



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



ESTUDIANTE: _____ Término: 2014-I
MATRÍCULA: _____ PARALELO 1 FECHA: 17/IX/2014

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 (25 PUNTOS):

1.- Elija la opción correcta: “En un vertedero de cresta ancha, si el caudal es excesivo se produce sobre la cresta del mismo”: **(3 puntos)**

- a) Salto hidráulico. b) Tensión Superficial únicamente.
 c) Presiones negativas. d) Energía específica máxima.

2.- El régimen subcrítico implica: **(2 puntos)**

Pendientes suaves velocidades bajas tirantes altos

3.- En cuanto a salto hidráulico, ¿cuál disiparía menos energía?: **(2 puntos)**

- a) Fuerte b) Estable (c) Oscilante (d) Débil (e) Undular

4.- Defina: “¿Por qué en un flujo supercrítico sólo se necesita condición de borde aguas abajo?” **(4 puntos)**

Porque en tal régimen, la onda cinemática sólo viaja aguas abajo ya que $F > 1 > \frac{V}{c}$, la velocidad de flujo es siempre mayor que la celeridad de la onda.

5.- Verdadero o Falso: “Ecuaciones de la hidrodinámica”: **(4 puntos)**

- (F) De lo general a lo particular: Navier-Stokes, Cauchy, Saint-Venant.
- (V) F : Navier-Stokes se puede usar ^{para} resolver problemas en 1, 2 y 3D.
- (V) F : Las Ecuaciones de Saint-Venant son aproximaciones numéricas, no analíticas.
- (V) F : En las ecuaciones de Saint-Venant se asume flujo incompresible y pendiente de fondo pequeña.

6.- Marque con X lo que sea INCORRECTO sobre flujo uniforme: (2 puntos)

- Puede presentarse también como no permanente como por ejemplo en la periodicidad de las mareas.
- Se da exclusivamente para canales prismáticos.
- No es posible aplicarlo como aproximación en canales naturales.
- Puede darse bajo los regímenes subcrítico, crítico, o supercrítico.

7.- Escoja la(s) opción(es) CORRECTA(S) sobre socavación en puentes: (2 puntos)

- La socavación general tiene lugar aguas arriba y abajo del puente.
- Mientras más variables emplee una ecuación, más realista será la estimación de y_s .
- El número pi de Shield relaciona esfuerzos admisibles y máximos.
- El número pi de Froeichlich se emplea tanto en la estimación de la socavación general en pilas como en la de los estribos.

8.- Escoja la(s) opción(es) acertadas(s). "Dimensionamiento de canales bajo flujo uniforme": (2 puntos)

- a) Las pendientes laterales del canal dependen del material de construcción, además de (b/y) .
- b) Es de esperarse mayores velocidades no erosivas para suelos más compactos o gruesos.
- c) La sección hidráulica estable no presenta erosión aunque no la mínima área para un Q.
- d) Menor coeficiente de Manning implica mayor grado de retraso en canales con vegetación.

9.- Comente concisa y brevemente. ¿Qué sucede en un canal, con el tirante y el resto de energías de la ecuación de Bernoulli? a) Si se reduce el ancho; b) Si se eleva el fondo: (4 puntos)

a) Si se reduce el ancho, el área varía; dado que Q se asume constante la velocidad aumenta (y la altura de velocidad $\frac{v^2}{2g}$ en consecuencia). Dado que la Energía H total también permanece constante, y puesto que Z no varía, entonces es razonable que y (altura de agua) disminuya.

b) Al elevarse el fondo Z aumenta ($\Delta Z \rightarrow$ escalón); para que H se mantenga constante, es necesario que $v^2/2g$ aumente, dado que de todas maneras es una reducción de área sobre el escalón. Como consecuencia de todo ello, y tiende a decrecer en la sección sobre el escalón.

IIda. PARTE (25 PUNTOS):

Partiendo del Teorema de Transporte de Reynolds (TTR) demuestre la **SEGUNDA** ecuación general de Saint-Venant en 1D (Principio de Conservación de la Cantidad de Movimiento o "Moméntum"). Muestre también el caso particular de la misma.

$$\text{TTR: } \sum \vec{F}_x = \frac{\partial}{\partial t} \int_{VC} v \rho dV + \int_{SC} \rho v (\vec{V} \cdot \vec{n}) dA$$

$$\Sigma F = F_g + F_f + F_w + F_e + F_p \rightarrow \text{Desbalance de presiones} \quad \frac{2}{2}$$

\swarrow peso \swarrow fricción \swarrow viento \swarrow contracciones y expansiones

1) Gravedad: \rightarrow Peso

$$F_g = W = \gamma V$$

$$W = \rho g (A dx) \tan \theta$$

$$W = \rho g A S_0 dx$$

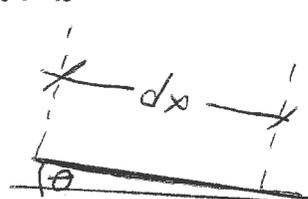
$\frac{2}{2}$

3) Contracción/Expansión

$$S_e \propto \frac{v^2}{2g(x)}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{(Q/A)^2}{2g} \rightarrow F_e = -\rho g A S_e dx$$

$$S_e = \frac{K_e}{2g} \frac{\partial(Q/A)^2}{\partial x}$$



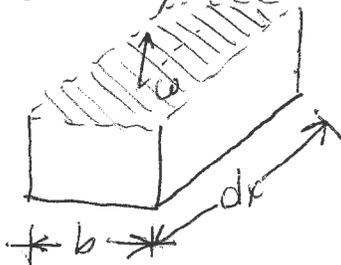
$$\tan \theta \approx \sin \theta \approx S_0$$

$$S = \frac{dz}{dx}$$

2) Fricción: $F_f = -\rho g A S_f dx$

$\frac{2}{2}$

4) Cortante por viento



$$F_w = \zeta_w b dx$$

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

$\frac{2}{2}$

$$F_w = \frac{-\rho C_f |V| V}{2} (b dx) = -\rho C_f b dx$$

5) Desbalance de presiones:

(diferencia de presiones)

$$F_p = -\rho g A dx \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)$$

(flujo gradualmente variado)

$\frac{2}{2}$

Ingresos: $\rho(Q + q dx)v$

$\rho \beta(Qv + q \beta v dx)$

(a) $\rho(\beta Qv + q \beta v dx)$

$\frac{2}{2}$

Salidas: $\rho \left(\beta Qv + \frac{\partial(\beta Qv)}{\partial x} dx \right)$ (b)

Cambio en el almacenamiento de VC.

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

(c)

$\frac{2}{2}$

① ... ⑤ a ② ... ⑥

$$\cancel{\rho g A S_0 dx} - \cancel{\rho g A S_f dx} - \cancel{\rho g A S_e dx} - \cancel{w_f b dx} - \cancel{\rho g A \frac{\partial y}{\partial x} dx} = \underbrace{\rho \frac{\partial Q}{\partial t} dx}_{\text{almacenamiento}} + \underbrace{\rho (\beta Q v + \frac{\partial \beta Q v}{\partial x} dx)}_{\text{salida}} - \underbrace{\rho (\beta Q v + \rho \beta v dx)}_{\text{entrada}}$$

3/3

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (\beta Q^2 / A)}{\partial x} + g A \left(\frac{\partial y}{\partial x} - S_0 + S_f + S_e \right) - \beta V q + w_f b = 0$$

Ec. General

Caso particular:

División para A:

Si $S_e = \phi$

$w_f = \phi$

$q = \phi$

$\beta = 1$

$A = \text{constante}$

4/4

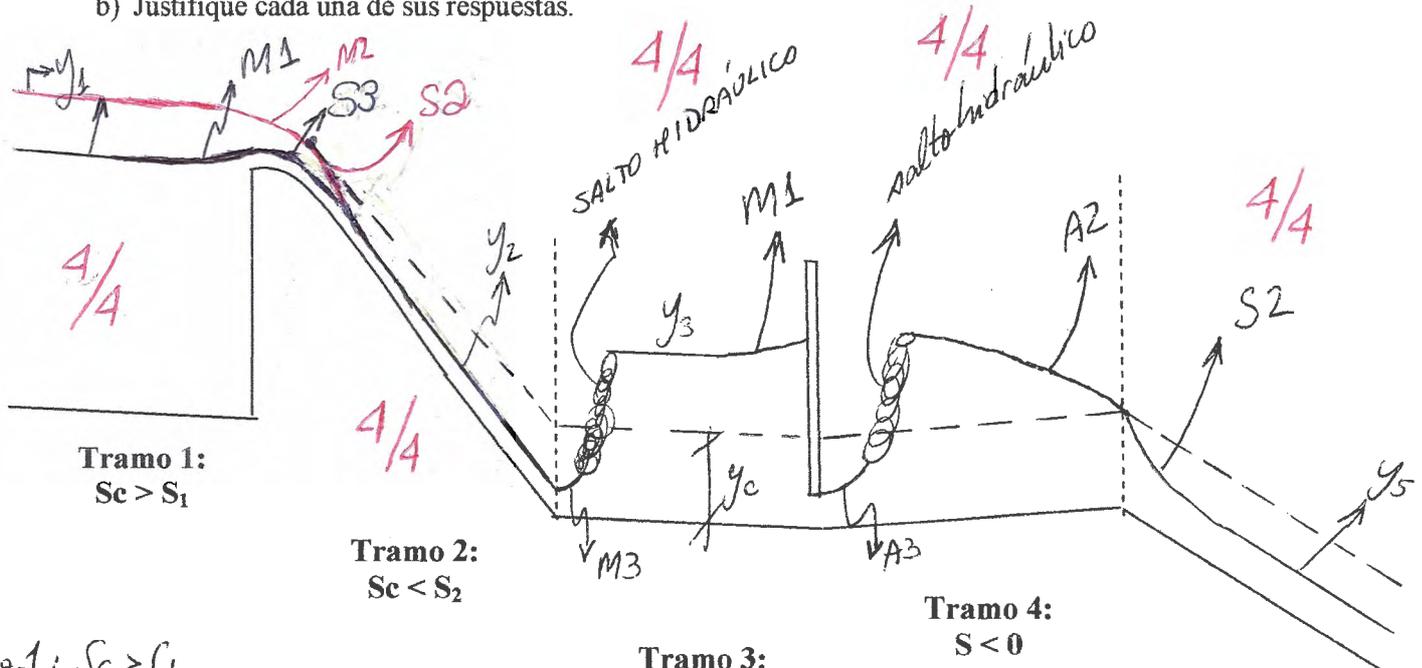
$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial x} + g \left(\frac{\partial y}{\partial x} - S_0 + S_f \right) = 0$$

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

Ec. Particular

IIIra. PARTE (20 PUNTOS):

- a) Bosqueje el tirante crítico, los tirantes normales, y los perfiles graduales o rápidamente variados que pudieren ocurrir en los 5 tramos mostrados en la figura. Al final del primer tramo se encuentra un azud (vertedero), y al final del tercer tramo, una compuerta.
 b) Justifique cada una de sus respuestas.



Tramo 1: $S_c > S_1$

$\Rightarrow y_1 > y_c \Rightarrow$ subcrítico M

✓ Creciente, remansos: M1

Tramo 2: $S_c > S_2$: supercrítico

✓ 1º parte, decreciente desde subcrítico hasta y_c : M2

✓ 2º parte, creciente desde y_c a y_2 : S3

Tramo 3: $S_c > S_3$: subcrítico, $y_3 > y_c$

✓ Creciente desde y_2 hasta y_c : M3

✓ Salto hidráulico (supercrítico a subcrítico) hasta y_3

✓ Hasta la compuerta, desde y_3 : M1 (subcrítico creciente)

Tramo 4: $S < 0$ ∴ adversa pendiente

✓ Creciente luego de compuerta: A3 hacia y_c

✓ Salto hidráulico

✓ Perfil decreciente hasta y_c : A2

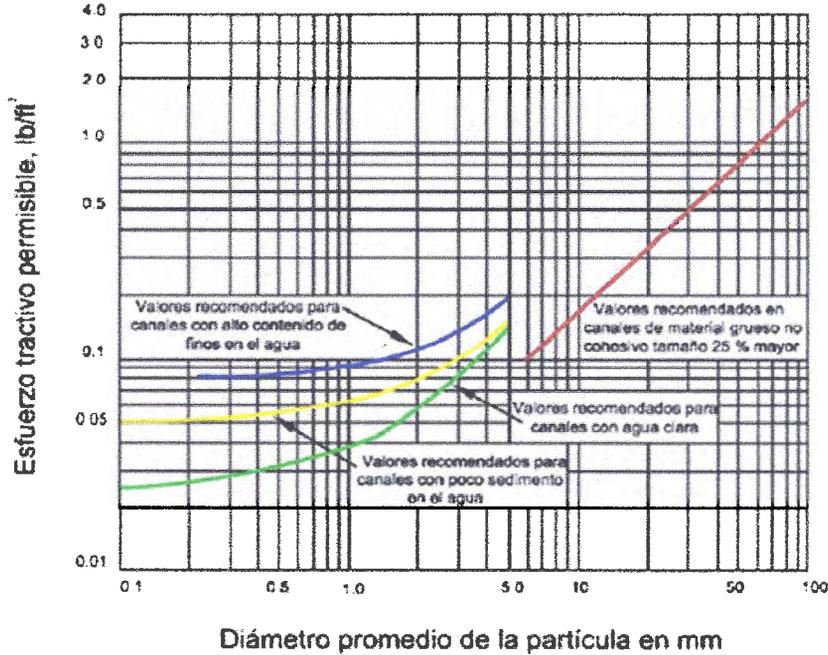
Tramo 5: $S_c < S_5$: supercrítico S

✓ Perfil decreciente desde y_c hasta y_5 : S2

} S' M2 + S2

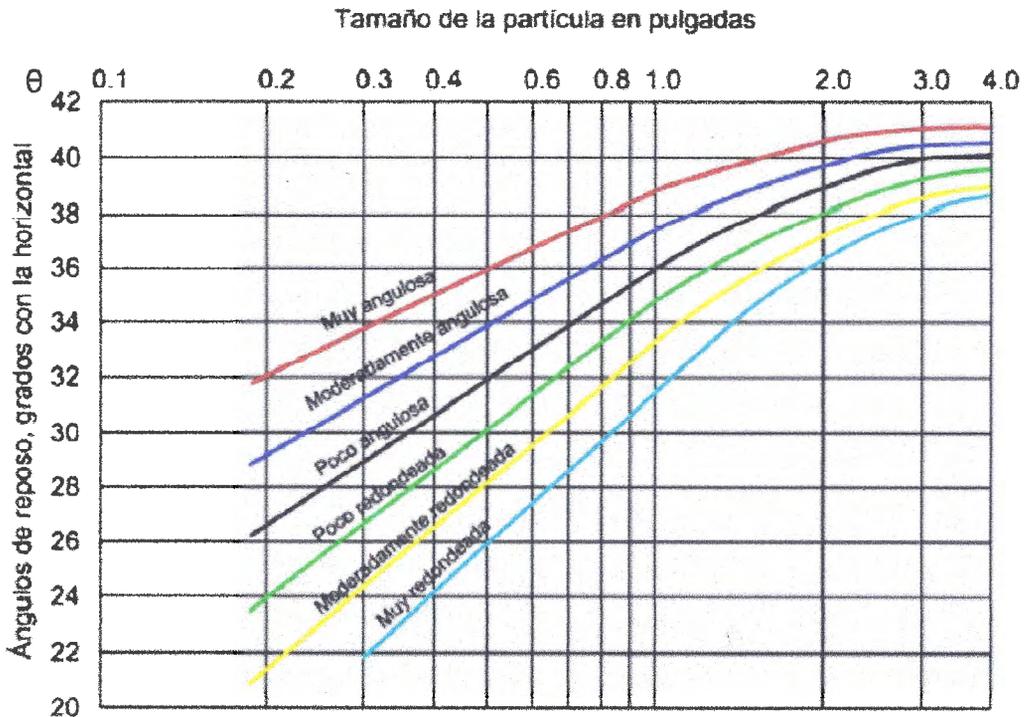
IVta. PARTE (30 PUNTOS):

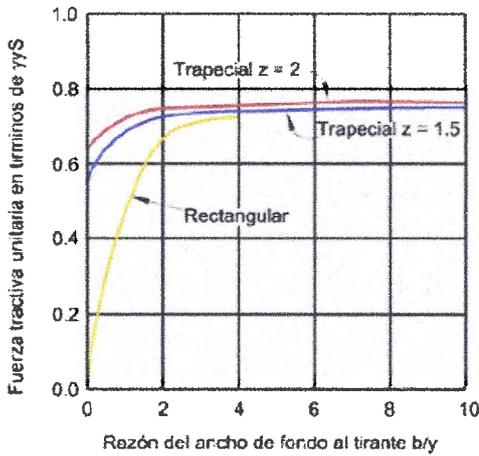
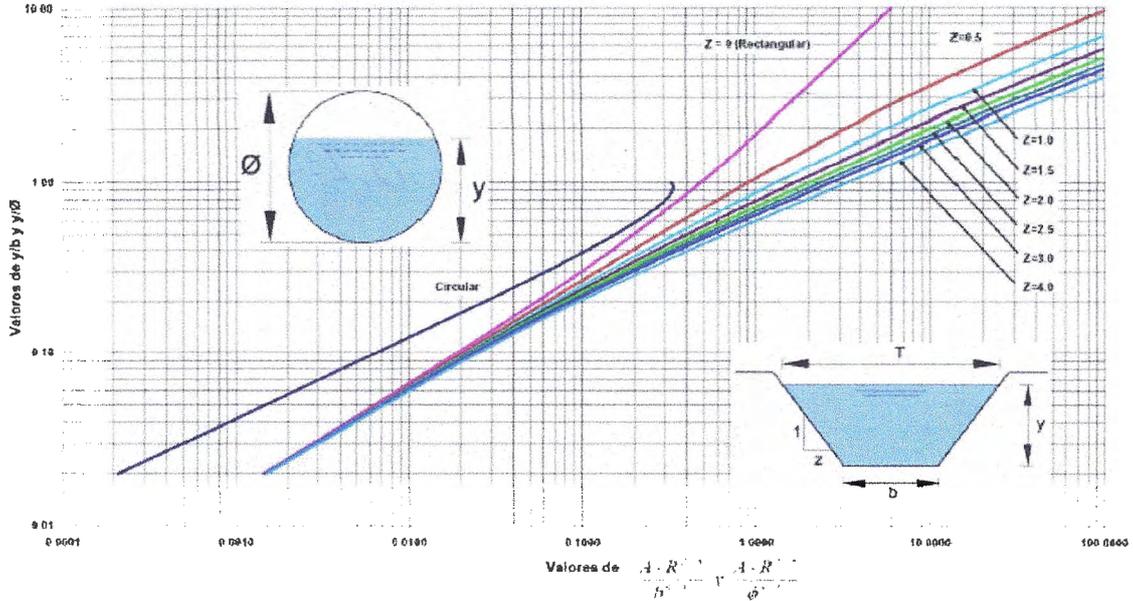
Usando el método de la fuerza tractiva, dimensione un canal trapezoidal que debe llevar una descarga de 20 m³/s y estará construido sobre una pendiente de 1.1 por diez mil. El ancho requerido de solera es 10 m. El canal va a ser excavado en tierra que contiene gravas gruesas poco redondeadas, 25% de los cuales tiene un diámetro de 1 pulgada, o mayor. El estudio geotécnico recomienda adoptar $z = 1.5$. El coeficiente de Manning estimado es 0.024. Comente sus resultados.



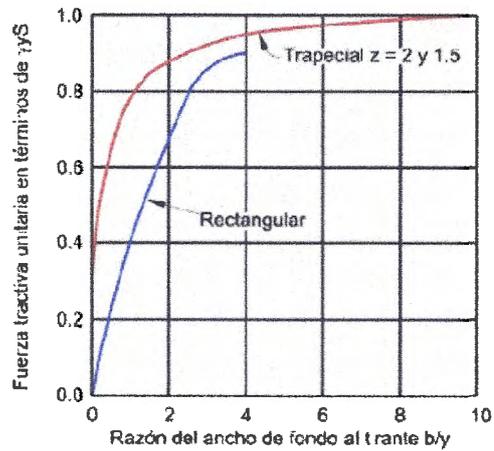
$$\Omega = \frac{\tau_{taludes}}{\tau_{fondo}} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \theta}}$$

ϕ es el ángulo del talud lateral





Fuerzas tractivas unitarias efectivas en términos de $\gamma \cdot y \cdot S$ para los taludes de un canal



Fuerzas tractivas unitarias efectivas en términos de $\gamma \cdot y \cdot S$ para el fondo de un canal

$D_{50} = 1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}$
 $b = 10 \text{ m}$
 $S = 1.1 \times 10^{-4}$
 $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Z = 4.5$
 $n = 0.024$

Manning: $\frac{nQ}{\sqrt{S}} = AR_h^{2/3} \therefore \frac{nQ}{b^{2/3}\sqrt{S}} = \frac{AR_h^{2/3}}{b^{2/3}} = 0.1$

Momenograma de dimensionamiento: $\frac{y}{b} \approx 0.22$

$\frac{7}{7} \Rightarrow y = 2.2 \text{ m}$

$\Rightarrow \frac{b}{y} = 4.54$

Fuerzas tractivas unitarias efectivas: ($b/y = 4.54$)

a) Taludes: $0.75 \gamma y S$

$Z_{\text{ef tal}} = 0.75 (9800) (2.2) (1.1 \times 10^{-4}) = 1.77 \text{ Pa}$ 4/4

b) Fondo: $0.95 \gamma y S = 0.95 (9800) (2.2) (1.1 \times 10^{-4}) = 2.25 \text{ Pa}$ 4/4

Estimación del θ : Monograma: Grapas poco redondeadas: $D_{50} = 4 \text{ cm}$

$4/4$ $\Omega = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2 \theta}} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 33.69}{\sin^2 34.8}} = 0.235$

$L, \theta \approx 34.8^\circ$
 $\phi = \tan^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right)$
 $\phi = 33.69^\circ$

✓ Esfuerzos máximos (admisibles)

Monograma: Fondo:

$D = 0.0254 \text{ m} = 25.4 \text{ mm}$

$\tau_{\text{max fondo}} = 0.42 \frac{\text{lb}_f}{\text{ft}^2} \times \frac{(3.281)^2 \text{ ft}^2}{1 \text{ m}^2} \times \frac{9.8 \text{ New}}{2.2 \text{ lb}_f} = 20.14 \text{ Pa}$ 3/3

$\tau_{\text{max taludes}} = \Omega \cdot \tau_{\text{max fondo}} = 4.73 \text{ Pa}$ 3/3

✓ Comparación de esfuerzos tractivos:

	Efectivo	Máximo Admisible	
Fondo:	2.25	20.14	\Rightarrow OK
Taludes:	1.77	4.73	\Rightarrow OK

Comentario:

Luego de aplicar el método, no hay evidencia de socavación ni en el fondo ni en el talud. Los esfuerzos efectivos son menores que los admisibles. 3/3

El canal es, por tanto, estable.

