



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL (ESPOL)
FACULTAD DE ING. EN CIENCIAS
DE LA TIERRA (FICT)
INGENIERÍA CIVIL – 2do. EXAMEN DE HIDRÁULICA**



ESTUDIANTE: _____ Término: 2015-I
MATRÍCULA: _____ PARALELO 1 FECHA: 10/IX/2015

INDICACIONES GENERALES:

- 1) Lea atentamente TODAS las especificaciones de cada problema. Escriba claramente y sea ordenado (a) en el desarrollo de las respuestas.
- 2) Tomar en cuenta el Art. 21 del Reglamento de Evaluaciones y Calificaciones de Pregrado de la ESPOL (sobre deshonestidades Académicas premeditada y circunstancial), el Artículo 7, literal g del Código de Ética de la ESPOL y la Resolución del Consejo Académico CAC-2013-108, sobre compromiso ético de los estudiantes al momento de realizar un examen escrito. No tome riesgos innecesarios en ese sentido.
- 3) Tiene 2 horas para completar su examen. ¡Éxitos!

Ira. PARTE (20 PUNTOS):

1.-: En el caso de suelos arcillosos, ¿cuál es el parámetro que más incide en la estimación de la profundidad de socavación? (2 puntos)

- | | |
|--|------------------------------------|
| a) Ángulo de fricción | b) Diámetro medio de la partícula. |
| c) ☒ Peso específico seco | d) Relación de vacíos. |

2.- Mencione las tres clases (no etapas) de transporte de sedimentos: (3 puntos)

Carga de fondo sólidos en suspensión Carga de lavado (o coloidal)

3.- Una con líneas, según sea procedente: (2 puntos)

Pendiente normal-crítica	Promedio ponderado de n parciales
Borde libre	Depende del tirante, o del caudal
Rugosidad compuesta	Máxima K y menor P mojado
Sección óptima	Caudal máximo y constante

4.- Defina: “En un canal no revestido, ¿qué es la velocidad máxima permisible?” (2 puntos)

Velocidad límite por sobre la cual existe socavación o desprendimiento de los granos de suelo.

5.- Verdadero o Falso (y explique por qué): “Flujo gradualmente variado”: (2 puntos)

- ☒ F: Las pendientes de fondo, superficie del agua, y de energía son idénticas.

¿por qué?: El término $\frac{dy}{dx} \neq 0$ (2da ec Saint Venant) $\Rightarrow S_0 \neq S_f$

• (V) F : En cuanto a perfiles de flujo, la zona 2 es siempre decreciente.

¿por qué?: $y_n > y > y_c$, $y_c > y > y_n \Rightarrow + \frac{-}{+} \text{ o } + \frac{+}{-} \Rightarrow (-)$

6.- Indique lo INCORRECTO sobre flujo gradualmente variado y explique: (2 puntos)

☒ Los perfiles M se encuentran siempre bajo régimen subcrítico.

¿por qué?: No siempre. Flujo bajo compuerta es supercrítico, y es M3

☒ El perfil C2 implica que el tirante real es mayor que el tirante crítico.

¿por qué?: El perfil C2 no existe como tal, porque $y = y_c = y_n$

7.- Escoja la(s) opción(es) CORRECTA(s) sobre modelación en HECRAS: (2 puntos)

☐ El programa no puede calcular volúmenes si el nivel de agua supera al máximo de la topografía.

☒ HEC-RAS utiliza el esquema numérico Preissman para resolver las ec. de Saint-Venant.

☐ No es viable utilizar un número de Manning para cada estación.

☒ Para simular una condición de borde bajo flujo uniforme, se usa la pendiente S_0 .

8.- Encierre la(s) opción(es) CORRECTA(s) sobre socavación en puentes: (2 puntos)

a) Para estimar la socavación total en una pila, escójase el máximo entre la local y la general.

(b) No es suficiente con verificar la socavación en el canal principal, sino también en los bancos.

c) Métodos para estimar la socavación general son: Laursen-Toch, Froehlich.

(d) El método de Lischtsvan-Lebediev permite calcular profundidad de socavación en cada punto donde se tenga información del tirante.

9.- En laboratorio, cuando se produjo el flujo bajo compuerta, describa lo que ocurrió a continuación de la misma (1). Cuando se varió las condiciones aguas abajo, comente lo que ocurrió (2): (3 puntos)

(1) Aguas abajo de la compuerta se formó un pequeño perfil M3 y enseguida un salto hidráulico (nivel más alto aguas abajo)

(2) Cuando se elevó el nivel aguas abajo (al final del canal), y cuando se lo bajó, se observó un desplazamiento del salto hidráulico hacia aguas arriba y abajo, respectivamente.

IIda. PARTE (20 PUNTOS):

Un canal rectangular de ancho 6.10 m, revestido de hormigón algo rugoso ($n = 0.015$), transportará una descarga de $14.16 \text{ m}^3/\text{s}$ según el respectivo estudio hidrológico. En ese sentido:

a) Estime y justifique los perfiles de flujo gradualmente variado, para cada tramo.

b) Los tirantes normales respectivos para cada segmento. Considere que en el tramo 3, el tirante normal empieza junto con el tramo en sí.

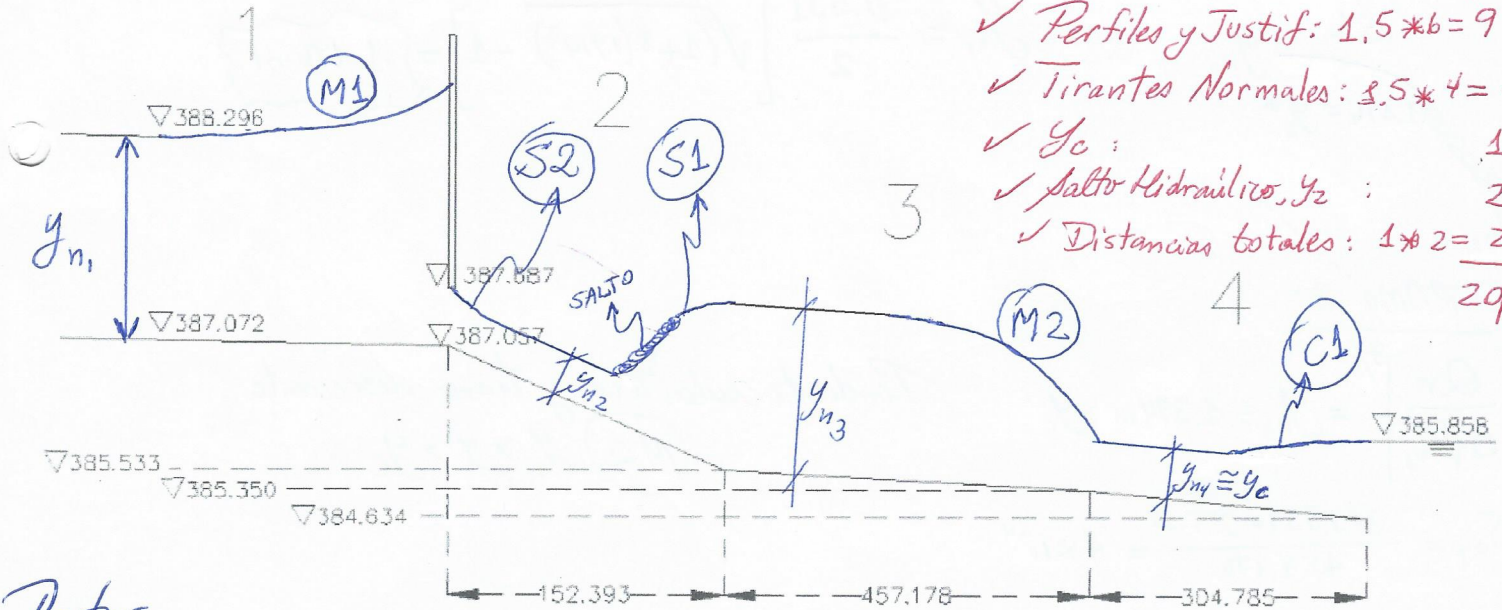
c) Calcule el tirante crítico.

d) Sólo si hubiere salto hidráulico, calcule el tirante conjugado y_2 .

e) Sólo para los tramos 3 y 4, halle la distancia acumulada de desarrollo del perfil.

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8 F_1^2} - 1 \right)$$

$$x_{1-2} = \frac{3}{4} * \frac{1}{n^2 g} (y_2^{4/3} - y_1^{4/3}) - \frac{3}{13} * \frac{1}{n^2 q^2} (y_2^{13/3} - y_1^{13/3})$$



- pts
- ✓ Perfiles y Justif: $1.5 * 6 = 9$
 - ✓ Tirantes Normales: $3.5 * 4 = 6$
 - ✓ y_c : 1
 - ✓ Salto Hidráulico, y_2 : 2
 - ✓ Distancias totales: $1 * 2 = 2$
- 20pts.

Datos:

$$b = 6.10 \text{ m}$$

$$n = 0.015$$

$$Q = 14.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q = \frac{Q}{b} = 2.32 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0.817 \text{ m}$$

TRAMO 1:

$$y_{n1} = 388.296 - 387.072 = 1.224 \text{ m} > y_c$$

subcrítico

Perfil detrás de una compuerta
en régimen subcrítico: M1

$$y > y_n > y_c$$

TRAMO 2:

$$S_{02} = \frac{387.057 - 385.533}{152.393} = 0.01$$

Canal rectangular: $Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2}$
[Manning]

$$R_h \approx y \therefore A = by$$

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = [by] [y^{2/3}]$$

Vena contracta:

$$VC = 387.687 - 387.057 = 0.61 \text{ m}$$

Perfil S: supercrítico
Decrecente $\Rightarrow$ S2

$$y_{n2} < y < y_c$$

Salto hidráulico al final del tramo

$$\left[\frac{Qn}{b\sqrt{S_0}} \right]^{3/5} = y$$

$$y_{n2} = 0.531 \text{ m} \neq y_c$$

$< y_c$
 $\Rightarrow$ supercrítico

Después del salto, el perfil debe llegar a y_{n3} en pendiente supercrítica

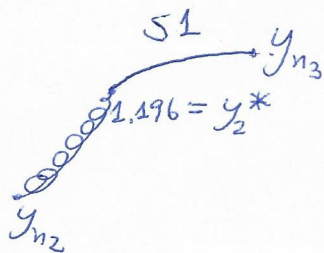
$$\Rightarrow S: \text{siendo } y > y_c > y_{n2} \Rightarrow \text{región 1} \Rightarrow \textcircled{S1}$$

Cálculo de los tirantes conjugados:

$$\left. \begin{array}{l} y_1^* = y_{n2} = 0.531 \text{ m} \\ y_2^* = y_{\text{de } S1} \\ \text{inicial} \end{array} \right\} \Rightarrow y_{S1} = \frac{y_{n2}}{2} \left[\sqrt{(1 + 8F_1^2)} - 1 \right]$$

$$F_1 = \frac{Q}{b y_1^* \sqrt{g y_1^*}} = 1.914$$

$$y_{S1} = \frac{0.531}{2} \left[\sqrt{(1 + 8(1.914)^2)} - 1 \right] = 1.196 \text{ m}$$



TRAMO 3:

$$\left[\frac{Qn}{b\sqrt{S_0}} \right]^{3/5} = y_{n3} = 1.394 \text{ m} > y_c$$

Pendiente subcrítica y tramo decreciente

$$\textcircled{M2} \quad y_{n3} > y > y_c$$

$$S_{03} = \frac{385.533 - 385.35}{457.178} = 4 \times 10^{-4}$$

TRAMO 4:

$$S_{04} = \frac{385.35 - 384.634}{304.785} = 2.35 \times 10^{-3}$$

$$y_{n4} = \left[\frac{Qn}{b\sqrt{S_{04}}} \right]^{3/5} = 0.8199 \text{ m} \approx y_c \Rightarrow \text{Perfil C, creciente hacia } 385.858 \Rightarrow \textcircled{C1}$$

Distancias acumuladas:

$$M2: X_{1-2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{n^2 g} \left[0.82^{4/3} - 1.394^{4/3} \right] - \frac{3}{13} \cdot \frac{1}{n^2 g} \left[0.82^{13/3} - 1.394^{13/3} \right] = 454.85 \text{ m}$$

$$y_2 = y_{n4}$$

$$y_1 = y_{n3}$$

Desde el fin del tramo:

C1

$$\left. \begin{array}{l} y_2 = 385.858 - 384.634 = 1.224 \text{ m} \\ y_1 = y_{n4} \approx 0.82 \text{ m} \end{array} \right\} \Rightarrow X_{1-2} = 172.78 \text{ m, desde el final}$$

IIIra. PARTE (10 PUNTOS):

El MTOP planifica un puente sobre el río Piedras. La luz del puente es 20 metros, simplemente apoyado. El cauce del río está claramente definido, y el flujo no es enteramente normal al eje del puente (desviación $\theta = 15^\circ$). El material del lecho es mayormente arcilla. La pendiente de fondo es 1×10^{-3} , y del estudio geotécnico se estima un número Manning de 0.032. Estimar la velocidad crítica para socavación (sólo para el punto C), el caudal respectivo, y las profundidades de socavación general ($y_s = H_s - H_o$), para un periodo de retorno de 200 años, según los siguientes datos, usando el criterio de Lischtvan-Lebediev. Graficar el perfil antes de la socavación, y luego de ella. Comente todos sus resultados.

Datos Hidrológicos e hidráulicos:			Punto	Abscisa (m)	H_o (m)
D = Hm =	3	m	A	0	2.10
A =	50.75	m ²	B	3	3.30
P =	37.04	m	C	6	3.50
So =	10/100		D	9	4.50
n =	0.032		E	12	2.85
$V_{\text{seco arcilla}} =$	1.5	g/cc	F	15	4.00
$V_{\text{mezcla}} =$	1.1	g/cc	G	18	3.30
			H	20	1.90

$$\lambda = 0.0973 \cdot \log(T) + 0.79$$

$$x = 0.1363 \gamma_d^2 - 0.58 \gamma_d + 0.893$$

$$\phi = 1.51 \gamma_{mez} - 0.54$$

$$Q_{\text{diseño}} = \alpha \mu H_m^{5/3} B \cos \theta$$

$$V = \alpha R_h^{2/3}$$

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.6 \gamma_d^{1.18} \phi \lambda} \right)^{\frac{1}{1+x}}$$

$$V_s \left[\frac{m}{s} \right] = 0.60 \cdot \gamma_d^{1.18} \cdot \lambda \cdot \phi \cdot H_s^x$$

Coefficiente μ de contracción de flujo:

V_{obs} (m/s)	Longitud libre entre dos pilas [m]												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
< 1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.9	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
> 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

$$R_h = \frac{A}{P} = 1.37 \text{ m}$$

Ec. de Manning: $Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2}$

$$\frac{Q}{A} = V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$B = b = \text{ancho}$

$$\frac{V}{R_h^{2/3}} = \frac{S^{1/2}}{n} = \alpha$$

$$\alpha = \frac{(0.001)^{1/2}}{0.032} = 0.988 \quad 1/1$$

$$T = 200 \text{ años}$$

$$\lambda = 0.0973 \cdot \log(200) + 0.79 = 1.014$$

$$\phi = 1.51 \gamma_{mez} - 0.54 = 1.121$$

$$x = 0.1363 \gamma_d^2 - 0.58 \gamma_d + 0.893 = 0.33$$

$$Q_{\text{diseño}} = \alpha \mu H_m^{5/3} B \cos \theta = 117.1 \text{ m}^3/\text{s} \quad 1/1$$

Según tabla: μ : $V_{\text{obs}} = \alpha R_h^{2/3} = 1.22 \text{ m/s}$

Para $V_{0.35} = 1.22 \text{ m/s}$, y $\text{long Be (libre entre pilas)} = 19.31$, $\mu = 0.775$

Punto C: $H_0 = 3.5 \text{ m}$ Fondo arcilloso $\rightarrow H_s = \left[\frac{\alpha (3.5)^{5/3}}{0.60 (1.5)^{1.18} (1.121)(1.014)} \right]^{1/1+0.33} =$

$$\Rightarrow V_s = 0.60 \mu_d^{1.18} \cdot \lambda \cdot \varphi \cdot H_s^x$$

$$H_s = 4.16 \text{ m}$$

$V_s = 1.76 \text{ m/s} > 1.22 \text{ m/s}$

$\Rightarrow$ Hay excavación de fondo móvil

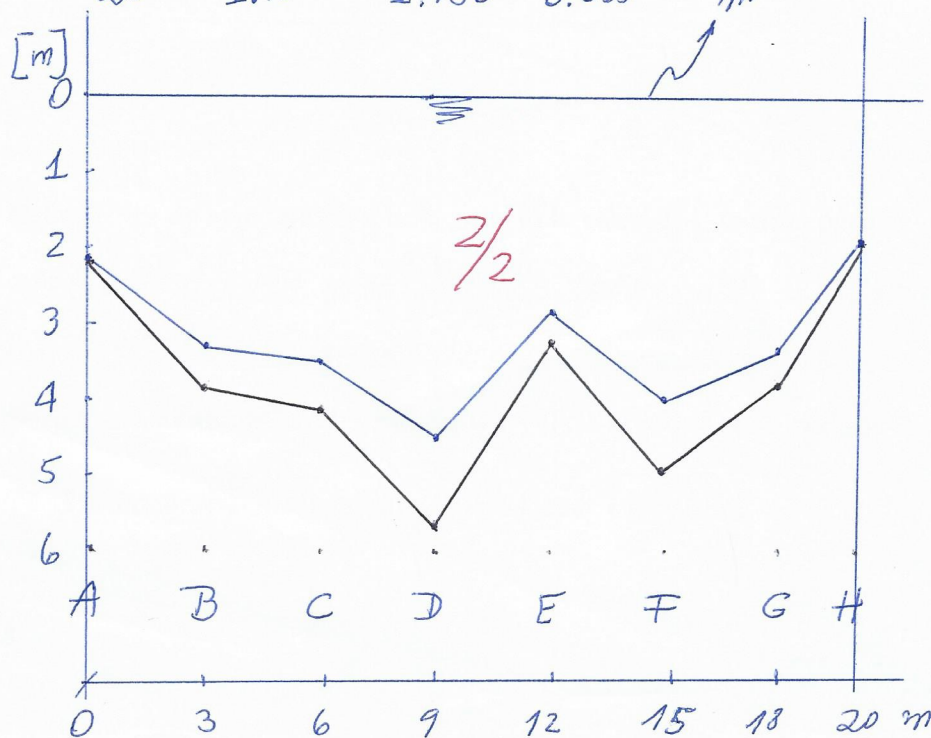
Consistente con perfil estratigráfico arcilloso

En general:

$$H_s = \left[\frac{0.988 H_0^{5/3}}{0.60 \mu_d^{1.18} \varphi \lambda} \right]^{1/1+0.33}$$

$$= 0.866 H_0^{1.253} = H_s$$

Punto	Abscisa	H_0 [m]	H_s	y_s
A	0	2.10	2.194	0.09
B	3	3.30	3.866	0.565
C	6	3.50	4.161	0.661
D	9	4.50	5.701	1.201
E	12	2.85	3.217	0.367
F	15	4.00	4.919	0.919
G	18	3.30	3.866	0.565
H	20	1.90	1.936	0.035



H_0
 H_s

D, F tienen los mayores valores de excavación general. La excavación es mínima cerca de los estribos del puente.