INERTIX

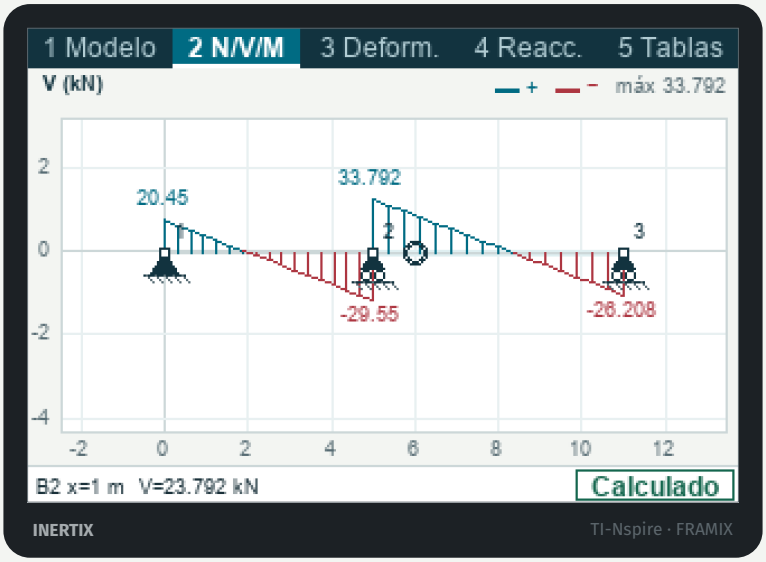
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

FRAMIX

Análisis estructural 2D: vigas, pórticos, armaduras y arcos

Versión 1.0.0 **TI-Nspire** Estructuras · 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 . . . 5

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

4. La interfaz **8**

4.1. Zonas de la pantalla . . . 8

4.2. Menús . . . 9

4.3. Teclas . . . 10

4.4. Formularios y resultados pendientes . . . 11

4.5. Tablas . . . 11

4.6. Ayuda integrada . . . 12

5. Ejemplo guiado **13**

5.1. Enunciado . . . 13

5.2. Datos . . . 13

5.3. Paso a paso . . . 13

5.4. Resultados . . . 19

5.5. Opciones importantes . . . 21

6. Referencia de menús y opciones **27**

6.1. 1 · Archivo . . . 27

6.2. 2 · Modelo . . . 27

6.3. 3 · Apoyos . . . 28

6.4. 4 · Cargas . . . 28

6.5. 5 · Calcular 28
6.6. 6 · Result. 29

7. Fundamento teórico breve **30**
7.1. Rigidez directa 30
7.2. Acciones indirectas 30
7.3. Métodos clásicos 30

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes **30**

1 Presentación y alcance

FRAMIX analiza estructuras planas de barras —vigas continuas, pórticos, armaduras y arcos— en las TI-Nspire CX y CX II. El modelo se arma con nudos y barras, se le asignan apoyos y cargas, y el programa da la deformada, los diagramas de axil, cortante y momento, las reacciones y una tabla completa. Además desarrolla la solución paso a paso por trece métodos de la asignatura de análisis estructural, para comparar el procedimiento propio con el de la calculadora. El motor es el mismo de la versión HP Prime, traducido sin cambios.

1.1 Qué calcula

- Desplazamientos, giros, reacciones y esfuerzos (N, V, M) por el método de rigidez directa.
- Apoyos fijos, móviles e inclinados, empotramientos, guiados, resortes lineales y de giro; rótulas en nudos y en extremos de barra.
- Barras rectas y **barras curvas**: arcos parabólicos y circulares, con inercia constante o $I_c/\cos\varphi$ y con o sin deformación axial.
- Tres tipos de barra recta: **pórtico** (axil y flexión), **armadura** (solo axil, EA/L) y **barra-resorte** entre dos nudos (solo axil, con su rigidez k en lugar de EA/L).
- Cargas en nudos y en barras: puntuales (con ángulo, perpendiculares o axiales), momentos y distribuidas lineales (uniformes, triangulares o trapeciales, totales o parciales) de cinco tipos: perpendicular, vertical por metro de barra, vertical por metro de proyección horizontal, horizontal por metro de proyección vertical y axial.
- Acciones indirectas: temperatura (uniforme y gradiente), error de fabricación, desajuste de montaje y movimientos de apoyo (asentamientos y giros).
- Grado de hiperestaticidad, numeración de grados de libertad y comprobación del equilibrio global.
- Procedimientos por método: matricial de rigidez, restricciones cinemáticas, nudos, secciones, cortes, trabajo virtual, Castigliano, flexibilidades, pendiente-deflexión, Cross, tres momentos, área-momento y doble integración.

1.2 Unidades y convenciones

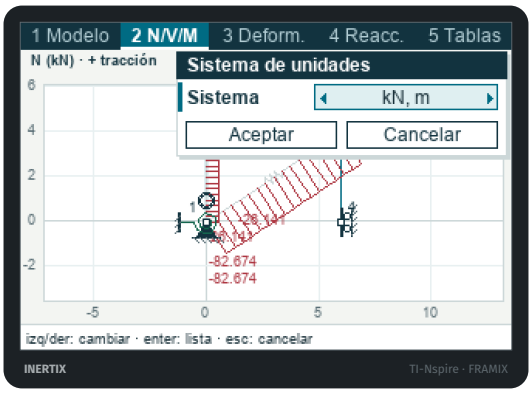
Por defecto FRAMIX trabaja en kN y m. Los convenios de signo no cambian con el sistema de unidades.

Magnitud	Unidad (kN, m) y signo
Longitud, desplazamiento	m; X a la derecha, Y hacia arriba
Giro	rad; antihorario positivo
Fuerza, momento	kN, kN·m; momento en nudo antihorario positivo
Módulo E / área / inercia	kN/m² / m² / m⁴
Temperatura	°C; coeficiente α en 1/°C
Axil N	Tracción positiva
Momento M	Positivo si tracciona la fibra inferior (lado $-y$ local); se dibuja del lado traccionado
Distribuidas	Tipo 1 hacia $-y$ local; 2 y 3 hacia abajo; 5 hacia $+x$; 4 (axial) hacia el nudo j

menu **Modelo** → `Unid.` elige el sistema con el que se **rotulan** formularios, diagramas, tabla y procedimientos: kN, m · N, mm · tf, m · kgf, cm · kip, pie · kip, plg · lb, plg.

Solo etiquetas

Cambiar de sistema **no convierte ningún valor**: escriba de nuevo E, A, I, coordenadas y cargas en el sistema elegido. Los diez ejemplos están en kN y m, y al cargar uno el sistema vuelve a kN, m.



menu **Modelo** → `Unid.`: sistema de etiquetas.

1.3 Límites y fuera de alcance

Fuera de alcance

- Análisis **lineal elástico de primer orden** en el plano: no hay pandeo, efecto P-Δ, dinámica ni plasticidad. FRAMIX analiza; **no diseña** ni verifica secciones según una norma.
- Distribuidas lineales por tramo; no se admiten leyes de carga arbitrarias $q(x)$.
- Hasta 40 nudos, 60 barras, 20 secciones y 8 ranuras de guardado.
- Los métodos manuales solo se ofrecen donde tienen sentido (nudos y secciones para armaduras; tres momentos, área-momento y doble integración para vigas). Cross, pendiente-deflexión y cortes no se aplican a arcos; Cross y pendiente-deflexión tampoco con barras-resorte (suponen barras inextensibles).
- La barra-resorte no admite cargas de barra (puntuales, distribuidas, térmicas, fabricación ni montaje): cargue sus nudos.

2 Instalación

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

Archivo	Uso
`FRAMIX.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

FRAMIX 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
`FRAMIX.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 `FRAMIX.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, FRAMIX 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

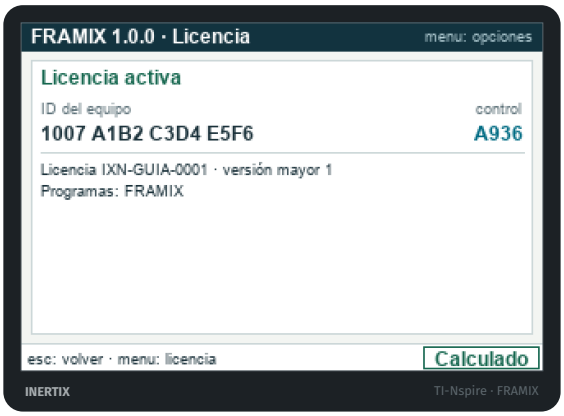
1. Abra `FRAMIX.tns` en la calculadora. Anote el `ID del equipo` completo y el `control` de 4 caracteres que muestra la pantalla `Licencia` (o menu **Licencia** → `Copiar ID`).
2. Envíe ambos con su pedido por WhatsApp, por el mismo chat donde compró.
3. Copie el `INERTIX_LICENCIA.tns` recibido a la calculadora (sección anterior), ábralo y pulse enter: aparece `Licencia copiada`.
4. Abra `FRAMIX.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.

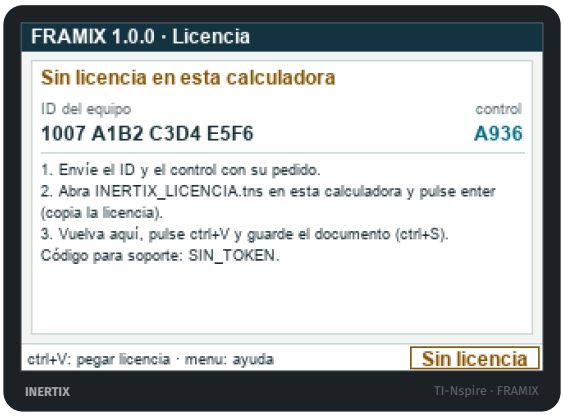
3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

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.

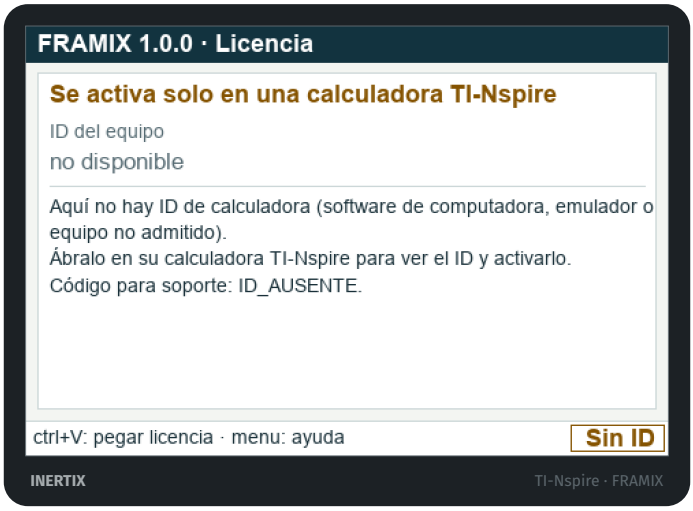
Salvo `Licencia activa`, cada mensaje muestra un `Código para soporte`. En la pantalla Licencia, menu **Ayuda** → `Soporte` reúne programa, ID, control, estado y código para enviarlos.



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



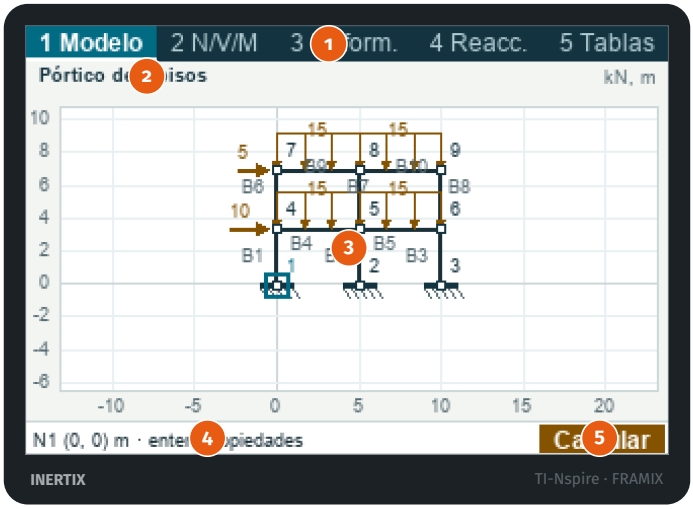
Sin licencia: solo la pantalla Licencia.



En el software de computadora: «Se activa solo en una calculadora TI-Nspire».

4 La interfaz

4.1 Zonas de la pantalla



Zona	Uso
1 Pestañas	`1 Modelo`, `2 N/V/M`, `3 Deform.`, `4 Reacc.`, `5 Tablas`: vistas del mismo caso. Se eligen con la cifra, con tab o con un clic.
2 Cabecera	Nombre del caso y unidades; en resultados, la leyenda y el máximo.
3 Dibujo	Modelo a escala $x = y$ con nudos, barras, apoyos y cargas; el objeto elegido se resalta.
4 Barra inferior	Datos del objeto elegido o lectura del cursor.
5 Insignia	`Calcular` (resultados pendientes; un clic resuelve) o `Calculado`.
Menú	menu abre Archivo, Modelo, Apoyos, Cargas, Calcular y Result., las mismas categorías de la versión HP. No hay `Salir`: el documento se cierra desde el sistema.

4.2 Menús

Las seis categorías del menú.



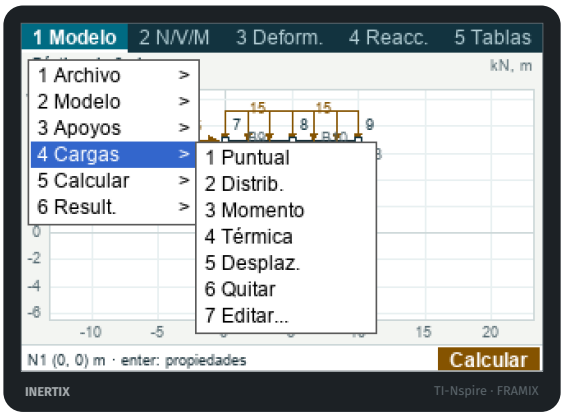
1 Archivo.



2 Modelo.



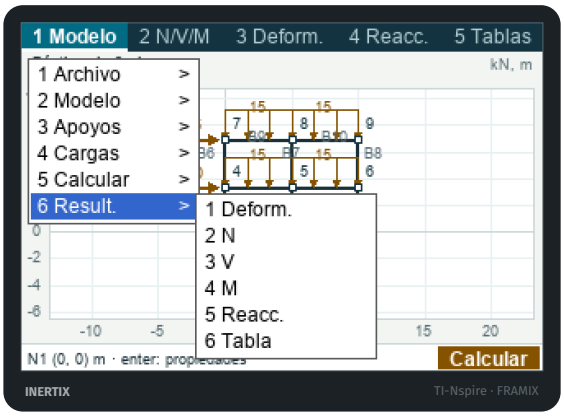
3 Apoyos.



4 Cargas.



5 Calcular.

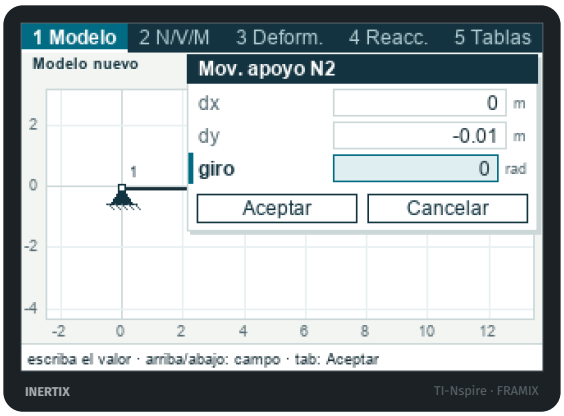


6 Result.

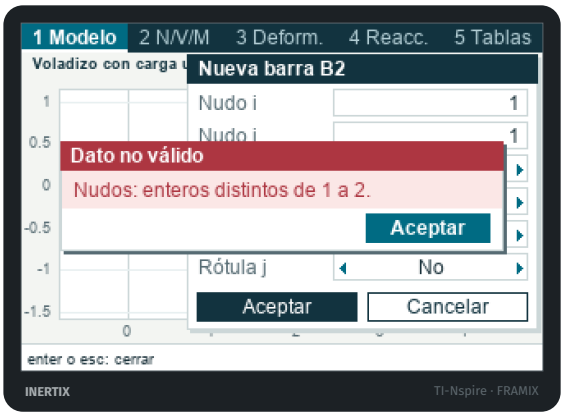
4.3 Teclas

Control	Dónde	Acción
menu	Siempre	Abre las órdenes.
1 a 5, tab	Vista principal	Cambian de pestaña. Si los resultados están pendientes, pregunta si calcula.
flechas	Modelo	Recorren nudos o barras (el tipo elegido).
n / b	Modelo	Lista de nudos / barras; la cifra elige.
clic	Modelo	Elige nudo o barra; un arco se elige tocando su curva.
enter	Modelo	Abre las propiedades del objeto elegido.
del	Modelo	Borra el objeto elegido (con confirmación).
m	Modelo	Mueve el nudo elegido por la rejilla; enter o esc termina.
+ − f	Dibujos	Acercan, alejan y encuadran.
◄ ►	N/V/M	Mueven el cursor por la barra; ▲ ▼ cambian de barra; e va al extremo.
enter	N/V/M	Abre la gráfica de la barra con su cursor; esc vuelve a la estructura.
flechas, enter	Deform., Reacc.	Eligen nudo (la barra inferior da sus valores); enter abre la tabla de resultados.
t	Tablas	Elige la tabla.
esc	—	Cierra formularios, listas, avisos y documentos.

4.4 Formularios y resultados pendientes



Formulario flotante con unidades.



Dato no válido: el aviso explica el motivo.

- **Formularios.** Aparecen a la derecha, sin tapar el dibujo. ▲ ▼ cambian de campo. Al teclear se reemplaza el valor (se admiten `+ − × ÷ ( ) ^ E`) y enter lo confirma y pasa al campo siguiente. En un campo de opciones, la cifra elige la opción, ◀ ▶ la cambian y enter abre la lista. tab lleva a `Aceptar`; esc deshace la celda y 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-6).
- **Resultados pendientes.** Cualquier cambio de datos deja la insignia en `Calcular`. Las vistas de resultados preguntan si calcula; con `No` el caso se conserva tal cual. Recorrer diagramas, deformada o reacciones no recalcula ni cambia el caso.

4.5 Tablas

La vista `5 Tablas` muestra y edita el mismo modelo en seis tablas: nudos, barras, secciones, apoyos, cargas nodales y cargas de barra. t elige la tabla; flechas recorren las celdas; enter edita; clear reemplaza; esc deshace; + agrega una fila o una carga; del pide confirmación para quitar. Un valor rechazado no se aplica. Las tablas son propias de la versión TI-Nspire: en la HP Prime el mismo modelo se edita con los formularios de nudo, barra y carga.



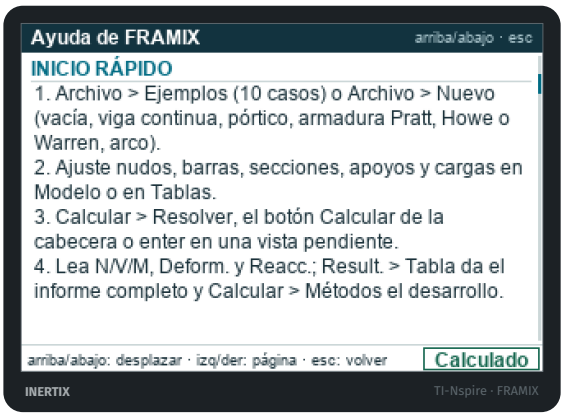
Tabla de barras: nudos, sección, tipo, rótulas y eje (recto o arco).

4.6 Ayuda integrada

menu **Archivo** → `Ayuda` resume el programa por apartados (presentación, inicio rápido, vistas y teclas, modelo, arcos, apoyos, cargas, tablas, formularios, resultados y gráficas, cálculo y procedimientos, guardado y avisos) y `ACERCA DE`. ▲ ▼ desplazan, ◄ ► pasan de página y esc vuelve al caso sin cambiarlo.



Primera página.

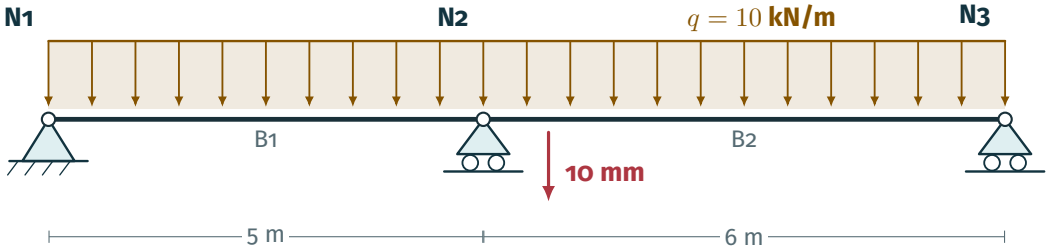


Página siguiente.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Calcular los **diagramas de cortante y momento**, las **reacciones** y la **deformada** de la viga continua de acero de la figura: dos tramos de 5 y 6 m, apoyo fijo en N1 y apoyos móviles en N2 y N3, carga uniforme de 10 kN/m en toda la longitud y un **asentamiento de 10 mm** del apoyo central N2. Comprobar el momento en N2 con la ecuación de los tres momentos.



5.2 Datos

Nudo	X (m)	Y (m)	Apoyo
N1	0	0	Fijo (R_x, R_y)
N2	5	0	Móvil (R_y); $d_y = -0.01$ m
N3	11	0	Móvil (R_y)

Barra	Nudos	L (m)	Carga
B1	N1–N2	5	10 kN/m vertical
B2	N2–N3	6	10 kN/m vertical

Sección y material	Valor	Observación
Módulo E	2×10^8 kN/m²	Acero; sección S1 (la de fábrica)
Área A	0.02 m²	
Inercia I	8×10^{-5} m⁴	$EI = 16\,000$ kN·m²

> **Nota**
> Es el mismo ejemplo de la guía HP Prime, con el mismo orden de 17 pasos. La única diferencia de operación está en el paso 3: en la HP los tramos se dibujan con el cursor sobre la rejilla; en la TI-Nspire los nudos y las barras se crean con menu **Modelo** → `Nudo` y menu **Modelo** → `Barra`, escribiendo coordenadas y nudos.

5.3 Paso a paso

En cada paso, la fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior. Una ruta como menu **Archivo** → `Nuevo` significa: menu, la categoría y la orden.

1 Crear un modelo vacío con rejilla de 1 m



TECLAS

menu **Archivo** → Nuevo 1 ▼×2 1 enter 1 enter

menu **Archivo** → Nuevo abre el formulario de plantillas. La cifra 1 elige Vacía; en un modelo vacío, Luz y Altura son el paso de la rejilla. **Nuevo reemplaza el caso actual.**

✔ **Debe verse:** Formulario «Nuevo modelo»: Tipo = Vacía, Luz = 1 m, Altura = 1 m

2 Aceptar: modelo vacío



TECLAS

tab enter

tab lleva a Aceptar y enter crea el modelo vacío.

✔ **Debe verse:** Lienzo vacío: «Modelo vacío · menu > Modelo > Nudo»

3 Crear los tres nudos y los dos tramos



TECLAS

menu **Modelo** → Nudo 0 enter 0 enter tab enter

menu **Modelo** → Nudo 5 enter 0 enter tab enter

menu **Modelo** → Nudo 1 ×2 enter 0 enter tab

enter menu **Modelo** → Barra 1 enter 2 enter tab

enter menu **Modelo** → Barra 2 enter 3 enter tab

enter f

menu **Modelo** → Nudo pide X e Y del nudo nuevo: N1 en (0, 0), N2 en (5, 0) y N3 en (11, 0).
menu **Modelo** → Barra pide los nudos i y j: B1 de N1 a N2 y B2 de N2 a N3, con la sección S1. f encuadra.

✔ **Debe verse:** Viga de 11 m: nudos 1, 2 y 3 en x = 0, 5 y 11 m; barras B1 y B2

4 Revisar la sección y el material



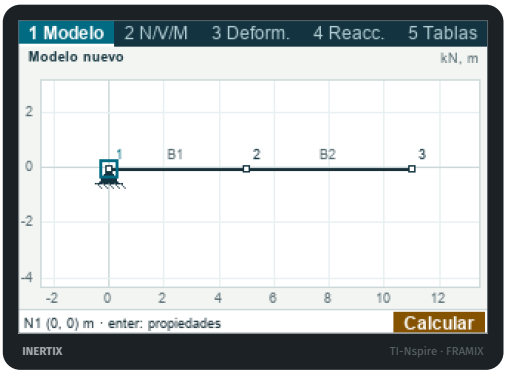
TECLAS

menu **Modelo** → `Sección`

menu **Modelo** → `Sección` muestra S1: acero con $E = 2 \times 10^8$ kN/m^2, $A = 0.02$ m^2 e $I = 8 \times 10^{-5}$ m^4. No hace falta cambiar nada.

✔ **Debe verse:** Formulario «Sección y material»: S1, E = 2E8 kN/m^2, A = 0.02 m^2, I = 8E-5 m^4

5 Apoyo fijo en N1



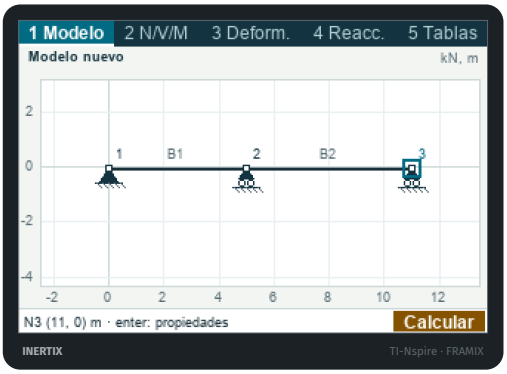
TECLAS

esc n 1 menu **Apoyos** → `Fijo` tab enter

esc cierra la sección sin cambios. n 1 elige N1 y menu **Apoyos** → `Fijo` abre el apoyo; tab enter lo acepta.

✔ **Debe verse:** Apoyo fijo bajo N1

6 Apoyos móviles en N2 y N3



TECLAS

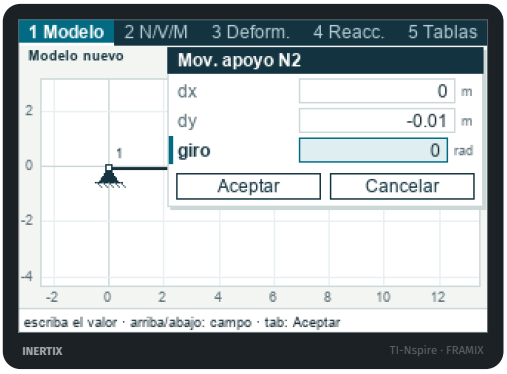
n 2 menu **Apoyos** → `Móvil` tab enter n 3

menu **Apoyos** → `Móvil` tab enter

Lo mismo con menu **Apoyos** → `Móvil` en N2 y en N3 (superficie horizontal, ángulo 0°).

✔ **Debe verse:** Rodillos bajo N2 y N3

7 Asentamiento de 10 mm en N2



TECLAS

`n` `2` `menu` **Cargas** → `Desplaz.` `3` `▼` `-` `0` `.` `0` `1` `enter`

Con N2 elegido, `menu` **Cargas** → `Desplaz.` y la opción `3` `Movimiento de apoyo (nudo)`. En d_y escriba `-0.01` (negativo: baja).

✔ **Debe verse:** Formulario «Mov. apoyo N2»: dx = 0, dy = −0.01 m, giro = 0

8 Aceptar y abrir la carga distribuida de B1



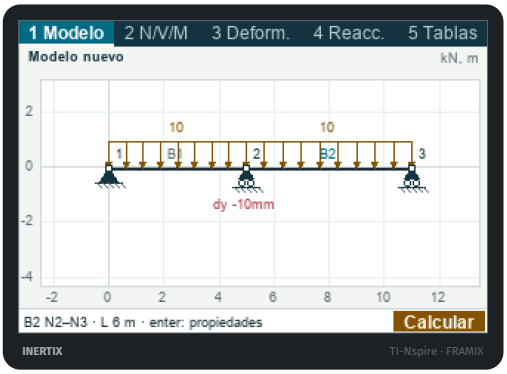
TECLAS

`tab` `enter` `b` `1` `menu` **Cargas** → `Distrib.` `2` `▼` `1` `0` `enter` `1` `0` `enter`

Acepte el movimiento. `b` `1` elige B1; `menu` **Cargas** → `Distrib.`: tipo `2` `Vertical`, w inicial y final 10 kN/m; $x_1 = 0$ y $x_2 = 5$ m ya cubren toda la barra.

✔ **Debe verse:** Formulario «Carga distribuida en B1»: tipo 2 Vertical, w = 10 y 10 kN/m, x1 = 0, x2 = 5 m

9 Aceptar y repetir la carga en B2



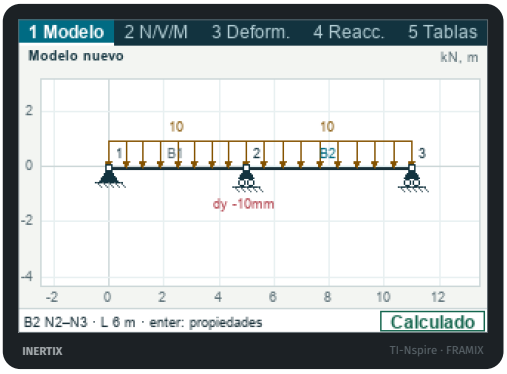
TECLAS

`tab` `enter` `b` `2` `menu` **Cargas** → `Distrib.` `2` `▼` `1` `0` `enter` `1` `0` `enter` `tab` `enter`

Acepte y repita en B2 (tramo de 6 m).

✔ **Debe verse:** Carga de 10 kN/m sobre los dos tramos

10 Resolver



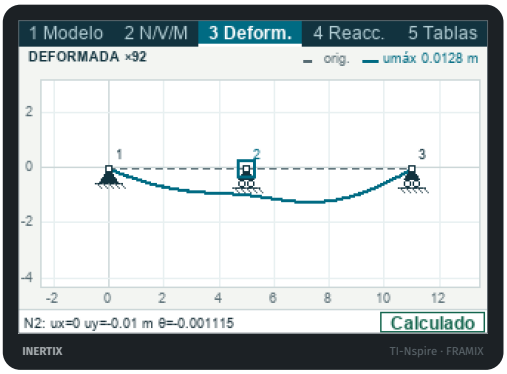
TECLAS

menu **Calcular** → `Resolver`

menu **Calcular** → `Resolver`. La insignia pasa a `Calculado`.

✔ **Debe verse:** Cabecera «Calculado»; reacciones Ry = 20.450, 63.342 y 26.208 kN

11 Ver la deformada



TECLAS

menu **Result.** → `Deform.`

menu **Result.** → `Deform.`: el original en gris y la elástica amplificada; la cabecera da el factor de amplificación y el desplazamiento máximo real (0.01 m, el asentamiento).

✔ **Debe verse:** Deformada amplificada con el descenso de N2

12 Ver los cortantes y recorrer B2



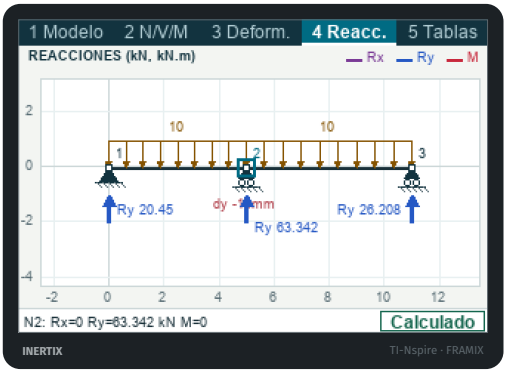
TECLAS

menu **Result.** → `V` ▼ ▶ ×40

menu **Result.** → `V`; ▼ pasa a B2 y ▶ mueve el cursor; la barra inferior da x y V. Salto de cortante en N2: -29.55 a 33.792 kN, igual a la reacción $R_{y2} = 63.342$ kN.

✔ **Debe verse:** Diagrama V con máx. 33.792 kN; barra de estado «B2 x=1 m V=23.792 kN»

13 Ver las reacciones



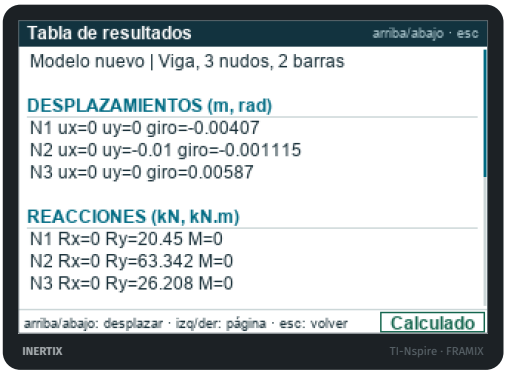
TECLAS

menu **Result.** → `Reacc.`

menu **Result.** → `Reacc.`: flechas con su valor. Las flechas del teclado eligen el nudo; la barra inferior da R_x, R_y y M.

✔ **Debe verse:** Reacciones con flechas; barra de estado «N2: Rx=0 Ry=63.34…»

14 Abrir la tabla de resultados



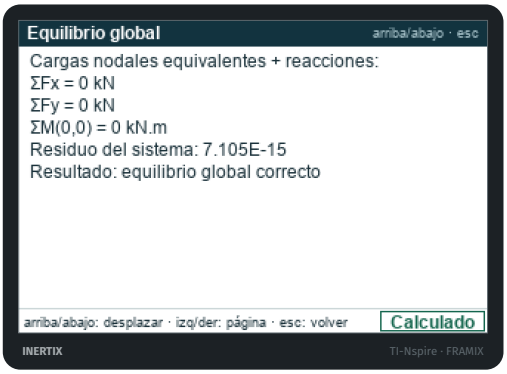
TECLAS

menu **Result.** → `Tabla`

menu **Result.** → `Tabla`: desplazamientos, reacciones y fuerzas de extremo de cada barra.

✔ **Debe verse:** Documento «Tabla de resultados»: desplazamientos, reacciones y esfuerzos por barra

15 Comprobar el equilibrio global



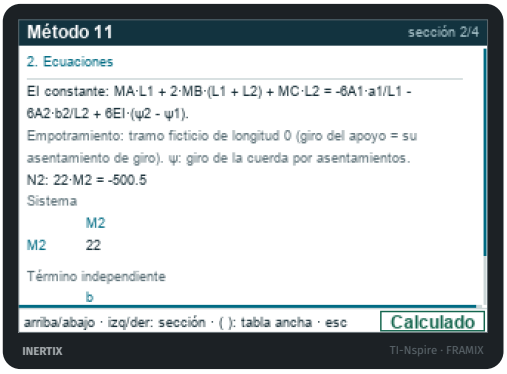
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Equilibr.`

esc y menu **Calcular** → `Equilibr.`: ΣF_x, ΣF_y y ΣM prácticamente nulos.

✔ **Debe verse:** ΣFx, ΣFy y ΣM ≈ 0

16 Tres momentos: la ecuación del apoyo N2



TECLAS

esc menu **Calcular** → Métodos ▼ ×10 enter ▶

esc, menu **Calcular** → Métodos y Tres momentos (posición 11). ▶ pasa a la sección 2: la ecuación de Clapeyron en N2 con el término del asentamiento, $22\,M_2 = -500.5$.

✔ **Debe verse:** Método 11 «Tres momentos», sección 2: ecuación en el apoyo N2

17 Tres momentos: momento en el apoyo



TECLAS

▶

▶ otra vez: $M_2 = -22.75$ kN·m, igual al resultado matricial.

✔ **Debe verse:** Sección siguiente: momento en el apoyo N2 y comparación con Matricial

5.4 Resultados

FRAMIX coincide con la referencia

Las reacciones coinciden sin redondear con la referencia y con la versión HP Prime; $M_2 = -22.750$ kN·m por matricial y por tres momentos.

Magnitud	Referencia	HP Prime	TI-Nspire	Estado
Reacción R_y en N1	20.450 kN	20.450 kN	20.450 kN	Coincide
Reacción R_y en N2	63.342 kN	63.342 kN	63.342 kN	Coincide
Reacción R_y en N3	26.208 kN	26.208 kN	26.208 kN	Coincide
Momento en el apoyo N2, M_2	-22.750	-22.750	-22.750	kN·m
M máx. en B1	20.911 ($x = 2.045$)	20.911	20.910 ($x = 2.042$)	kN·m; TI: punto de la gráfica
M máx. en B2	34.344 ($x = 3.379$)	34.344	34.342 ($x = 3.400$)	kN·m; TI: punto de la gráfica

Signos: M positivo tracciona la fibra inferior; $+Y$ hacia arriba; giros antihorarios positivos. Referencia: reacciones de *EJEMPLOS_ORIGEN* y comprobación a mano. En la TI-Nspire las reacciones coinciden sin redondear

(20.45, 63.341666…, 26.208333…); los máximos de la gráfica se leen en 120 puntos por barra, por eso difieren en la tercera cifra decimal del máximo exacto ($V = 0$).

Comprobación a mano

$$M_1 L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3 L_2 = -\frac{qL_1^3}{4} - \frac{qL_2^3}{4} + 6EI\left(\frac{\Delta}{L_1} + \frac{\Delta}{L_2}\right)$$

$$2M_2\,(5+6) = -\frac{10\cdot 125}{4} - \frac{10\cdot 216}{4} + 6\cdot 16\,000\left(\frac{0.01}{5} + \frac{0.01}{6}\right)$$

$$22\,M_2 = -852.5 + 352 = -500.5 \;\Rightarrow\; M_2 = -22.75 \text{ kN·m}$$

$$R_1 = \frac{qL_1}{2} + \frac{M_2}{L_1} = 25 - 4.55 = 20.45 \text{ kN}$$

$$R_3 = \frac{qL_2}{2} + \frac{M_2}{L_2} = 30 - 3.792 = 26.208 \text{ kN}$$

$$R_2 = 10\cdot 11 - R_1 - R_3 = 63.342 \text{ kN}$$

Donde: $M_1 = M_3 = 0$ (extremos articulados), $\Delta = 0.01$ m (descenso de N2).

5.5 Opciones importantes

Siete casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca. Los tres primeros son los ejemplos cortos de la guía HP, con las mismas cifras.

5.5.1 OI-1 · Pórtico con resorte de giro

Objetivo. Combinar apoyos rígidos y elásticos. **Datos.** menu **Archivo** → `Ejemplos`, caso 4: pórtico de 4 m de altura y 6 m de luz; N1 fijo con resorte de giro de 20 000 kN·m/rad; N4 guiado; $H = 8$ kN en N2 y $q = 12$ kN/m en la viga (sección S2 de hormigón).

1. **Cargar el ejemplo 4.** La cifra 4 elige el ejemplo en la lista; los resultados quedan pendientes.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 4
2. **Resolver y ver momentos.** Resuelva y abra el diagrama de momentos.
   menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `M`
3. **Reacciones.** menu **Result.** → `Reacc.`: el resorte toma 83.806 kN·m.
   menu **Result.** → `Reacc.`

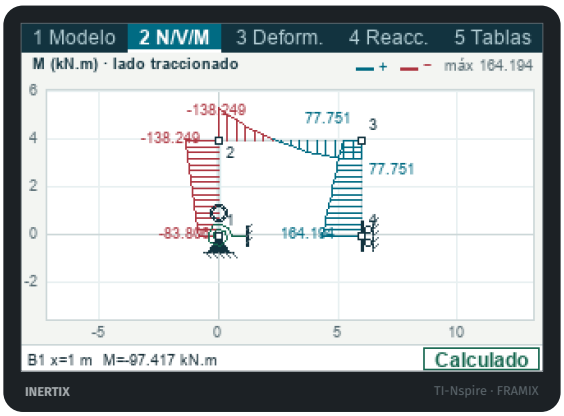
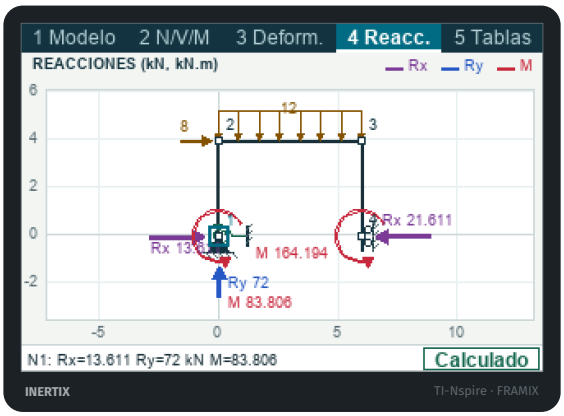


Diagrama de momentos.



Reacciones.

Apoyo	Reacciones (HP = TI)
N1 (fijo + resorte)	$R_x = 13.611$ kN, $R_y = 72.000$ kN, $M = 83.806$ kN·m
N4 (guiado)	$R_x = -21.611$ kN, $M = 164.194$ kN·m

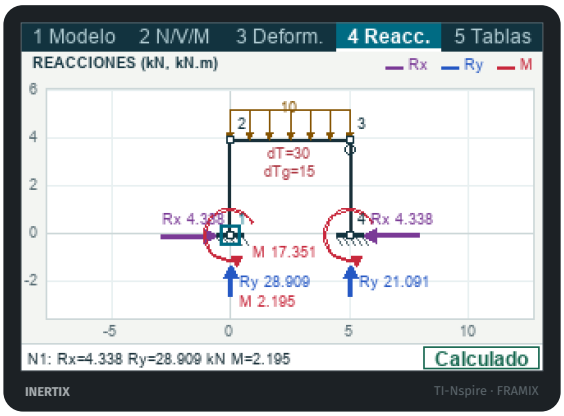
5.5.2 OI-2 · Pórtico con rótula y térmica

Objetivo. Rótulas y acciones térmicas. **Datos.** Caso 5: pórtico biempotrado de 4 × 5 m con rótula en N3, $q = 10$ kN/m en la viga y, en la misma barra, $\Delta T = 30$ °C uniforme y gradiente de 15 °C (menu **Cargas** → `Térmica`).

1. **Cargar el ejemplo 5.** Cargue el caso 5.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 5
2. **Resolver y ver momentos.** Resuelva: el momento es nulo en la rótula N3.
   menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `M`
3. **Reacciones.** Reacciones en los empotramientos.
   menu **Result.** → `Reacc.`



Momento nulo en la rótula N3.



Reacciones.

Apoyo	Reacciones (HP = TI)
N1 (empotrado)	$R_x = 4.338$ kN, $R_y = 28.909$ kN, $M = 2.195$ kN·m
N4 (empotrado)	$R_x = -4.338$ kN, $R_y = 21.091$ kN, $M = 17.351$ kN·m

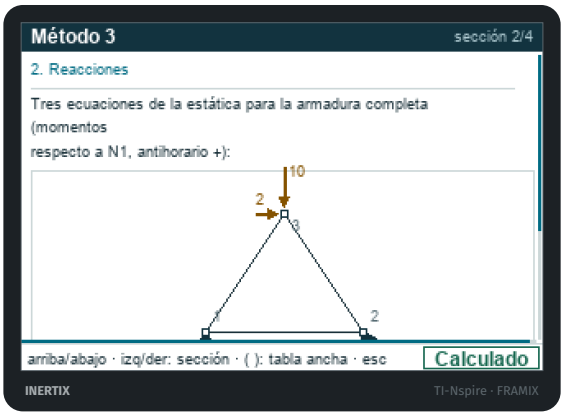
5.5.3 OI-3 · Armadura con apoyo inclinado

Objetivo. Armaduras, apoyo sobre plano inclinado y método de los nudos. **Datos.** Caso 6: armadura triangular de 4 m de luz y 3 m de altura; fijo en N1, móvil sobre un plano a 30° en N2 y carga $(2, -10)$ kN en N3.

1. **Cargar el ejemplo 6.** Cargue el caso 6.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 6
2. **Resolver y ver axiles.** Resuelva y vea los axiles: tracción en azul, compresión en rojo.
   menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `N`
3. **Reacciones.** Reacciones: la de N2 es normal al plano inclinado.
   menu **Result.** → `Reacc.`
4. **Método de los nudos.** menu **Calcular** → `Métodos`, 3: `Método de los nudos`.
   menu **Calcular** → `Métodos` 3
5. **Sección 2: reacciones.** ▶ recorre las secciones; la 2 plantea la estática de la armadura completa.
   ▶



Axiles.



Método de los nudos, sección 2.

Resultado	HP = TI
N1 (fijo)	$R_x = 1.753$ kN, $R_y = 3.500$ kN
N2 (móvil a 30°)	$R_x = -3.753$ kN, $R_y = 6.500$ kN (normal al plano)
Axiles	B1 $= -4.206$ kN, B2 $= -7.812$ kN, B3 $= +0.581$ kN

5.5.4 OI-4 · Arco parabólico biarticulado

Objetivo. Barras curvas: empuje del arco y momento pequeño frente a una viga de la misma luz. **Datos.** Caso 8: arco parabólico biarticulado de 20 m de luz y 4 m de flecha, $q = 10$ kN/m por metro de proyección horizontal y una carga vertical de 40 kN a 5 m del arranque izquierdo.

1. **Cargar el ejemplo 8.** Cargue el caso 8.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 8
2. **Resolver y ver momentos.** Resuelva y vea M sobre el eje curvo: el máximo (66.504 kN·m) aparece bajo la carga puntual.

   menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `M`
3. **Ver los axiles.** menu **Result.** → `N`: compresión en todo el arco, entre 152.3 kN en la clave y 200.6 kN en el arranque izquierdo.

   menu **Result.** → `N`
4. **Reacciones: empuje horizontal.** Reacciones: R_x iguales y opuestas (empuje).

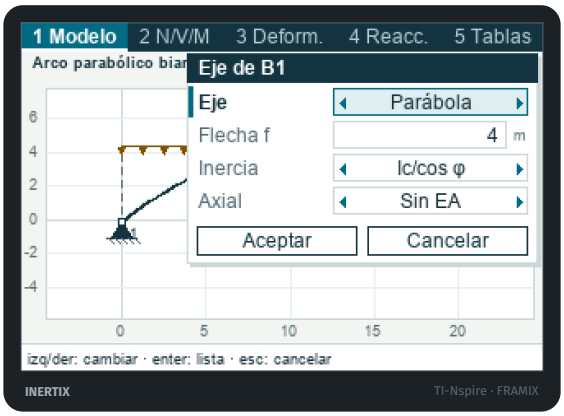
   menu **Result.** → `Reacc.`
5. **Eje de una barra: Modelo > Arco.** En Modelo, b 1 elige B1 y menu **Modelo** → `Arco` muestra su eje: Parábola, flecha, inercia y axial.

   1 b 1 menu **Modelo** → `Arco`
6. **Cancelar sin cambiar el caso.** esc cancela: el caso sigue calculado.

   esc



Momentos en el arco.



Eje de la barra: Modelo > Arco.

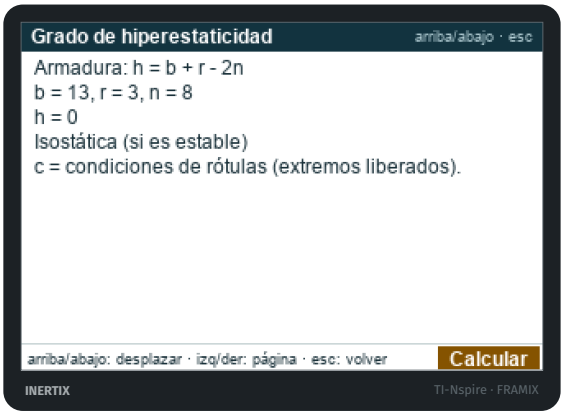
Resultado	TI-Nspire
Arranque izquierdo N1	$R_x = 152.832$ kN, $R_y = 130.000$ kN
Arranque derecho	$R_x = -152.832$ kN, $R_y = 110.000$ kN
Momentos rotulados	$+66.504$ y -33.496 kN·m (mismos rótulos que la HP Prime)
Axiles rotulados	-200.552 (arranque N1) y -152.322 kN (clave)

Lectura. $\Sigma R_y = 240$ kN $= 10 \cdot 20 + 40$. Una viga biapoyada de 20 m con la misma carga tendría $M_{\text{máx}} = 605$ kN·m (en $x = 9$ m); el empuje de 152.8 kN reduce el momento a la novena parte. Con menu **Archivo** → `Nuevo`, tipo `Arco`, se generan arcos biarticulados, biempotrados o triarticulados; en un arco, la x de las cargas se mide en proyección horizontal desde el nudo i, y mover un nudo rehace el arco con la misma flecha.

5.5.5 OI-5 · Plantilla Pratt: grado, método de las secciones y ranura

Objetivo. Plantillas de armadura, grado de hiperestaticidad, otro método clásico y ranuras de guardado. **Datos.** menu **Archivo** → `Nuevo`, tipo `Arm. Pratt` con los valores de la plantilla: 3 paneles de 5 m, altura 3 m y cargas de 10 kN.

1. **Archivo > Nuevo: armadura Pratt.** La cifra 4 elige `Arm. Pratt`.
   menu **Archivo** → `Nuevo` 4
2. **Aceptar la plantilla.** Acepte: armadura de 8 nudos y 13 barras con sus apoyos.
   tab enter
3. **Grado de indeterminación.** menu **Calcular** → `Grado`: $h = b + r - 2n = 13 + 3 - 16 = 0$, isostática.
   menu **Calcular** → `Grado`
4. **Resolver y ver axiles.** Resuelva y vea N: cordón superior comprimido (-16.667 kN), diagonales en tracción (19.437 kN).
   esc menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `N`
5. **Método de las secciones.** menu **Calcular** → `Métodos`, 4: `Método de las secciones`.
   menu **Calcular** → `Métodos` 4
6. **Guardar en la ranura 1.** menu **Archivo** → `Guardar` y la cifra 1 guardan el modelo en la ranura 1.
   esc *(se anota el modelo para comprobar)* menu **Archivo** → `Guardar` 1
7. **Cargar otro ejemplo y abrir la ranura 1.** Cargue otro ejemplo y menu **Archivo** → `Abrir`, ranura 1: vuelve la armadura, con resultados pendientes.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 menu **Archivo** → `Abrir` 1



Grado de hiperestaticidad.



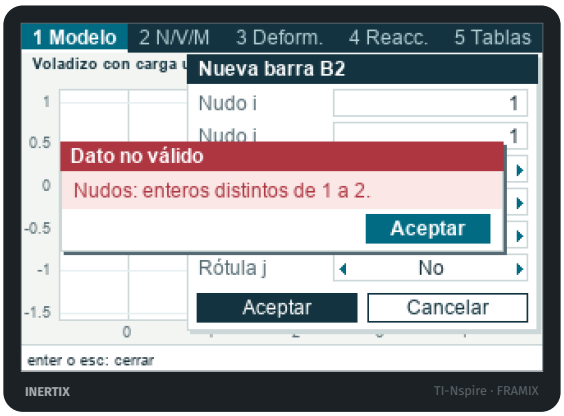
Axiles de la armadura Pratt.

Lectura. Las ocho ranuras viven dentro del documento: se conservan al guardarlo (ctrl+S).

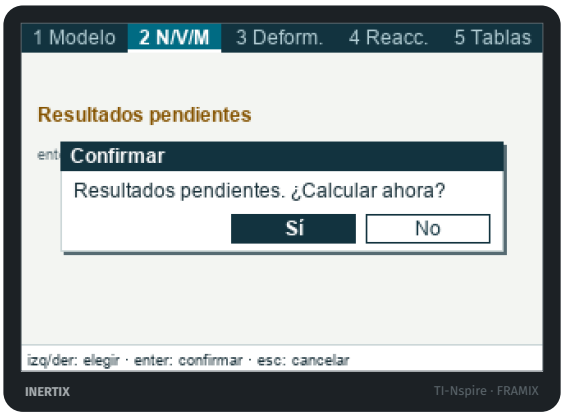
5.5.6 OI-6 · Errores y avisos

Objetivo. Ver qué protege el caso. **Datos.** Caso 1 (voladizo, $q = 3$ kN/m, $L = 4$ m) calculado.

1. **Partir del ejemplo 1 calculado.** Cargue el caso 1 y resuelva.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Barra con el mismo nudo en sus dos extremos.** menu **Modelo** → `Barra` con nudo i = nudo j = 1: aviso «Nudos: enteros distintos de 1 a 2.»
   (se anota el caso) menu **Modelo** → `Barra` 1 enter 1 enter tab enter
3. **Cerrar el aviso y cancelar.** enter cierra el aviso y esc cancela: el caso queda intacto y calculado.
   enter esc
4. **Cambiar un dato deja resultados pendientes.** Agregue $P = 5$ kN hacia abajo (270°) en N2 y pida V: «Resultados pendientes. ¿Calcular ahora?»
   n 2 menu **Cargas** → `Puntual` 5 enter tab enter menu **Result.** → `V`
5. **Responder Sí: calcula y muestra V.** enter (Sí) calcula y dibuja V con el caso nuevo.
   enter
6. **Guardar y reabrir el documento.** Guarde el documento (ctrl+S) y ábralo: los datos son los mismos y los resultados quedan pendientes.



Dato no válido.



Resultados pendientes: pregunta si calcula.

Lectura. En TI-Nspire no existe el corte con la tecla ON de la HP Prime: no hay aviso de cálculo interrumpido.

5.5.7 OI-7 · Barra-resorte: riostra elástica

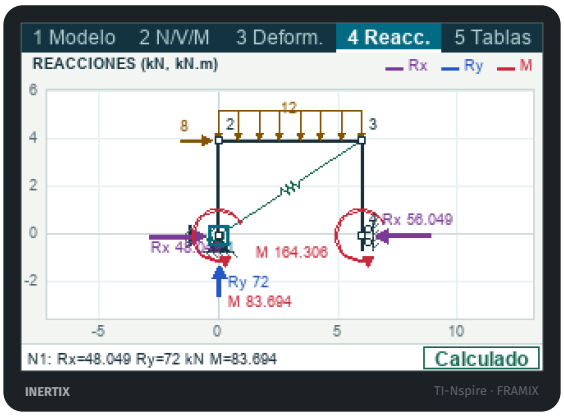
Objetivo. Unir dos nudos con un resorte axial. **Datos.** El pórtico del OI-1 (caso 4) con una riostra diagonal N1–N3 de rigidez $k = 20\,000$ kN/m.

1. **Cargar el ejemplo 4.** Cargue el caso 4.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 4
2. **Modelo > Barra: nudos 1 y 3.** menu **Modelo** → `Barra`: nudo i 1, nudo j 3 y ▼ hasta `Tipo`.
   menu **Modelo** → `Barra` 1 enter 3 enter ▼
3. **Tipo: Resorte.** ▶ dos veces: `Resorte`. El formulario cambia: ya no pide sección ni rótulas, pide k.
   ▶×2
4. **k = 20000 kN/m y aceptar.** Escriba k y acepte: B4 se dibuja en zigzag, como el resorte de un apoyo, y los resultados quedan pendientes.
   ▲ 2 0×4 enter tab enter

5. **Resolver y ver reacciones.** Resuelva y vea las reacciones.
   menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `Reacc.`
6. **Axiles: la riostra trabaja.** menu **Result.** → `N`: la riostra trabaja a compresión.
   menu **Result.** → `N`
7. **Métodos: pendiente-deflexión no se aplica.** menu **Calcular** → `Métodos`, 9: pendiente-deflexión no se aplica con barras-resorte.
   menu **Calcular** → `Métodos` 9
8. **Flexibilidades, sección 4.** Flexibilidades, sección 4: la barra-resorte aporta solo $1/k$.
   enter esc menu **Calcular** → `Métodos` 8 ▶ ×3



Tipo Resorte: el formulario pide k.



Reacciones con la riostra elástica.

Resultado	Sin riostra (OI-1)	Con riostra (HP = TI)
N1 (fijo + resorte de giro)	$R_x = 13.611$, $M = 83.806$	$R_x = 48.049$, $M = 83.694$
N4 (guiado)	$R_x = -21.611$, $M = 164.194$	$R_x = -56.049$, $M = 164.306$
B4 (barra-resorte)	—	$N = -82.674$ kN; $\Delta = N/k = -4.134$ mm

Lectura. $R_y = 72$ kN en N1 en los dos casos ($q\,L = 12 \cdot 6$) y $\Sigma R_x = -8$ kN equilibra H. El guiado de N4 deja libre el movimiento vertical: sin riostra, la viga trabaja en voladizo desde N2; con ella, parte de la carga baja por la diagonal comprimida. Con $k = EA/L$ la barra-resorte da lo mismo que una barra de armadura de esa sección. En menu **Modelo** → `Tablas`, tabla de barras, la columna k se edita solo en las barras-resorte.

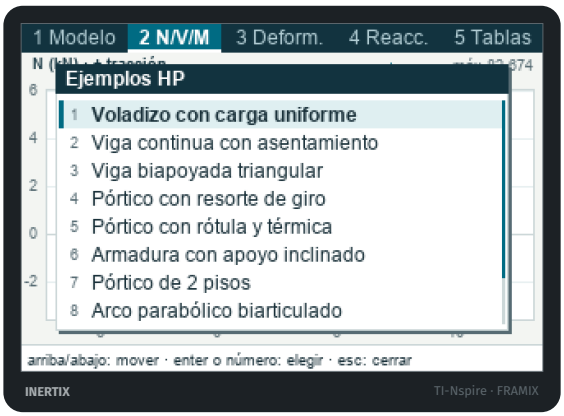
6 Referencia de menús y opciones

6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Plantillas: Vacía, Viga continua, Pórtico, Arm. Pratt, Arm. Howe, Arm. Warren y Arco, con vanos, luz, altura, pisos y carga (Arco: eje, apoyos, luz, flecha y carga). En `Vacía`, luz y altura son el paso de la rejilla.
Abrir / Guardar	Ocho ranuras del documento; cada una conserva su sistema de unidades.
Ejemplos	Diez casos: voladizo, viga continua con asentamiento, viga biapoyada triangular, pórtico con resorte de giro, pórtico con rótula y térmica, armadura con apoyo inclinado, pórtico de 2 pisos, arco parabólico biarticulado, arco circular biempotrado y arco triarticulado.
Ayuda	Ayuda integrada y Acerca de.
Licencia	Estado de la licencia, ID del equipo y control para soporte; esc vuelve al caso.



Nuevo: formulario de plantilla.



Ejemplos: sustituyen el modelo.

6.2 2 · Modelo

Orden	Qué hace
Selec.	Lista de nudos o de barras. Nudo: X, Y, apoyo, rótula y cargas F_x, F_y, M_z. Barra: nudos i y j, sección, tipo (pórtico, armadura o resorte) y rótulas en los extremos. Con Tipo `Resorte` el formulario pide solo k (kN/m) en lugar de sección y rótulas.
Nudo · Barra	Agregan un nudo (coordenadas) o una barra (nudos i y j).
Arco	Eje de la barra elegida: Recto, Parábola o Circular, flecha, inercia y axial.
Borrar	Borra el objeto elegido (un nudo, con sus barras, apoyos y cargas).
Sección	Hasta 20 secciones: E, A, I, canto h y α; tipo de las barras nuevas.
Rejilla	Paso de movimiento en X y en Y.
Unid.	Sistema de unidades de las etiquetas (solo rótulos).
Tablas	Elige la tabla de la vista 5.
Mover	Mueve el nudo elegido por la rejilla.
Vista…	Encuadrar, acercar, alejar y desplazar el dibujo.

6.3 3 · Apoyos

Orden	Qué hace
Fijo	Impide los dos desplazamientos.
Móvil	Impide el desplazamiento normal a una superficie de ángulo dado (0° = rodillo horizontal).
Empotr.	Impide desplazamientos y giro.
Guiado	Impide el giro y el desplazamiento normal a una guía de ángulo dado.
Resorte	Resorte lineal de rigidez k en la dirección del ángulo.
R. giro	Resorte de giro de rigidez k_r.
Quitar	Quita un apoyo del nudo (si hay varios, se elige).

Un nudo admite un apoyo rígido más resortes: si ya tiene apoyos, FRAMIX ofrece agregar, reemplazar o editar.

6.4 4 · Cargas

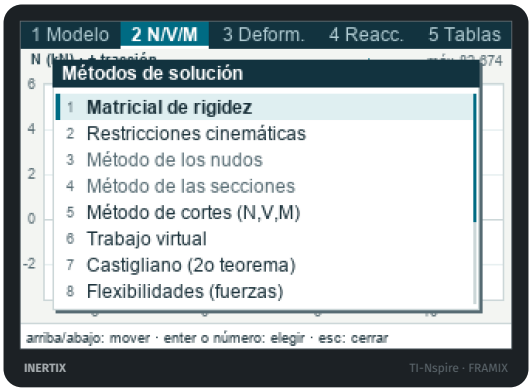
Orden	Qué hace
Puntual	En un nudo: P y ángulo (0° = $+x$, 90° arriba, 270° abajo). En una barra: con ángulo, perpendicular o axial, en la posición x.
Distrib.	Lineal w inicial – w final entre x_1 y x_2 desde el nudo i. Tipos: 1 perpendicular, 2 vertical por metro de barra, 3 vertical por metro de proyección horizontal, 5 horizontal por metro de proyección vertical y 4 axial. En 3 y 5, x_1 y x_2 se miden sobre la proyección.
Momento	En un nudo (M_z) o en una barra.
Térmica	ΔT uniforme y diferencia inferior – superior.
Desplaz.	Error de fabricación, desajuste de montaje, movimiento de apoyo; también los quita.
Quitar · Editar...	Quitan o editan las cargas del nudo o de la barra elegida.

6.5 5 · Calcular

Orden	Qué hace
Resolver	Rigidez directa; si el modelo es un mecanismo o le faltan apoyos, lo indica sin dar resultados.
GDL	Numeración de los grados de libertad.
Métodos	Procedimiento paso a paso por el método elegido.
Equilibr.	ΣF_x, ΣF_y, ΣM de cargas y reacciones.
Grado	$h = b + r - 2n$ (armaduras) o $h = 3b + r - 3n - c$.

Método	Aplica a
Matricial de rigidez · Restricciones cinemáticas	Todos los modelos
Nudos · Secciones	Armaduras
Cortes (N, V, M)	Vigas y pórticos de barras rectas
Trabajo virtual · Castigliano · Flexibilidades	Todos; los dos primeros piden el nudo y la dirección del movimiento buscado
Pendiente-deflexión · Cross	Vigas y pórticos de barras rectas, sin barras-resorte
Tres momentos	Vigas
Área-momento · Doble integración	Vigas; piden el movimiento buscado

Si un método no aplica, al elegirlo se lee el motivo. En un procedimiento, ◄ ► cambian de sección, ▲ ▼ desplazan, (y) recorren tablas anchas y esc vuelve al caso.



Lista de métodos.

6.6 6 · Result.

Orden	Qué hace
Deform.	Elástica amplificada sobre el modelo original.
N · V · M	Diagramas con sus extremos rotulados y cursor por barra.
Reacc.	Reacciones dibujadas en su sentido real.
Tabla	Desplazamientos, reacciones y fuerzas de extremo de todas las barras.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Rigidez directa

$$\mathbf{K}_{LL}\,\mathbf{u}_L = \mathbf{F}_L - \mathbf{K}_{LR}\,\mathbf{u}_R, \qquad \mathbf{R} = \mathbf{K}_{RL}\,\mathbf{u}_L + \mathbf{K}_{RR}\,\mathbf{u}_R - \mathbf{F}_R \tag{1}$$

Donde: Subíndice L grados de libertad libres y R restringidos; $\mathbf{u}_R$ movimientos impuestos (asentamientos, giros de apoyo); $\mathbf{R}$ reacciones. En las armaduras solo intervienen los términos EA/L; las rótulas liberan el giro del extremo. Los arcos se modelan con la rigidez de la barra curva según su eje.

$$\mathbf{k}'_{\text{resorte}} = k\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}, \qquad N = k\,\Delta, \qquad f = \frac{1}{k} \tag{2}$$

Donde: Barra-resorte: la rigidez local de una barra de armadura con k en lugar de EA/L, en la dirección de la barra; Δ alargamiento. En trabajo virtual, Castigliano y flexibilidades aporta $N\,n/k$.

7.2 Acciones indirectas

$$\varepsilon_0 = \alpha\,\Delta T + \frac{e}{L}, \qquad \kappa_0 = \alpha\,\frac{\Delta T_{inf} - \Delta T_{sup}}{h}$$

Donde: Deformación axial y curvatura impuestas por la temperatura y el error de fabricación e; se aplican como cargas nodales equivalentes.

7.3 Métodos clásicos

$$M_{ij} = \frac{2EI}{L}\,(2\theta_i + \theta_j - 3\psi) + M^F_{ij}, \qquad k = \frac{4EI}{L}, \quad FR_i = \frac{k_i}{\sum k} \tag{3}$$

Donde: Pendiente-deflexión y Cross: θ giros, ψ giro de la cuerda, M^F momento de empotramiento perfecto, FR factor de reparto.

$$1 \cdot \delta = \sum \int \frac{M\,m}{EI}\,dx + \sum \frac{N\,n\,L}{EA} \tag{4}$$

Donde: Trabajo virtual: m, n esfuerzos de la carga unitaria. Todos los métodos se comparan, sección a sección, con el resultado matricial.

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

¿Por qué la insignia dice «Calcular» si ya resolví?

Cualquier edición deja los resultados pendientes. menu **Calcular** → `Resolver`, un clic en la insignia o enter en una vista pendiente.

Un formulario no acepta el dato.

El aviso explica el motivo. Al cerrarlo, el formulario sigue abierto y el caso no cambió; corrija el campo o cancele con esc.

El programa dice que la estructura es inestable.

Faltan restricciones: revise apoyos y rótulas. menu **Calcular** → `Grado` ayuda a contarlas.

¿Por qué un método no se abre?

No aplica a ese modelo (por ejemplo, nudos y secciones solo para armaduras; Cross no se aplica a arcos). Al elegirlo se lee el motivo.

El valor rotulado no coincide con mi máximo.

Es el mayor de los puntos dibujados (120 por barra). Recorra la barra o abra la `Tabla`.

Al abrir el documento no veo resultados.

Se guardan los datos, no los resultados: calcule de nuevo.

¿Hay corte con la tecla ON como en la HP Prime?

No. En la TI-Nspire ese caso no existe.

¿Cómo pongo un resorte entre dos nudos?

Con una barra entre ellos y Tipo `Resorte` en sus propiedades; escriba su k (caso OI-7). Para un resorte contra el terreno use menu **Apoyos** → `Resorte`.

No me deja cargar una barra-resorte.

La barra-resorte solo transmite fuerza axial entre sus nudos: aplique las fuerzas en los nudos.