdot 10^{-2}$
	Semiconfinado	$10^{-3}$
	Confinado	$10^{-4}$
Kársticos y porosos Calcarenitas marinas terciarias	Libre	$10 \cdot 10^{-2} - 18 \cdot 10^{-2}$

(1) Pozos y acuíferos. IGME (1984)

**TABLA** Coeficiente de almacenamiento para diversos tipos de terrenos y acuíferos

Tabla 3. Valores del Coeficiente de Almacenamiento, según Iglesias (1984).

Algunos programas de modelación de flujo utilizan el concepto de **coeficiente de almacenamiento específico (S\*)** definido como el volumen de agua que entra o sale de un prisma de acuífero de base la unidad y altura la unidad cuando varía una unidad el potencial. Por lo tanto, de la definición se desprende que

$$S = S^* b$$

Las dimensiones de **S\*** es  $L^{-1}$ .

El coeficiente de almacenamiento representa el volumen de agua que puede extraerse de un acuífero. Así por ejemplo en un acuífero libre con  $S = 25\%$ , se podría extraer  $2500 \text{ m}^3$  de una hectárea por cada m que se deprimiera el nivel piezométrico. Análogamente un acuífero cautivo de  $200 \text{ km}^2$  de extensión y  $S = 10^{-4}$ , indica que si se deprime el nivel piezométrico 1 m se habrán extraído del acuífero:

$$\text{Volumen} = 200 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} = 20\,000 \text{ m}^3.$$

**Difusividad hidráulica (D)** Para la zona saturada viene expresada como

$$D = T/S = k/S^*$$

siendo  $k$  la permeabilidad y  $S^*$  el coeficiente de almacenamiento específico. Es un parámetro que indica la sensibilidad o comportamiento de un acuífero ante una acción exterior. (por ejemplo un bombeo de pozo) El acuífero terciario detrítico de Madrid es poco difusivo ya que la  $T$  es muy pequeña con el agua almacenada ( $S$ ) En consecuencia los embudos de bombeo son de poca base y gran profundidad.

**Concepto de potencial o carga hidráulica (h) y de gradiente hidráulico (i)**

***Energía del agua***

Energía es la capacidad de un cuerpo para desarrollar un trabajo. El agua se mueve de los lugares de mayor energía hacia los de menor energía. Así para elevar un elemento diferencial de masa de agua de un punto a otro es necesario consumir una energía de altura y otra de presión:

**Energía de altura, posición, gravedad o potencial gravitacional**

$W_1 = \Delta_m * g * z$  Siendo:

$\Delta_m$  elemento diferencial de masa

$g$  aceleración de la gravedad

$z$  altura sobre  $z=0$

$W_1$  componente de la energía total, debido a la altura.

**Energía de presión o potencial de presión**

Un elemento diferencial de agua en un medio poroso está dotado de una presión. El agua tendrá una energía elástica debido a la diferencia de esa presión con la referencia (que es la de la atmósfera). La energía que se deriva de esa diferencia de presión es  $W_2 = (P_0 - P) V = (P_0 - P) * \Delta_m / \rho$ , ya que

$\rho = \Delta_m / V$ .

Luego la energía total si se desprecia la cinética es  $W_T = W_1 + W_2 = \Delta_m * g * z + (P_0 - P) * \Delta_m / \rho$ , siendo  $W_2$  el componente de energía debido a la presión hidrostática.

***Potencial por unidad de masa, de peso o de volumen. Gradiente hidráulico.***

Ahora podemos expresar esta energía o potencial total en expresiones de potencial por unidad de masa, de peso o de volumen:

Potencial por unidad de masa =  $W_1 + W_2 / m$

Potencial por unidad de peso =  $W_1 + W_2 / mg$

Potencial por unidad de volumen =  $W_1 + W_2 / V$ , y quedaría:

**Potencial por unidad de masa**

$W_T = W_1 + W_2 / \Delta_m$

$W_T = W_1 / \Delta_m + W_2 / \Delta_m =$

$$\frac{\Delta_m * g * z}{\Delta_m} + \frac{(P_0 - P) * \Delta_m}{\rho} = g * z + \frac{(P_0 - P)}{\rho} = g * z + \frac{\rho * g * h'}{\rho} = gz + gh'$$

$$= g(z+h')$$

El potencial total es  $gz+gh' = g(z+h')$ , expresado por unidad de masa. (Aquí la "h'" representa la altura hidrostática de la columna de agua sobre el punto de referencia, no el potencial).

### Potencial por unidad de peso

$$W_1+W_2/mg = \frac{\Delta_m * g * z}{m * g} + \frac{(P_0 - P) * \Delta_m}{m * g} = z + \frac{\rho * g * h'}{g} =$$

$$= z + h'$$

que es el potencial expresado por unidad de peso. (Aquí la "h'" representa la altura hidrostática de la columna de agua sobre el punto de referencia, no el potencial).

### Potencial por unidad de volumen

$$W_1+W_2 = \Delta_m * g * z/V + \frac{(P_0 - P) * \Delta_m}{V} = \frac{\rho * g * h' * \Delta_m}{\rho} + \frac{z * g * \Delta_m}{\rho}$$

$$= \rho * g * z + \rho * g * h' = \gamma(z + h')$$

que es el potencial expresado por unidad de volumen. (La "h'" representa la altura hidrostática de la columna de agua sobre el punto de referencia, no el potencial).

En definitiva el potencial total es igual a  $z + h'$  multiplicado por  $g$  si está expresado por unidad de masa, por el peso específico ( $\gamma$ ) si está expresado en volumen, y por uno si es en peso. El potencial se representa con la letra hache minúscula (h), por lo tanto la formulación más general:

$$h = z + p/\gamma$$

está expresada en peso, ya que  $p/\gamma =$  es la altura hidrostática (h').

Potencial hidráulico o carga hidráulica es la energía que tiene el agua en virtud de su altura, presión y movimiento y que le permite desplazarse dentro de un acuífero hacia las posiciones de menor energía.

La variación del potencial  $\Delta_h$  a lo largo del acuífero, se denomina **gradiente hidráulico** (**i**):  $i = \Delta_h / \Delta_l$ , siendo  $\Delta_l$  la distancia recorrida por el agua. Lógicamente la *i* es adimensional.

El valor de *i* se obtiene de los mapas de isopiezas.

### Definiciones importantes:

*La superficie freática definida como el lugar geométrico de los puntos del acuífero donde el agua se encuentra sometida a presión atmosférica y se corresponde con el límite superior de la zona saturada en un acuífero libre. Por lo tanto en un acuífero libre separa la ZS de la ZNS. Al referirse a un perfil o a un dato puntual de un pozo o sondeo, recibe el nombre de nivel freático.*

*Potencial (h) o potencial hidráulico, o carga hidráulica: es la energía que tiene el agua en un punto del acuífero. Se mide en altura sobre un nivel de referencia.*

*Superficie piezométrica: es el lugar geométrico (una superficie plana o más frecuentemente, alabeada o curvada) que contiene todas las "haches" del acuífero. Correspondería al lugar geométrico definido o configurado por el nivel que alcanzaría el agua si perforásemos el acuífero en infinitos puntos. Puede estar por encima de la superficie topográfica del terreno, en cuyo caso los pozos que explotan el acuífero serán artesiano-surgentes. La superficie piezométrica se expresa mediante el trazado de las isopiezas.*

### FUENTES DE INFORMACIÓN y BIBLIOGRAFÍA

#### A.-Tratados generales

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. (1983) Hidrología subterránea. Edit. Omega. Barcelona. 2 Tomos, 2359 pp.

DAVIS, S. D. y DE WIEST, R. J. M. (1971) Hidrogeología. Edit. Ariel. Barcelona. 563 pp.

FETTER, C.W. (1994) Applied hydrogeology. Edit. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 604 pp.

FREEZE, A. R. y CHERRY, J.A. (1979) Groundwater. Edit. Prentice Hall New York, 604 pp.

IGLESIAS, A. (2002) Hidrogeología. Capítulo 5 de Ingeniería Geológica. Editor: González de Vallejo, L. Edit. Prentice may, Madrid. 263-302 pp.

MARTINEZ-ALFARO, P. E., MARTINEZ-SANTOS, P. y CASTAÑO-CASTAÑO, S. (2005) Fundamentos de Hidrogeología. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 284 pp.

MARTINEZ RUBIO, J. y RUANO, P. (1998) Aguas subterráneas. Captación y aprovechamiento. Edit. ProgenSA. Sevilla. 404 pp.

VILLANUEVA, M. e IGLESIAS, A. (1984) Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. Edit. IGME. Madrid, 426 pp.

VILLARROYA, F. (2008) Apuntes de hidrogeología. Servicio de Reprografía de Fac. de CC. Geológicas. (Inédito).

#### B.-Libros de divulgación

LÓPEZ GETA, J. A., FORNÉS, J. M<sup>a</sup>, RAMOS, G. y VILLARROYA, F. (2001) Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo. Edit. IGME. Fundación Marcelino Botín. 94 pp.

LLAMAS, M. R., FORNÉS, J. M<sup>a</sup>., HERNÁNDEZ-MORA, N. y MARTÍNEZ-CORTINA, L. (2001) Aguas subterráneas: retos y oportunidades. Fundación Marcelino Botín. Mundi-Prensa. Madrid, 529 pp.

#### C.- Asociaciones de profesionales

AIH-GE Asociación Internacional de Hidrogeólogos, Grupo Español. [gerencia@fcihs.org](mailto:gerencia@fcihs.org)

Asociación Española de Hidrogeología (AEH) [a.fernandez@igme.es](mailto:a.fernandez@igme.es)

#### D.- Revistas y publicaciones periódicas

Boletín del IGME

Hidropres

Geogaceta

Tecnología del agua.

Hidrogeología y recursos hídricos (AEHS)

Hydrogeology Journal (AIH)

#### E.- Cursos de postgrado

Curso Internacional de Hidrología Subterránea (CIHS)

Master de Hidrología Subterránea (CIHS)

Versión a distancia del CIHS

Todos ellos en: [gerencia@fcihs.org](mailto:gerencia@fcihs.org)