HIDRÁULICA APLICADA AL DISEÑO DE OBRAS - CI5104

CLASE AUXILIAR N°1

Semestre: Primavera 2011
Prof.: Ricardo González V.
Prof. Aux.: Rodrigo Saraiva H.

Problema 1

Suponga que la sección de un cauce precordillerano puede modelarse como trapecial y que se conocen los siguientes datos:

Caudal (Q) = 40 m^3/s

Ancho Basal (b) = 20 m

Pendiente (i) = 0,05

Talud (k) = 0,5

D_{50} = 0,03 m

D_{90} = 0,12 m

A partir de éstos se solicita lo siguiente:

a) Calcule la altura de escurrimiento y todos los parámetros hidráulicos en el tramo de interés.

b) Calcule el esfuerzo tangencial de fondo.

c) Analice la condición de arrastre de fondo del lecho e indique cual es diámetro crítico asociado a ese nivel de escurrimiento.

d) Analice la condición de arrastre en suspensión.

e) Estime el arrastre de fondo con al menos dos de las fórmulas presentadas en clase de cátedra. (Propuesto)

Nota: Considere un ángulo de reposo del material igual a 35°

Solución:

a)

Para calcular la altura de escurrimiento se utilizará la fórmula de Manning. El coeficiente n se calculará con la fórmula de Strickler.

$$n_0 = S \cdot D^{1/6}$$

Donde:

S=0,0.38

D= D_{90} = 0,12 m

Evaluando se llega a n=0,0267

Por lo tanto los parámetros hidráulicos son:

Altura (m)	=	0,426
Area (m²)	=	8,6
Perímetro Mojado (m)	=	21,0
Radio Hidráulico (m)	=	0,411

b)

$$\tau_0 = \rho \cdot g \cdot Rh \cdot J = \rho \cdot v_*^{\;2}$$

$$\tau_0 = 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.411 \cdot 0.05 = 255.9$$

$$v_* = 0.51$$

$$\mathrm{Re}_* = \frac{v_* \cdot D}{\nu} = 15176$$

c)

$$\tau_* = \frac{\tau_0}{\rho \times (s-1) \times g \times d_s} = \frac{255.9}{1000 \cdot 1.65 \cdot 9.8 \cdot 0.03} = 0.53$$

Por otra parte sabemos que, según Brownlie (1981):

$$\tau_{*c} = 0{,}22 \times R_*^{-0,6} + 0{,}06 \times \exp(-17{,}77 \times R_*^{-0,6})$$

Evaluando:

$$\tau_{*c} = 0.0575$$

Finalmente como $\tau_* \rangle \tau_{*critico}$ existe arrastre de fondo.

El tamaño del sedimento para el cual $\tau_* = \tau_{*critico}$, es d_s=0.266 m.

d) En primer lugar se debe calcular la velocidad de sedimentación de las particulas

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{4}{3} \times \frac{gd_s}{C_d} \times (s-1)}$$

$$C_d = \frac{24 \times \upsilon}{\rho \times \omega_0 \times d_s} + 1{,}5$$

Resolviendo se tiene que:

w_o=0.6564

Para que exista arrastre en suspensión de debe cumplir que:

$$\frac{v_*}{w_0} > 1$$

En este caso:

$$\frac{v_*}{w_0} = 0.77$$

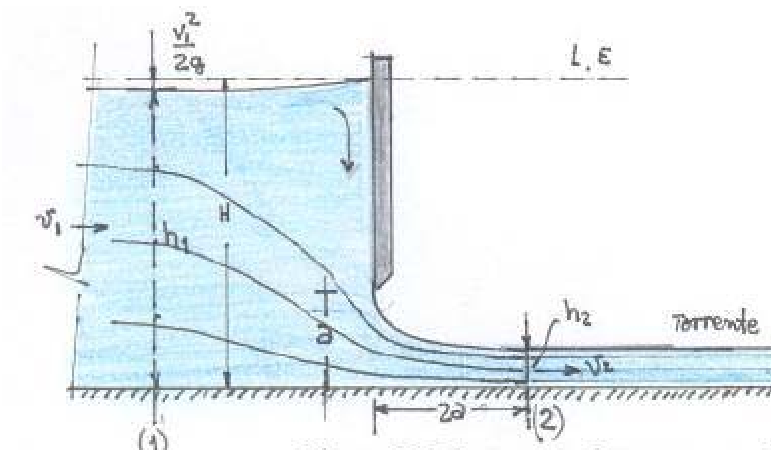
Por lo tanto, no hay arrastre en suspensión.

Problema 2

El caudal descargado por una barrera es controlado por una compuerta plana (ver Figura1). Para una apertura de 0.75 m y una altura de escurrimiento aguas arriba de la compuerta de 2,5 m calcule:

a) El caudal que escurre en el sistema

b) El tamaño del enrocado de fondo para proteger el pie de la estructura



Solución:

a) Para determinar el caudal en primer lugar debemos obtener el coeficiente de descarga de la compuerta el cual depende de la relación entre la altura aguas arriba y la apertura.

$$\frac{h}{a} = \frac{2.5}{0.75} = 3.33 \Rightarrow Cc = 0.64$$

$$h_2 = Cc \cdot a = 0.64 \cdot 0.75 = 0.48$$

Igualando Bernoulli entre las secciones (1) y (2) llegamos a:

$$h_1 + \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{q}{h_1}\right)^2 = Cc \cdot a + \frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left(\frac{q}{Cc \cdot a}\right)^2$$

Resolviendo llegamos a:

q=3.077 m³/s/m

v_2= 6.41 m/s

b) Para el cálculo del enrocado utilizaremos la expresión de Isbach:

$$V_{\max} = 1.2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (s-1) \cdot d_s \cdot \cos(\theta)}$$

Despejando ds tenemos que:

ds=0.88 m

Problema 3

Como obra de seguridad de una canal revestido, se ha proyectado un vertedero lateral (a = 3 m, Lv = 25 m) y su correspondiente canal colector aguas abajo del mismo. Las características del canal principal son: sección trapecial, b = 3 m (ancho basal), m = 0.5 (talud lateral), i = 0.0009 y H total = 3.8 m

Para el problema descrito, se solicita a ud.:

a) Determinar la capacidad máxima de conducción del canal suponiendo una revancha de 0.5 m.

b) Determinar la altura mínima necesaria del canal aguas abajo del vertedero lateral.

c) Diseñe un canal colector de ancho variable. Imponga las dimensiones adecuadas para asegurar la existencia de un escurrimiento tranquilo al interior del mismo. Calcule el eje hidráulico que se obtiene.

Solución:

a) Suponiendo escurrimiento de río y respetando una revancha de 0,5 m, la altura de escurrimiento debe ser igual a:

H_{total} – revancha mínima = 3,8 m – 0,5 m

=> h = 3,5 m.

Suponiendo escurrimiento normal, $\frac{Q \cdot n}{\sqrt{i}} = A \cdot R_h^{2/3}$

Donde:

Q: Caudal [m^3/s]

n: Coeficiente de rugosidad : 0,015

i: pendiente de fondo del canal

A: Área de escurrimiento [m^2]

R_h: radio hidráulico [m]

Evaluando se llega a:

Q [m^3/s]	47,50
n	0,014
i	0,0009
b [m]	3
k	0,50

h_n [m]	**3,50**
A [m^2]	16,65
P_m [m]	10,83
R_h [m]	1,54
V_n [m/s]	2,85
E_n [m]	3,919

Luego, la capacidad del canal aguas abajo es igual 47, 5 m^3/s.

b)

Para estimar el caudal evacuado por el vertedero lateral se debe utilizar la siguiente expresión de calculo y C_Q = 0,325

$$Q_v = \frac{2}{5} \times \frac{1-K^{5/2}}{1-K} \times C_Q \times L_v \times \sqrt{2g} \times h_{v2}^{3/2}, \qquad K = \frac{h_{v1}}{h_{v2}}$$

Aguas abajo, la carga sobre el vertedero es igual a, $h_{v2} = h_n - a = 3,5 - 3 = 0,5$ m.

Iterando el valor de k e imponiendo la constancia del Bernoulli, se llega a.

h_1 = 3,2 m, h_{v1} = 0,2 m, Q_v es igual a 7,7 m^3/s.

Por lo tanto el caudal total aguas arriba es igual a 55,2 m^3/s.

Q_1 [m^3/s]	55,21

Q_2 [m^3/s]	47,50

h_1 [m]	3,20
h_{v1} [m]	0,20
A_1 [m2]	14,73
V_1 [m/s]	3,75
B_1 [m/s]	3,92

h_2 [m]	3,50
h_{v2} [m]	0,50
A_2 [m2]	16,65
V_2 [m/s]	2,85
B_2 [m/s]	3,92

K	0,40
Q_v [m^3/s]	7,71

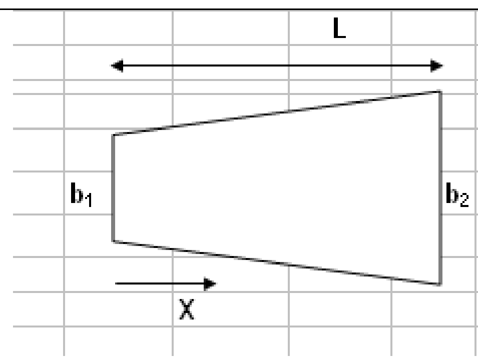
FO	0,000

c) Canal colector de ancho variable

El eje hidráulico en el canal colector se calcula con la siguiente expresión de cálculo:

l

$$\Delta h = \frac{2Q\Delta Q - (i - J)\, g\Omega^2 \Delta s}{\frac{Q^2 l}{\Omega} - g\Omega^2}$$



Adoptando i = 0,02, b_1 = 1,5 m, b_2 = 2,0 m, k = 0, n = 0,018 y Q = 7,7 m_3/s es conocido de la parte b). Dividiendo en 10 intervalos se tiene Δx = 2,5 m y ΔQ=0,77 m^3/s.

Imponiendo crisis en la sección final, se llega a:

Q = 7,7 m2/s, q = 3,86 m3/s/m, hc = 1,15 m , Ec = 1,72 m.

Para asegurar un escurrimiento tranquilo, se impone E/Ec = 1,2 así E = 2,07 m.

Para asegurar la condición se borde de dispondrá una grada de altura a = 2,07 m – 1,72 m = 0,34, redondeando y dando un margen de seguridad,

a = 0,4 m.

La condición de partida aguas abajo queda a + hc = 0,4 m + 1,15 m = 1,55 m

X [m]	b [m]	Q_i [m³/s]	h [m]	A [m²]	χ [m]	Rh [m]	J	2Q·DQ	I [m]	Δh [m]	V [m/s]	E [m]
0,01	1,5	0,0	1,814	2,72	5,13	0,53	0,0000	0,0048	1,5		0,00	1,81
2,5	1,6	0,8	1,850	2,87	5,25	0,55	0,0001	1,1889	1,55	-0,035	0,27	1,85
5	1,6	1,5	1,872	3,00	5,34	0,56	0,0002	2,3778	1,6	-0,023	0,51	1,89
7,5	1,7	2,3	1,884	3,11	5,42	0,57	0,0004	3,5666	1,65	-0,012	0,74	1,91
10	1,7	3,1	1,885	3,21	5,47	0,59	0,0006	4,7555	1,7	-0,001	0,96	1,93
12,5	1,8	3,9	1,876	3,28	5,50	0,60	0,0009	5,9444	1,75	0,009	1,17	1,95
15	1,8	4,6	1,856	3,34	5,51	0,61	0,0012	7,1333	1,8	0,020	1,38	1,95
17,5	1,9	5,4	1,822	3,37	5,49	0,61	0,0016	8,3222	1,85	0,034	1,60	1,95
20	1,9	6,2	1,772	3,37	5,44	0,62	0,0021	9,5111	1,9	0,051	1,83	1,94
22,5	2,0	6,9	1,694	3,30	5,34	0,62	0,0027	10,7	1,95	0,077	2,10	1,92
25	2,0	7,7	1,55	3,10	5,10	0,61	0,0039	11,889	2	0,146	2,49	1,86