INERTIX

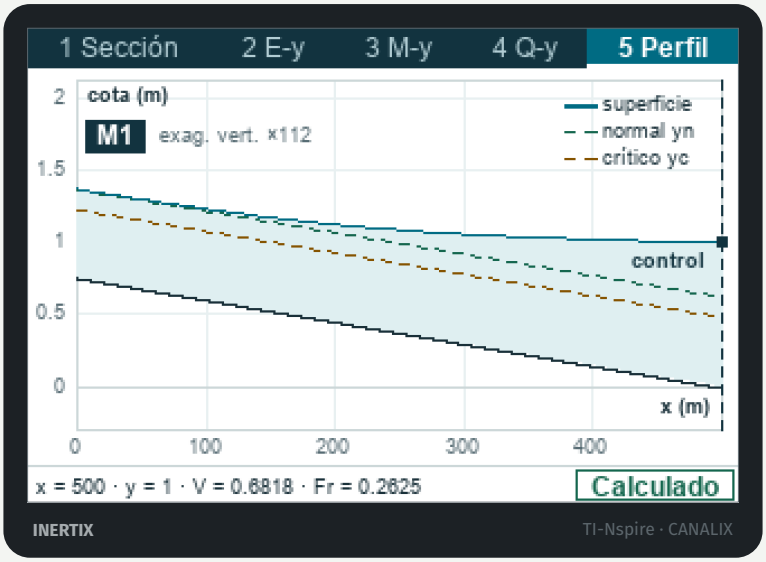
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

CANALIX

Canales abiertos: flujo uniforme, estado crítico, resalto y remanso

Versión 1.0.0 **TI-Nspire** Hidráulica · Noviembre de 2026



CONTACTO Y SOPORTE

Asistente técnico INERTIX +591 69666824

Ing. Carlos Paredes Aguilar
+591 73842694

Ing. Samuel Huarachi Flores
+591 63562947

Contenido

1. Presentación y alcance **4**
1.1. Qué calcula . . . 4
1.2. Unidades y convenciones . . . 4
1.3. Límites y fuera de alcance . . . 4

2. Instalación **6**
2.1. Abrir en la computadora . . . 6
2.2. Transferir a la calculadora . . . 6

3. Licencia de uso **6**
3.1. Cómo funciona . . . 6
3.2. Activar en la calculadora . . . 7
3.3. Mensajes de la pantalla Licencia . . . 7
3.4. La licencia en CANALIX . . . 8

4. La interfaz **9**
4.1. Zonas de la pantalla . . . 9
4.2. Menú . . . 10
4.3. Teclas . . . 10
4.4. Formularios y resultados pendientes . . . 10
4.5. Ayuda integrada . . . 11

5. Ejemplo guiado **12**
5.1. Enunciado . . . 12
5.2. Datos . . . 12
5.3. Paso a paso . . . 13
5.4. Resultados . . . 18
5.5. Opciones importantes . . . 20

6. Referencia de menús y opciones **25**
6.1. Archivo . . . 25
6.2. Sección . . . 25
6.3. Flujo . . . 26
6.4. Calcular . . . 26
6.5. Result. . . . 26

7. Fundamento teórico breve **27**

7.1. Geometría y flujo uniforme 27

7.2. Estado crítico 27

7.3. Resalto hidráulico 27

7.4. Remanso (flujo gradualmente variado) 28

7.5. Sección de máxima eficiencia 28

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes **28**

8.1. Mensajes de los formularios 28

8.2. Preguntas frecuentes 29

1 Presentación y alcance

CANALIX resuelve la **hidráulica de canales abiertos** en las TI-Nspire CX y CX II: flujo uniforme por Manning, estado crítico, resalto hidráulico y perfil de remanso en un tramo prismático. Los datos se introducen en formularios ligados a un croquis de la sección; los resultados se ven sobre el croquis, en cuatro gráficas con cursor y en una tabla, y cada método se puede seguir **paso a paso** para comparar con el cálculo hecho a mano. Es el mismo motor de la versión HP Prime, traducido sin cambios.

1.1 Qué calcula

- Cinco secciones: rectangular, trapecial (taludes z_1, z_2 distintos), triangular, circular y parabólica ($x^2 = 4ay$).
- Flujo uniforme: tirante normal y_n, o bien el caudal Q, la pendiente S_0 o el ancho b si se conoce el tirante; área, perímetro, radio hidráulico, velocidad, Froude, energía, fuerza específica y tensión de corte.
- Estado crítico: tirante crítico y_c, energía mínima, pendiente crítica S_c y tirantes alternos.
- Resalto hidráulico por fuerza específica: conjugado, pérdida de energía, eficiencia, longitud aproximada y tipo de resalto.
- Conducto circular: caudal a sección llena y caudal máximo.
- Remanso en un tramo prismático con un tirante de control (dado o crítico) en un extremo, con clasificación M, S, C, H o A del perfil.
- Sección de máxima eficiencia (rectangular, trapecial, medio hexágono, triangular y semicircular).
- Procedimiento por ocho métodos: Newton, bisección, estado crítico, resalto, remanso por RK4, paso directo, paso estándar y sección óptima.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad	Convención
Longitudes y tirantes	m	Tirante medido en vertical desde el punto más bajo
Caudal	m³/s	Positivo
Pendiente de fondo S_0	m/m	Positiva si el fondo baja en el sentido del flujo; 0 = horizontal; negativa = adversa
Taludes z	H:V	Horizontal por unidad vertical
Gravedad	9.81 m/s²	Fija (solo sistema internacional)
Abscisa del perfil x	m	Desde el extremo de aguas arriba del tramo

1.3 Límites y fuera de alcance

Dato	Rango admitido
Rugosidad de Manning n	0.005 a 0.2 (típico 0.010 a 0.035)
Pendiente S_0	$\lvert S_0 \rvert \leq 0.5$
Tramos del paso directo y estándar	2 a 40

Fuera de alcance

CANALIX trabaja solo en **unidades SI**. El remanso cubre **un solo tramo prismático** con un control en uno de sus extremos: no cubre tramos en serie, transiciones ni cambios de sección. La longitud del resalto es la aproximación empírica $6.9\,(y_2 - y_1)$. El paso directo con pocos tramos se aparta de la integración RK4 cerca de la asíntota del tirante normal; el procedimiento lo indica.

2 Instalación

El archivo que abre el usuario es `CANALIX.tns`. Los componentes del programa se distribuyen integrados en ese documento.

Archivo	Uso
`CANALIX.tns`	Documento de la aplicación para TI-Nspire.
Guía de uso en PDF	Instrucciones y ejemplo guiado de la misma versión.
Ficha de ejemplo en PDF	Enunciado, datos y resultados de referencia.

2.1 Abrir en la computadora

1. Conserve una copia del documento recibido.
2. Ábralo en el software TI-Nspire compatible indicado en la ficha de esta guía.
3. Active la página del programa y compruebe que aparece su pantalla inicial.

2.2 Transferir a la calculadora

Con el software TI-Nspire de escritorio, la ruta documentada por Texas Instruments es conectar el equipo por USB, abrir el documento y usar **File > Save to Handheld** (Archivo > Guardar en unidad portátil). Seleccione el equipo y la carpeta de destino; después abra el documento transferido.

Referencia: Texas Instruments, solución 26210. Es la ruta general documentada por Texas Instruments para cualquier documento .tns.

> **Guardar un caso**
> Guarde una copia del documento con un nombre reconocible. El programa está diseñado para conservar los datos del caso; la guía indica qué se restaura y cuándo hay que recalcular. No presuponga que el resultado guardado sigue vigente.

3 Licencia de uso

CANALIX se entrega con una **licencia personal**: se activa una sola vez y queda ligada a **su** calculadora TI-Nspire (CX y CX II). La activación de la versión HP Prime no se aplica a la TI-Nspire.

Archivo	Uso
`CANALIX.tns`	Documento de la aplicación; el programa completo va dentro.
`INERTIX_LICENCIA.tns`	Documento con la licencia de **su** calculadora. Se recibe después de enviar el ID; una misma licencia puede incluir varios programas INERTIX.

Los programas se reciben por WhatsApp en un archivo `.zip`, junto con `INERTIX_LICENCIA.tns`. Si ya tiene los programas, recibe solo `INERTIX_LICENCIA.tns`.

3.1 Cómo funciona

- Al abrir `CANALIX.tns` aparece `Verificando la licencia...` durante unos segundos (unos 7 a 8 en una TI-Nspire CX CAS). Es normal: con una licencia válida para esa calculadora, CANALIX se

abre solo, con el caso guardado. Sin ella queda la pantalla `Licencia`, que solo ofrece `Licencia` (estado, pegar, copiar el ID, verificar de nuevo) y `Ayuda` (instrucciones, soporte, acerca de): **no se puede calcular**.

- La licencia es un texto firmado ligado al **ID completo** de la calculadora; enumera los programas y la versión mayor autorizados. Si se edita un carácter, deja de ser válida.
- Se verifica al abrir el documento, al pegar una licencia y al volver a la página. No se guarda un estado «activado»: un documento copiado a otra calculadora muestra `Licencia de otra calculadora`.
- En el software de computadora no hay ID de calculadora: la pantalla dice `Se activa solo en una calculadora TI-Nspire` y el programa no calcula, aunque el documento traiga una licencia válida.

3.2 Activar en la calculadora

1. Abra `CANALIX.tns` en la calculadora. Anote el `ID del equipo` completo y el `control` de 4 caracteres que muestra la pantalla `Licencia` (o menu **Licencia** → `Copiar ID`).
2. Envíe ambos con su pedido por WhatsApp, por el mismo chat donde compró.
3. Copie el `INERTIX_LICENCIA.tns` recibido a la calculadora (sección anterior), ábralo y pulse enter: aparece `Licencia copiada`.
4. Abra `CANALIX.tns` y pulse ctrl+V (o menu menu **Licencia** → `Pegar licencia`).
5. Con `Licencia activa`, guarde el documento con ctrl+S para conservarla.

Con la licencia activa, menu **Archivo** → `Licencia` muestra el estado, el ID y el control sobre el caso, y esc vuelve sin cambiarlo.

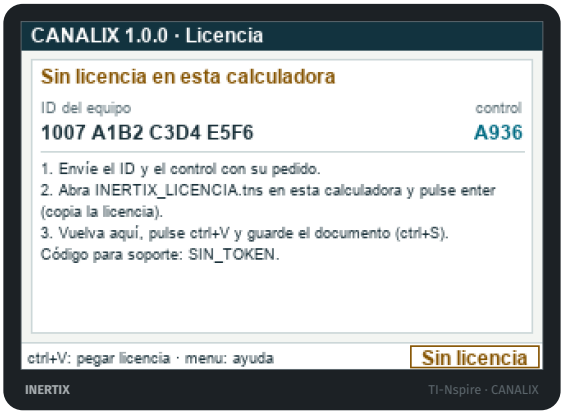
3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

Mensaje	Qué hacer
Verificando la licencia…	Espere unos segundos; el programa se abre solo si la licencia es válida.
Licencia activa	Nada; guarde el documento si acaba de pegarla.
Sin licencia en esta calculadora	Siga los pasos anteriores.
Licencia no válida	El texto está incompleto o alterado: vuelva a abrir `INERTIX_LICENCIA.tns`, pulse enter y pegue de nuevo.
Licencia de otra calculadora	La licencia es de otro ID. Pida soporte con el ID y el control de esta calculadora.
Programa o versión no incluidos	La licencia no incluye este programa o esta versión mayor.
Se activa solo en una calculadora TI-Nspire	Software de computadora o emulador: abra el documento en su TI-Nspire CX y CX II.
No se pudo verificar	Pida soporte con el código que muestra la pantalla.

Salvo `Licencia activa`, cada mensaje muestra un `Código para soporte`. En la pantalla Licencia, menu **Ayuda** → `Soporte` reúne programa, ID, control, estado y código para enviarlos.

3.4 La licencia en CANALIX

Sin licencia válida, al abrir `CANALIX.tns` solo aparece la pantalla `Licencia`: no hay pestañas, menú del programa ni cálculo, y el caso guardado se conserva intacto. Con la licencia activa, menu **Archivo** → `Licencia` la muestra sobre el caso y esc vuelve sin cambiarlo. menu **Archivo** → `Ayuda` termina con los apartados `LICENCIA` y `ACERCA DE`.



Documento sin licencia: solo la pantalla Licencia.



menu **Archivo** → `Licencia` con la licencia activa (ID de ejemplo).

4 La interfaz

4.1 Zonas de la pantalla

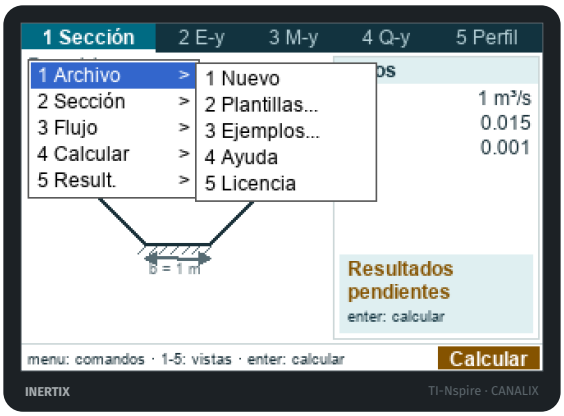
La primera vez que se abre, CANALIX carga un **caso nuevo**: canal trapecial de 1 m de fondo con taludes 1:1, $Q = 1$ m³/s, $n = 0.015$ y $S_0 = 0.001$, con resultados pendientes. Las veces siguientes abre el caso guardado en el documento.



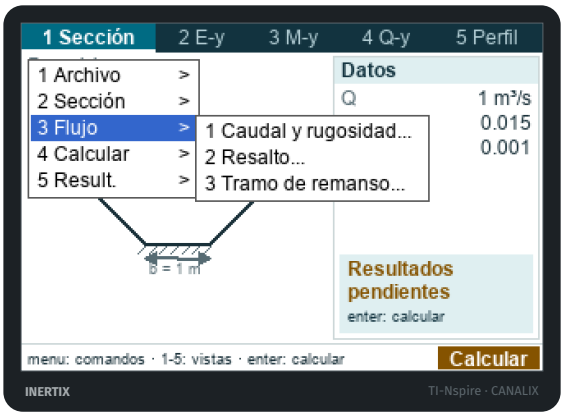
Zona	Uso
1 Pestañas	`1 Sección`, `2 E-y`, `3 M-y`, `4 Q-y`, `5 Perfil`: vistas del mismo caso. Se eligen con la cifra, con tab o con un clic.
2 Rótulo	Tipo de sección.
3 Croquis	Sección con el agua, y_n, y_c, ancho superficial, fondo y taludes. Los elementos se seleccionan con las flechas.
4 Panel	Datos del caso o, tras calcular, los resultados del flujo uniforme.
5 Barra inferior	Ayuda de teclas, mensajes y lecturas del cursor.
6 Insignia	`Calcular` (resultados pendientes; un clic resuelve) o `Calculado`.
Menú	menu abre Archivo, Sección, Flujo, Calcular y Result., las mismas categorías de la HP Prime. No hay `Salir`: el documento se cierra desde el sistema.

En el software TI-Nspire de computadora el programa no se activa: solo muestra la pantalla `Licencia` (ver «Preguntas frecuentes»).

4.2 Menú



menu: Archivo.

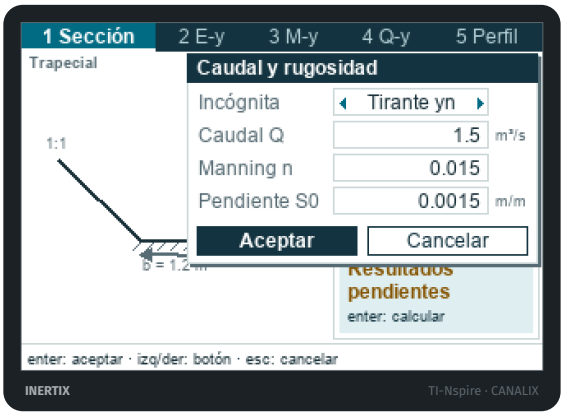


menu: Flujo.

4.3 Teclas

Control	Dónde	Acción
menu	Siempre	Abre las órdenes.
1 a 5, tab	Vista principal	Cambian de pestaña. Con resultados pendientes, preguntan si se calcula.
flechas	Sección	Recorren fondo, taludes, contorno y agua.
enter / clic	Sección	Con un elemento elegido, abre sus propiedades; sin selección, calcula. Un clic elige y un segundo clic edita.
▲ ▼, clic	E-y, M-y, Q-y	Mueven el cursor de tirante; enter vuelve a y_n (o y_c).
◀ ▶, clic	Perfil	Recorren las estaciones; enter vuelve al control.
◀ ▶	Procedimiento	Sección anterior o siguiente.
esc	—	Cierra formularios, listas, avisos, documentos y procedimientos; en la Sección quita la selección; en una gráfica vuelve a la Sección.

4.4 Formularios y resultados pendientes



Formulario «Caudal y rugosidad».

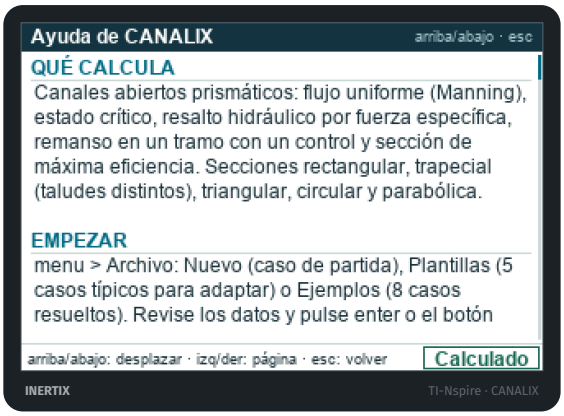


Dato rechazado: el aviso explica el motivo.

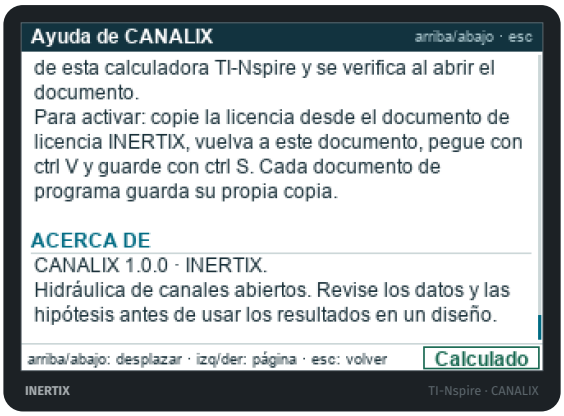
- **Formularios.** ▲ ▼ cambian de campo y ◀ ▶ la opción de una lista. Escribir un número **reemplaza** el valor (se admiten + − × ÷ ( ) y potencias); enter confirma y pasa al campo siguiente; tras el último campo el foco queda en `Aceptar`. tab lleva a `Aceptar` desde cualquier campo. esc deshace la edición de la celda; otro esc cancela sin cambios.
- **Validación.** Un dato no válido muestra el motivo; al cerrar el aviso el formulario sigue abierto y el caso **no** cambia (caso OI-5).
- **Resultados pendientes.** Cualquier cambio de datos deja la insignia en `Calcular` y el panel vuelve a mostrar los datos: CANALIX no enseña valores de otro caso. Las gráficas preguntan si se calcula.

4.5 Ayuda integrada

menu **Archivo** → `Ayuda` explica qué calcula el programa, cómo empezar, vistas, comandos, datos y unidades, resultados, croquis, gráficas, formularios, resalto, remanso, sección óptima, procedimientos, avisos y convenios; al final, `LICENCIA` y `ACERCA DE`. ▲ ▼ desplazan y esc vuelve al caso.



Primera página de la Ayuda.



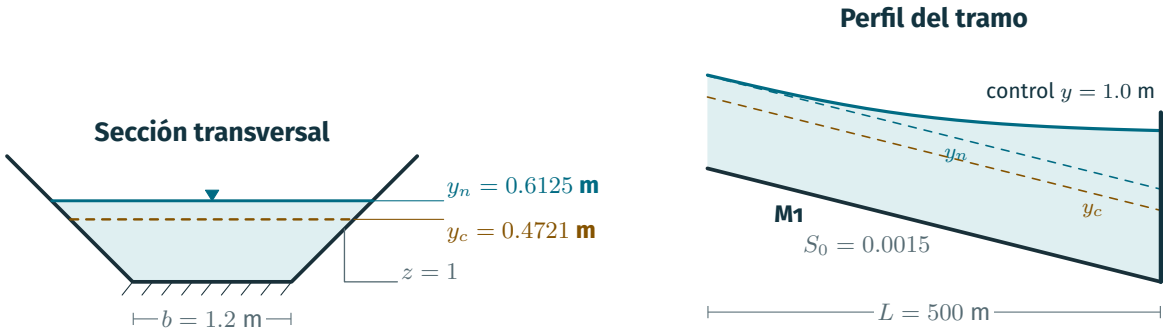
Licencia y Acerca de.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Un canal trapecial revestido de concreto (ancho de fondo 1.2 m, taludes 1:1) conduce **1.5 m³/s** con pendiente 0.0015 y rugosidad de Manning 0.015. Se pide:

- el **tirante normal** y el **tirante crítico**, y el régimen del flujo;
- el **tirante conjugado** de un resalto que se forma con un tirante inicial de 0.25 m;
- el **perfil de remanso** en los 500 m de canal aguas arriba de una estructura que fija un tirante de 1.0 m.



5.2 Datos

Dato	Valor	Dónde se introduce
Sección	Trapecial	menu **Sección** → `Trapecial`
Ancho de fondo b	1.2 m	Mismo formulario
Taludes z_1, z_2 (H:V)	1 y 1	Mismo formulario
Caudal Q	1.5 m³/s	menu **Flujo** → `Caudal y rugosidad`
Rugosidad de Manning n	0.015	Mismo formulario
Pendiente de fondo S_0	0.0015 m/m	Mismo formulario
Incógnita	Tirante normal y_n	Mismo formulario
Tirante inicial del resalto y_1	0.25 m	menu **Flujo** → `Resalto`
Longitud del tramo L	500 m	menu **Flujo** → `Tramo de remanso`
Control	Tirante dado $y = 1.0$ m, aguas abajo	Mismo formulario
Tramos del paso directo y estándar N	10	Mismo formulario

Fuente: Caso de validación oficial de INERTIX para canales trapeciales y flujo gradualmente variado (`Archivo > Ejemplos`). Los valores de tirante normal, tirante crítico y curva de remanso se verifican analíticamente mediante la ecuación de Manning y métodos de integración numérica adaptativa.

Nota

Es el mismo ejemplo de la guía HP Prime, con el mismo orden de pasos. Se construye desde un caso nuevo y solo con el teclado. En cada paso, *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior.

5.3 Paso a paso

1 Empezar un caso nuevo



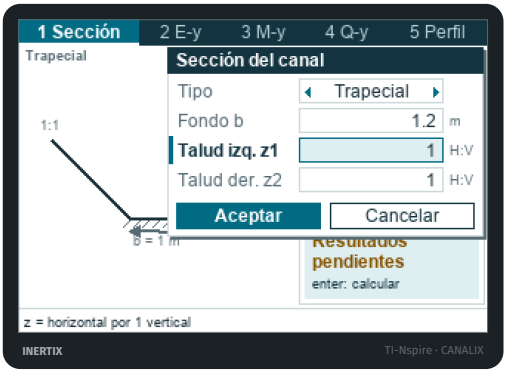
TECLAS

menu **Archivo** → `Nuevo` enter

menu **Archivo** → `Nuevo` pregunta si se descarta el caso actual; enter confirma. Queda el canal trapecial de partida con los resultados pendientes; así el ejemplo no hereda datos de un cálculo anterior.

✔ **Debe verse:** Canal trapecial de partida (b = 1 m, taludes 1:1), «Resultados pendientes»

2 Sección trapecial: ancho de fondo 1.2 m



TECLAS

menu **Sección** → `Trapecial` 1 . 2 enter

menu **Sección** → `Trapecial` abre el formulario con el foco en `Fondo b`. Escriba 1.2 y confirme con enter: el foco pasa a `Talud izq. z1`. Los dos taludes ya valen 1, que es lo pedido.

✔ **Debe verse:** Formulario «Sección del canal»: Tipo Trapecial, Fondo b = 1.2 m; foco en Talud izq. z1

3 Aceptar la sección



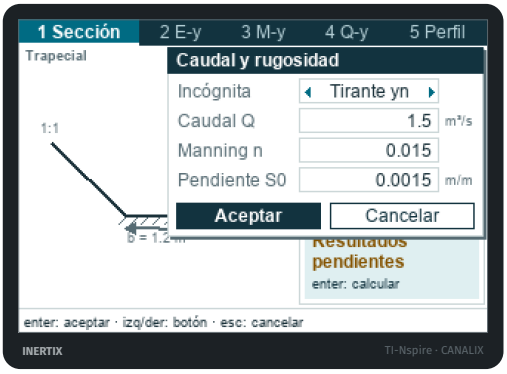
TECLAS

tab enter

tab lleva a `Aceptar` y enter acepta. El croquis se redibuja con $b = 1.2$ m.

✔ **Debe verse:** Croquis con b = 1.2 m y taludes 1:1

4 Caudal, rugosidad y pendiente



TECLAS

menu **Flujo** → `Caudal y rugosidad` 1 . 5 enter ▼ 0 . 0 ×2 1 5 enter

menu **Flujo** → `Caudal y rugosidad` abre el formulario con la incógnita `Tirante yn` y el foco en `Caudal Q`. Escriba 1.5; $n = 0.015$ ya es el del concreto, así que ▼ pasa a `Pendiente S0`, donde se escribe 0.0015. Tras enter el foco queda en `Aceptar`.

✔ **Debe verse:** Formulario «Caudal y rugosidad»: Incógnita Tirante yn, Q = 1.5 m³/s, n = 0.015, S0 = 0.0015; foco en Aceptar

5 Tirante inicial del resalto



TECLAS

enter menu **Flujo** → `Resalto` 0 . 2 5 enter

enter acepta el flujo. menu **Flujo** → `Resalto` pide el tirante conocido a un lado del resalto: 0.25 m. Con 0 el programa no calcula resalto.

✔ **Debe verse:** Formulario «Resalto hidráulico»: Tirante y = 0.25 m; foco en Aceptar

6 Tramo de remanso con tirante de control



TECLAS

enter menu **Flujo** → `Tramo de remanso` 5 0 ×2 enter ◀ ▼ 1 enter

enter acepta el resalto. menu **Flujo** → `Tramo de remanso`: escriba $L = 500$; en `Control`, ◀ elige `Tirante dado` y aparece `Tirante y`, donde se escribe 1. El extremo `Aguas abajo` y los 10 tramos ya son los del enunciado.

✔ **Debe verse:** Formulario «Tramo de remanso»: L = 500 m, Control Tirante dado, y = 1 m, Aguas abajo, N = 10

7 Aceptar el remanso



TECLAS

tab enter

`Aceptar` guarda el tramo. El panel muestra los datos y la insignia `Calcular` sigue en naranja: todavía no hay resultados.

✔ **Debe verse:** Panel «Datos» y botón Calcular: aún no hay resultados

8 Resolver



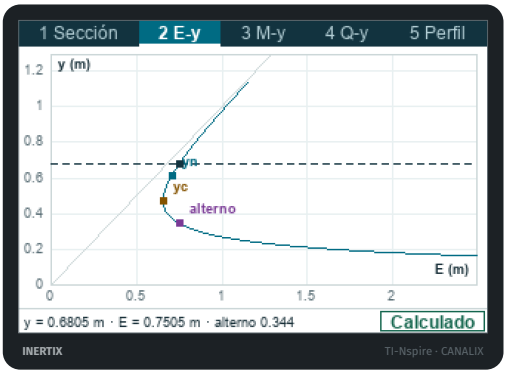
TECLAS

menu **Calcular** → `Resolver`

menu **Calcular** → `Resolver` calcula todo de una vez. El croquis dibuja el agua al tirante normal $y_n = 0.6125$ m y el crítico $y_c = 0.4721$ m en trazos; el panel da A, V, Fr, E y S_c, el régimen `Subcrítico` y `Pend. suave (M)`. La barra resume y_n, y_c y el perfil M1.

✔ **Debe verse:** yn = 0.6125 m, yc = 0.4721 m, Subcrítico, Pend. suave (M); barra: perfil M1

9 Curva de energía específica E-y



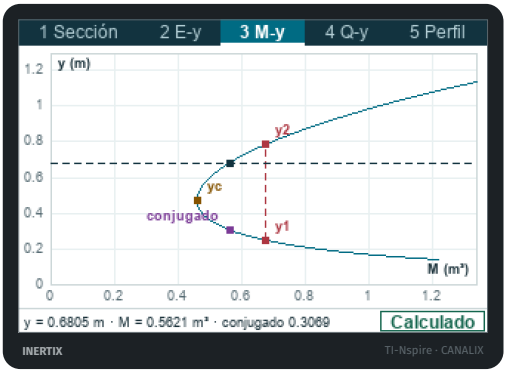
TECLAS

2 ▲ ×3

La pestaña 2 dibuja $E(y)$ para el caudal del caso, con y_n e y_c marcados. Con ▲ el cursor sube por la curva; la barra lee el tirante, su energía y el **tirante alterno** de igual energía.

✔ **Debe verse:** E-y con yn e yc; el cursor sube y la barra da E y el tirante alterno

10 Curva de fuerza específica M-y: el resalto



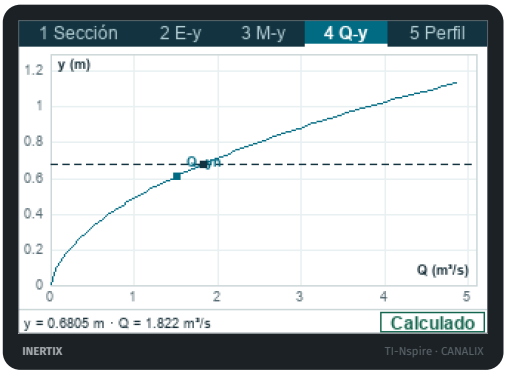
TECLAS

3

La pestaña 3 muestra la fuerza específica. $y_1 = 0.25$ m e $y_2 = 0.7829$ m están a la misma M: son los tirantes conjugados del resalto.

✔ **Debe verse:** M-y: y1 = 0.25 m e y2 = 0.7829 m a la misma M

11 Curva de gasto Q-y



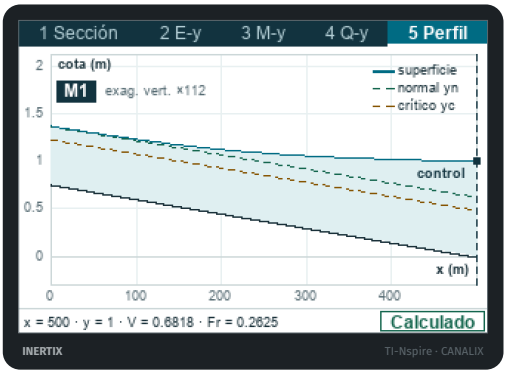
TECLAS

4

La pestaña 4 da el caudal que conduce cada tirante en flujo uniforme. El cursor permite leer qué tirante tendría el canal con otro caudal.

✔ **Debe verse:** Q-y de Manning con el punto (Q, yn)

12 Perfil de remanso



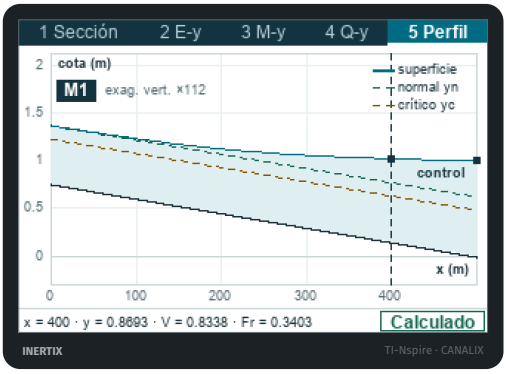
TECLAS

5

La pestaña 5 dibuja el tramo de 500 m: fondo, superficie, y_n e y_c. La superficie está por encima de ambos en pendiente suave: perfil **M1**, que nace en el control de 1.0 m y tiende a y_n hacia aguas arriba. El rótulo `exag. vert.` indica cuánto se exagera la escala vertical.

✔ **Debe verse:** Perfil M1: superficie sobre yn e yc, control a 500 m

13 Recorrer el perfil con el cursor



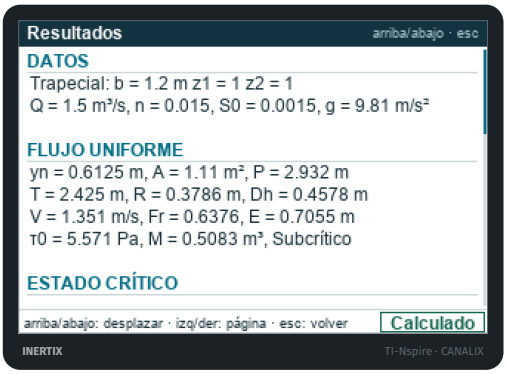
TECLAS

◀ ×10

Cada ◀ mueve el cursor 10 m. En $x = 400$ m la barra da $y = 0.8693$ m, la velocidad y el Froude. Recorrer la gráfica no recalcula ni cambia el caso.

✔ **Debe verse:** x = 400 m, y = 0.8693 m, V y Fr en la barra

14 Tabla de resultados



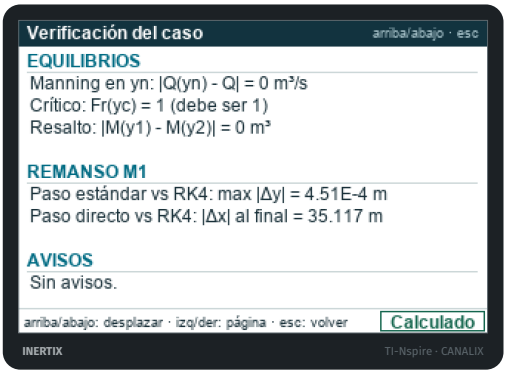
TECLAS

menu **Result.** → `Tabla de resultados`

menu **Result.** → `Tabla de resultados` abre el documento con datos, flujo uniforme, estado crítico, resalto y la tabla de estaciones del remanso (x, y, cota, V, Fr). Las flechas lo desplazan.

✔ **Debe verse:** Documento: datos, flujo uniforme, crítico, resalto y estaciones del remanso

15 Verificación del caso



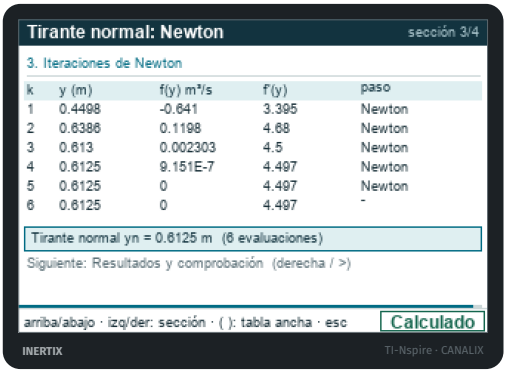
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Verificar`

esc cierra la tabla. menu **Calcular** → `Verificar` comprueba los equilibrios: Manning reproduce Q en y_n, $Fr = 1$ en y_c y la fuerza específica es igual a ambos lados del resalto; además compara el paso estándar y el directo con la integración RK4.

✔ **Debe verse:** Manning en yn, Fr(yc) = 1, |M(y1) − M(y2)|, paso estándar y directo frente a RK4

16 Procedimiento: tirante normal por Newton



TECLAS

esc menu **Calcular** → `Procedimientos` enter ▶ ×2

menu **Calcular** → `Procedimientos` lista los ocho métodos; enter abre el primero, `Tirante normal: Newton`. Con ▶ se llega a la sección 3: la tabla de iteraciones k, y, $f(y)$ y $f'(y)$ que converge a $y_n = 0.6125$ m.

✔ **Debe verse:** Visor «Tirante normal: Newton», sección 3: iteraciones k, y, f(y), f'(y)

17 Procedimiento: resalto por fuerza específica



TECLAS

esc menu **Calcular** → `Procedimientos` 4 ▶ ×2

esc cierra el visor. En la lista, la cifra 4 abre `Resalto: fuerza específica`. La sección 3 compara antes y después del resalto, con $\Delta E = 0.2922$ m y $E_2/E_1 = 0.7397$.

✔ **Debe verse:** Sección 3: antes y después del resalto; ΔE = 0.2922 m, E2/E1 = 0.7397

5.4 Resultados

CANALIX coincide con la referencia

Tirantes normal y crítico, propiedades del flujo uniforme, conjugado del resalto y tipo de perfil coinciden con la referencia y con la HP Prime (mismo motor, diferencia relativa $\leq 10^{-12}$). El flujo es subcrítico ($Fr = 0.64$) en pendiente suave: la estructura de aguas abajo produce un remanso M1.

Magnitud	Referencia	CANALIX	Estado
Tirante normal y_n	0.612485 m	0.612485 m	Coincide
Área mojada A	1.1101 m²	1.1101 m²	Coincide
Velocidad V	1.3512 m/s	1.3512 m/s	Coincide
Número de Froude Fr	0.6376	0.6376	Subcrítico
Energía específica E	0.7055 m	0.7055 m	Coincide
Tirante crítico y_c	0.472065 m	0.472065 m	Coincide
Pendiente crítica S_c	0.003851	0.003851	$S_0 < S_c$: pendiente suave (M)
Conjugado del resalto y_2 ($y_1 = 0.25$ m)	0.782871 m	0.782871 m	Coincide
Perfil de remanso	M1	M1	Coincide

Tolerancia 10^{-6} m en tirantes. El eje x del perfil se mide desde aguas arriba.

Otros resultados de CANALIX	Valor	Comentario
Perímetro P · radio hidráulico R	2.9324 m · 0.3786 m	$R = A/P$
Ancho superficial T	2.4250 m	
Velocidad crítica V_c · energía crítica E_c	1.9004 m/s · 0.6561 m	Mínima energía para Q
Resalto: Fr_1 / Fr_2	2.861 / 0.4118	Resalto oscilante
Pérdida ΔE · eficiencia E_2/E_1	0.2922 m · 0.7397	
Longitud del resalto	≈ 3.68 m	$6.9\,(y_2 - y_1)$, aproximación empírica
Remanso: tirante en $x = 0$ · $x = 400$ m	0.6170 m · 0.8693 m	Tiende a y_n hacia aguas arriba

La referencia es la del caso de validación: motor original, motor actual y solución numérica externa coinciden (en el perfil, dentro de 2×10^{-4} m).

Comprobación a mano

$$A = (b + z\,y_n)\,y_n = (1.2 + 0.6125)(0.6125) = 1.1101 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2\,y_n\sqrt{1+z^2} = 1.2 + 2(0.6125)(1.4142) = 2.9324 \text{ m}, \qquad R = A/P = 0.3786 \text{ m}$$

$$Q = \tfrac{1}{n}\,A\,R^{2/3}\sqrt{S_0} = \tfrac{1}{0.015}(1.1101)(0.3786)^{2/3}\sqrt{0.0015} = 1.500 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\,A/T}} = \frac{1.3512}{\sqrt{9.81 \times 1.1101/2.4250}} = 0.6376 < 1 \quad \text{(subcrítico)}$$

5.5 Opciones importantes

Cinco casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca. Los mismos casos están en la guía HP Prime.

5.5.1 OI-1 · Dimensionar el ancho de fondo para un tirante dado

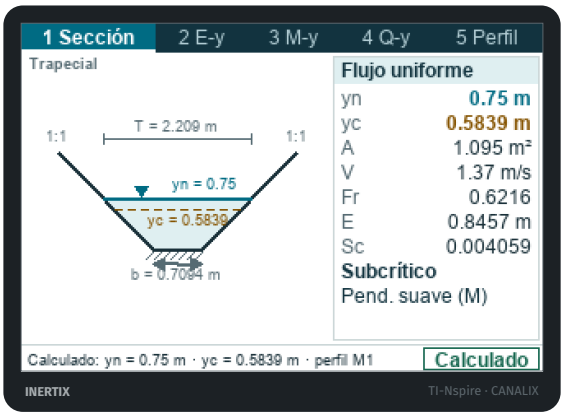
Objetivo. Usar otra incógnita: en vez de y_n, el ancho b que conduce Q con un tirante elegido (diseño). La incógnita `Ancho b` solo existe en secciones rectangular y trapecial; `Caudal Q` y `Pendiente S0` funcionan igual con las demás.

Datos. Ejemplo 1 ($Q = 1.5$ m³/s, $n = 0.015$, $S_0 = 0.0015$, $z = 1$); tirante deseado $y = 0.75$ m.

1. **Partir del ejemplo guiado.** La cifra 1 elige el ejemplo en la lista.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1
2. **Elegir la incógnita «Ancho b».** ▲ sube a `Incógnita`; la cifra 4 elige `Ancho b` y aparece `Tirante y`.
   menu **Flujo** → `Caudal y rugosidad` ▲ 4
3. **Tirante deseado 0.75 m.** ▼ hasta `Tirante y`; escriba 0.75.
   ▼ ×4 0 . 7 5 enter
4. **Aceptar y resolver.** Acepte y resuelva.
   enter menu **Calcular** → `Resolver`
5. **Leer b en la tabla.** La tabla muestra el ancho hallado en `DATOS`.
   menu **Result.** → `Tabla de resultados`



Incógnita `Ancho b`.



$b = 0.7094$ m para $y = 0.75$ m.

Lectura. Con $b = 0.7094$ m el canal lleva 1.5 m³/s con 0.75 m de tirante, $V = 1.370$ m/s y $Fr = 0.622$ (subcrítico). El ancho calculado **reemplaza** al del caso: para volver al ejemplo, cárguelo de nuevo. Si no existe un $b \geq 0$ que conduzca Q con ese tirante, el programa lo dice.

5.5.2 OI-2 · Conducto circular parcialmente lleno

Objetivo. Alcantarillas y colectores: tirante relativo y/D, caudal a sección llena y caudal máximo.

Datos. Ejemplo 2: $D = 1$ m, $Q = 0.8$ m³/s, $n = 0.013$, $S_0 = 0.002$; remanso con control $y = 0.85$ m aguas abajo.

1. **Cargar el ejemplo 2.** La cifra 2 elige el ejemplo.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 2

2. **Resolver.** enter en la Sección calcula.

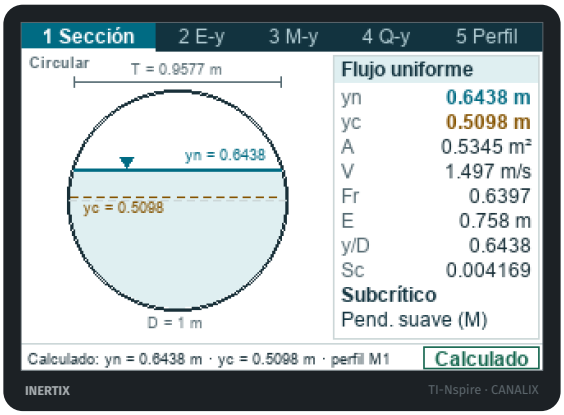
   enter

3. **Curva de gasto con Qlleno y Qmáx.** La pestaña 4 muestra la curva de gasto.

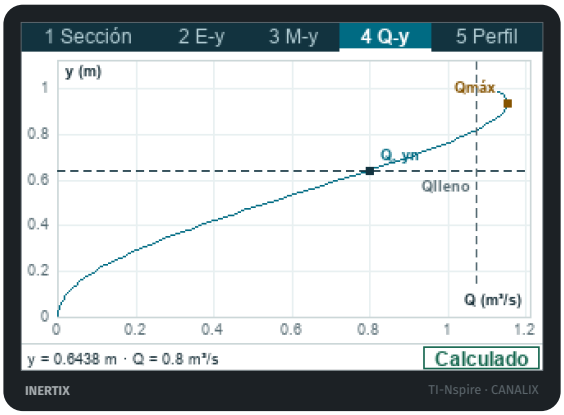
   4

4. **Perfil de remanso.** La pestaña 5 muestra el perfil.

   5



$y_n = 0.6438$ m, $y/D = 0.644$.



Q-y con $Q_{\text{máx}}$ y la línea Q_{lleno}.

Magnitud	CANALIX	Comentario
Tirante normal y_n	0.6438 m	$y/D = 0.644$
Tirante crítico y_c	0.5098 m	Subcrítico
Caudal a sección llena Q_{lleno}	1.0722 m³/s	Línea a trazos
Caudal máximo $Q_{\text{máx}}$	1.1534 m³/s	En $y/D = 0.938$
Perfil de remanso	M1	Control $y = 0.85$ m aguas abajo

Lectura. $Q_{\text{máx}} > Q_{\text{lleno}}$: cerca de la clave el perímetro crece más que el área. Un caudal mayor que $Q_{\text{máx}}$ no se puede llevar a superficie libre con esa pendiente; el programa lo rechaza.

5.5.3 OI-3 · Sección de máxima eficiencia: cancelar y aplicar

Objetivo. Buscar la sección que lleva el mismo Q con el menor perímetro (menos revestimiento) y decidir si se aplica.

Datos. Ejemplo 1 calculado; forma `Trapecio z` con $z = 1$.

1. **Ejemplo 1 calculado.** Cargue y calcule el ejemplo 1: $P = 2.932$ m.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 enter

2. **Abrir la sección óptima.** El formulario propone `Trapecio z` con el talud del canal.

   menu **Sección** → `Sección óptima`

3. **Calcular la óptima.** `Aceptar` calcula la óptima y pregunta `¿Aplicar a la sección?`

   tab enter

4. **Cancelar: la sección no cambia.** esc (o `No`) **no** cambia la sección: el caso y sus resultados quedan como estaban.

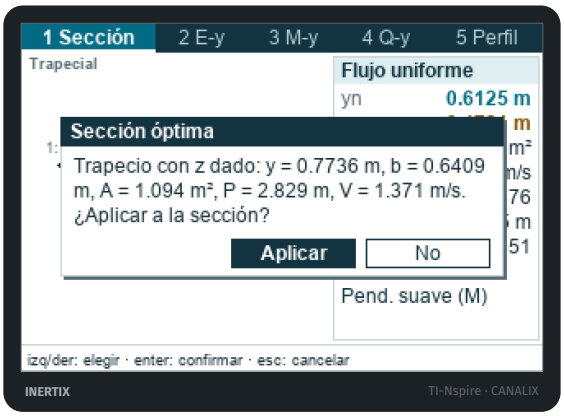
   esc

5. **Aplicar la óptima.** Repita y elija `Aplicar`: $b = 0.6409$ m; resultados pendientes.

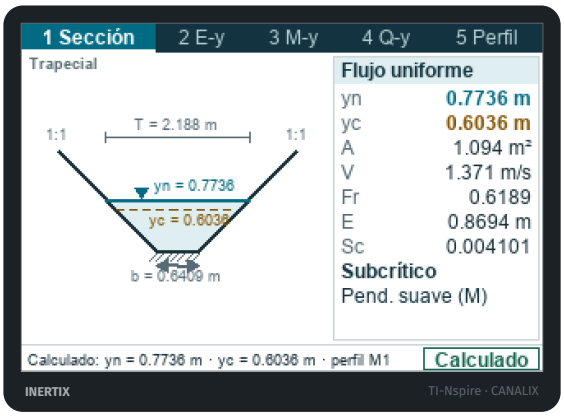
   menu **Sección** → `Sección óptima` tab enter ×2

6. **Resolver la sección óptima.** Resuelva: $y_n = 0.7736$ m.

   menu **Calcular** → `Resolver`



Resultado y pregunta.



Sección óptima resuelta.

Magnitud	CANALIX	Comentario
Tirante y · ancho b	0.7736 m · 0.6409 m	$R = y/2$
Área A · perímetro P	1.0943 m² · 2.829 m	Canal del ejemplo: $P = 2.932$ m
Velocidad V	1.3707 m/s	
Ahorro de perímetro	3.5 %	Frente a la sección del ejemplo

Lectura. La óptima es más profunda y estrecha. Requiere $Q > 0$ y $S_0 > 0$. Desde el 28-10-2026, cancelar no cambia ni el tipo ni los taludes.

5.5.4 OI-4 · Rápida: control crítico aguas arriba (S2) y paso estándar

Objetivo. Un remanso supercrítico: en pendiente fuerte el control está **aguas arriba**. Comparar el paso estándar con la integración del motor.

Datos. Ejemplo 6: rectangular $b = 3$ m, $Q = 9$ m³/s, $n = 0.014$, $S_0 = 0.02$; tramo de 100 m con control crítico aguas arriba y 10 tramos.

1. **Cargar el ejemplo 6.** La cifra 6 elige el ejemplo.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 6

2. **Resolver.** Calcule: $y_n = 0.5465$ m $< y_c = 0.9717$ m.

   enter

3. **Perfil S2.** La pestaña 5 muestra el perfil S2.

   5

4. **Procedimiento del paso estándar.** La cifra 7 abre `Remanso: paso estándar`.

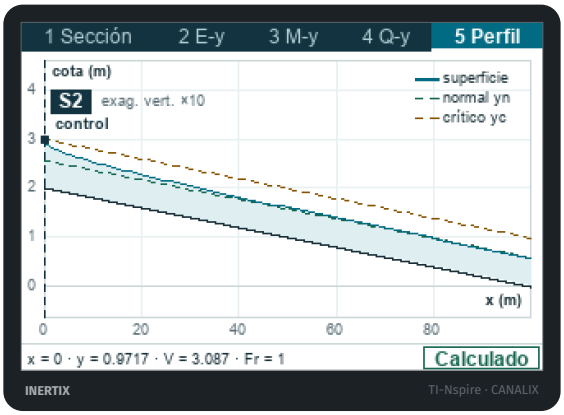
   menu **Calcular** → `Procedimientos` 7

5. **Tabla del paso estándar.** ▶ hasta la tabla del método.

   ▶ ×2

6. **Comparación con el motor.** La última sección compara con RK4.

   ▶



Perfil S2 desde y_c hacia y_n.



Tabla del paso estándar.

Lectura. $S_0 = 0.02 > S_c = 0.0038$: pendiente fuerte. El agua entra a la rápida en y_c (caída desde un canal tranquilo) y baja hasta y_n. Un control aguas abajo sería incompatible con flujo supercrítico: la vista Perfil lo explicaría en vez de dibujar.

5.5.5 OI-5 · Dato no válido, resultados pendientes y guardado

Objetivo. Ver qué pasa con un dato fuera de rango, con un cambio sin recalcular y al guardar.

1. **Ejemplo 1 calculado.** Cargue y calcule el ejemplo 1.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 enter

2. **Manning fuera de rango.** En `Manning n` escriba 0.5 y acepte: aviso con el rango admitido.

   menu **Flujo** → `Caudal y rugosidad` ▼ 0 . 5 enter tab enter

3. **Cerrar el error y cancelar.** Cierre el aviso y cancele: el caso no cambió y sigue calculado.

   enter esc

4. **Cambiar el caudal a 2 m³/s.** Cambie Q a 2 m^3/s: resultados pendientes.

   menu **Flujo** → `Caudal y rugosidad` 2 enter tab enter

5. **Pedir una gráfica con resultados pendientes.** Pida la gráfica E-y: pregunta si se calcula.

   2

6. **Calcular desde la pregunta.** `Sí` calcula y abre la gráfica.

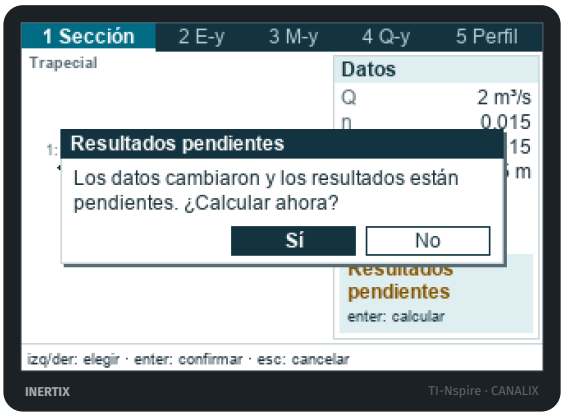
   enter

7. **Guardar y volver a abrir el documento.** ctrl + S guarda; al abrir de nuevo, el caso vuelve con los resultados pendientes y la licencia se verifica otra vez.

   (ctrl S y reabrir: on.save / on.restore)



Aviso de dato fuera de rango.



Pregunta de resultados pendientes.

Lectura. Un dato rechazado nunca llega al caso. Al reabrir, CANALIX no muestra resultados viejos: pulse enter. En la TI-Nspire no existe el corte con la tecla ON de la HP Prime.

6 Referencia de menús y opciones

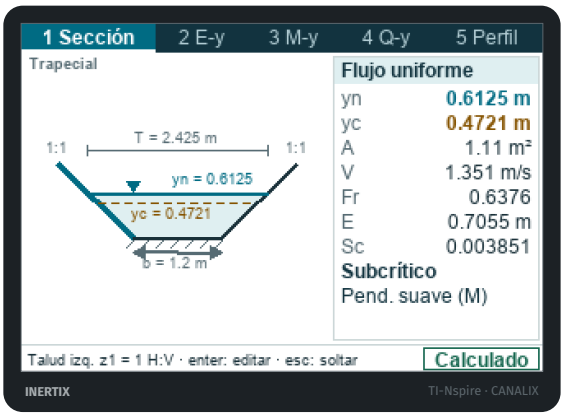
6.1 Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Pide confirmación y carga el caso nuevo: trapecial $b = 1$ m, $z = 1$, $Q = 1$ m³/s, $n = 0.015$, $S_0 = 0.001$, sin resalto y remanso de 300 m con caída libre.
Plantillas	Casos típicos para adaptar: canal trapecial revestido, rectangular de concreto, cuneta triangular, alcantarilla circular y canal parabólico en tierra.
Ejemplos	Ocho casos resueltos: trapecial con resalto y remanso M1, circular parcialmente lleno, presa en canal rectangular ancho (M1), caída libre (M2), compuerta con resalto (M3), rápida desde control crítico (S2), canal horizontal (H2) y canal parabólico (M2).
Ayuda	Documento desplazable con todo el funcionamiento, licencia y acerca de.
Licencia	Pantalla Licencia sobre el caso (solo en las ediciones con licencia).

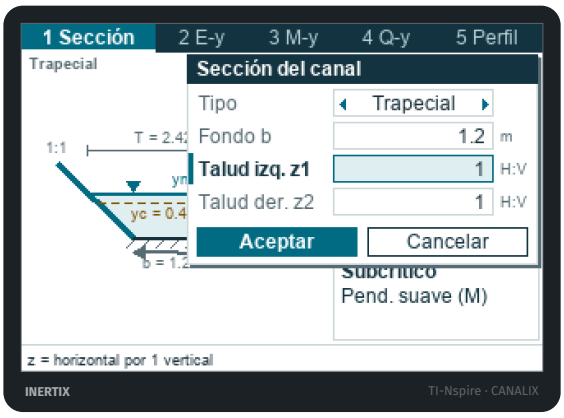
6.2 Sección

Orden	Qué hace
Rectangular … Parabólica	Abre el formulario con ese tipo: fondo b, taludes z_1, z_2 (H:V), diámetro D o parámetro a de $x^2 = 4ay$, según el tipo.
Dimensiones	El mismo formulario con el tipo actual.
Sección óptima	Máxima eficiencia para el Q, n y S_0 del caso: rectangular, trapecio con z dado, medio hexágono, triangular o semicircular. Muestra y, b o D, A, P, V y pregunta si se aplica.

En la vista Sección, las flechas eligen un elemento y enter abre el formulario con el foco en ese dato.



Talud izquierdo seleccionado.



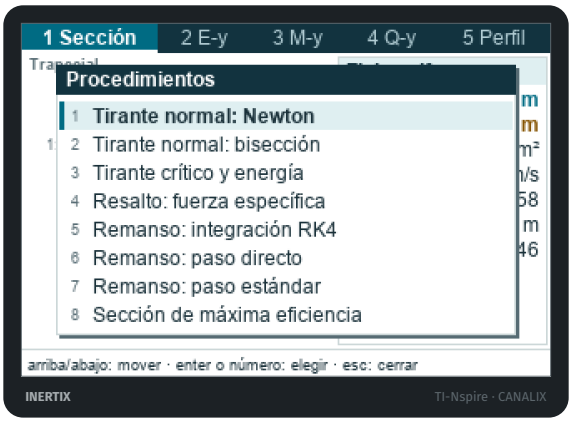
Formulario con el foco en z_1.

6.3 Flujo

Orden	Qué hace
Caudal y rugosidad	Incógnita (`Tirante yn`, `Caudal Q`, `Pendiente S0` o, en rectangular y trapecial, `Ancho b`), caudal, n y S_0. Si la incógnita no es y_n, pide el tirante conocido.
Resalto	Tirante conocido a un lado del resalto (0 = sin resalto); el programa busca el conjugado en la otra rama.
Tramo de remanso	Longitud L, control (`Tirante dado` o `Crítico (caída)`), tirante de control, extremo (`Aguas abajo` para subcrítico, `Aguas arriba` para supercrítico) y número de tramos (2 a 40) del paso directo y estándar.

6.4 Calcular

Orden	Qué hace
Resolver	Flujo uniforme, estado crítico, resalto y remanso.
Procedimientos	Ocho métodos con su desarrollo por secciones. Los que no aplican al caso muestran el motivo (por ejemplo, `requiere S0 > 0`).
Verificar	Equilibrios del caso, comparación de los métodos de remanso y avisos.



Lista de procedimientos.

6.5 Result.

Orden	Qué hace
Sección … Perfil	Las cinco vistas (como las pestañas).
Tabla de resultados	Documento con todos los resultados y las estaciones del remanso.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Geometría y flujo uniforme

$$R = A/P, \qquad D_h = A/T, \qquad V = Q/A$$
$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} \sqrt{S_0} \qquad \text{(Manning)}$$
$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\, D_h}}, \qquad E = y + \frac{V^2}{2g}, \qquad \tau_0 = \gamma R S_0$$

Donde: A área mojada, P perímetro mojado, T ancho superficial, R radio hidráulico, D_h profundidad hidráulica, n rugosidad de Manning, S_0 pendiente de fondo, Fr número de Froude, E energía específica, τ_0 tensión de corte media.

Sección	Área, ancho superficial y perímetro
Rectangular	$A = b\,y,\ T = b,\ P = b + 2y$
Trapecial	$A = b\,y + (z_1 + z_2)\,y^2/2,\ T = b + (z_1 + z_2)\,y,\ P = b + y\,(\sqrt{1+z_1^2} + \sqrt{1+z_2^2})$
Triangular	Igual que la trapecial con $b = 0$
Circular	$\theta = 2\arccos(1 - 2y/D),\ A = D^2(\theta - \operatorname{sen}\theta)/8,\ T = D\operatorname{sen}(\theta/2),\ P = D\,\theta/2$
Parabólica	$T = 4\sqrt{a\,y},\ A = 2\,T\,y/3$

El tirante normal es la raíz de $f(y) = \frac{\sqrt{S_0}}{n} A R^{2/3} - Q$; el programa la busca por Newton dentro de un intervalo que la contiene y usa bisección si un paso se sale de él.

7.2 Estado crítico

$$\frac{Q^2\, T_c}{g\, A_c^3} = 1 \quad (Fr = 1), \qquad E_c = y_c + \frac{V_c^2}{2g}, \qquad S_c = \left(\frac{Q\, n}{A_c\, R_c^{2/3}} \right)^2$$

Donde: Si $S_0 < S_c$ la pendiente es suave (M); si $S_0 > S_c$, fuerte (S); $S_0 = S_c$ crítica (C); $S_0 = 0$ horizontal (H); $S_0 < 0$ adversa (A).

7.3 Resalto hidráulico

$$M(y) = \frac{Q^2}{g\, A} + A\, \bar{y}_G, \qquad M(y_1) = M(y_2)$$
$$\Delta E = E_1 - E_2, \qquad L \approx 6.9\,(y_2 - y_1)$$
$$y_2 = \frac{y_1}{2}\left(\sqrt{1 + 8\, Fr_1^2} - 1 \right) \qquad \text{(rectangular, Bélanger)}$$

Donde: M fuerza específica, $\bar{y}_G$ profundidad del centroide del área mojada; y_1, y_2 tirantes conjugados.

7.4 Remanso (flujo gradualmente variado)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}, \qquad S_f = \left(\frac{Q\,n}{A\,R^{2/3}}\right)^2$$

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \bar{S}_f}, \qquad \bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \qquad \text{(paso directo)}$$

$$E_2 + S_{f2}\,\frac{\Delta x}{2} = E_1 + S_0\,\Delta x - S_{f1}\,\frac{\Delta x}{2} \qquad \text{(paso estándar)}$$

Donde: El motor integra dx/dy por Runge-Kutta de cuarto orden con 160 pasos de tirante. El paso directo fija incrementos iguales de tirante; el paso estándar fija estaciones y busca el tirante en cada una. Un control aguas abajo gobierna el flujo subcrítico y uno aguas arriba el supercrítico.

7.5 Sección de máxima eficiencia

Para un área dada, la sección óptima tiene perímetro mínimo; en todas las formas trapeciales y en la semicircular resulta $R = y/2$. Rectangular: $b = 2y$; trapecio con talud z: $b = 2y\,(\sqrt{1+z^2} - z)$; medio hexágono: $z = 1/\sqrt{3}$; triangular: $z = 1$; semicírculo: $D = 2y$.

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

8.1 Mensajes de los formularios

Mensaje	Qué hacer
n de Manning fuera de rango (0.005 a 0.2…)	Corrija n; el formulario sigue abierto.
Pendiente So fuera de rango ($\lvert S_0\rvert \le 0.5$ m/m)	Corrija S_0.
Para despejar Q o b se necesita So > 0	Q y b salen de Manning, que exige flujo uniforme: con $S_0 \le 0$ no existe. Use $S_0 > 0$.
El ancho b solo se despeja en secciones rectangular y trapecial	Cambie la incógnita o el tipo.
El tirante conocido debe ser menor que D	En el circular, $y < D$.
Q supera la capacidad máxima del conducto	$Q > Q_{máx}$: aumente D o S_0.
La longitud L del tramo debe ser positiva · N tramos debe ser un entero entre 2 y 40	Corrija el tramo de remanso.
Licencia no verificada en esta calculadora	La licencia dejó de valer (por ejemplo, otro equipo): menu **Archivo** → `Licencia`.

8.2 Preguntas frecuentes

¿Por qué aparece «Resultados pendientes» si ya calculé?

Cualquier cambio en los datos deja los resultados pendientes para no mostrar valores de otro caso. Pulse enter en la Sección o la insignia `Calcular`.

¿Por qué no hay curva Q–y ni tirante normal?

Con $S_0 \leq 0$ (canal horizontal o adverso) no existe flujo uniforme. Sí se calculan el estado crítico y el remanso (ejemplo 7, perfil H2).

El perfil dice «Remanso no disponible». ¿Qué reviso?

Un control aguas abajo exige flujo subcrítico ($y \geq y_c$) y uno aguas arriba, supercrítico ($y \leq y_c$). En pendiente fuerte use control crítico aguas arriba (caso OI-4).

¿Por qué el paso directo da otra longitud que el perfil?

Usa la pendiente de fricción media de cada tramo y pierde precisión cerca de y_n. Con más tramos la diferencia baja; el perfil dibujado es el de RK4.

¿Cómo conservo el caso?

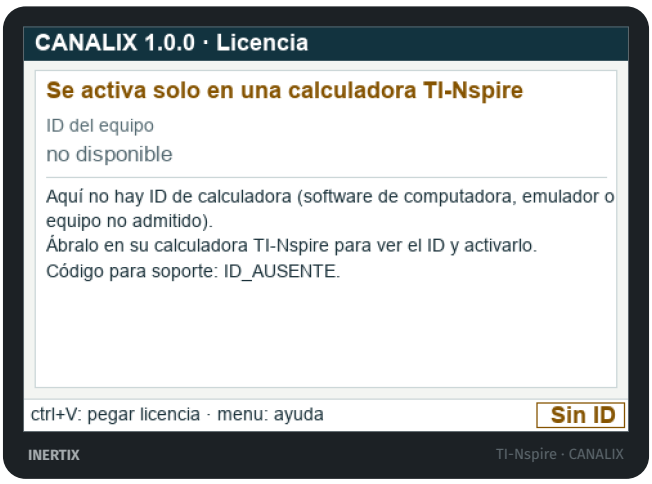
Guarde el documento con ctrl+S. El caso y la licencia pegada quedan en el documento; al abrirlo, los resultados se recalculan con enter.

¿Puedo trabajar en unidades inglesas?

No. CANALIX usa solo el sistema internacional (m, m³/s, $g = 9.81$ m/s²).

¿Funciona en el software de computadora?

Esta edición se activa solo en una calculadora TI-Nspire (CX y CX II); en la computadora muestra la pantalla Licencia y no calcula.



Software de computadora (sin ID de calculadora), tamaño PC.