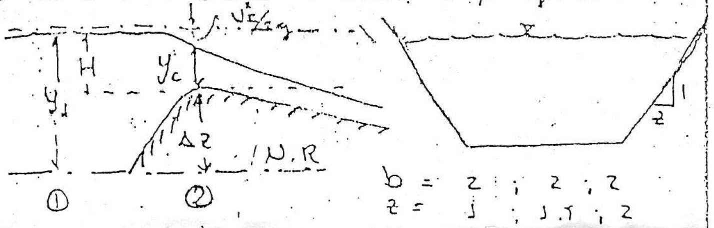
Solucionario Final CIV 235 II-09

① Dado una obra de toma de flujo crítico



b = 2 ; 2 ; 2
z = 1 ; 1.5 ; 2
H = 0.8 ; 0.9 ; 0.85

Calcular Q = ?

Solución: De la ecuación de la E. ①-②

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \Delta z + y_c + \frac{V_c^2}{2g} + h_{p_{1-2}}$$

$$y_1 - \Delta z = y_c + \frac{Q_c^2}{2g A_c^2} \qquad (I)$$

De la ecuación para flujo crítico

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{B_c} \Rightarrow Q_c^2 = \frac{A_c^3}{B_c} g$$

reemplazamos en (I) además $y_1 - \Delta z = H$

$$H = y_c + \frac{1}{2g A_c^2} \frac{A_c^3}{B_c} g$$

$$H = y_c + \frac{A_c}{2B_c}$$

Para un canal trapecial se conoce:

$$A = by + zy^2 \quad / \text{ si } y = y_c$$
$$B = b + 2zy$$

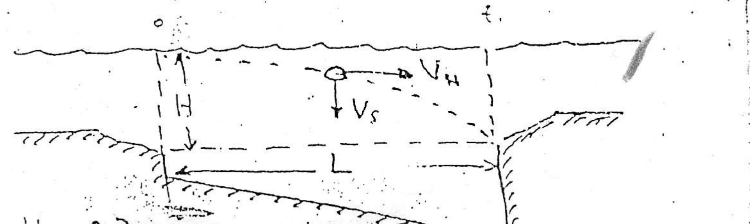
$$\Rightarrow H - y_c = \frac{by_c + zy_c^2}{b + 2zy_c}$$

reemplazando datos y resolviendo se determina $\Rightarrow y_c \longrightarrow A_c \longrightarrow B_c$

$$\therefore Q = \sqrt{\frac{g \cdot A_c^3}{B_c}}$$

y_c	0.57	0.65	0.62
A_c	1.46	1.95	2.03
B_c	3.14	3.96	4.50
Q	3.11	4.28	4.27

② Dado: Dimensiones de la zona de sedimentación de un desarenador L.



H = 0.7 m
L = 9 m
$\nu = 1.31 \times 10^{-6}$ m²/s
t = 30 seg

S = 1.9 ; 2.1 ; 2.3

Calcular D_s = ?

Solución: Como se ha medido el tiempo de flujo horizontal ⇒ se calcula la V_H

$$V_H = \frac{L}{t} = \frac{9}{30} = 0.3 \text{ m/s}$$

Como $\frac{L}{V_H} = \frac{H}{V_s} \Rightarrow V_s = \frac{H}{L} V_H = \frac{0.7}{9} 0.3$

$$V_s = 0.0233 \text{ m/s}$$

De la fórmula de transición:

$$V_s = \sqrt{\frac{4g\, D_s}{3\left(\frac{24\nu}{V_s D_s} + 1.5\right)}(S-1)}$$

reemplazando datos y resolviendo se determina D_s = 0.29 ; 0.26 ; 0.23 mm

③ Como se trata de entrada sumergida entonces se considera inicialmente flujo a tubo lleno: Lepo (b) ; De la I ecuación

$$S_0 L + y_1 = D + \frac{V^2}{2g} + K_e \frac{V^2}{2g} + \frac{L\, n^2\, V^2}{R_h^{4/3}}$$

de donde

$$V = \sqrt{\frac{2g\,(S_0 L + y_1 - D)}{\left(1 + K_e + L \frac{2g\, n^2}{D^{4/3}} 4^{4/3}\right)}}$$

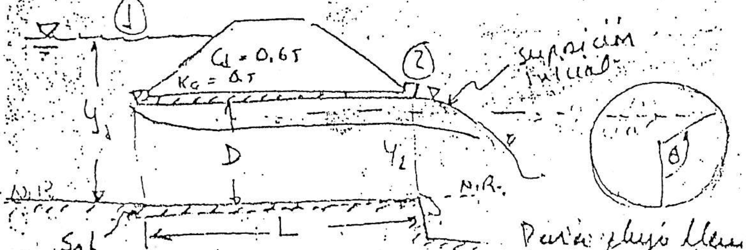
luego se determina $Q = V\left(\frac{\pi}{4} D^2\right)$

Para encontrar la profundidad normal crítica.

$$\frac{Q \cdot n}{S_0^{1/2}} - A\, R_h^{2/3} = 0 \qquad \text{donde } A = \frac{\pi}{4} y_0^2$$

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{S_0}} - \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} = 0 \qquad P = \frac{y_0}{4}$$

③ **Dado** Un colector d alcantarilla circular con descarga libre



Para flujo lleno $A = \frac{\pi}{4} D^2$

$D = 1.1 \; ; 1.2 \; ; 1.3 \; ; \ldots 1.5$

$R_h = \frac{D}{4}$

$S_0 = 0.05$

$L = 40 \, m$

$y_1 = 1.5$

$n = 0.025$

Para flujo parcial lleno

$A = \frac{D^2}{4}\left(\theta - \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\theta\right)$

$P = D\theta$

Calcular: Q ; y_0 ; condición ¿salto?

Solución: Inicialmente se determina si la entrada es sumergida o libre

$\frac{y_1}{D} > 1.2 \Rightarrow$ Entrada sumergida

reemplazando y resolviendo se determina y_0 y luego se compara con D

si $y_0 > D \Rightarrow$ flujo lleno si no $\Rightarrow$ flujo parcialmente lleno, entonces el recalcula el caudal para el caso (C) con

$Q = C_d \left(\frac{\pi}{4} D^2\right) \sqrt{2gh}$ donde $h = y_1 - \frac{D}{2}$

con este valor se calcula $y_0 \rightarrow V_0 \rightarrow Fr_0 \; (y_c) \rightarrow$ Salto

y_1/D	1.32 SUM	1.25 SUM	1.15 EN LIB
D	1.1	1.2	1.3
Vini	3.33	3.383	
Qini	3.1651	3.826	
y_0 ini	1.049	1.126	
Q efectivo	2.665	3.09	
y_0	0.71	0.73	
V_0			
Fr_0	1.69	1.76	
Salto	Si	Si	

fórmula Henderson

$Q = 0.438 D \sqrt{g} \left(y_1 + \frac{v_1^2}{2g}\right)^{3/2}$

si $\frac{v_1^2}{2g} \cong 0$

$Q = 0.438 D \sqrt{g}\, y_1^{3/2}$

$Q = 3.27 \; m^3/s$

$y_0 = 0.71$

$Fr = 1.69$

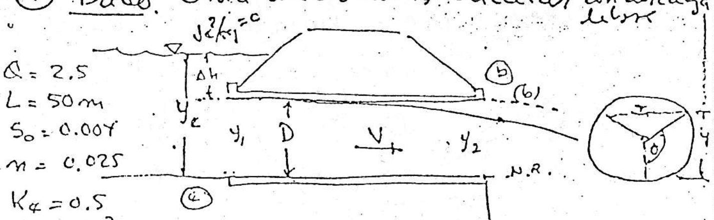
Salto =

$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y}} = \frac{Q}{A\sqrt{g y}}$

OBRAS HIDRAULICAS II

Solucionario 1er P CIV 235 11/10

① Dado: Una alcantarilla circular con descarga libre



$Q = 2.5$
$L = 50m$
$S_0 = 0.004$
$n = 0.025$
$K_e = 0.5$
$\Delta h = 0.3$

Calcular $D = ?$ si $y_e \le D + \Delta h$

Solución. Inicialmente se puede estimar un diámetro suponiendo entrada sumergida y salida al tope de la corona aplicando E. Energía entre ⓔ-ⓑ

$$S_0 L + \cancel{D} + 0.3 = \cancel{D} + \frac{V^2}{2g} + K_e \frac{V^2}{2g} + L \frac{n^2 2g}{Rh^{4/3}} \frac{V^2}{2g}$$

donde $Rh = D/4$

$$\therefore \quad S_0 L + 0.3 - \left(1 + K_e + L \frac{2g n^2 4^{4/3}}{D^{4/3}}\right) \frac{Q^2}{2g\left(\frac{\pi}{4} D^2\right)^2} = 0$$

resolviendo: $D = 1.4\ m$

Con este diámetro se comprueba si el flujo sale a tubo lleno, para eso debemos calcular la profundidad crítica y la profundidad normal para conductos circulares.

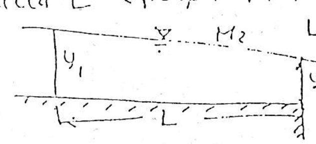
$$\frac{Q^2}{g} - \frac{A_c^3}{B_c} = 0 \ ; \quad \frac{Q \cdot n}{\sqrt{S_0}} - A Rh^{2/3} = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} B = D \operatorname{sen}\theta \\ A = \frac{D^2}{4}\left(\theta - \frac{1}{2}\operatorname{sen}2\theta\right) \\ Rh = \frac{D}{4}\left(1 - \frac{\operatorname{sen}2\theta}{2\theta}\right) \\ \theta = \operatorname{arc\,sen} 2\sqrt{\frac{y}{D}} \end{array} \right.$$

Entonces para $D = 1.4 \Rightarrow y_0 = 1.4\ (?)$ ¿lleno?
$y_c = 0.8346$

Como el problema indica, caída libre a la salida, se supone condiciones críticas ahí $\Rightarrow y_2 = y_c$

Luego se aplica F.G.V entre y_c hasta y_1 ~~[illegible]~~ al inicio del conductor, hasta lograr la distancia L (perfil M2)

$$L = \int_{y_c}^{y_1} \frac{1 - \frac{Q^2 B}{g A^3}}{S_0 - \frac{n^2 Q^2}{Rh^{4/3} A^2}}\, dy$$



$\therefore$

$y_1 = 1.201\ m$

aplica E. En. ⓔ-① $\Rightarrow y_e = 1.44$ $\left[y_e = y_1 + K_e \frac{V^2}{2g} \right]$

$\Rightarrow y_e - 1.4 = 0.04 < 0.3$ (muy bajo)

entonces se reduce el diámetro

si $D = 1.3 \Rightarrow y_0 = 1.3\ (?)$ ¿lleno?
$y_c = 0.8537$

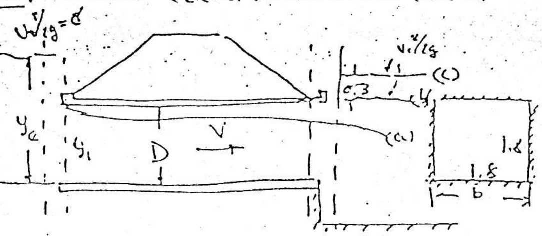
con F.G.V. $\Rightarrow y_1 = 1.3$
con E. En $\Rightarrow y_e = 1.57$

$\therefore \ y_e - 1.3 = 0.27 < 0.3$ OK

La Velocidad a la salida se calcula con:

$V = \frac{Q}{A}$ donde A es el área hidráulica para la condición crítica

② Dado: Una alcantarilla cuadrada



$D = 1.8$
$b = 1.8$
$S_0 = 0.004$
$K_e = 0.05$
$y_e = 2.3$
$n = 0.014$

Calcular: Q ~~para la~~

Solución. Inicialmente se debe conocer el tipo de flujo en la entrada:

$\frac{2.3}{1.8} = 1.28 > 1.2$ (entrada sumergida)

a) Empezamos por este caso por ser sencillo

De la E. En. en ⓔ - ⓒ

$$S_0 L + y_e = y_c + \cancel{\frac{V_c^2}{2g}}^{0} + K_e \frac{V^2}{2g} + h_s \frac{V^2}{2g} + L \frac{n^2 V^2}{Rh^{4/3}}$$

donde $Rh = \frac{D}{4}$; $y_c = D + 0.3$; $h_s = K_s\left(\frac{V^2}{2g} - \cancel{\frac{V_c^2}{2g}}^{0}\right)$

$$\therefore \quad S_0 L + y_e - (D + 0.3) = \left(1 + K_e - L \frac{n^2 2g\, 4^{4/3}}{D^{4/3}}\right) \frac{V^2}{2g}$$

ó

$$V = \sqrt{\frac{2g\,(S_0 L + y_e - y_c)}{\left(1 + K_e + L \frac{n^2 2g\, 4^{4/3}}{D^{4/3}}\right)}}$$

donde $y_c = 2.1$

Solver $V = 2.15\ m/s$

$Q = VA = VD^2 = 6.97\ m^3/s$

b) Para este caso ~~$y_c = D = 1.8$ reemplazando~~ en la Ec. anterior $V = 2.95\ m/s$
$Q = 9.56\ m^3/s$

c) Para este caso se debe resolver por tanteos, suponiendo inicialmente un caudal mayor a los anteriores y utilizando ecuaciones para Flujo Gradualmente Variado (FGV) al igual del problema ①

$\Rightarrow$ si $Q = 9.7\ m^3/s \Rightarrow y_0 = 1.699\ m$
$y_c = 1.436\ m$

Con F.G.V $\Rightarrow y_1 = 1.62\ m$
Con E. En. ⓔ-① $\Rightarrow y_e = 2.21 < 2.3$ (aumentar caudal)

$\Rightarrow$ si $Q = 10\ m^3/s \Rightarrow y_0 = 1.742$
$y_c = 1.466$

con F.G.V $\Rightarrow y_1 = 1.657$
con E. En $\Rightarrow y_e = 2.26 < 2.3$ (aumentar)

$\Rightarrow$ si $Q = 10.5 \Rightarrow y_e = 2.33 > 2.3$ (disminuir)

$\Rightarrow$ si $Q = 10.3 \Rightarrow y_0 = 1.784\ m$
$y_c = 1.495\ m$

con F.G.V $\Rightarrow y_1 = 1.692\ m$
con E. En $\Rightarrow y_e = 2.304 \cong 2.3$ OK.

Solucionario CIV 235 2P - II - 2010

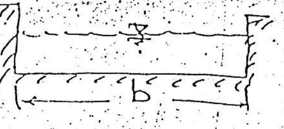
1) Dado: Una caída de agua por una presa derivadora rectangular

$Q = 25\ m^3/s \cdot 20;\ 30$

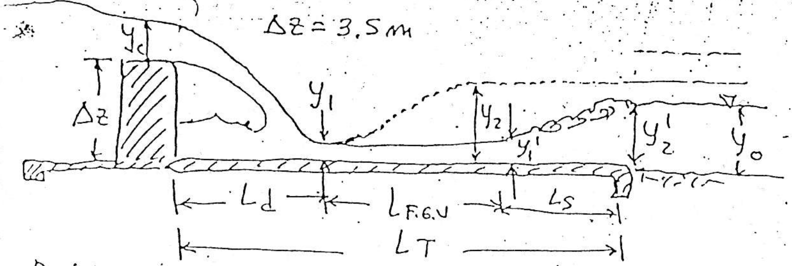
$n = 0.025$

$S_0 = 0.001$

$b = 25\ m$



$\Delta z = 3.5\ m$



Determinar: L_T.

Solución: Utilizando formulas de caída libre se determina L_d, y_1 y y_2, ésta última se debe comparar con la profundidad y_0 aguas abajo para flujo normal $y_2' = y_0$.

Si $y_2 > y_2' \Rightarrow$ el salto se desplaza en el cuenco $\therefore L_T = L_d + L_{F.G.V} + L_s$ ✓

Si $y_2 \le y_2' \Rightarrow$ el salto es ahogado $\therefore L_T = L_d + L_s$

Luego se calcula los parámetros de la caída:

$$y_1 = 0.54\left(\frac{y_c}{\Delta z}\right)^{1.275}\Delta z \quad ; \quad y_2 = 1.66\left(\frac{y_c}{\Delta z}\right)^{0.81}\Delta z$$

$$L_d = 4.3\left(\frac{y_c}{\Delta z}\right)^{0.81}\Delta z \quad \text{donde: } y_c = \left[\frac{(Q/b)^2}{g}\right]^{1/3} = 0.467\,m \ [0.83]$$

$$\Rightarrow y_2 = 1.137\,m \ ; \ y_1 = 0.145\,m \ ; \ L_d = 2.946\,m$$

Luego se determina y_0 con:

$$\frac{Q\,n}{\sqrt{S_0}} - b y_0\left(\frac{b y_0}{b+2y_0}\right)^{2/3} = 0 \Rightarrow y_0 = 0.893 = y_2'$$

Como $y_2 > y_2' \rightarrow$ el salto se desplaza A.Ab.

También $y_1 < y_c < y_0 \rightarrow \exists$ perfil M3

Luego se determina la profundidad conjugada

$$y_1' = \frac{y_2'}{2}\left(-1+\sqrt{1+8\frac{(Q/b)^2}{g\,y_2'^3}}\right) = 0.208\,m$$

se comprueba $y_1' < y_c < y_0 \rightarrow \exists$ perfil M3

Luego se calcula L_{FGV} con:

$$L_{FGV} = \int_{y_1}^{y_1'}\left(\frac{1-Q^2B/gA^3}{S_0 - n^2Q^2/R_H^{4/3}A^2}\right)dy \quad \text{donde: } A = by,\ B = b,\ R_H = \left(\frac{by}{b+2y}\right)$$

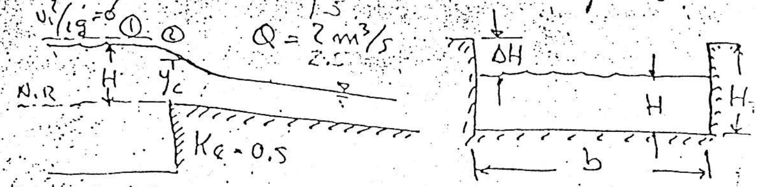
otra alternativa para determinar L_{FGV} es utilizar el método paso standar dividiendo por lo menos en 5 tramos: $\Delta x_i = \dfrac{E_{i+1} - E_i}{S_0 - S(y_m)}$

donde: $y_m = \dfrac{y_{i+1} + y_i}{2}$ $\quad E_i = y_i + \dfrac{V_i^2}{2g}$

reemplazando: $L_{F.G.V} = 5.39\,m$ 4.53 6.12

también: $L_s = 5y_2' = 4.465\,m$ 4.996

2) Dado: Una bocatoma lateral seguida de un canal rectangular:



Determinar: b y H asumiendo $b = 2H$ entrada sección eficiente

Solución:

De la ecuación de la energía entre ① − © con el nivel de referencia en la cresta.

$$H + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}}^{\,0} = y_c + \frac{V_c^2}{2g} + K_e\left(\frac{V_c^2}{2g} - \cancel{\frac{V_1^2}{2g}}^{\,0}\right)$$

$$H = y_c + (1+K_e)\frac{V_c^2}{2g}$$

Luego: en © se considera que $\exists$ la condiciones críticas, es decir $F_r = \dfrac{V_c}{\sqrt{g y_c}} = 1$

$\therefore \ V_c = \sqrt{g y_c}$ ó $\dfrac{V_c^2}{2g} = \dfrac{y_c}{2}$

luego.

$$H = y_c + (1+K_e)\frac{y_c}{2}$$

$$H = \left(\frac{3+K_e}{2}\right)\left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$$

$$q = \left(\frac{2}{3+K_e}\right)^{3/2}\sqrt{g}\,H^{3/2}$$

$$q = \frac{Q}{b} \Rightarrow Q = \left(\frac{2}{3+K_e}\right)^{3/2}\sqrt{g}\,b\left(\frac{b}{2}\right)^{3/2}$$

$$\therefore \ b = \left[\frac{2^{3/2}Q}{\left(\frac{2}{3+K_e}\right)^{3/2}\sqrt{g}}\right]^{2/5} = 1.77\,m \cong 1.8.$$

$$\therefore \ H = \frac{1.77}{2} = 0.89 \cong 0.9$$

$$\Rightarrow H_T = H + \Delta H = 1.29 \cong 1.3\,m$$

Para determinar la pendiente normal crítica

$$Q = \frac{1}{n}A R_h^{2/3} S_0^{1/2} \quad \text{donde } S_0 = S_c$$

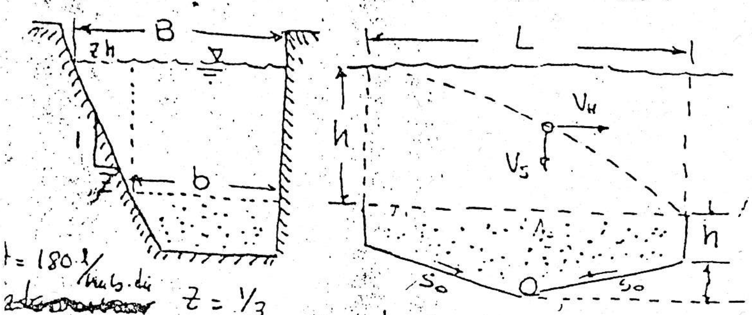
$$S_c = \frac{Q^2 n^2}{R_h^{4/3} A_c^2} \quad \text{donde: } A = b y_c,\ R_h = \frac{b y_c}{(b+2y_c)}$$

$$y_c = \left[\frac{(Q/b)^2}{g}\right]^{1/3} = 0.51\,m$$

$\therefore \ S_c = 0.0044\ m/m \cong 0.44\,\%$ 0.0046 0.0043

Solucionario CIV 235 - 2do P - I/10

1) Dado: Un canal desarenador tipo trapecial, si Pob = 60000; 65000; 62500 hab.



Dot = 180 l/hab.día $z = 1/3$

partícula → $G_s = 2.25$ → $d_s = 0.00025$ m

$\nu = 1.31 \times 10^{-6}$ m²/s

Determinar b, B, h y L de la zona de sedimentación

Para calcular el caudal medio de diseño se usa.

$$Q_m = \frac{Pob\ Dot}{86400} \quad [l/s]$$

Para calcular la velocidad de sedimentación se usa.

$$V_S = \sqrt{\frac{4 g d_s}{3 C_D}(s-1)}$$

donde $C_D = \frac{24\nu}{V_s d_s} + 1.5$

es decir:

$$V_s = \sqrt{\frac{4 g d_s (s-1)}{3\left(\frac{24\nu}{V_s d_s} + 1.5\right)}} \qquad Re < 1 \times 10^4$$

cálculo de velocidad de arrastre.

$$V_a = \sqrt{\frac{40(\rho_s - \rho) g d_s}{3\rho}}$$

si V_a es menor que $V_H = 0.3$ m/s se asume.

$$V_H = V_a$$

Cálculo del área transversal: De continuidad

$Q = VA$ donde $V = V_H \Rightarrow A = \frac{Q}{V_H}$

Para la sección mostrada:

$$A = bh + \frac{1}{2} z h^2 \Rightarrow bh + \frac{1}{2} z h^2 = \frac{Q}{V_H}$$

$$b = \frac{1}{h}\left(\frac{Q}{V_H} - \frac{1}{2} z h^2\right)$$

Con esta relación se asume h → b por tanteos hasta que cumpla las condiciones

$$5 \le \frac{L}{h} \le 9 \quad ó \quad 7 \le \frac{L}{b} \le 12$$

Luego: $B = b + zh$

Cálculo de longitud L.

$$L = \frac{V_H}{V_S} h$$

Q [m³/s]	0.125	0.135	0.130
Vs [m/s]	0.025	0.025	0.025
Re	4.77	4.77	4.77
Va = V_H [m/s]	0.20	0.20	0.20
h [m]	0.80	0.80	0.8
b [m]	0.65	0.65	0.65
B [m]	0.91	0.91	0.91

2) Diseño de la zona de lodos:

Concentración de arena $C_s = 60$ mg/l

pendiente tolva $S_o = 10\%$

tiempo limpieza $t = 2$ días

Cálculo de cantidad de lodo:

$$m_s = C_s\, Q\, E$$

Cálculo del volumen de lodo/día

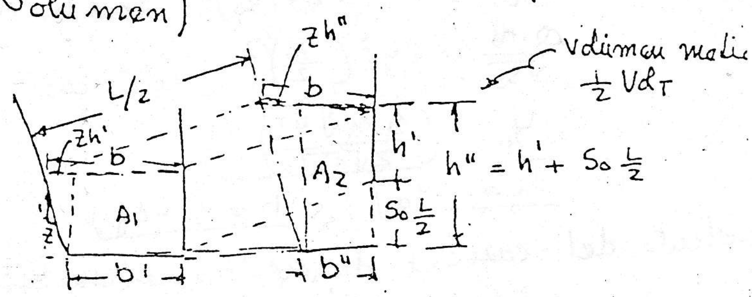
se asume $\rho = 1000$ Kg/m³

$$\Rightarrow Vol = \frac{m_s}{\rho} \quad [m^3/día]$$

Volumen de lodo para el tiempo de limp.

$$Vol_T = 2\, Vol$$

Cálculo de las dimensiones (para este volumen)



$$A_1 = bh' - \frac{1}{2} z h'^2$$

$$A_2 = bh'' - \frac{1}{2} z h''^2$$

$$\Rightarrow A_2 = b\left(h' - S_o \frac{L}{2}\right) - \frac{1}{2} z\left(h' + S_o \frac{L}{2}\right)^2$$

$$\frac{1}{2} Vol_T = \frac{1}{2}(A_1 + A_2) L/2$$

$$\therefore \frac{2\, Vol_T}{L} = A_1 + A_2 \quad ó \quad A_1 + A_2 - \frac{2\, Vol_T}{L} = \emptyset$$

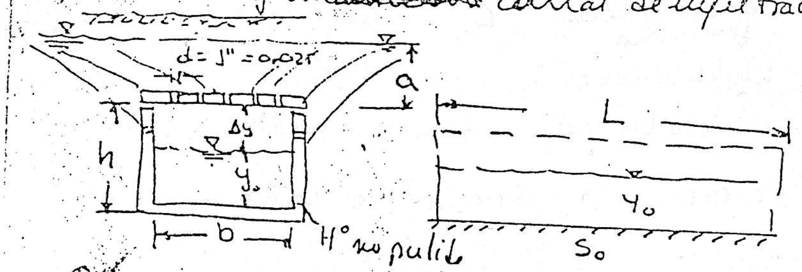
$$bh' - \frac{1}{2} z h'^2 + b\left(h' - S_o \frac{L}{2}\right) - \frac{1}{2} z\left(h' + S_o \frac{L}{2}\right)^2 - \frac{2 Vol_T}{L} = \emptyset$$

se resuelve por tanteos para h'

luego se determina h" → b' y b"

Vol_T [m³]	1.296	1.404	1.35
h' [m]	0.65	0.61	0.63
b' [m]	0.43	0.51	0.47
b" [m]	0.33	0.40	0.36

(5) Dado: El caudal medio de diseño y ~~una~~ canal de infiltración



Q_m

$a = 2m$ | $K = 0.15\ l/s \cdot m^2$

$S_o = 2\% = 0.02$ | $V_e = 0.1\ m/s$

$n = 0.014$ | $C_c = 0.6$

$\frac{b}{y_o} = 2$ (canal optimo) | $\Delta y = 0.15 m$

Determinar: b, h, L, # orificios

Solución. Para determinar b y h inicialmente se determina y_o (con Manning)

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{S_o}} = (b y_o)\left(\frac{b y_o}{b+2y_o}\right)^{2/3} \quad \text{donde } b = 2y_o$$

$$\frac{Q \cdot n}{\sqrt{S_o}} = 2y_o^2\left(\frac{y_o}{2}\right)^{2/3} \quad \text{entonces}$$

$$y_o = \left(\frac{Q \cdot n \sqrt[3]{4}}{2\sqrt{S_o}}\right)^{3/8}$$

luego $b = 2y_o$ $\quad h = y_o + \Delta y$

Calculo del caudal de infiltracion unitario

$$q_u = K \frac{2\pi a}{\ln\left(\frac{2a}{r_o}\right)} \quad \text{donde: } r = \left(\frac{h+b}{2}\right)$$

Calculo de longitud.

$$L = \frac{Q}{q_u}$$

Calculo de # orificios.

donde: $A = \frac{q_u}{V_e \cdot C_c}$ $\quad N° = \frac{A}{S}$ $\quad S = \frac{\pi}{4}d^2$

$$N°\text{orif} = \frac{4\, q_u}{V_e \cdot C_c \cdot \pi \cdot d^2}$$

y_o	0.18	0.18	0.18
b	0.35	0.36	0.36
h	0.33	0.33	0.33
q_u [l/s.m]	0.76	0.77	0.77
L [m]	163.48	175.42	169.47
N° orif.	25	25	25