

EJERCICIO 1 (25 puntos)

Un lago (Lago A) descarga a un canal de longitud $L=4000\text{m}$ que finaliza en una **caída libre**. El canal es de sección trapezoidal de ancho $b=5.5\text{ m}$ y talud $m=1$, coeficiente de rugosidad de Manning $n=0.012$ y pendiente de fondo $S_0=0.001$. El nivel del Lago A se ubica a $h_{LA}=1.5\text{m}$ respecto al fondo del canal.

- 1) Calcule el caudal de descarga, clasifique el canal en **tipo M** o **S** y dibuje la superficie libre a lo largo de todo el canal, indicando los **tirantes** en los puntos más relevantes, y ubicando **resaltos** si los hubiere.
- 2) A $L=800\text{ m}$ antes de la caída libre se ubica una compuerta de fondo ideal cuya apertura es $a=0.8\text{ m}$. Indique si en estas condiciones la descarga de la compuerta es libre o ahogada. Calcule el caudal de descarga, clasifique el canal en **tipo M** o **S** y dibuje la superficie libre a lo largo de todo el canal, indicando los **tirantes** en los puntos más relevantes, y ubicando **resaltos** si los hubiere.
- 3) **500m aguas arriba** de la **compuerta** se instala una infraestructura que requiere que el tirante no supere **1.8m** en dicho lugar. Indique la **mínima abertura** de la compuerta para que no se vea superado dicho tirante en esa sección.

EJERCICIO 2 (25 puntos)

Se requiere realizar el diseño hidráulico de una alcantarilla a ser ubicada en las siguientes coordenadas: $X = 460\text{ km}$; $Y = 6620\text{ km}$, correspondientes al punto de cierre de una cuenca, situada en el departamento de Artigas. Las características principales de la cuenca de drenaje en ese punto se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.- Características de la cuenca de drenaje y su cauce principal

Área (Km^2)	ΔH (m)	L (m)	Grupo Hidrológico	S (%)
8.9	80	3715	D	5.7

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** de la alcantarilla asociado a **10 años** de período de retorno justificando el método de cálculo empleado. El uso del suelo actual en toda la superficie de la cuenca es **pastizales en condiciones hidrológicas buenas**. Se podrá suponer que el **flujo es concentrado** en la cuenca.
- 2) Luego de construida la obra, se registra en un **pluviómetro** de la cuenca el siguiente evento de precipitación:

t (min)	0-7	7-14	14-21	21-28	28-35	35-42	42-49	49-56	56-63	63-70	70-77	77-84
P (mm)	1	3	7	10	12	24	10	8	5	3	1	1

- 2.1) Determinar el **período de retorno** de la **intensidad máxima** del evento de precipitación registrado.
- 2.2) Estimar el **caudal máximo** en el punto de cierre de la cuenca durante dicho **evento**, sabiendo que el mismo ocurrió en el mes de enero (estación de crecimiento) y que la precipitación acumulada en los 5 días previos fue de 38 mm.
- 2.3) Establecer si la condición de diseño de la obra de drenaje se vio **sobrepasada** por la ocurrencia de este evento. En ese caso, **calcular** durante **cuánto tiempo** se cumple esa condición.

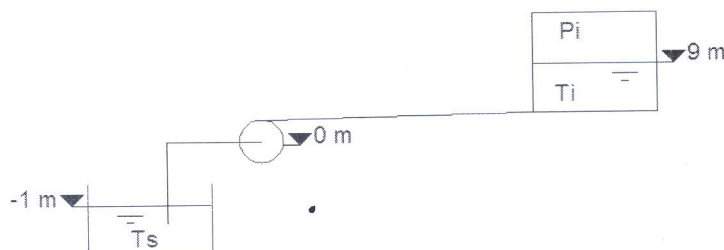
EJERCICIO 3 (25 puntos)

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

- 1) **Delimitar la cuenca** ubicada en el departamento de Salto, cuyo punto de cierre (coordenadas $X=447$ km; $Y=6567$ km) se ubica en la carta topográfica adjunta perteneciente al SGM (curvas de nivel cada 10 m).
- 2) Sabiendo que los suelos de la cuenca pertenecen en un 35% a la unidad Cuchilla de Haedo – Paso de los Toros y en un 65% a la unidad Itapebí – Tres Árboles, **estimar el Agua Disponible media** en la misma.
- 3) Suponiendo que se tiene sobre la cuenca una plantación de soja, y que durante un mes dado la precipitación acumulada es de 43 mm y la evapotranspiración potencial es de 105 mm. **Determinar** cuál será la necesidad de **riego** del cultivo durante ese mes, estando el cultivo en etapa de crecimiento medio, si la humedad antecedente en el suelo es del 50% del Agua Disponible.

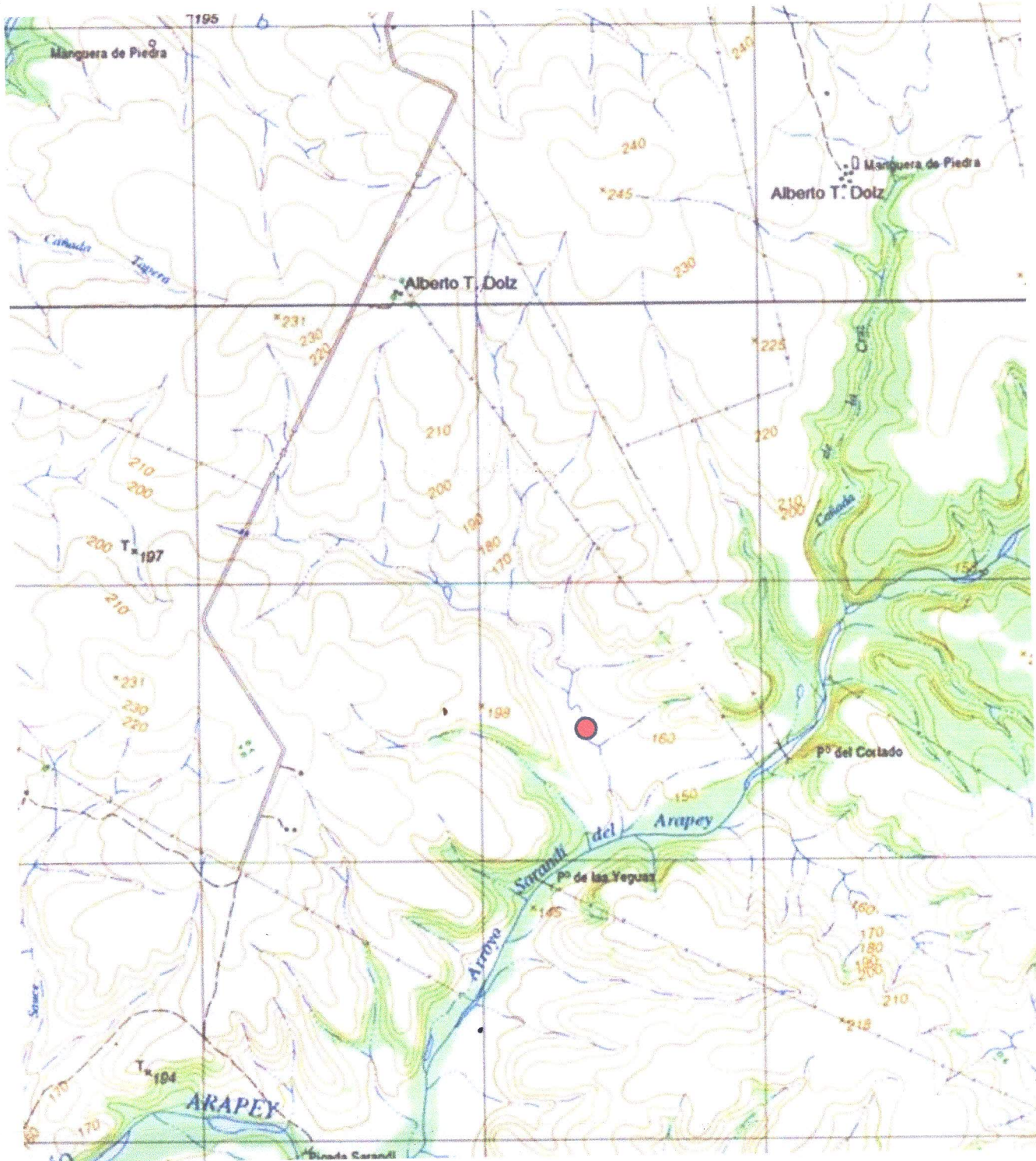
EJERCICIO 4 (25 puntos)

Según se muestra en la siguiente figura, se dispone de una instalación de bombeo entre un tanque de succión (T_s) a superficie libre y un tanque a presión hacia el cual se impulsa el agua (T_i). La presión manométrica en el tanque elevado (P_i) puede variar entre 1×10^5 Pa y 3×10^5 Pa. Las características de la bomba se presentan en la tabla. El diámetro de todas las tuberías es de **350 mm** de diámetro y su rugosidad absoluta $\epsilon = 0,05$ mm. La tubería de succión tiene un largo de **25 m** y coeficiente de pérdida de carga localizado de $k_s=4$, mientras que la tubería de impulsión tiene un largo de **2500 m** y coeficiente de pérdida de carga localizado de $k_i=8$.



Q (m ³ /s)	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25
H(m)	53	51	48	43	37	30
rend (%)	50	63	70	73	71	67
NPSHr (m)	5	6	7.8	10	13.7	20

- 1) Determine el **rango** de caudales de bombeo y de cargas suministrada por la bomba posibles si las presiones en el tanque elevado (P_i) pueden variar dentro del rango indicado. **Presentar la ecuación de pérdida de carga** para esta instalación detallando cada uno de sus términos.
- 2) Si se desea que el sistema impulse un caudal de **0.11 m³/s**, ¿Cuál debe ser la **presión** en el tanque elevado para lograr estas condiciones? Para dicha condición determine:
 - Carga suministrada por la bomba
 - Factor de fricción
 - Verificar que la bomba no cavita: Presentar la ecuación de NPSH disponible para esta instalación, detallando cada uno de sus términos y reporte los valores de NPSH requerido y disponible.
- 3) Determine la **mínima presión** que se debe asegurar en el tanque elevado para que la bomba no cavite.



SIGNOS CONVENCIONALES	
CAMINOS	Casa aislada, edificio que excede de 25 x 25 metros, depósito
Transitable todo el año	Escuela, iglesia, hospital, policía
Pavimento liso con separador	Cementerio, plaza de deportes
dos o más vías	PUNTOS DE CONTROL
una vía	Vértice geodésico, punto de apoyo, punto fijo
Revestimiento pedregoso	Puntos exactos (identificados, no identificados)
Revestimiento mejorado sin pavimento	ELEMENTOS HIPSOGRÁFICOS
Transitable en tiempo seco	Curva maestra, simple, suplementaria, aproximada
Sin pavimento	Desmonte, relleno o terrapién, depresión o barranca
Senda vehicular a campo traviesa	Arroyo, afloraciones rocosas
Señales de rutas principales, secundarias	VEGETACIÓN
FERROCARRILES	Mante natural, artificial, frutal
Vía normal, vía doble	Vineño, chacra o quinta, palmar, etc.
Estación, parada, plaza gatonera	Chical, pajonal, pajar
Paso a nivel, paso sobre nivel	ELEMENTOS HIDROGRÁFICOS
LIMITES	Lago o laguna permanente
Internacional, departamental	Curso de agua con más de 50 m. de ancho
OBRAS PÚBLICAS, INDUSTRIALES Y ESPECIALES	Curso permanente, intermitente
Tanque, depósito de agua, mina o cantera	Canal, tajamar
Escuela, escuela con más de 15 m. de ancho	Barro, arrozal, zona inundable
Muelle, muelle con más de 20 m. de ancho	Fondeadero para embarcaciones grandes, pequeñas
Faro, molino	CENTROS POBLADOS
Aeropuerto, aeródromo, pista de campo	Capital departamental
COMUNICACIONES Y ELEMENTOS MISCELÁNEOS	Ciudad de más de 10 000 hab.
Puente de mampostería, madera, ferroviario	Población de 2 500 a 10 000 hab., de 500 a 2 500 hab.
Paso, picado, alcantarilla	Población de 40 a 100 constr., centro poblado de 5 a 40 constr.
Línea transmisora de energía	
Alambriado, cerco de piedra	



TACUAREMBO
LA PAZ
CHUY
Neptunia
Empalme Sauce

Ejercicio 1 $b=5,5m$, $m=1$, $n=9,012$, $S_0=0,001$, $h_{cr}=1,5m$

1) Supongo canal $n \rightarrow$ Filtro canal $\left. \begin{array}{l} E_1 = h_{cr} = 1,5m \\ y_1 = y_n \end{array} \right\}$

$\Rightarrow Q = 19,59 m^3/s$

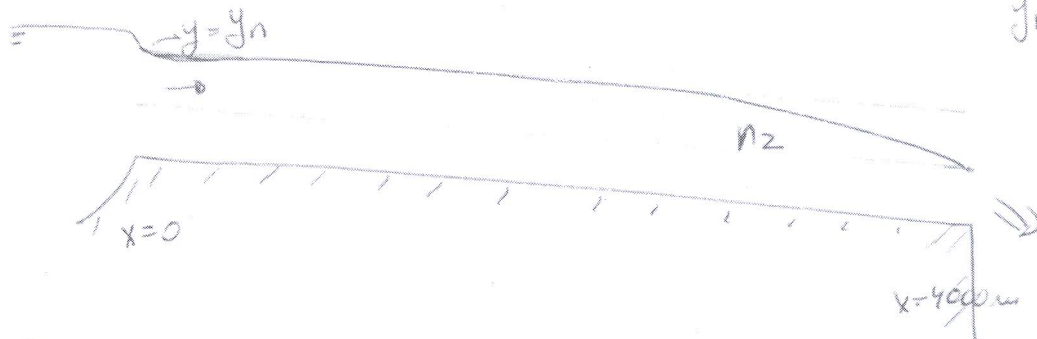
$y_n = 1,18m$

$y_c = 1,02m \rightarrow y_n > y_c$

verifico canal n

canal n caide libre $\rightarrow$ canal n_2 verifico

$y_{n2}(x=0) = y_n$



2) compuerta en $x=3200m$ (800m antes caide libre)

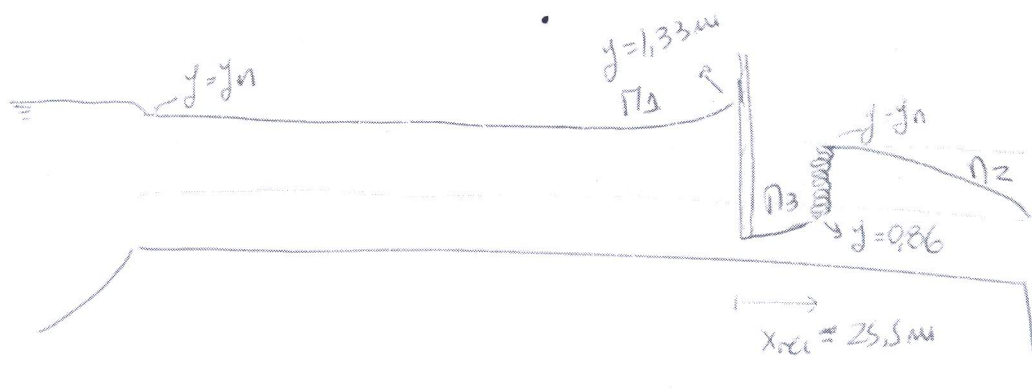
$a=0,9m \rightarrow a < y_c$

$y_{n2}(x=3200) = 1,18m \rightarrow y_{n2}(\text{compuerta})^* = 2,96m > a$

$\Rightarrow$ DESCARGA LIBRE

Punto n_3 n_2 ; aguas arriba compuerta $y=a'=1,33m > y_n$

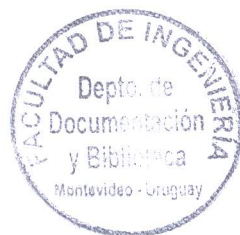
estado $y(x=0)$ dado por $n_3 \rightarrow y_{n3}(x=0) = y_n \rightarrow$ cauda n_3 $\rightarrow$ cauda n_2 $Q=19,59 m^3/s$



3) con $a=0,9m \rightarrow y_{n2}(\text{aguas arriba compuerta}) = 1,2m$

Por lo que $y_{n2}(\text{aguas arriba compuerta}) = 1,8m$ (uso limite) $\rightarrow y_{cr}$

compuerta debe ser $2,27m$ (que es a') $\Rightarrow a=0,547m \rightarrow a=0,55m$



SOLUCIÓN EJERCICIO 2

1)

$$P(3,10) = 98 \text{ mm}$$

$$NC = 80$$

$$T_c = 0.82 \text{ hs} = 49 \text{ min}$$

$$C = 0.38$$

$$Q_{rac} = 62.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{nrCS} = 66.3 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (me quedo nrCS)}$$

2.1)

$$CA = 1 \text{ (registro en pluviómetro)}$$

$$d = 7 \text{ min}$$

Iterando obtengo:

$$T_r = 14 \text{ años} \rightarrow P = 23.9 \text{ mm}$$

$$T_r = 15 \text{ años} \rightarrow P = 24.2 \text{ mm}$$

2.2)

H antecedente = condiciones medias

Usando NRCS obtengo $Q_{max} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$

2.3)

Se sobrepasa la obra diseñada para $66.3 \text{ m}^3/\text{s}$

El sobrepasamiento inicia en $T_{ini} = 0.98 \text{ hs}$ y finaliza en $T_{fin} = 1.70 \text{ hs}$

El tiempo de sobrepasamiento es $T = 0.72 \text{ hs} = 43 \text{ min}$



SOLUCIÓN EJERCICIO 3

2)

AD (C. de Haedo – P. de los Toros) = 21.5 mm

AD (Itapebí – T. Árboles) = 124.2 mm

AD (media) = $0.35 * 21.5 + 0.65 * 124.2 = 88.3$ mm

3)

$K_c = 1.15$

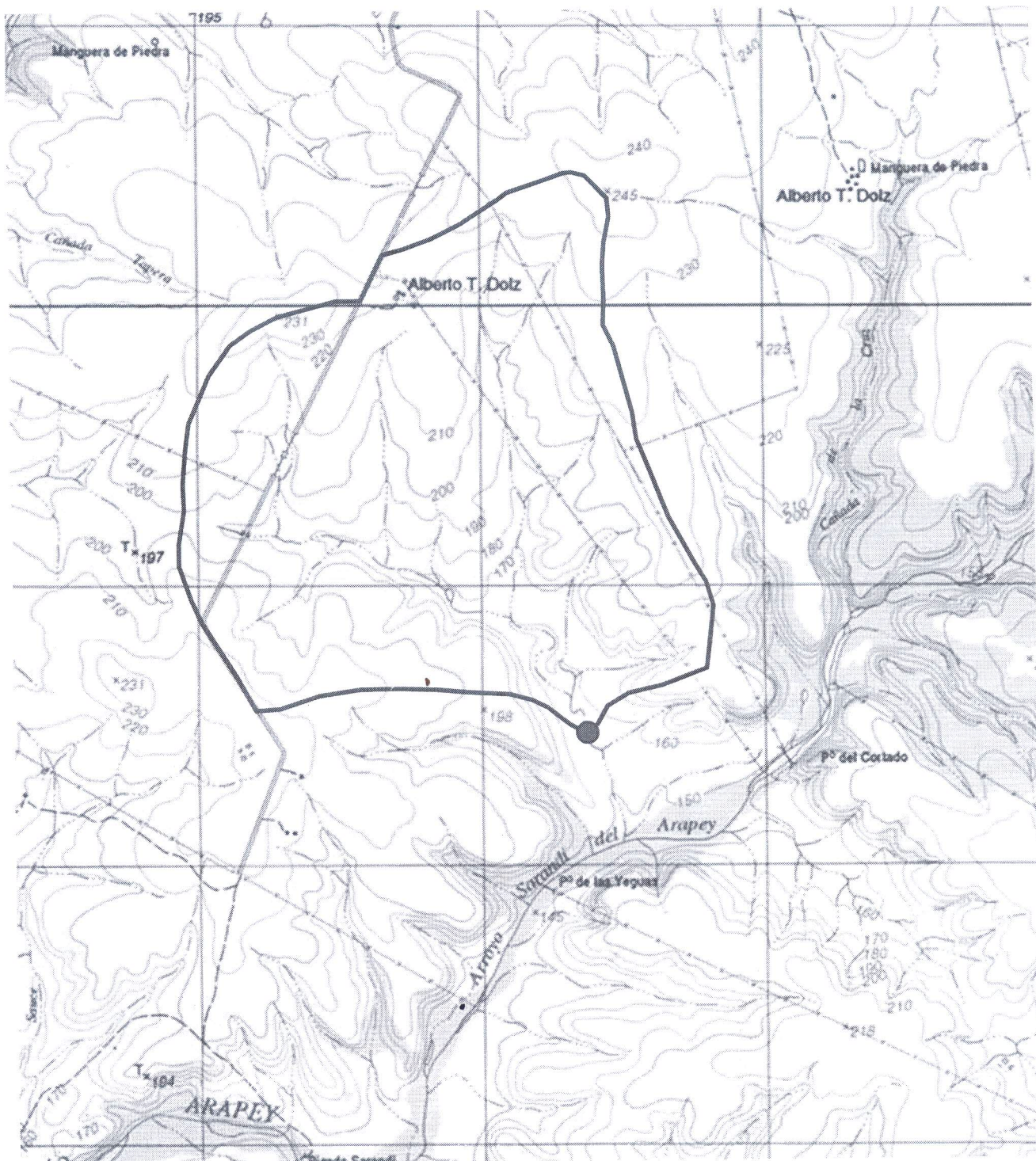
$H_{i-1} = 88.3 * 0.5 = 44.15$ mm

$ETC = ETP * K_c = 120.75$ mm

$ETR = P + H_{i-1} = 87.15$ mm

$R = ETC - ETR = 33.6$ mm





SIGNOS CONVENCIONALES

CAMINOS Transectable todo el año Pavimento tipo con separador Dos o mas rias Revestimiento pedregoso Revestimiento mejorado con pavimento Transectable en tiempo seco Senal de via Senal de via de campo traviesa Senales de rutas principales, secundarias FERROCARRILES Via normal, via doble Estacion, parada, plaza gresoria Paso a nivel, paso sobre nivel LIMITES Internacional, departamental OBRAS PUBLICAS, INDUSTRIALES Y ESPECIALES Tanque, deposito de agua, mina o cantera Escollera, escollera con mas de 15 m. de ancho Muelle, muelle con mas de 20 m. de ancho Faro, molino Aeropuerto, aerodromo, pista de campo COMUNICACIONES Y ELEMENTOS MISCELANEOS Puente de mangostas, madera, ferrocarril Paso, parada, alcantarilla Linea transmision de energia Alambriado, cerco de piedra	Casa aislada, edificio que excede de 25 x 25 metros, deposito Escuela, iglesia, hospital, policia Cementerio, plaza de deportes PUNTOS DE CONTROL Vence gendecimo, punto de apoyo, punto fijo Puntos acotados (identificados, no identificados) ELEMENTOS HIPSOGRAFICOS Curva maestra, simple, suplementaria, aproximada Desmonte, relleno o terraplen, depresion o barranca Arera, elevaciones rocosas VEGETACION Monte natural, artificial, frutal Vivero, chaca o quinta, palmar Cuadro, parcelal, grupo ELEMENTOS HIDROGRAFICOS Lago o laguna permanente Curso de agua con mas de 50 m. de ancho Curso permanente, intermitente Canal, tajamar Barrido, arrastral, zona inundable Fondedero o para embarcaciones grandes, pequenas CENTROS POBLADOS Capital departamental Ciudad de mas de 10 000 hab. Poblacion de 2 500 a 10 000 hab., de 500 a 2 500 hab. Poblacion de 40 a 100 cens., centro poblado de 6 a 40 cens.
--	---

TACUAREMBO
LA PAZ
CHUY
Neptunia
Empalme Sauc



7/8

EJERCICIO 4

$$1) H_{m} = H_B - H_A = H_{Ti} + \Delta H_i - (H_{Ts} - \Delta H_s)$$

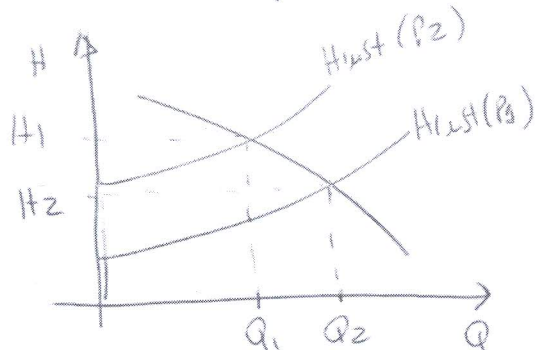
$$H_{Ti} = P_i / \gamma + z_i$$

$$H_{Ts} = z_s$$

$$\Delta H_i = \left(k_i + f \cdot \frac{L_i}{D_i} \right) \frac{Q^2}{2gA_i^2}$$

$$\Delta H_s = \left(k_s + f \cdot \frac{L_s}{D_s} \right) \frac{Q^2}{2gA_s^2}$$

Rango $P_i \rightarrow 1 \times 10^5 \text{ Pa } (P_1) \text{ y } 3 \times 10^5 \text{ Pa } (P_2)$



Rango $Q (0,1023, 0,174) \text{ m}^3/\text{s}$

Rango $H (40,10, 47,77) \text{ m}$

$$\text{Para } P_i = 1 \times 10^5 \text{ Pa} \rightarrow \begin{cases} Q = 0,174 \text{ m}^3/\text{s} \\ H = 40,10 \text{ m} \end{cases}$$

$$\text{Para } P_i = 3 \times 10^5 \text{ Pa} \rightarrow \begin{cases} Q = 0,1023 \text{ m}^3/\text{s} \\ H = 47,77 \text{ m} \end{cases}$$

2) $Q = 0,11 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow$ en curva bombe $\rightarrow H_m \approx 47 \text{ m}$

$$\Rightarrow f_i = f_s = 0,0153$$

$$\Rightarrow H_{Ti} = H_m - \Delta H_i + H_{Ts} - \Delta H_s = P_i / \gamma + z_i$$

$$\Rightarrow P_i = (47 + z_s - z_i - \Delta H_i - \Delta H_s) \cdot \gamma \approx \underline{2,82 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

$$NPSH_d = z_s - \frac{Q^2}{2gA_s^2} \left(f \frac{L_s}{D} + k_s \right) - z_B + 10,09 = 8,75 \text{ m}$$

$$NPSH_{ref} \approx 9,24 \text{ m} \rightarrow \text{NO CAVITA } NPSH_d > NPSH_{ref}$$

3) CASO LIMITE $NPSH_d = NPSH_{ref}$

$NPSH_d$ no depende de P_i

$\rightarrow$ Determino $Q_{limite} \Rightarrow Q_{limite} = 0,1198 \text{ m}^3/\text{s}$

$\rightarrow$ Doy P_i de la curva instalación sacando $H_{mestase}$ y f de book
 con $(H = 46 \text{ m}, f = 0,0151) \Rightarrow \underline{P_{limite} = 2,54 \times 10^5 \text{ Pa}}$

