

Práctica resuelta. Red de flujo bajo una presa

Planteamiento

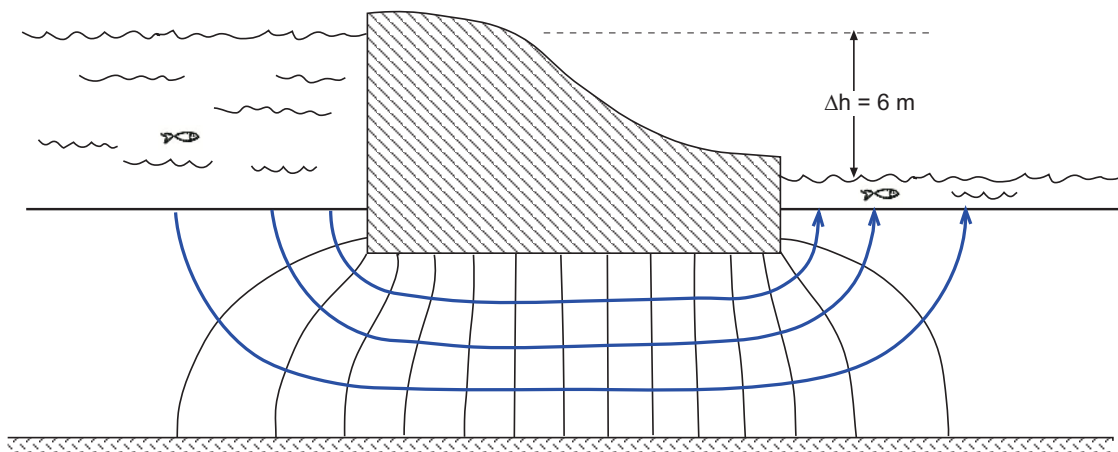
La presa del dibujo se asienta sobre materiales cuya conductividad hidráulica es 0,3 m/día. Bajo dichos materiales se encuentra un sustrato impermeable.

Se pide:

- Dibujar la red de flujo bajo la presa
- Calcular el flujo por metro de presa (un metro perpendicular al dibujo)
- Dibujar un tubo piezométrico abierto en un punto cualquiera de la cuarta línea equipotencial. Calcular hasta dónde subiría el agua

Dibujo de la red de flujo

Se han dibujado tres líneas de flujo, pero eso es subjetivo (red más densa, solución más precisa, pero más difícil, o imposible, de realizar a mano).

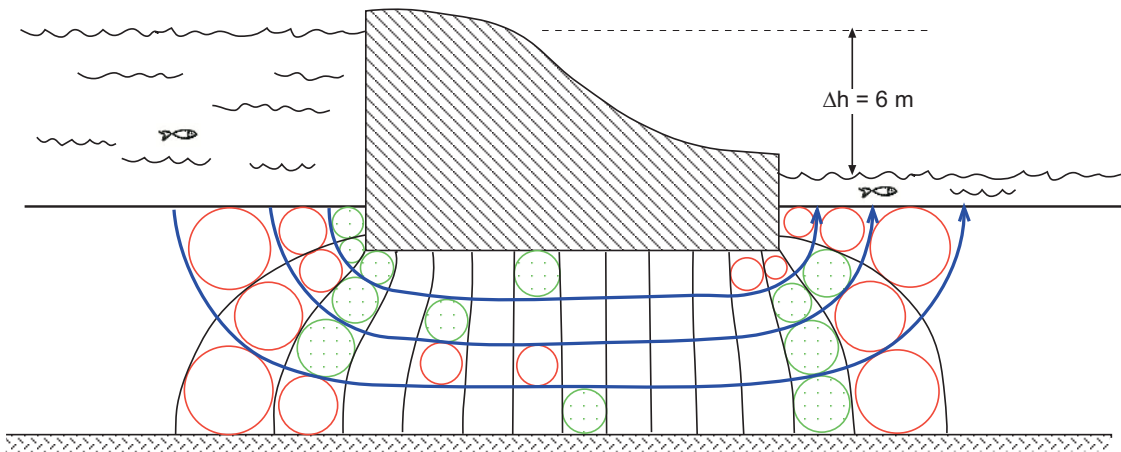


La base de la presa y la formación impermeable inferior funcionan como líneas de flujo, por tanto, las equipotenciales deben cortarlas perpendicularmente.

Hemos de suponer que una gota procedente del infinito (a la izquierda del dibujo) circula pegada al fondo y finalmente asciende fuera del dibujo por la derecha. Esto nos hace considerar que además de todos los cuadros dibujados también aparecen dos “cuadros abiertos”, a la izquierda y a la derecha de la red dibujada

Por el contrario, el agua a ambos lados de la presa es una línea equipotencial: es obvio que todos los puntos del fondo de un lago tienen el mismo potencial. Por tanto, las líneas de flujo nacen y terminan perpendicularmente,

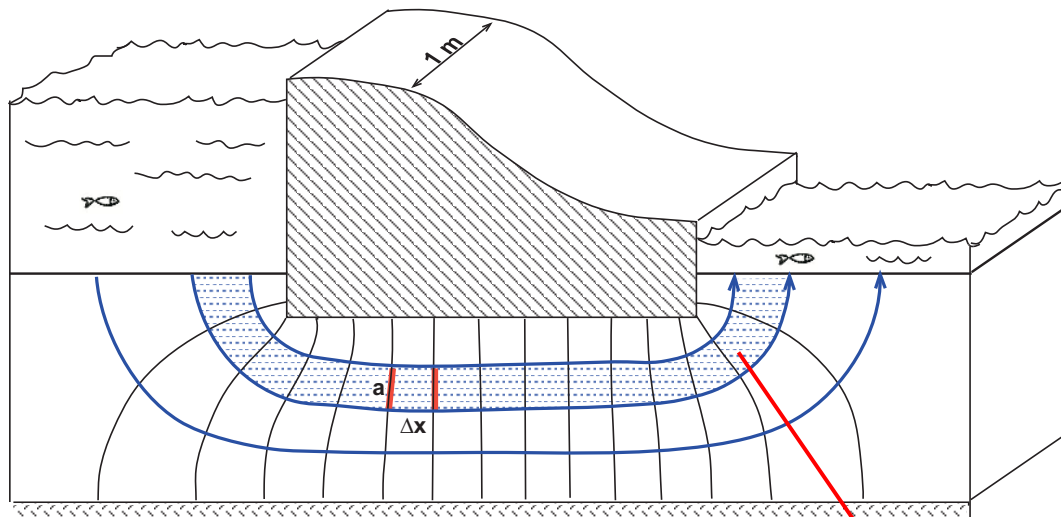
Aunque parezca que cumple las normas (huecos cuadrados, cortes perpendiculares) hemos dibujado círculos inscritos en algunos huecos, observando que algunos pueden ser aceptables (en verde, punteados), pero la mayor parte de ellos no son cuadrados (los de color rojo, interior sin puntos).



Es muy difícil dibujar a mano (como es el caso) una red de flujo perfecta, pero para mostrar cualitativamente el flujo y para el cálculo que realizaremos ahora, la precisión es suficiente.

b) Cálculo del caudal bajo la presa

Vamos a aplicar la Ley de Darcy a un tramo de presa de 1 metro. Calcularemos el caudal para uno de los cuatro tubos de corriente, por ejemplo el que aparece punteado en la figura.



Y dentro de este tubo aplicaremos la Ley de Darcy a la sección de una de las superficies equipotenciales, cuya anchura en esa equipotencial sería a .

Consideremos ese tubo aislado y apreciamos que la **sección** es igual a :

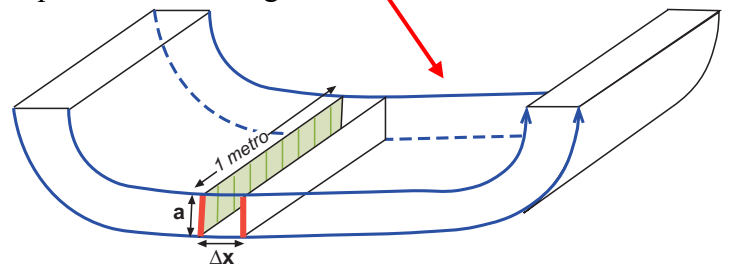
$$\text{Sección} = a \cdot 1$$

La distancia entre esa equipotencial y la siguiente es Δx y la diferencia de potencial entre ellas será:

$$\Delta h = \frac{6 \text{ metros}}{15 \text{ intervalos}} = 0,4 \text{ metros}$$

Efectivamente, contamos el número de etapas o intervalos (que es igual al número de equipotenciales + 1), y si pierde 6 metros en todo el recorrido, que se compone de 15 etapas, en cada una perderá 6/15.

Por tanto, el **gradiente hidráulico** entre las dos superficies equipotenciales dibujadas en la última figura será $\Delta h / \Delta x = 0,4 \cdot \Delta x$



Finalmente aplicamos la Ley de Darcy:

$$Q = K \cdot \text{Sección} \cdot (\Delta h / \Delta x)$$

$$Q = 0,3 \text{ m/día} \cdot (\mathbf{a} \cdot 1) \text{m}^2 \cdot \frac{0,4}{\Delta x} = \mathbf{0,12 \text{ m}^3/\text{día}}$$

Aunque desconocemos los valores de **a** y de Δx , se cancelan, ya que son iguales al ser la red cuadrada.

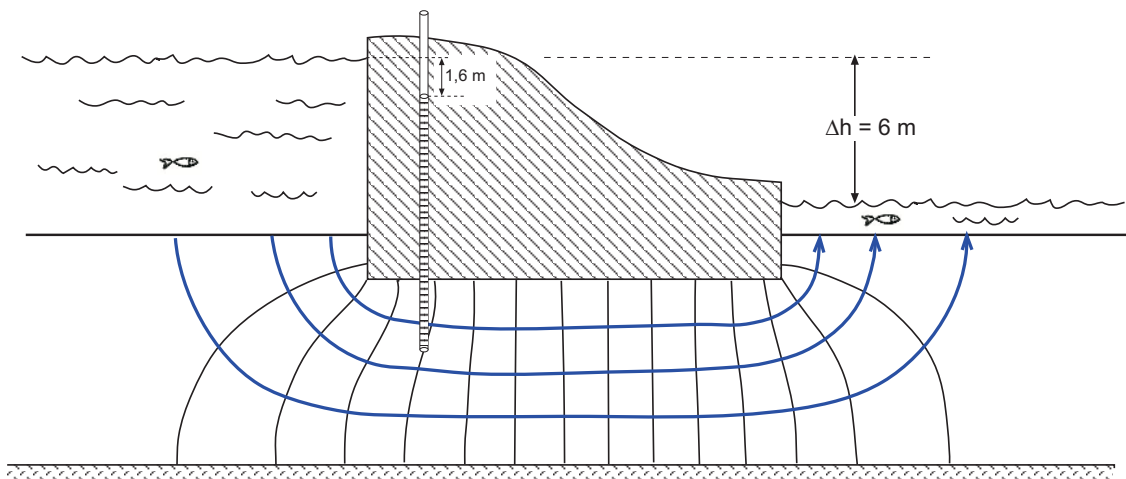
Finalmente, multiplicamos por el número de tubos:

$$Q \text{ total} = Q \text{ por cada tubo} \cdot \text{n}^\circ \text{ de tubos} = 0,12 \cdot 4 = \mathbf{0,48 \text{ m}^3/\text{día}}$$

Este sería el caudal por cada metro, faltaría multiplicar por los metros de longitud de la presa.

c) Altura del agua en un punto

Si abriéramos un tubo piezométrico en la cuarta línea equipotencial, el agua subiría hasta una altura de 1,6 metros por debajo del nivel inicial (lado izquierdo de las figuras). Veamos por qué:



Ya hemos visto en el apartado anterior que entre dos equipotenciales consecutivas la pérdida de energía corresponde a 0,4 metros¹

Por tanto, en cuatro intervalos habrá perdido:

$$0,40 \cdot 4 = \mathbf{1,6 \text{ metros}}$$

¹ La energía (potencial hidráulico) es igual a la altura de la columna de agua por g (aceleración de la gravedad)