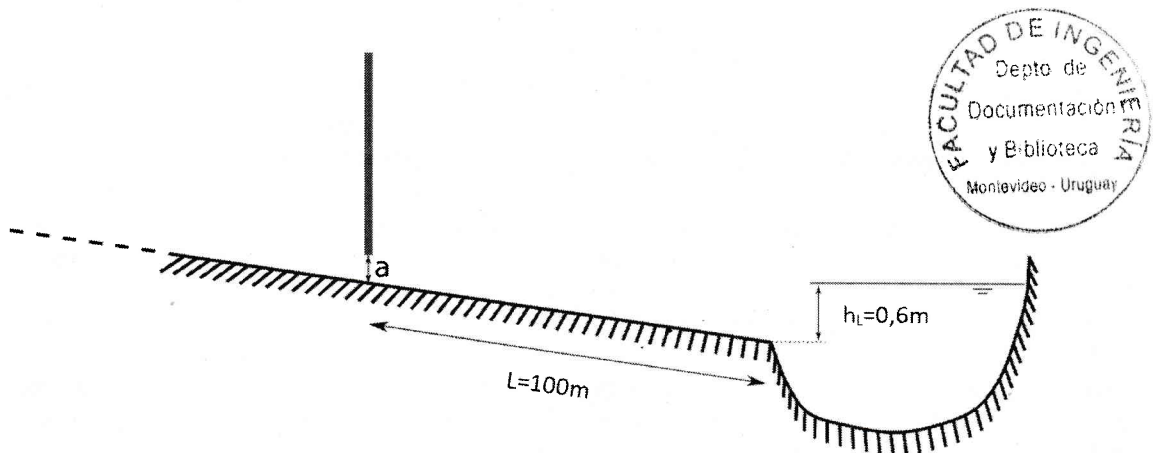


EJERCICIO 1 (25 puntos)

Por un canal de pendiente $S_0=0,001$ y rugosidad de Manning $n=0,017$ circula un determinado caudal. El canal tiene sección rectangular con ancho $b=5$ m. El canal desemboca en un lago cuyo nivel se ubica a $h_L=0,6$ m respecto al fondo del canal y 100m antes de la descarga al lago existe una compuerta de fondo ideal.

Sabiendo que para una abertura $a=0,25$ m la compuerta descarga libre y que la velocidad en la sección de la compuerta vale 4 m/s, se pide:

1. Calcular el caudal que circula por el canal y clasificar el canal en tipo M o S, indicando el valor del tirante crítico y normal.
2. Calcular el tirante en la sección aguas arriba de la compuerta y la fuerza que ejerce el flujo sobre la compuerta.
3. Dibujar la superficie libre a lo largo de todo el canal, indicando los tirantes en las secciones más relevantes, y ubicando resaltos si los hubiere.
4. ¿Hasta qué valor se puede aumentar la abertura de la compuerta para que la descarga no se ahogue?
5. ¿Hasta qué valor puede aumentar el nivel del lago para que la descarga no se ahogue? Para esa condición, dibujar la superficie libre a lo largo de todo el canal.



EJERCICIO 2 (25 puntos)

Se proyecta una ruta nacional en el departamento de Artigas que, en un tramo de su traza de 500 m, atraviesa dos cursos de agua. Se requiere realizar el diseño hidráulico de las correspondientes obras de drenaje (alcantarillas) en la intersección de la traza y cada curso de agua. Por tratarse de dos cuencas contiguas y por la proximidad de los puntos de cierre, a efectos de los cálculos hidráulicos, podrá asumirse que la ubicación de las alcantarillas tiene las siguientes coordenadas de referencia: $X=400$ Km; $Y= 6600$ Km. Las características principales de cada cuenca se presentan en la Tabla:

Cuenca	Área (Km ²)	ΔH (m)	L (m)	Grupo Hidrológico	S (%)
1	2.3	165	1700	C	5.5
2	5.5	120	5790	C	3.5

dónde: **L** es la longitud del cauce principal, **ΔH** es el desnivel máximo del cauce principal y **S** es la pendiente media de la cuenca.



1. Determinar el **caudal máximo** de diseño para cada alcantarilla asociado a **10 años** de período de retorno y justificar el método de cálculo empleado en cada caso. El uso del suelo actual en toda la superficie de ambas cuencas es pastizales en condiciones hidrológicas buena. Se podrá suponer, para ambas cuencas, que el flujo es concentrado.
2. Una vez construidas las obras de alcantarillado para las condiciones de diseño, se implementa un cambio de uso del suelo, transformando el **53% del área** de cada cuenca a suelo urbano (residencial tamaño de lote: 0.1 Ha, concreto/techo). Esta modificación del uso del suelo impacta, a su vez, sobre los tiempos de concentración de las cuencas, reduciendo los mismos un **10%**, respecto a las condiciones originales. Para esas nuevas condiciones se pide:

2.1 Determinar el período de retorno del caudal de diseño calculado en 1) para cada cuenca. Justifique la respuesta.

2.2 Para la cuenca 2, estimar el tiempo mientras se ve superado el caudal de diseño (parte 1), si en la cuenca ocurre un evento de 10 años de período de retorno en las nuevas condiciones. Justifique la respuesta.

EJERCICIO 3 (25 puntos)

En base a la **carta topográfica** (SGM, con curvas de nivel cada **10 m**) que se adjunta, se pide:

1. **Delimitar la cuenca grande y la cuenca chica (subcuenca de la grande)** ubicadas en el departamento de Tacuarembó, con puntos de cierre en colores **rojo** (coordenadas $X=508.5$ km; $Y=6449.3$ km) y **verde** ($X = 507.2$ km; $Y= 6445.5$ km) respectivamente, según se indica en la carta.
2. Comparando visualmente las dos, indique **cual se espera que tenga un mayor índice de compacidad**. Justifique su respuesta.
3. Determinar, para la **cuenca grande**, el **desnivel máximo del cauce principal** y el **tiempo de concentración** de la cuenca, si la longitud de su cauce principal es $L = 4826$ m. Se podrá asumir que el flujo es de tipo concentrado en la misma.

EJERCICIO 4 (25 puntos)

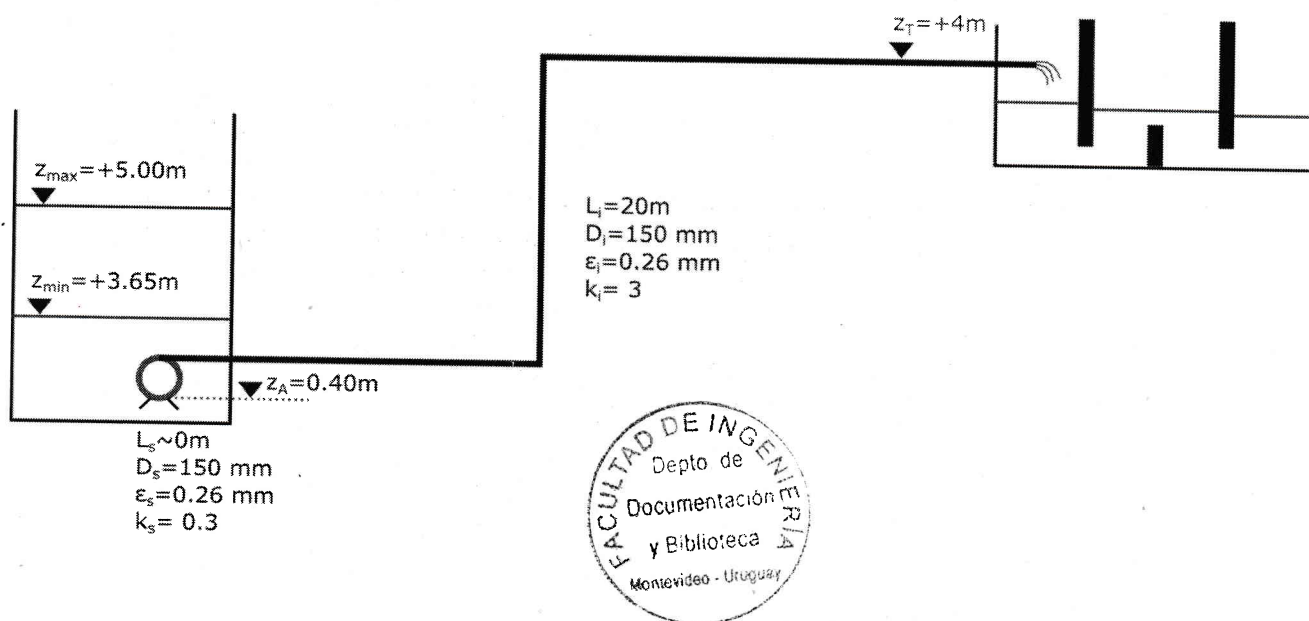
Una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas incluye un pozo de bombeo luego del pretratamiento, para elevar el efluente a una cámara de mezcla. El pozo de bombeo cuenta con una bomba sumergible cuyas características se presentan en la siguiente tabla.

Q (L/s)	0	5	12,5	22,5	35	45	57,5	67,5	75	83
H (m)	21	20	18	16	14	12	10	8	7	6
η (%)	0	20	40	60	70	75	73	70	68	65
NPSH _r (m)	-	0,5	1,5	1,3	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,5

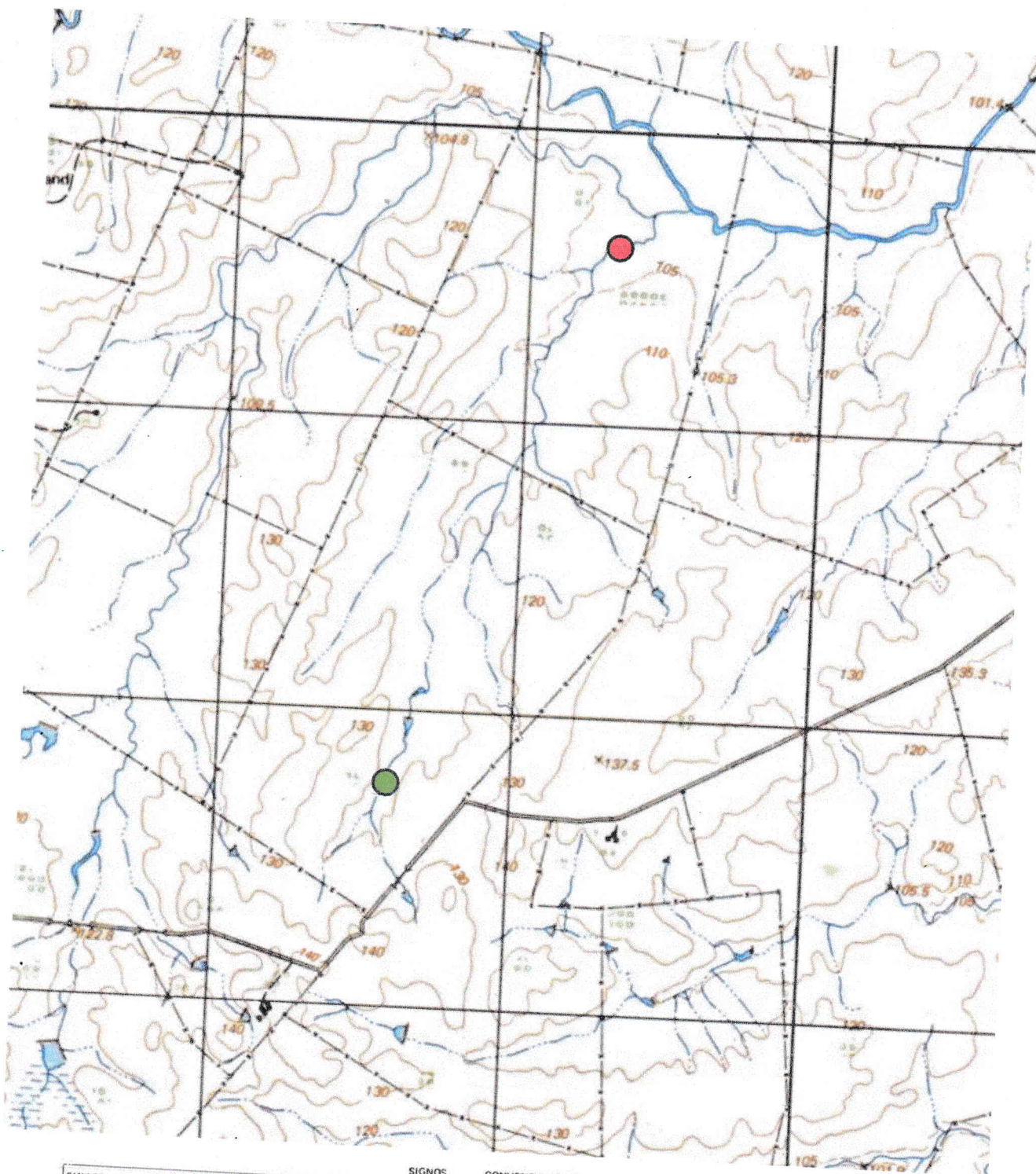
El diámetro en la succión y en la impulsión es **150 mm** y la rugosidad absoluta (ϵ) es en ambos casos igual a **0,26 mm**. La longitud de la tubería de succión es despreciable, mientras que la impulsión tiene una longitud de **20 m**. Los coeficientes de pérdida de carga localizada se pueden resumir en un valor total de **0,3** para la succión y de **3** para la impulsión.

El pozo de bombeo tiene un nivel mínimo de operación a cota $z_{\min}=3,65$ m (la bomba se apaga si se alcanza este nivel) y el nivel de arranque de la bomba es $z_{\max}=5,0$ m. La succión de la bomba sumergible se encuentra a cota $z_A=0,4$ m. Luego de la impulsión, el efluente descarga libre a la cámara de mezcla a una cota $z_D=10$ m.

1. ¿Cuál es el rango de caudales de operación de la bomba? Detallando:
 - 1.1 La ecuación de pérdida de carga de la instalación para una cota z_s en el tanque de succión (con $z_{\min} \leq z_s \leq z_{\max}$).
 - 1.2 Los dos puntos de funcionamiento (Q, H) que definen el rango de operación del sistema e identificarlos en un gráfico esquemático Q-H. Incluir los valores de los factores de fricción en la succión e impulsión en cada caso.
 - 1.3 La potencia consumida por la bomba para ambos puntos de funcionamiento hallados en la parte 1.2. Reportar los valores de eficiencia utilizados para los cálculos.
 - 1.4 ¿La bomba cavita? Plantear la ecuación de $NPSH_d$ para una cota z_s en el tanque de succión (con $z_{\min} \leq z_s \leq z_{\max}$) y reportar los valores obtenidos de $NPSH_d$ y $NPSH_r$ para los dos puntos de funcionamiento hallados en la parte 1.2.
2. Si el caudal de ingreso al pozo de bombeo es $Q_{in}=43 \text{ L/s}$ y el volumen útil del pozo de bombeo es $15,3 \text{ m}^3$ (volumen entre $z_{\min}$ y $z_{\max}$), calcular:
 - 2.1 El tiempo de llenado y de vaciado de dicho volumen. El tiempo de llenado ocurre con la bomba apagada y el tiempo de vaciado con la bomba en funcionamiento. Cuando funciona la bomba se puede asumir un caudal medio entre el mínimo y máximo calculados en la parte 1. El caudal de ingreso está presente tanto en el tiempo de llenado como durante el tiempo de vaciado.
 - 2.2 Considerando los tiempos obtenidos en la parte 2.1, calcular cuántos arranques de la bomba ocurren por hora.



3/12



SIGNOS CONVENCIONALES	
CAMINOS	
Transitable todo el año	—
Pavimento liso con separador	—
dos o más vías	—
una vía	—
Revestimiento pélico	—
Revestimiento mejorado sin pavimento	—
Transitable en tiempo seco	—
Sin pavimento	—
Senda vehicular a campo traviesa	—
Señales de rutas principales, secundarias	—
FERROVIARIAS	
Vía normal, vía doble	—
Estación, parada, plaza gratuita	—
Paso a nivel, paso sobre nivel	—
LIMITES	
Internacional, departamental	—
OBRAS PÚBLICAS, INDUSTRIALES Y ESPECIALES	
Tanque, depósito de agua, mina o cantera	—
Explotación, explotación con más de 15 m. de ancho	—
Muelle, muelle con más de 20 m. de ancho	—
Faro, molino	—
Aeropuerto, aeródromo, pista de campo	—
COMUNICACIONES Y ELEMENTOS MISCELÁNEOS	
Puente de mampostería, madera, ferropuente	—
Piso, picada, alcantarilla	—
Línea transmisora de energía	—
Alambrado, cerco de piedra	—
Casa aislada, edificio que excede de 25 x 25 metros, depósito	—
Escuela, iglesia, hospital, policía	—
Cementerio, plaza de deportes	—
PUNTOS DE CONTROL	
Vehículo prohibido, punto de control, punto fijo	—
Puntos acotados (identificados, no identificados)	—
ELEMENTOS HIPSOGRÁFICOS	
Curva maestra, simple, suplementaria, aproximada	—
Desnante, relleno o terraplén, depresión o barranca	—
Arroyo, afloraciones rocosas	—
VEGETACIÓN	
Monte natural, artificial, frutal	—
Vitales, chacra o quinta, palmar	—
Chical, pajonal, pinar	—
ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS	
Lago o laguna permanente	—
Curso de agua con más de 50 m. de ancho	—
Curso permanente, intermitente	—
Canal, tajamar	—
Sanitario, arroyal, zona inundable	—
Fondederos para embarcaciones grandes, pequeñas	—
CENTROS POBLADOS	
Capital departamental	—
Ciudad de más de 10 000 hab.	—
Población de 2 500 a 10 000 hab., de 500 a 2 500 hab.	—
Población de 40 a 100 constr., centro poblado de 5 a 40 constr.	—



TACUAREMBÓ
LA PAZ
CHUY
Achar
Neptunia
Empalme Sauce

4/12

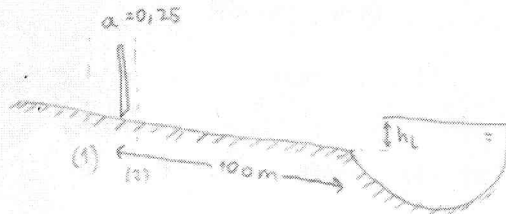
EJERCICIO 1

$S_o = 0,001$
 $n = 0,017$ } canal rectangular
 $b = 5m$

* Descarga a lago $h_2 = 0,6 \text{ m}$

* Compuerta 100 m antes $\rightarrow a = 0,25 \text{ m}$
Descarga libre
 $v = 4 \text{ m/s}$

① $Q = v \cdot b \cdot a = 5 \text{ m}^3/\text{s}$



$$y_c = 0,47 \text{ m}$$

$$y_n = 0,77 \text{ m}$$

CANAL M

② Conservo energía en la compresión: $y_1 = y_2 a_{2t} = a_{2t} \rightarrow y_1 = 1,02 \text{ m}$

* Fuerza flujo-compuerta: $F = \gamma (M_1 - M_2)$ $M_1 = 3,09 \text{ m}^3$
 $F = 8734 \text{ N}$ $M_2 = 2,20 \text{ m}^3$



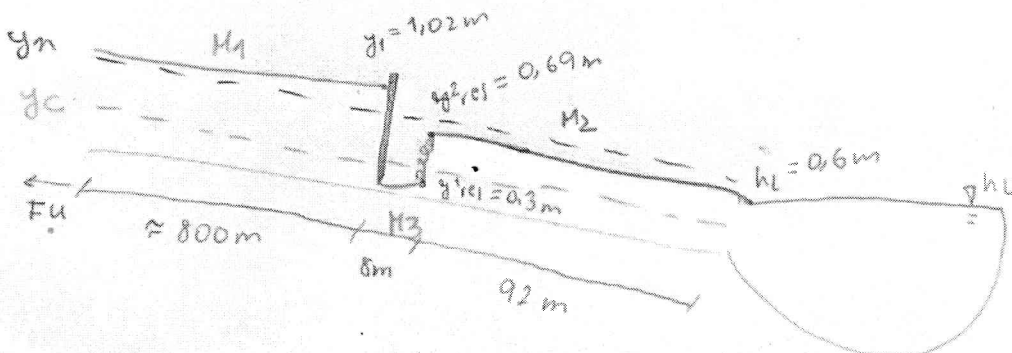
③ * AA de la compuerta: $y_1 > y_n \rightarrow H_1 \rightarrow \text{cond. B } \underline{aa} = y_1$

Asintota a z normal aprox. en $800\text{ m} \rightarrow F_u$.

* aa de la compuerta: $M_3 + \text{resalto} + M_2$

M2 $h_L > y_c \rightarrow$ descarga con h_L (CB. aa) $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \rightarrow$ resalto a 8m de la compuerta

M3 CB. AA: $y = a \rightarrow M3^*$ $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \rightarrow$ $y_{res}^2 = 0,69m$
 $y_{res}^1 = 0,3m$



5/12

- ④ Hasta qué valor se puede aumentar a sin que se ahogue.

Condición crítica: resalto en la compuerta (en sequida) $\rightarrow y_{n2} = a^*$

$$y_{n2}^{\text{end}} = 0,696 \text{ m} = a^* \rightarrow a = 0,2955 \text{ m}$$

$$\underline{a = 0,3 \text{ m}}$$

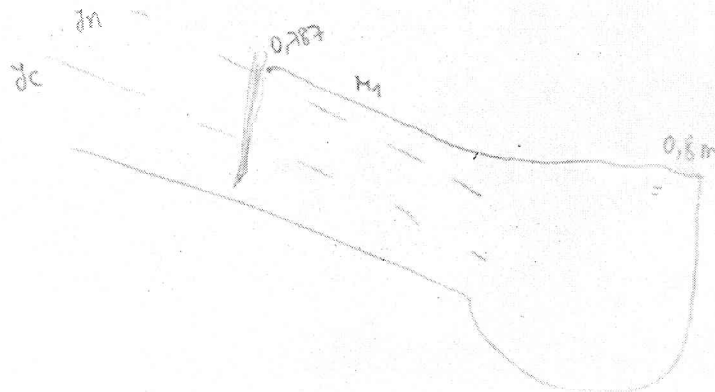


- ⑤ Hasta qué valor puede aumentar h_L sin que se ahogue.

$$a = 0,25 \rightarrow a^* = 0,7871 \text{ m} = y_{n2}^{\text{end}}$$

$\hookrightarrow$ pruebo valores de h_L hasta llegar

$$\underline{h_L = 0,8 \text{ m}}$$



6/12

EJERCICIO 2

2 cuencas - 2 alc.

① Determinar Q de Tr 10, flujo concentrado.

$$T_c = 0,4 \cdot \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}}_{scp}$$

$$S = \Delta H / L_{cp} \Rightarrow S_1 = 165 / 1700 = 9,7 \%$$

$$S_2 = 120 / 5790 = 2,07 \%$$

$$\left. \begin{array}{l} T_{c1} = 0,25 \text{ hs} = 15 \text{ min} \rightarrow \text{MR} \\ T_{c2} = 1,17 \text{ hs} = 70 \text{ min} \rightarrow \text{NRCS} \end{array} \right\}$$

* $P_{3,10,p} = 98 \text{ mm}$

Cuenca 1 - MR

- Tr 10
- $S = 5,5 \%$
- Pastizales, buena

$$\rightarrow C = 0,38$$

$$Q_{\max}^1 = 31 \text{ m}^3/\text{s}$$



Cuenca 2 - NRCS

- $GH = C$
- Pastizal, buena

$$\rightarrow NC = 74$$

$$Q_{\max}^2 = 28,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

7/12

- ② - 53% de c/cuenca pasa a suelo urbano } Tr para caudales de parte anterior?
 - Se reduce tc un 10%

Cuenca 1

* C ponderado para Tr 5

$$\begin{array}{l}
 \text{Pastizales: } C = 0,36 \\
 \text{urbano: } C = 0,80
 \end{array}
 \left\{ \rightarrow C = 0,47 \cdot 0,36 + 0,53 \cdot 0,8 = 0,59 \rightarrow Q = 43,7 \text{ m}^3/\text{s} \right.$$

$C = 0,59$

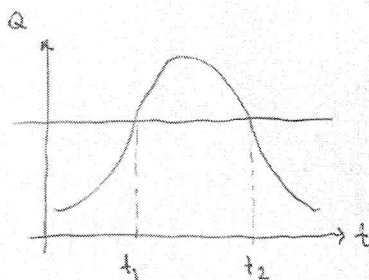
* C ponderado para Tr 2

$$\begin{array}{l}
 \text{Past.: } C = 0,33 \\
 \text{urb.: } C = 0,75
 \end{array}
 \left\{ \rightarrow C = 0,55 \rightarrow Q = 30,7 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \underline{\text{Tr} = 2 \text{ años}}$$

Cuenca 2

$$\text{NC urbano} = 83 \rightarrow \text{NC} = 0,53 \cdot 83 + 0,47 \cdot 74 = 78,77 \rightarrow \text{NC} = 79$$

$$\underline{\text{Tr} = 5,1 \text{ años}} \rightarrow Q = 28,5 \text{ m}^3/\text{s}$$



$$\begin{array}{l}
 t_1 = 1,5 \text{ hs} \\
 t_2 = 2,3 \text{ hs}
 \end{array}
 \left\{ \rightarrow \underline{t = 50 \text{ min}}$$

8/12

EJERCICIO 4

1) a) $H_m = H_D + \Delta H_I - (H_S - \Delta H_S) = H_D - H_S + \Delta H_I + \Delta H_S$

$$H_D = z_D + \frac{Q^2}{2gA_I^2}$$

$$\Delta H_I = \frac{f_I L_I}{D_I} \frac{Q^2}{2gA_I^2} + K_I \frac{Q^2}{2gA_I^2}$$

$$H_S = z_S$$

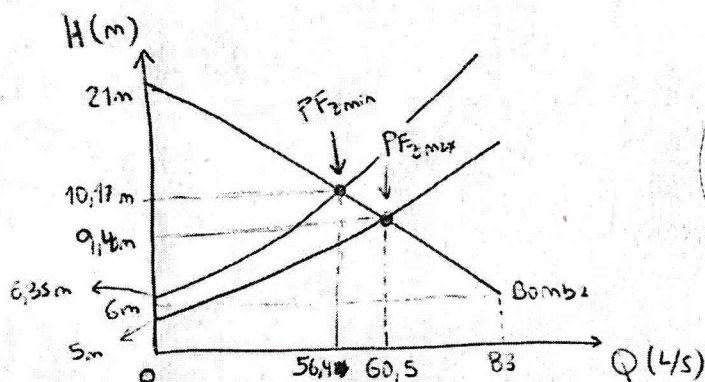
$$\frac{D_I}{A_I} = \frac{D_S}{A_S} = \frac{D}{A}$$

$$\Delta H_S = \frac{f_S L_S}{D_S} \frac{Q^2}{2gA_S^2} + K_S \frac{Q^2}{2gA_S^2} = \frac{K_S Q^2}{2gA_S^2}$$

$$\Rightarrow H_m = z_D - z_S + \frac{Q^2}{2gA^2} + \left(\frac{f_I L_I}{D} + K_I + K_S \right) \frac{Q^2}{2gA^2}$$

b) Si $z_S = z_{\min} \rightarrow Q = 56,4 \text{ L/s}, H = 10,17 \text{ m}$
 $f_I = f_S = 0,023$

Si $z_S = z_{\max} \rightarrow Q = 60,5 \text{ L/s}, H = 9,40 \text{ m}$
 $f_I = f_S = 0,023$



c) Si $z_S = z_{\min} \rightarrow \eta = 73,2\% \quad P_{ot} = 7,70 \text{ kW}$

Si $z_S = z_{\max} \rightarrow \eta = 72,1\% \quad P_{ot} = 7,74 \text{ kW}$

d) $NPSH_d = H_S - \Delta H_S - z_A + \frac{P_{atm}}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma}$

Si $z_S = z_{\min} \rightarrow NPSH_d = 13,2 \text{ m} > NPSH_r = 2,9 \text{ m} \rightarrow \text{No cavit}$

Si $z_S = z_{\max} \rightarrow NPSH_d = 14,5 \text{ m} > NPSH_r = 3,3 \text{ m} \rightarrow \text{No cavit}$

9/12

$$2) \quad Q_{in} = 43 \text{ L/s}$$

$$V_{011} = 15,3 \text{ m}^3$$

$$a) \quad t_{llenado} = \frac{V_{011}}{Q_{in}} = 356 \text{ s}$$

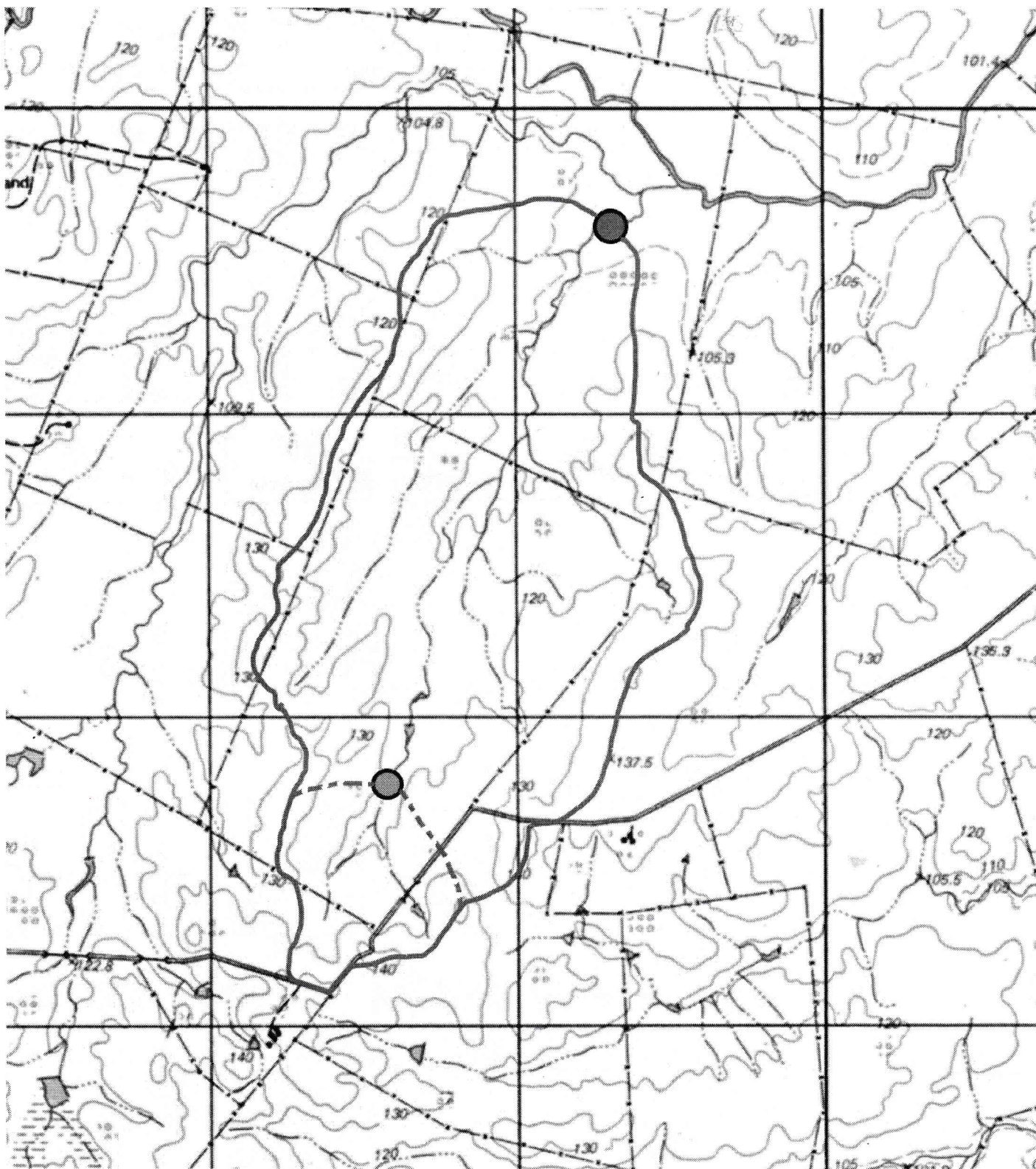
$$t_{vacuado} = \frac{V_{011}}{Q_o - Q_{in}} = 990,3 \text{ s}$$

$$\begin{matrix} Q_o - Q_{in} \\ 2 \\ 58,45 \text{ L/s} \end{matrix}$$



$$b) \quad t_{ciclo} = t_{llenado} + t_{vacuado} = 22,44 \text{ min} \quad \Rightarrow \quad \frac{60 \text{ min}}{22,44 \text{ min}} = 2,7 \text{ Arranques por hora}$$

10/12



11/12

EJERCICIO 3 (25 puntos)

En base a la **carta topográfica** (SGM, con curvas de nivel cada **10 m**) que se adjunta, se pide:

- 1.1) **Delimitar la cuenca grande y la cuenca chica (subcuenca de la grande)** ubicadas en el departamento de Tacuarembó, con puntos de cierre en colores **rojo** (coordenadas X=508.5 km; Y=6449.3 km) y **verde** (X = 507.2 km; Y= 6445.5 km) respectivamente, según se indica en la carta.
- 1.2) Comparando visualmente las dos, indique **cual debería tener un mayor índice de compacidad**. Justifique su respuesta.
- 1.3) Determinar, para la **cuenca grande**, el **desnivel máximo del cauce principal** y el **tiempo de concentración** de la cuenca, si la longitud de su cauce principal es L = 4826 m. Se podrá asumir que el flujo es de tipo concentrado en la misma.

Solución:

1.3)

$$DH/L = 140 \text{ m} - 105 \text{ m} / 4826 \text{ m} = 35 \text{ m} / 4826 \text{ m}$$

$$S = 0.00725 \text{ m/m} = 0.725 \%$$

$$T_c = 0.4 * 4.826^{0.77} / 0.725^{0.385} = 0.4 * 3.36 / 0.884 = 1.52 \text{ hs}$$

1.1)



12/12