ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (ESPOL)
FACULTAD DE ING. EN CIENCIAS DE LA TIERRA (FICT)
INGENIERÍA CIVIL – 3er. EXAMEN DE HIDRÁULICA

ESTUDIANTE: ______________________________ **Término: 2015-I**

MATRÍCULA: ____________________ **PARALELO 1** **FECHA: 24/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) La segunda parte tiene dos opciones, escoja **SÓLO UNA** de ellas para resolverla.
4) Tiene 2 horas para completar su examen. ¡Éxitos!

Ira. PARTE (35 PUNTOS):

1.- La velocidad en una columna de agua se pondera con ayuda de: **(3 puntos)**

a) Area de la dovela. b) Altura desde la superficie.

c) Caudal de la dovela. d) Altura entre puntos de medición.

2.- Mencione tres asunciones típicas de un canal rectangular (geometría): **(3 puntos)**

$R_h = y$ $(R_h = D = y)$ ______ $b = T$ ______ y_c depende de q

3.- Una con líneas, según sea procedente: **(4 puntos)**

Régimen subcrítico	Al construir un modelo, sólo 1 condición de borde
Celeridad de una onda	Tirantes grandes
Régimen supercrítico	Fuerzas inerciales vs. gravitacionales
Número de Froude	(g*D)^0.5, en aguas someras

4.- Escoja la respuesta correcta: Un canal abierto rectangular de ancho 5.0 m lleva una descarga de 100 m^3/s. El número de Froude del flujo es 0.8. El tirante del fluido (en m) en el canal es: **(4 puntos)**

(A) 4 (B) 5 (C) 16 (D) 20

5.- Verdadero o Falso (y explique por qué): "Flujo curvilíneo y de alta pendiente": **(2 pts)**

V F : En flujo cóncavo, el triángulo real de presiones es más grande que el hidrostático.

¿por qué?: Debido a la aceleración normal al flujo (centrífuga)

V (F): En canales de alta pendiente, da lo mismo el tirante vertical que el perpendicular al fondo.

¿por qué?: Al $\cos\theta$, en general es el $\cos^2\theta$. $\theta >> 0°$

6.- Indique lo INCORRECTO sobre flujo ecuaciones de la Hidráulica: **(2 puntos)**

☒ La 1ra ecuación (general) de Saint-Venant no puede explicar el flujo uniforme.

¿por qué?: $\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = \phi$; Flujo uniforme: $q = \phi$, $\frac{\partial A}{\partial t} = \phi \Rightarrow \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$

☒ Las ecuaciones de Navier-Stokes sólo son aplicables en 1 dimensión.

¿por qué?: Son aplicables a x, y, z.

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

☒ En modo "steady flow" (flujo permanente), el programa maneja varios perfiles de flujo, según el periodo de retorno asociado.

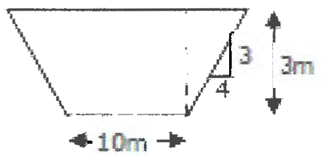
☐ HEC-RAS abscisa sus estaciones en dirección aguas abajo.

☐ El programa siempre muestra resultados en el canal principal y bancos.

☐ HEC-RAS utiliza el esquema numérico Euler para resolver las ec. de Saint-Venant.

8.- Escoja la respuesta correcta: Un canal trapezoidal tiene 10.0 metros de ancho en la solera y tiene una pendiente lateral de 4 horizontal a 3 vertical. La pendiente longitudinal del lecho es 0.002. El canal está construido con concreto liso (número de Manning= 0.012). El radio hidráulico (en m) para una profundidad de flujo de 3.0 metros es: **(3 puntos)**

(A) 20.0 (B) 3.5 (C) 3.0 (D) 2.1



9.- Escoja la respuesta correcta: El ancho superior (T) y la profundidad (tirante) de un flujo en un canal triangular fueron medidos como 4m y 1m, respectivamente. Las velocidades medidas sobre el eje del canal, a 0.2 m, y 0.8 m debajo de la superficie fueron: 0.6 m/s y 0.4 m/s respectivamente. El gasto (caudal), en m^3/s, en el canal es: **(3 puntos)**

(A) 1.4 (B) 1.2 (C) 1.0 (D) 0.8

10.- Escoja la(s) opción(es) CORRECTA(s) sobre canales en pasto: **(4 puntos)**

☒ Mayor retardo implica mayor rugosidad de Manning.

☒ A mayor altura de la planta, menor resistencia al flujo.

☒ El diámetro, número, altura y ubicación de las plantas son relevantes para estimar **n**.

☒ La consideración principal es la estabilidad del canal.

NOMBRE: ____________________________

MATRÍCULA: ______________ 3er. EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2015-I FICT, P-I

IIda. PARTE (30 PUNTOS): **Escogido: SÍ NO**

Partiendo del Teorema de Transporte de Reynolds (TTR):

1) Demuestre la ***SEGUNDA*** ecuación GENERAL de Saint-Venant en 1D (Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento o *"Moméntum"*).
2) Muestre el caso particular de la 2da ecuación de Saint-Venant y explique.

TTR: $\overset{+}{\rightarrow} \sum F_x = \frac{\partial}{\partial t}\int_{vc} V\rho\, d\forall + \int_{sc} \rho V (\vec{V}\cdot\vec{n})\, dA$

$\sum F = F_g + F_f + F_w + F_e + F_p \rightarrow$ Desbalance de presiones

F_g → peso; F_f → fricción; F_w → viento; F_e → expansiones / contracciones

2/2

1) Gravedad: peso

$F_g = W = \rho\forall$

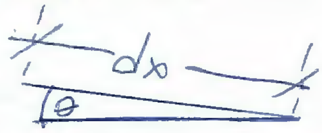
$W = \rho g (A\,dx)\,tg\,\theta$

$\boxed{W = \rho g A S_o\, dx}$

3/3

2) Fricción: $F_f = -\rho g A S_f\, dx$

3/3



$tg\,\theta \simeq sen\,\theta \simeq S_o$

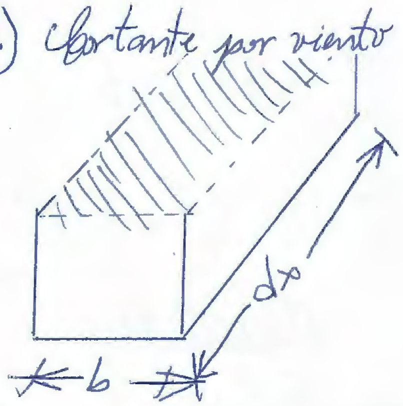
3) Expansiones / Contracciones

$S_e \propto \frac{\partial V^2}{\partial x (2g)} \approx S_e = \frac{K_e}{2g}\frac{\partial (Q/A)^2}{\partial x}$ $\left\{ S = \frac{dz}{dx} \right.$

$\boxed{F_e = -\rho g A S_e\, dx}$

3/3

4) Cortante por viento

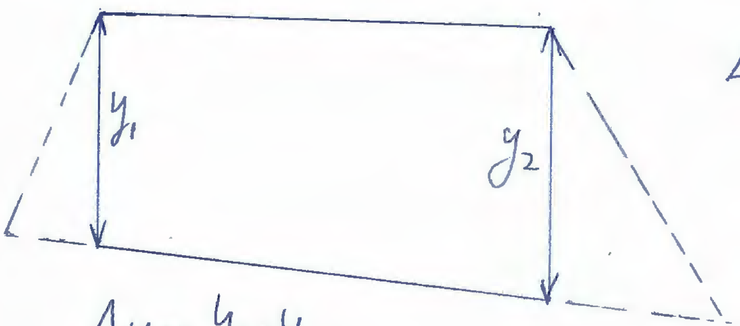


$F_w = \tau_w\, b\, dx = -\rho C_f \frac{V^2}{2}(b\,dx) = \boxed{-\rho w_f\, b\, dx}$

$\tau_w = -\rho \frac{C_f |V| V}{2}$

3/3

5) Desbalance de presiones $\Delta F_p = F_{y_2} - F_{y_1} = b\left[\rho g \frac{y_2^2}{2} - \rho g \frac{y_1^2}{2}\right] = b\rho g\left[\frac{y_2^2 - y_1^2}{2}\right] =$



$\Delta y = y_2 - y_1$

$\Delta F_p = b\rho g \frac{[y_1 + y_2]}{2}[y_2 - y_1] = b\rho g [\bar{y}][dy]$

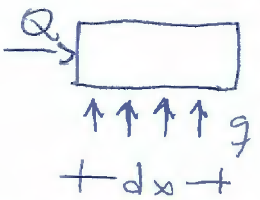
$\Delta F_p = b\rho g \bar{y}\frac{dy}{dx}dx = \boxed{\rho g A \left(\frac{dy}{dx}\right) dx}$ #

$A = by$

3/3

NOMBRE:
MATRÍCULA:
3er. EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2015-I FICT, P-1

6) Ingreso: $\rho\beta(Q+q\,dx)V$



$$\rho(\beta QV+\beta qV\,dx)$$

3/3

7) Egreso: $\rho\left(\beta QV+\frac{\partial(\beta QV)}{\partial x}dx\right)$

3/3

8) Δt_C:

$$\frac{\partial(V\rho(A\,dx))}{\partial t}=\rho\frac{\partial Q}{\partial t}(dx)$$

3/3

1 ... al 8 en TTR:

$$\cancel{\rho} g A S_0 \cancel{dx} - \cancel{\rho} g A S_f \cancel{dx} - \cancel{\rho} g A S_e \cancel{dx} - W_f \cancel{\rho} b \cancel{dx} - \cancel{\rho} g A \frac{\partial y}{\partial x}\cancel{dx} = \cancel{\rho}\frac{\partial Q}{\partial t}\cancel{dx} + \cancel{\rho}\left[\cancel{\beta QV}+\frac{\partial(\beta QV)}{\partial x}\cancel{dx}\right] - \rho\left[\cancel{\beta QV}+\beta qV\cancel{dx}\right]$$

$$\boxed{\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial(\beta Q^2/A)}{\partial x}+gA\left[\frac{\partial y}{\partial x}-S_0+S_f+S_e\right]-\beta Vq+W_f b=\phi}$$

Ec. General

2/2

Caso particular:

Si $S_e=\phi$

$W_f=\phi$

$q=\phi$

$\beta=1$

$A=cte$

2/2

Dividiendo para A:

$$\frac{\partial V}{\partial t}+\frac{\partial[V(V)]}{\partial x}+g\left[\frac{\partial y}{\partial x}-S_0+S_f\right]=\phi$$

$$\frac{\partial V}{\partial t}+V\frac{\partial V}{\partial x}+g\left[\frac{\partial y}{\partial x}-S_0+S_f\right]=\phi$$

Ec. Particular

Onda Cinemática

Onda Difusa

Onda Dinámica

NOMBRE: ______

MATRÍCULA: ______ 3er. EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2015-I FICT, P-1

IIda. PARTE (30 PUNTOS): Escogido: SÍ NO

Estime la socavación general (contracción), y_s, para la sección 4, aguas arriba de un puente, cuyos datos están enlistados en la tabla adjunta (Método de Laursen). El $d_{50} = 1$ mm, y la temperatura del agua es 25°C. La gravedad específica del sedimento es 2.55. $K_v = 3.28\ m^{-1}$. Se asume que la rugosidad es casi idéntica para las dos secciones.

Canal principal		
	4	BU
Sf	0.000308	0.000308
y [m]	2.73	2.5
V (m/s)	1.3	2.12
Q (m^3/s)	177.63	248.78
b (m)	50	47

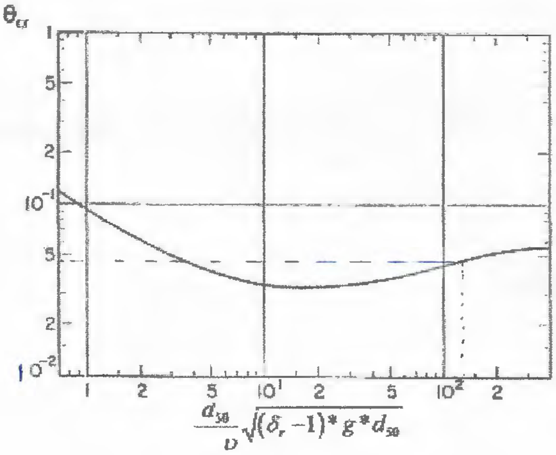
Socavación "fondo móvil" (Laursen):

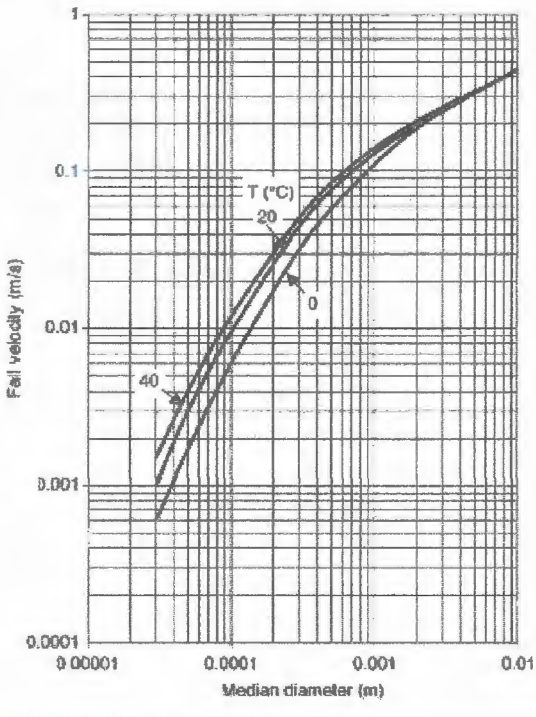
$$y_s = y_4\left(\frac{Q_{BU}}{Q_4}\right)^{6/7}\left(\frac{b_4}{b_{BU}}\right)^{k_1} - y_{BU}$$

Socavación "limpia" (Laursen):

$$y_s = \left(\frac{Q_{BU}^2}{C_U D_m^{2/3} b_{BU}^2}\right)^{3/7} \quad y_{BU}$$

$$C_U = \frac{\theta_{cr}(\delta_r - 1)}{\left(\frac{0.034 * K_v^{1/6}}{1.25^{1/6}}\right)^2}$$





V_*/ω	Tipo de Transporte de fondo	k_1
<0.5	Mayormente descarga de fondo	0.59
0.5-2.0	Algo de descarga suspendida	0.64
>2.0	Mayormente carga de suspensión	0.69

$$\tau_s = \theta_{cr}(\gamma_s - \gamma) D_s$$

$$V_s\ [m/s] = \frac{\sqrt{\theta_{cr}(\delta_r - 1)}}{0.0414} * y^{1/6} * d_{50}^{1/3}$$

$$V_* = u_* = \sqrt{g * y * S_f}$$

$\upsilon = 1 \times 10^{-6}\ m^2/s$

Datos: $d_{50} = 1mm$

$T = 25°C$

$\delta_r = 2.55$

$y_4 = 2.73 m$

$V_4 = 1.3 m/s$

$$V_s\left[m/s\right] = \frac{\sqrt{\theta_{cr}(\delta_r - 1)}}{0.0414}\, y^{1/6} \cdot d_{50}^{1/3}$$

Nomograma de Shields: θ_{cr}

$$S_* = \frac{d_{50}}{\upsilon}\sqrt{(\delta_r - 1) g d_{50}} = 123.25$$

$$\Rightarrow \theta_{cr} \cong 4.5\times10^{-2} = 0.045$$ 5/5

$$V_s = \frac{\sqrt{0.045(2.55-1)}}{0.0414}\left[2.73\right]^{1/6}\left[1\times10^{-3}\right]^{1/3} = 0.75 m/s$$ #

2/2

Relación $\frac{V}{V_s} = \frac{1.3}{0.75} = 1.73 > 1 \Rightarrow$ Socavación de fondo móvil 5/5

$$y_s = y_4 \left(\frac{Q_{BU}}{Q_4}\right)^{6/7} \left(\frac{b_4}{b_{BU}}\right)^{K_1} \left(\frac{\cancel{n_{BU}}}{\cancel{n_4}}\right)^{K_2} - y_{BU}$$

$V_* =$ Veloc de corte $= \sqrt{g y_4 S_{f4}} = \sqrt{(9.8)(2.73)(0.000308)} = 0.091\ m/s$ 5/5

Abaco de velocidad de caída: $d_{50} = 1mm$, $T = 25°C$ $\Rightarrow \boxed{W = 0.12\ m/s}$ 5/5

$\frac{V_*}{W} = 0.75 \rightarrow$ según la tabla de K_1: $[0.5 - 2] \Rightarrow$ algo de carga suspendida

$\Rightarrow \boxed{K_1 = 0.64}$ 5/5

$$\Rightarrow y_s = 2.73 \left(\frac{248.70}{177.63}\right)^{6/7} \left(\frac{50}{47}\right)^{0.64} - 2.50$$

$$\boxed{y_s = 1.29m}$$ 3/3

NOMBRE: ____

MATRÍCULA: ____________________ 3er. EXAMEN DE HIDRÁULICA, 2015-I FICT, P-1

IIIra. PARTE (35 PUNTOS):

Las condiciones aguas arriba de una contracción en el ancho de un canal rectangular son: 1.71m (tirante), $q = 4\ m^3/s/m$. El ancho del canal se contrae gradualmente de 4 a 3.4 m, sin existir cambio en la elevación de fondo. Determinar:

a) El tirante crítico en la contracción;
b) Los tirantes aguas debajo de la contracción. Identifique los tipos de régimen respectivos.
c) Bosqueje el perfil producido por los tirantes calculados aguas abajo.
d) Grafique y vs Energía específica. Considere que la inclinación longitudinal es cercana a 0, y que el factor Coriolis es muy cercano a la unidad.

a) y_c para canal rectangular : $y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$; $q = \frac{Q}{b}$

$$Q = qb = 4(4) = 16\frac{m^3}{s}$$

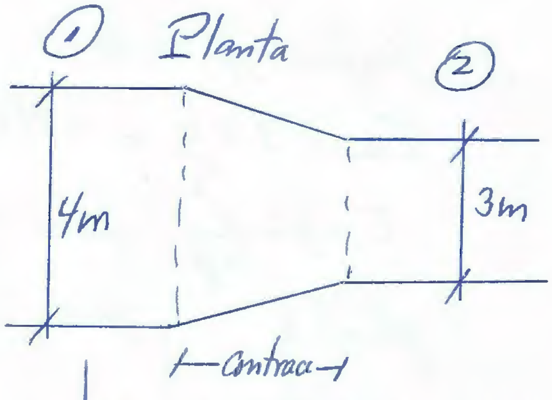
En la contracción: $\bar{b} = \bar{b} = \frac{4+3.4}{2} = 3.7m$.

$$\bar{q} \text{ para la contracción} = \frac{Q}{b} = \frac{16}{3.7} = 4.32 m^3/s/m$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{(\bar{q})^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{(4.32)^2}{9.8}} = \boxed{1.24m}$$ #

5/5

b) Ecuación de Bernoulli:



$$z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\cancel{(z_1 - z_2)}^{0} + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad \text{Ec } 1$$

$$1.71 + \frac{(2.34)^2}{2g} = y_2 + \frac{4.71^2}{y_2^2(2g)}$$

$$-1.99 y_2^2 + y_2^3 + 1.13 = 0$$ 5/5

3/3
$y_{2a} = 1.46\ m \rightarrow y_{2a} > y_c$: rég. subcrítico
$y_{2b} = 1.18\ m < y_c$: régimen supercrítico
$y_{2c} = -0.65 m \rightarrow$ No es posible

$$V_1 = \frac{q_1}{y_1} = 2.34 m/s$$

$$V_2 = \frac{q_2}{y_2} = \frac{4.71}{y_2}$$

Ec 2

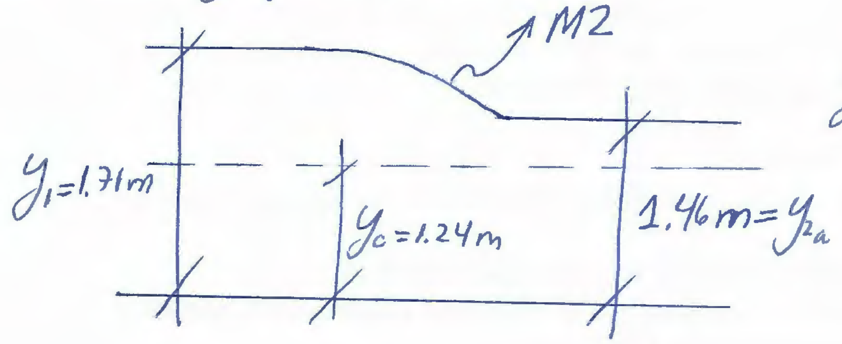
Ec. de la Continuidad Canal rectangular

$$V = \frac{q}{y} \therefore Q = q_1 b_1 = q_2 b_2$$

$$q_2 = \frac{q_1 b_1}{b_2} = 4.71\ m^3/s/m$$

2/2

c) Para $y_{2a} = 1.46\,m$



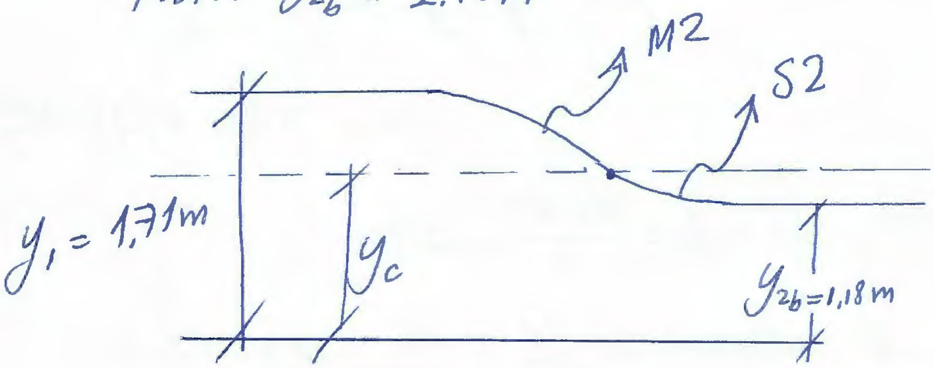
No hay cambio de régimen

$y_1 > y_{2a} > y_c \Rightarrow$ Perfil M

Decreciente $\Rightarrow$ M2

6/6

Para $y_{2b} = 1.18\,m$



Antes de que la superficie del agua pase por y_c:

$y_n > y > y_c$: subcrítico decreciente M2

Luego de pasar por y_c:

$y_c > y > y_{2b}$: régimen supercrítico decreciente S2

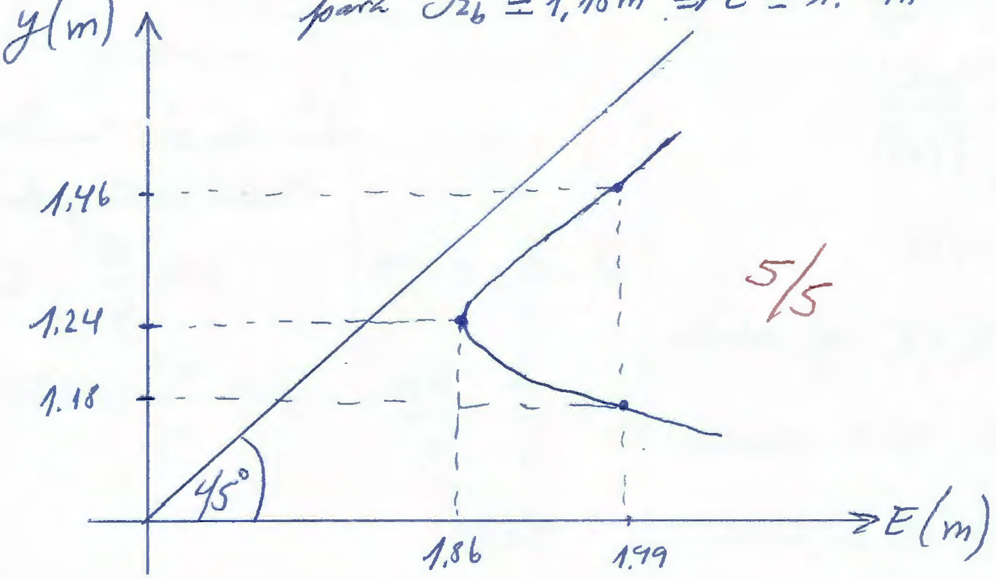
6/6

d) Graficar y vs E

$E_{min} = 1,5\,y_c = 1.5(1.24) = 1,86m$

$E = y + \frac{V^2}{2g}$: para $y_{2a} = 1.46m \Rightarrow E = 1,46 + \frac{4.71^2}{2(9.8)(1,46)^2} = 1,99m$

para $y_{2b} = 1,18\,m \Rightarrow E = 1,99m$ 3/3



5/5