INERTIX

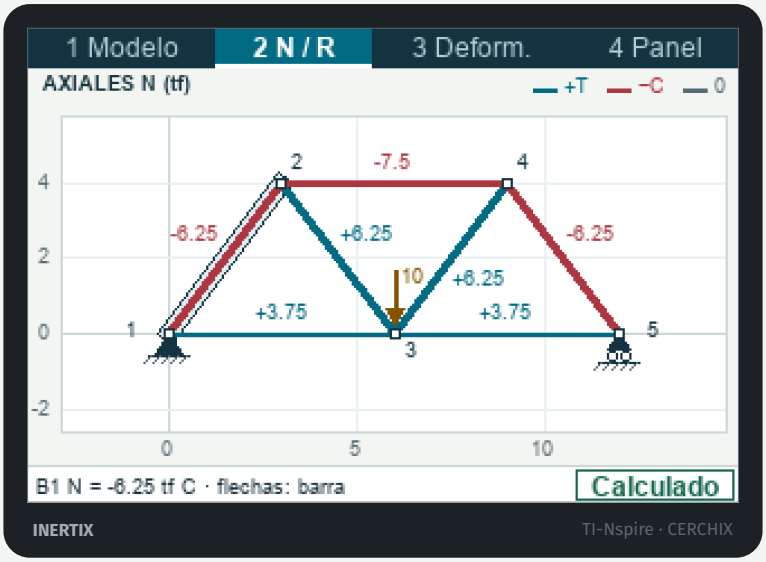
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

CERCHIX

Armaduras planas 2D: axiales, reacciones, deformada y siete métodos paso

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. Sistema de unidades . . . 4
1.4. Límites y fuera de alcance . . . 5

2. Instalación **7**

2.1. Abrir en la computadora . . . 7
2.2. Transferir a la calculadora . . . 7

3. Licencia de uso **7**

3.1. Cómo funciona . . . 7
3.2. Activar en la calculadora . . . 8
3.3. Mensajes de la pantalla Licencia . . . 8

4. La interfaz **9**

4.1. Zonas de la pantalla . . . 9
4.2. Teclas . . . 10
4.3. Formularios y resultados pendientes . . . 11
4.4. Ayuda integrada . . . 11

5. Ejemplo guiado **12**

5.1. Enunciado . . . 12
5.2. Datos . . . 12
5.3. Paso a paso . . . 12
5.4. Resultados . . . 19
5.5. Opciones importantes . . . 21

6. Errores y avisos **25**

7. Referencia de menús y opciones **26**

7.1. Archivo . . . 26
7.2. Modelo . . . 26
7.3. Apoyos y Cargas . . . 26
7.4. Calcular y Result. . . . 27
7.5. Diferencias con la versión HP Prime . . . 27

8. Fundamento teórico breve 27

8.1. Rigidez directa 28

8.2. Métodos clásicos 28

9. Preguntas frecuentes 28

1 Presentación y alcance

CERCHIX analiza **armaduras planas** (cerchas 2D de barras articuladas) en las TI-Nspire CX y CX II. El modelo se construye con formularios de nudos y barras sobre un lienzo a escala, se resuelve por el método matricial de rigidez directa y los resultados se leen sobre la propia cercha. Además, el programa desarrolla el ejercicio **paso a paso** por siete métodos de análisis, con sus figuras intermedias, para comparar con la solución hecha a mano. El motor es el mismo de la versión HP Prime, traducido sin cambios.

1.1 Qué calcula

- Esfuerzo axial de cada barra, con su signo (tracción o compresión), y la barra más traccionada o más comprimida.
- Reacciones de apoyo y residual de equilibrio.
- Desplazamientos reales de los nudos y deformada amplificada.
- Verificación independiente por un segundo método (nudos si es isostática; fuerzas si es hiperestática).
- Corte de Ritter: axiales de las barras cortadas por equilibrio del cuerpo libre.
- Procedimiento por siete métodos: matricial de rigidez, restricciones cinemáticas, nudos, secciones, trabajo virtual, Castigliano y flexibilidades.

1.2 Unidades y convenciones

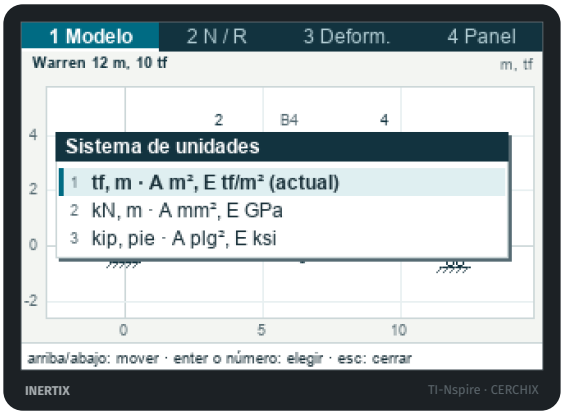
Magnitud	Unidad	Convención
Coordenadas y longitudes	m	$+X$ a la derecha, $+Y$ hacia arriba
Fuerzas y reacciones	tf	Positivas en $+X$ y $+Y$; una carga hacia abajo es negativa
Esfuerzo axial N	tf	Positivo = tracción (azul, `+T`); negativo = compresión (rojo, $-$`C`)
Área A	m²	Una o varias secciones (S1, S2, …)
Módulo E	tf/m²	Por sección
Desplazamientos	m	Valores reales; solo el dibujo se amplifica

1.3 Sistema de unidades

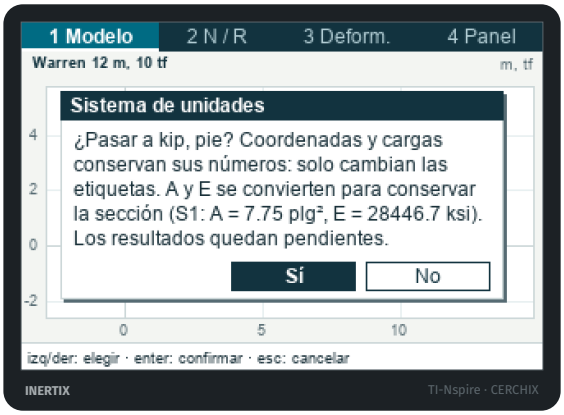
El sistema por omisión es tf, m: el de la tabla anterior y el de todo el ejemplo. Para cambiarlo se usa menu **Archivo** → `Unidades`, con tres sistemas:

N.º	Fuerza, longitud	Área A	Módulo E	Nota
1	tf, m	m²	tf/m²	Por omisión; Nuevo y Ejemplos vuelven a este sistema
2	kN, m	mm²	GPa	
3	kip, pie	plg²	ksi	Sistema de EE. UU.

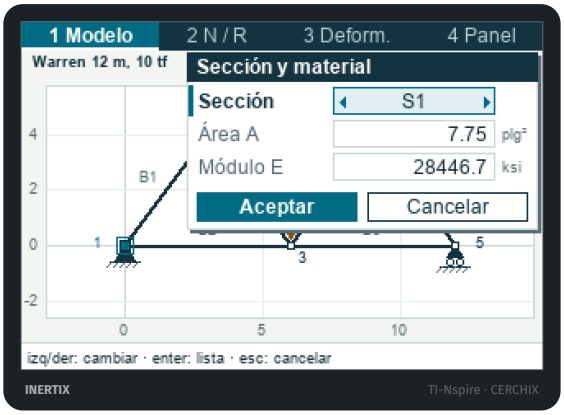
- Coordenadas, cargas y resultados **conservan sus números**: solo cambian las etiquetas. Una carga de 10 tf pasa a leerse 10 kip.
- A y E de **todas** las secciones se convierten para conservar la sección física. Con un modelo cargado, el programa pide confirmación y muestra los valores nuevos de S1; `No` o esc no cambian nada. Si se elige el sistema actual, avisa `Sin cambios`.
- Después de cambiar, los resultados quedan **pendientes** hasta menu **Calcular** → `Resolver`.
- El sistema se guarda con el documento (ctrl + S).
- menu **Archivo** → `Nuevo` y menu **Archivo** → `Ejemplos` crean el modelo en tf, m y lo avisan.



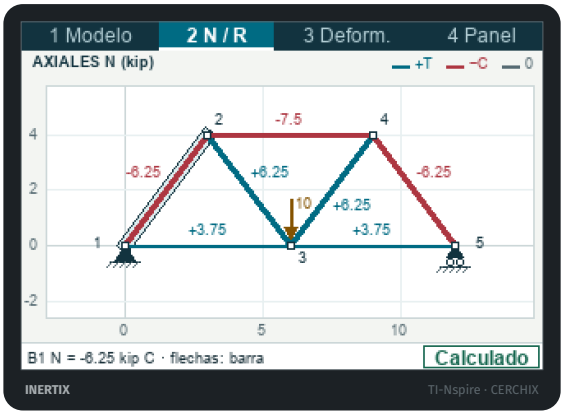
menu **Archivo** → `Unidades`: el actual va marcado.



kip, pie (▼ ×2 enter): confirmación con A y E de S1.



Con `Sí`: sección S1 en plg² y ksi.



Tras Resolver: los mismos axiales del ejemplo, ahora en kip.

1.4 Límites y fuera de alcance

Límite	Valor
Nudos / barras / secciones	20 / 50 / 20
Paneles de una plantilla	Los que admite el formulario `Nuevo modelo` (lo comprueba al aceptar)

⚠ Fuera de alcance

CERCHIX supone barras articuladas, cargas en los nudos, elasticidad lineal y pequeños desplazamientos. **No** comprueba pandeo ni diseña las barras, no incluye peso propio y no admite apoyos elásticos,

asentamientos, rodillos inclinados, temperatura ni errores de fabricación.

2 Instalación

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

Archivo	Uso
`CERCHIX.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

CERCHIX 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
`CERCHIX.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 `CERCHIX.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, CERCHIX 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

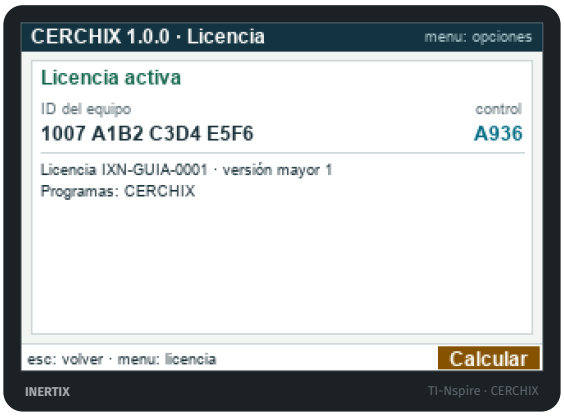
1. Abra `CERCHIX.tns` en la calculadora. Anote el `ID del equipo` completo y el `control` de 4 caracteres que muestra la pantalla `Licencia` (o menu **Licencia** → `Copiar ID`).
2. Envíe ambos con su pedido por WhatsApp, por el mismo chat donde compró.
3. Copie el `INERTIX_LICENCIA.tns` recibido a la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

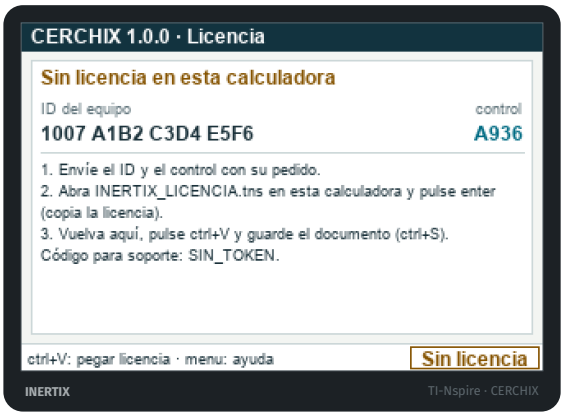
3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

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.

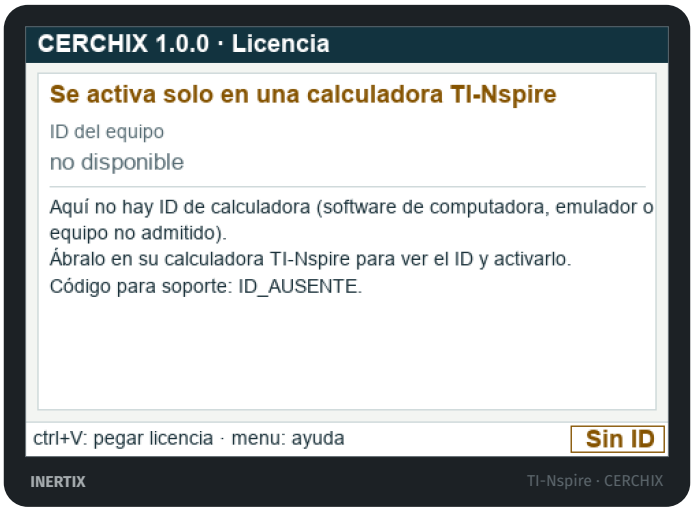
Salvo `Licencia activa`, cada mensaje muestra un `Código para soporte`. En la pantalla Licencia, menu **Ayuda** → `Soporte` reúne programa, ID, control, estado y código para enviarlos.



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



Sin licencia: solo la pantalla Licencia; no hay cálculo.

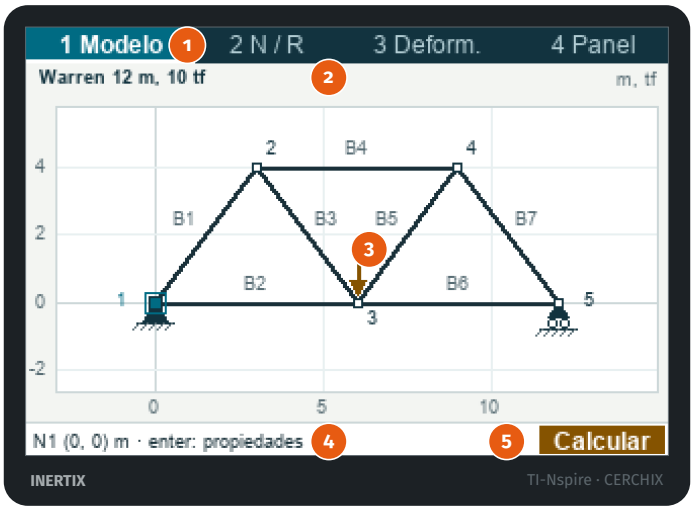


En el software de computadora no hay ID: «Se activa solo en una calculadora TI-Nspire».

4 La interfaz

4.1 Zonas de la pantalla

Al abrir el documento, CERCHIX carga el ejemplo `Warren de 12 m: 10 tf en el centro` sin calcular.



Zona	Uso
1 Pestañas	`1 Modelo`, `2 N / R`, `3 Deform.`, `4 Panel`: vistas del mismo caso. Se eligen con la cifra, con tab o con un clic.
2 Encabezado	Nombre del caso a la izquierda; a la derecha, unidades, o la leyenda de la vista de resultados.
3 Lienzo	La cercha a escala $x = y$: nudos con su número, barras B1, B2…, apoyos y cargas. Sobre él se dibujan axiales, reacciones, deformada y corte.
4 Barra inferior	Lectura del objeto elegido (coordenadas, longitud, N, R_x/R_y, u_x/u_y) y ayuda del momento.
5 Insignia	`Calcular` (resultados pendientes; un clic resuelve) o `Calculado`.
Menú	menu abre Archivo, Modelo, Apoyos, Cargas, Calcular y Result., con las órdenes de la versión HP.

4.2 Teclas

Tecla	Dónde	Acción
menu	Siempre	Órdenes del programa.
1 a 4, tab	Vistas	Cambian de pestaña (fuera de formularios y listas).
◀ ▶ ▲ ▼	Modelo, N / R, Deform.	Recorren los nudos o las barras (el tipo elegido); la barra inferior da su valor. Recorrer no recalcula.
n / b	Modelo	Lista de nudos / de barras para elegir uno por su número.
Clic del touchpad	Modelo	Elige el nudo o la barra señalados.
enter	Modelo	Abre las propiedades del objeto elegido.
enter	N / R, Deform., Panel	Abre la tabla de resultados; si están pendientes, calcula.
del	Modelo	Pide confirmar la baja del objeto elegido.
m	Modelo	Mueve el nudo elegido: flechas, un paso de rejilla; clic, al punto de rejilla. enter o esc terminan.
+ − f	Lienzo	Acercar, alejar y encuadrar.
esc	Ventanas	Cierra formularios, listas, documentos y avisos.

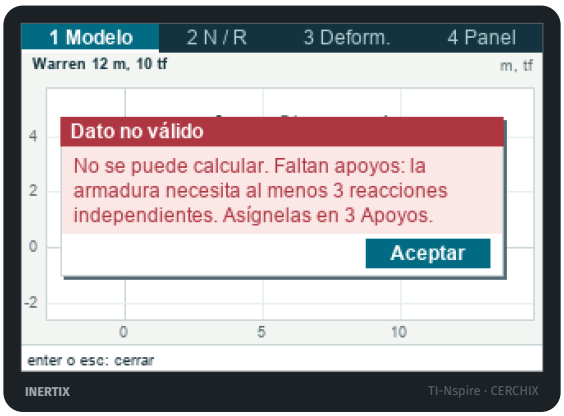
Mover no se deshace con esc

En el modo [m], cada desplazamiento se aplica en el momento y deja los resultados pendientes; [esc] termina el modo pero **no** devuelve el nudo a su sitio. Para corregir, mueva de nuevo o edite X e Y en sus propiedades.

4.3 Formularios y resultados pendientes



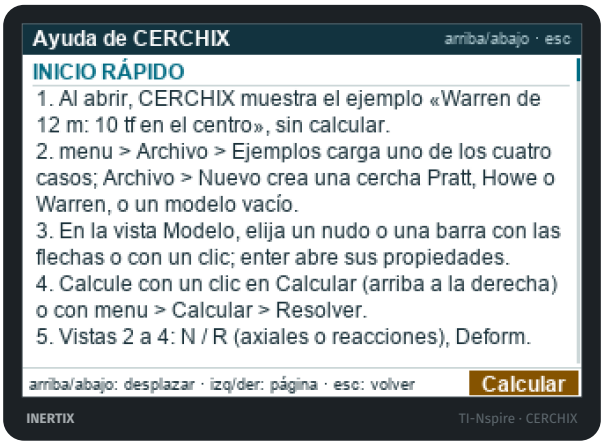
Formulario flotante: el dibujo sigue a la vista.



Un dato o un modelo no válido se avisa y el caso no cambia.

- [▲] [▼] cambian de campo; en un campo de lista (`Apoyo`), [◀] [▶] o la cifra de la opción la cambian.
- Teclear **reemplaza** el valor; se admiten operaciones (`(2+3)×4`) y exponentes (`2E7`). Para un negativo use [(–)]. [enter] confirma la celda y pasa a la siguiente.
- [tab] lleva a `Aceptar`; [enter] acepta. [esc] deshace la celda en edición y otro [esc] cancela sin cambios.
- Cualquier cambio deja los resultados **pendientes**: las vistas 2 a 4 piden calcular y CERCHIX no muestra valores de una solución anterior.

4.4 Ayuda integrada

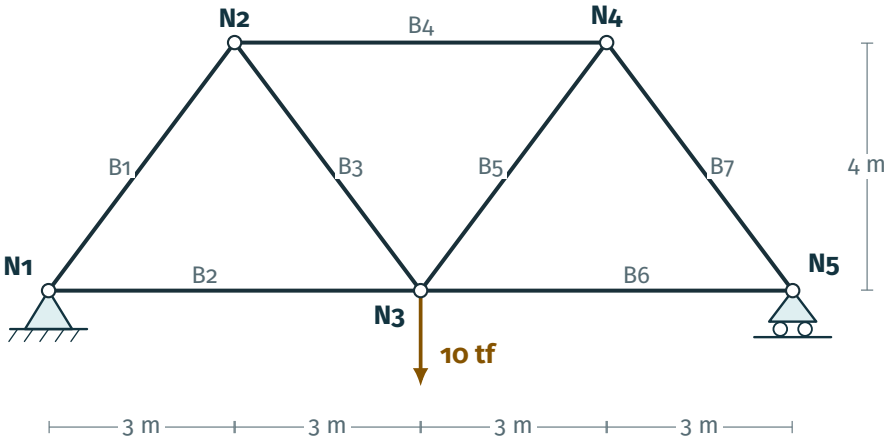


[menu] **Archivo** → `Ayuda`: inicio rápido, teclas, herramientas, unidades, guardado y errores, licencia y acerca de.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Calcular las **reacciones de apoyo**, los **esfuerzos axiles** de las siete barras y el **descenso del nudo cargado** de la cercha Warren simétrica de la figura. La cercha tiene 5 nudos y 7 barras articuladas, luz de 12 m y altura de 4 m. Está apoyada en un apoyo fijo en N1 y en un apoyo móvil (rodillo horizontal) en N5, y recibe una carga vertical de 10 tf hacia abajo en el nudo central del cordón inferior (N3).



5.2 Datos

Nudo	X (m)	Y (m)	Apoyo
N1	0	0	Fijo (R_x, R_y)
N2	3	4	—
N3	6	0	—
N4	9	4	—
N5	12	0	Móvil X (R_y)

Carga	Valor
N3	$F_x = 0$, $F_y = -10$ tf

Barra	Nudos	L (m)	Tipo
B1	N1–N2	5	Diagonal
B2	N1–N3	6	Cordón inferior
B3	N2–N3	5	Diagonal
B4	N2–N4	6	Cordón superior
B5	N3–N4	5	Diagonal
B6	N3–N5	6	Cordón inferior
B7	N4–N5	5	Diagonal

Sección y material	Valor	Observación
Área A (todas las barras)	0.005 m²	Sección única S1
Módulo E	2×10^7 tf/m²	$EA = 100\,000$ tf

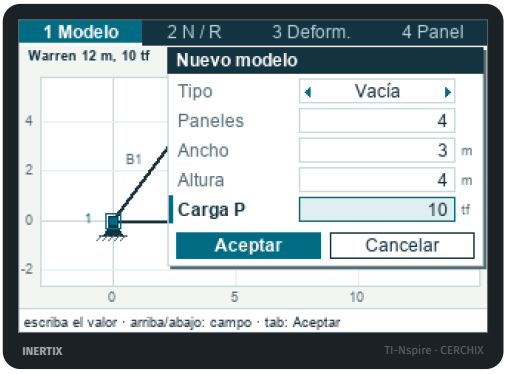
Fuente: ejemplo *Warren de 12 m: 10 tf en el centro* de CERCHIX (`Archivo > Ejemplos`). Caso de validación oficial de INERTIX verificado analíticamente mediante equilibrio estático de nudos y cálculo matricial de estructuras articuladas.

5.3 Paso a paso

El caso se construye **desde cero** con los formularios, en 20 pasos, y se obtiene la misma numeración de nudos y barras que en la guía HP. En la HP las barras se dibujan sobre la rejilla; en la TI-Nspire

cada nudo y cada barra se crean con su formulario. La fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; menu **Categoría** → `Orden` se elige con menu.

1 Nuevo modelo vacío con rejilla de 3 × 4 m



TECLAS

menu **Archivo** → `Nuevo` ◀ ▼×3 4 enter

menu **Archivo** → `Nuevo` abre `Nuevo modelo`. ◀ cambia el tipo a `Vacía`; baje a `Altura` y teclee 4. En un modelo vacío, `Ancho` y `Altura` son el paso de la rejilla: 3 m en X y 4 m en Y. **Nuevo reemplaza el modelo actual.**

✔ **Debe verse:** Formulario «Nuevo modelo»: Tipo Vacía, Ancho 3 m, Altura 4 m; el foco pasa a Carga P

2 Aceptar: modelo vacío



TECLAS

tab enter

tab enter acepta. El lienzo indica cómo agregar nudos.

✔ **Debe verse:** Lienzo «Modelo vacío» con la indicación de cómo agregar nudos; rejilla 3 × 4 m

3 Nudo N1 en (0, 0) con apoyo fijo



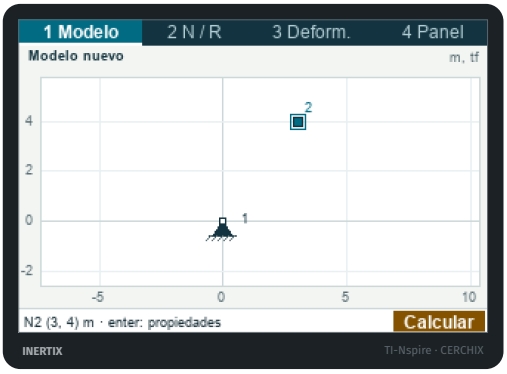
TECLAS

menu **Modelo** → `Nudo` ▼×2 2 tab enter

menu **Modelo** → `Nudo` abre `Nuevo nudo N1` en (0, 0). En `Apoyo`, la cifra 2 elige `Fijo`: restringe X e Y y dará R_x y R_y.

✔ **Debe verse:** N1 en el origen con el símbolo de apoyo fijo

4 Nudo N2 en (3, 4)



TECLAS

menu **Modelo** → Nudo 3 enter 4 tab enter

Segundo nudo: X = 3, enter, Y = 4.

✔ **Debe verse:** N2 arriba a la derecha de N1

5 Nudo N3 en (6, 0) con 10 tf hacia abajo



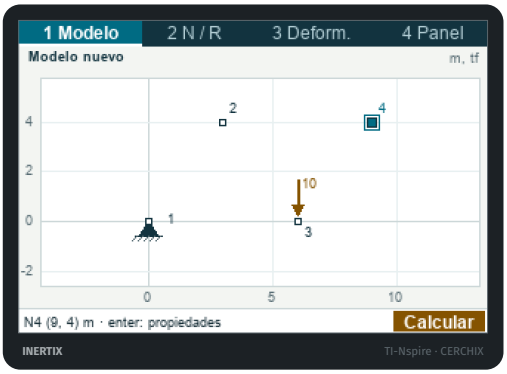
TECLAS

menu **Modelo** → Nudo 6 enter ▼ ×3 (−) 10 enter

Tercer nudo en (6, 0). Baje a Fy y teclee (−) 10: la carga apunta hacia abajo. El foco queda en Aceptar.

✔ **Debe verse:** Formulario «Nuevo nudo N3»: X 6, Y 0, Libre, Fx 0, Fy −10 tf; el foco queda en Aceptar

6 Aceptar N3 y crear N4 en (9, 4)



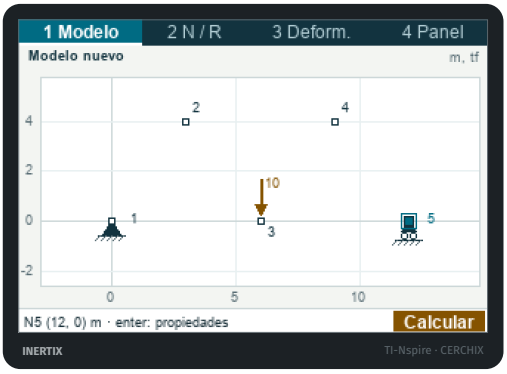
TECLAS

enter menu **Modelo** → Nudo 9 enter 4 tab enter

enter acepta N3 y aparece la flecha de 10 tf. Cree N4 en (9, 4).

✔ **Debe verse:** Cuatro nudos; flecha de 10 tf hacia abajo en N3

7 Nudo N5 en (12, 0) con apoyo móvil X



TECLAS

menu **Modelo** → Nudo 12 enter ▼ 3 tab enter

N5 en (12, 0) con Apoyo = 3, Móvil X: rodillo libre en X, solo reacción R_y.

✔ **Debe verse:** Cinco nudos; rodillo bajo N5 (solo reacción vertical)

8 Barras B1 a B4



TECLAS

menu **Modelo** → Barra 1 enter 2 tab enter
menu **Modelo** → Barra 1 enter 3 tab enter
menu **Modelo** → Barra 3 enter 2 tab enter
menu **Modelo** → Barra 2 enter 4 tab enter

menu **Modelo** → Barra pide Nudo i, Nudo j y Sección. Cree B1 (1–2), B2 (1–3), B3 (3–2) y B4 (2–4).

✔ **Debe verse:** B1 N1–N2, B2 N1–N3, B3 N3–N2 y B4 N2–N4

9 Barras B5 a B7 y encuadrar



TECLAS

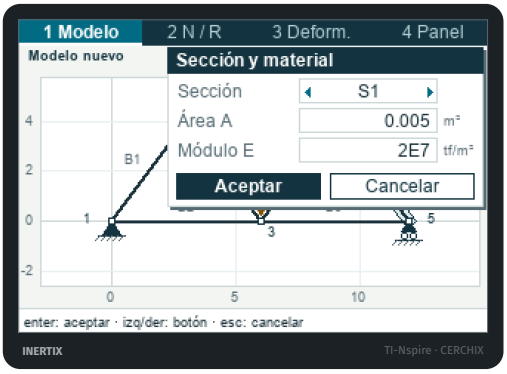
menu **Modelo** → Barra 4 enter 3 tab enter
menu **Modelo** → Barra 3 enter 5 tab enter
menu **Modelo** → Barra 5 enter 4 tab enter f

B5 (4–3), B6 (3–5) y B7 (5–4); f encuadra.

✔ **Debe verse:** Cercha completa: 5 nudos y 7 barras numerados como en el enunciado

> ⚠ **El orden de creación fija la numeración**
> Los nudos y las barras se numeran según se crean. En otro orden los resultados son los mismos con otros números. Para tener la numeración del ejemplo sin construirlo, use menu **Archivo** → Ejemplos y elija 1.

10 Sección y material



TECLAS

menu **Modelo** → `Sección` ▼ 0.005 enter 2E7 enter

menu **Modelo** → `Sección`: S1 con $A = 0.005$ m² y $E =$ 2E7 tf/m². Son los valores con que nace un modelo; aquí se cambian o se crea otra sección (`Nueva`).

✔ **Debe verse:** Formulario «Sección y material»: S1, A 0.005 m², E 2E7 tf/m²; el foco queda en Aceptar

11 Aceptar y resolver



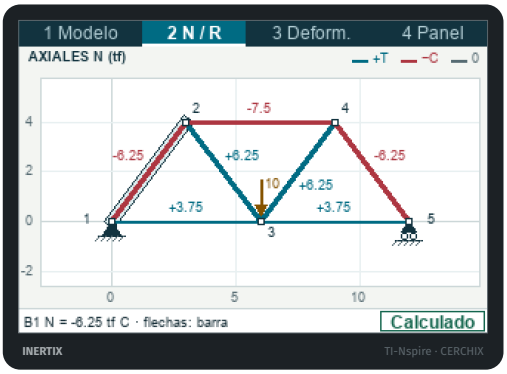
TECLAS

enter menu **Calcular** → `Resolver`

enter acepta y menu **Calcular** → `Resolver` calcula. La insignia pasa a `Calculado`; también calcula un clic en la insignia.

✔ **Debe verse:** Insignia «Calculado»; la vista Modelo sigue a la vista

12 Axiales



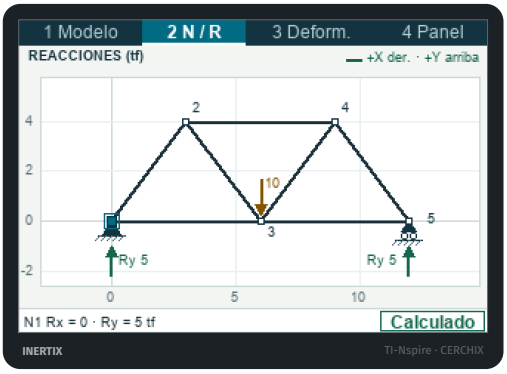
TECLAS

menu **Result.** → `Axiales`

menu **Result.** → `Axiales` abre `N / R`: valor sobre cada barra, azul en tracción y rojo en compresión, con trazo más grueso a mayor $|N|$. Las flechas recorren las barras: la barra inferior da N de la elegida.

✔ **Debe verse:** Vista N / R: valores sobre cada barra; azul tracción, rojo compresión; B1 = -6.25 tf C en la barra de estado

13 Reacciones



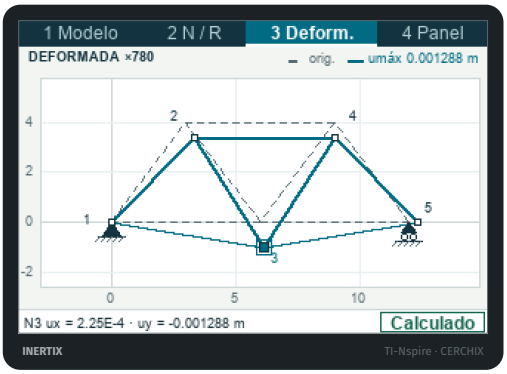
TECLAS

menu **Result.** → `Reacc.`

menu **Result.** → `Reacc.` dibuja las reacciones con su sentido real: $R_y = 5$ tf en N1 y N5.

✔ **Debe verse:** Flechas Ry = 5 tf en N1 y N5; Rx = 0

14 Deformada y desplazamiento de N3



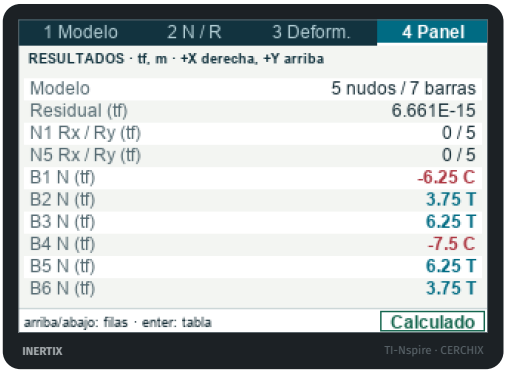
TECLAS

menu **Result.** → `Deform.` ▶ ×2

menu **Result.** → `Deform.` superpone la deformada a la forma original (a trazos). El factor de amplificación y $u_{máx}$ están en el encabezado. Con ▶ ×2 se elige N3: $u_x = 2.25 \times 10^{-4}$ m, $u_y = -1.2875 \times 10^{-3}$ m (valores **reales**).

✔ **Debe verse:** Deformada amplificada sobre la original a trazos; barra de estado: N3 ux = 2.25E-4 · uy = −0.0013 m

15 Panel de resultados



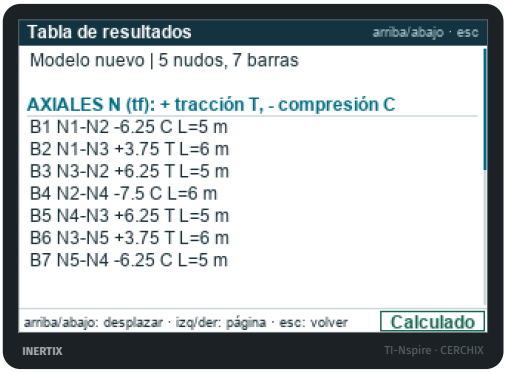
TECLAS

4

4 abre `Panel`: modelo, residual, reacciones, axiales y desplazamientos. ▲ ▼ desplazan las filas.

✔ **Debe verse:** Panel: modelo, residual, reacciones, axiales B1… y desplazamientos

16 Tabla de resultados



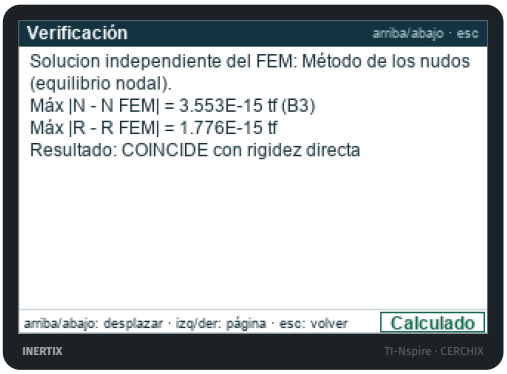
TECLAS

enter

enter abre la `Tabla de resultados`, un documento desplazable con las mismas cifras y la longitud de cada barra.

✔ **Debe verse:** Documento «Tabla de resultados» desplazable

17 Verificación independiente



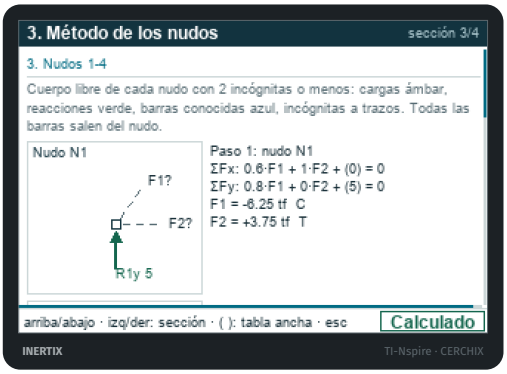
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Verificar`

esc y menu **Calcular** → `Verificar`: resuelve de nuevo por el método de los nudos y compara. Las diferencias, del orden de 10^{-15} tf, son redondeo: `COINCIDE`.

✔ **Debe verse:** Documento «Verificación»: método de los nudos, diferencias 1E-15 tf, COINCIDE

18 Procedimiento por el método de los nudos



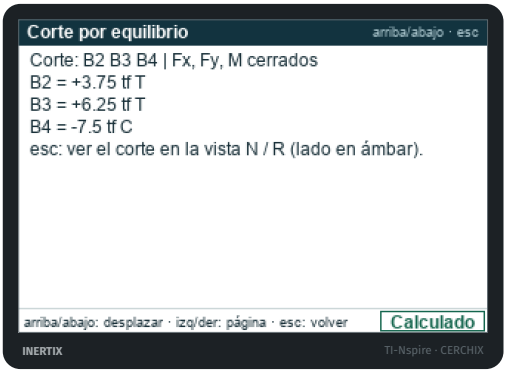
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Métodos` 3 ▶ ×2

menu **Calcular** → `Métodos`, cifra 3 (`Método de los nudos`) y ▶ ×2: la sección 3 muestra el cuerpo libre de cada nudo con sus dos ecuaciones.

✔ **Debe verse:** Sección 3 del método de los nudos: cuerpo libre de cada nudo y sus dos ecuaciones

19 Corte de Ritter con N1 y N2 a un lado



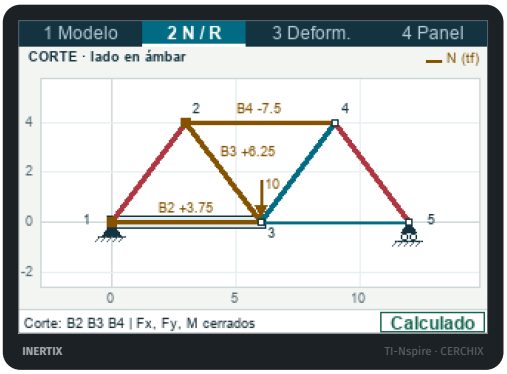
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Corte` 1 2 6

menu **Calcular** → `Corte` lista los nudos: las cifras 1 y 2 marcan N1 y N2 (∗) y la 6 elige `Listo`. CERCHIX corta las barras que unen ese lado con el resto: B2, B3 y B4.

✔ **Debe verse:** Documento «Corte por equilibrio»: B2 = +3.75, B3 = +6.25 y B4 = −7.5 tf

20 Ver el corte sobre la cercha



TECLAS

esc

esc muestra el corte en `N / R`: nudos del lado y barras cortadas en ámbar con su axial. El modelo no cambia.

✔ **Debe verse:** Vista N / R: nudos del lado en ámbar y barras cortadas con su N

5.4 Resultados

CERCHIX coincide con la referencia

Reacciones, axiales y descenso del nudo cargado coinciden con la solución a mano. El cordón superior (B4) es la barra más comprimida; las diagonales interiores (B3, B5), las más traccionadas. Las mismas cifras sin redondear salen en la HP Prime (diferencia $\leq 4 \times 10^{-15}$ tf).

Magnitud	Referencia	TI-Nspire	Estado
Reacción R_y en N1	5.0000 tf	5.0000 tf	Coincide
Reacción R_y en N5	5.0000 tf	5.0000 tf	Coincide
Reacción R_x en N1	0.0000 tf	0.0000 tf	Coincide
B1 · diagonal N1–N2	-6.2500 tf	-6.2500 tf	Compresión
B2 · cordón inferior N1–N3	$+3.7500$ tf	$+3.7500$ tf	Tracción
B3 · diagonal N2–N3	$+6.2500$ tf	$+6.2500$ tf	Tracción
B4 · cordón superior N2–N4	-7.5000 tf	-7.5000 tf	Compresión
B5 · diagonal N3–N4	$+6.2500$ tf	$+6.2500$ tf	Tracción
B6 · cordón inferior N3–N5	$+3.7500$ tf	$+3.7500$ tf	Tracción
B7 · diagonal N4–N5	-6.2500 tf	-6.2500 tf	Compresión
Descenso de N3, u_y	-1.2875×10^{-3} m	-1.2875×10^{-3} m	Coincide

Signos: axil positivo = tracción; $+X$ a la derecha, $+Y$ hacia arriba. Tolerancia de la validación: 10^{-4} tf. La referencia del descenso es el trabajo virtual $\delta = \sum N\, n\, L/(EA)$. Columna TI-Nspire redondeada a 4 decimales.

Comprobación a mano

$$\begin{aligned}
\textstyle\sum F_y = 0: &\quad R_{1y} = R_{5y} = 10/2 = 5 \text{ tf} \quad \text{(simetría)} \\
\text{Nudo N1, } \textstyle\sum F_y = 0: &\quad 5 + N_1\,(4/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_1 = -6.25 \text{ tf} \\
\text{Nudo N1, } \textstyle\sum F_x = 0: &\quad N_2 + N_1\,(3/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_2 = +3.75 \text{ tf} \\
\text{Nudo N2, } \textstyle\sum F_y = 0: &\quad -N_1\,(4/5) - N_3\,(4/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_3 = +6.25 \text{ tf} \\
\text{Nudo N2, } \textstyle\sum F_x = 0: &\quad N_4 - N_1\,(3/5) + N_3\,(3/5) = 0 \;\Rightarrow\; N_4 = -7.50 \text{ tf}
\end{aligned}$$

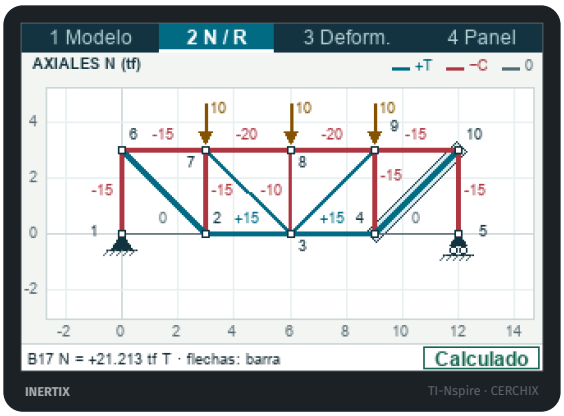
5.5 Opciones importantes

Seis casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca, los mismos de la guía HP. Los casos 2 a 6 parten del ejemplo 1 de menu **Archivo** → `Ejemplos` (la cifra elige el ejemplo).

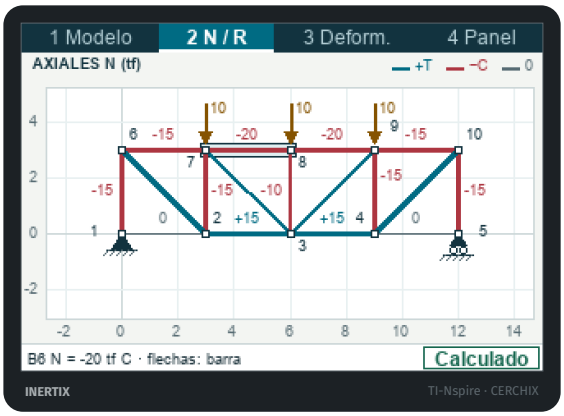
5.5.1 OI-1 · Plantilla Pratt y barras extremas

Objetivo. Crear una cercha completa con una plantilla y encontrar la barra que gobierna. **Datos.** Pratt de 4 paneles de 3 m, altura 3 m y 10 tf en cada nudo superior interior.

1. **Nuevo: plantilla Pratt de 4 paneles.** La cifra 2 elige `Pratt`; los demás valores son los de la plantilla.
   menu **Archivo** → `Nuevo` 2
2. **Aceptar y resolver.** Se crean 10 nudos, 17 barras, apoyos y cargas.
   tab enter menu **Calcular** → `Resolver`
3. **Extremo: máxima tracción.** menu **Result.** → `Extremo` elige la barra de mayor tracción.
   menu **Result.** → `Extremo`
4. **Extremo otra vez: máxima compresión.** Repetirlo alterna con la de mayor compresión.
   menu **Result.** → `Extremo`



B17, diagonal extrema: $N = +21.213$ tf.



B6, cordón superior central: $N = -20$ tf.

Lectura. Cortante del primer panel 15 tf $\Rightarrow$ diagonal $15\sqrt{2} = 21.213$ tf. Momento en el centro $15 \cdot 6 - 10 \cdot 3 = 60$ tf·m entre 3 m de canto $\Rightarrow$ cordón 20 tf. Las barras de valor 0 son nulas por la geometría y las cargas.

5.5.2 OI-2 · Desplazamiento por trabajo virtual y Castigliano

Objetivo. Obtener a mano el descenso de un nudo y compararlo con el motor. **Datos.** Ejemplo 1; desplazamiento vertical de N3.

1. **Cargar el ejemplo Warren de 12 m y resolver.** Cargar el ejemplo y calcular.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 menu **Calcular** → `Resolver`
2. **Métodos > Trabajo virtual.** La cifra 5 elige `Trabajo virtual`: el formulario propone el mayor desplazamiento (N3, Y).
   menu **Calcular** → `Métodos` 5
3. **Aceptar y ver la suma.** Aceptar y pasar a la sección 3.
   tab enter ▶ ×2

4. **Castigliano: el mismo desplazamiento.** Castigliano (cifra 6) aplica una carga ficticia Q y deriva la energía.

   esc menu **Calcular** → Métodos 6 tab enter ▶ ×2



$\delta = \sum F f L/EA = -0.001288$ m.



Castigliano: el mismo valor.

Lectura. Con la carga unitaria en N3, $f = F/10$ y $\delta = \sum F^2 L/(10\,EA) = 1287.5/10^6$ m, igual al u_y del paso 14 del ejemplo guiado.

5.5.3 OI-3 · Armadura hiperestática: dos apoyos fijos

Objetivo. Ver qué cambia al impedir el movimiento horizontal de N5 ($h = 7 + 4 - 10 = 1$).

1. **Warren de 12 m: elegir N5.** n y la cifra 5 eligen N5.

   menu **Archivo** → Ejemplos 1 n 5

2. **Apoyos > Fijo en N5 y resolver.** menu **Apoyos** → Fijo, calcular y ver axiales.

   menu **Apoyos** → Fijo menu **Calcular** → Resolver menu **Result.** → Axiales

3. **Reacciones horizontales.** Reacciones.

   menu **Result.** → Reacc.

4. **Verificar por el método de las fuerzas.** La verificación usa ahora el método de las fuerzas.

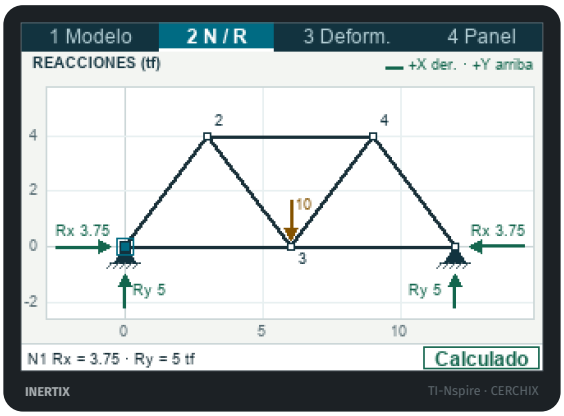
   menu **Calcular** → Verificar

5. **Métodos: nudos y secciones no aplican.** Nudos y secciones exigen una armadura isostática: avisan el motivo.

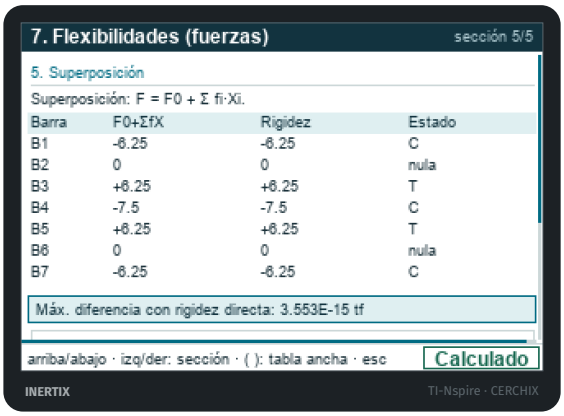
   esc menu **Calcular** → Métodos 3

6. **Flexibilidades: superposición.** Flexibilidades (cifra 7) hasta la sección 5.

   esc menu **Calcular** → Métodos 7 ▶ ×4



$R_x = \pm 3.75$ tf: el cordón inferior queda en o.



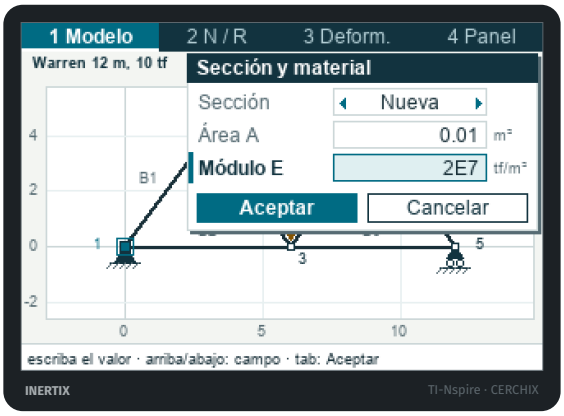
Superposición $N = N_0 + X\,n$.

Lectura. La redundante es $R_{x5} = X$. Un par horizontal unitario solo carga B2 y B6 ($n = -1$): $X\sum n^2 L/EA = -\sum N_0 n L/EA \Rightarrow 12X = 3.75 \cdot 12$, $X = 3.75$ tf, y B2 = B6 = o. N3 baja menos: $u_y = -1.119 \times 10^{-3}$ m.

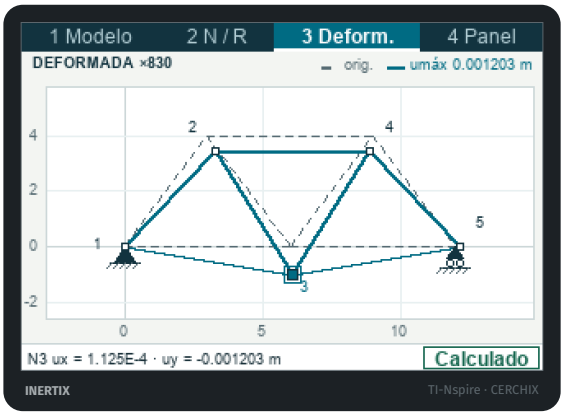
5.5.4 OI-4 · Dos secciones

Objetivo. Dar más área al cordón inferior y ver su efecto. **Datos.** S2: $A = 0.01$ m² en B2 y B6.

1. **Warren de 12 m: sección nueva S2 con A = 0.01 m².** En `Sección`, ▶ elige `Nueva`; teclee el área.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 menu **Modelo** → `Sección` ▶ ▼ 0.01 enter
2. **Aceptar la sección y asignarla a B2.** b 2 elige B2; enter abre sus propiedades y ▶ en `Sección` pone S2.
   tab enter b 2 enter ▼×2 ▶ tab enter
3. **Asignar S2 a B6 y resolver.** Igual con B6; calcular.
   b 6 enter ▼×2 ▶ tab enter menu **Calcular** → `Resolver`
4. **Deformada: N3 baja menos.** Deformada y N3.
   menu **Result.** → `Deform.` ▶×2



Sección nueva S2.



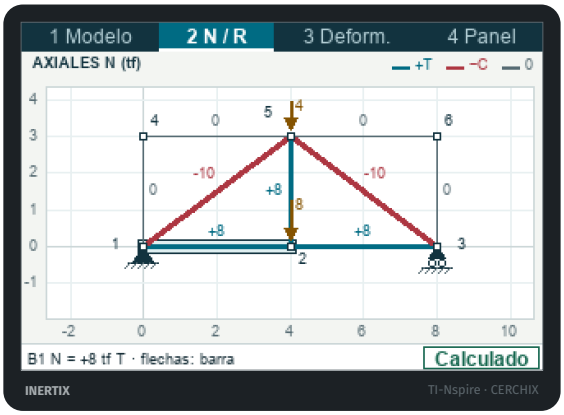
N3: $u_y = -1.203 \times 10^{-3}$ m.

Lectura. En una isostática los axiales no dependen de EA (no cambian); los desplazamientos sí: $u_y = (781.25 + 337.5)/10^6 + 168.75/(2 \cdot 10^6) = 1203.125/10^6$ m.

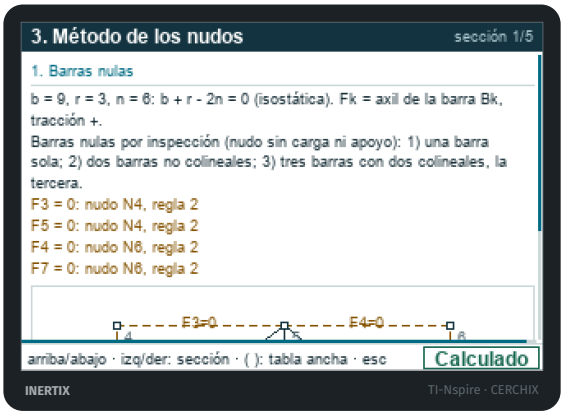
5.5.5 OI-5 · Howe de 8 m: barras nulas, guardar y volver a abrir

Objetivo. Reconocer barras nulas y comprobar qué guarda el documento. **Datos.** Ejemplo 3.

1. **Ejemplos > Howe de 8 m y resolver.** Cargar, calcular y ver axiales.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 3 menu **Calcular** → `Resolver` menu **Result.** → `Axiales`
2. **Método de los nudos: barras nulas.** Método de los nudos, sección 1.
   menu **Calcular** → `Métodos` 3
3. **Guardar el documento y volver a abrirlo.** ctrl S guarda; al volver a abrir, el modelo está igual y los resultados pendientes.
   esc *(ctrl+S y abrir el documento: on.save / on.restore)*
4. **Calcular de nuevo.** Calcular de nuevo da las mismas cifras.
   menu **Calcular** → `Resolver`



Diagonales -10 tf, montante central $+8$ tf; nulas en gris.

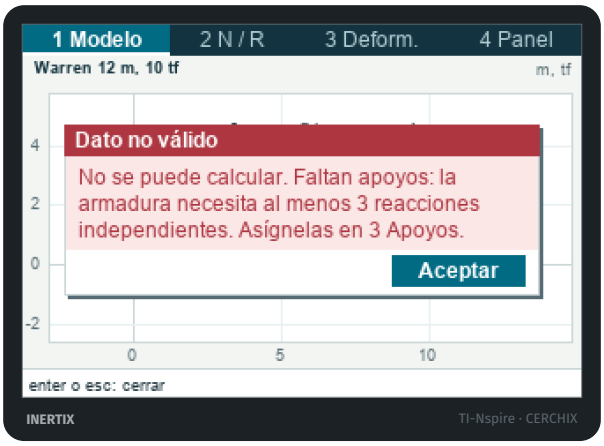


Barras nulas por las reglas de nudo.

Lectura. Un nudo sin carga ni apoyo con dos barras no colineales, o con tres barras de las que dos son colineales, anula las barras indicadas. El documento guarda las **entradas**, no los resultados.

5.5.6 OI-6 · Aviso: faltan apoyos

1. **Warren de 12 m: quitar el apoyo de N5.** n 5 y menu **Apoyos** → `Quitar`.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1 n 5 menu **Apoyos** → `Quitar`
2. **Intentar resolver.** Calcular: el motor rechaza un mecanismo.
   menu **Calcular** → `Resolver`
3. **Cerrar el aviso y reponer el apoyo móvil.** enter cierra el aviso; menu **Apoyos** → `Móvil X` repone el rodillo y se calcula.
   enter menu **Apoyos** → `Móvil X` menu **Calcular** → `Resolver`



«No se puede calcular. Faltan apoyos…»: el caso se conserva.

6 Errores y avisos

Mensaje o situación	Qué hacer
`Resultados pendientes`	El modelo cambió: menu **Calcular** → `Resolver`, la insignia o enter en una vista de resultados.
`¿Calcular ahora?`	Una vista de resultados lo pregunta; con `No` el caso se conserva sin calcular.
`No se puede calcular...`	El mensaje da la causa: faltan apoyos (menos de 3 reacciones), mecanismo o todos los nudos fijos. Corrija el modelo.
Dato no válido en un formulario	El aviso dice qué corregir; el formulario sigue abierto y el caso no cambia (barra repetida, nudo ocupado, nudo inexistente, límites).
Método en gris	Nudos y secciones exigen una armadura isostática; el aviso da el motivo.
`Licencia no verificada...`	La licencia no corresponde a esta calculadora: menu **Archivo** → `Licencia`.

Diferencia con la HP Prime

En la HP, la tecla ON corta un cálculo y al volver a entrar el programa avisa «Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular». En la TI-Nspire no hay ese corte: los cálculos de CERCHIX terminan sin interrupción.

7 Referencia de menús y opciones

7.1 Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Plantilla `Pratt`, `Howe` o `Warren` (apoyos y cargas incluidos) o modelo `Vacía`. Campos: tipo, paneles, ancho (m), altura (m) y carga P (tf). Reemplaza el modelo.
Ejemplos	Warren de 12 m (este ejemplo), Warren de 8 m, Howe de 8 m y Pratt a dos aguas de 6 m. Reemplaza el modelo.
Unidades	Sistema de unidades: tf, m; kN, m o kip, pie (sección 1).
Ayuda	Ayuda integrada desplazable.
Licencia	Estado de la licencia, ID del equipo y control para soporte.

No hay `Salir`: el documento se cierra desde el sistema; guarde antes con ctrl S.

7.2 Modelo

Orden	Qué hace
Selec.	Lista de nudos o de barras para elegir uno (como n y b).
Nudo	Formulario: X, Y, apoyo, F_x y F_y. Rechaza un punto ya ocupado.
Barra	Formulario: nudo i, nudo j y sección. Rechaza barras repetidas o con un extremo inexistente.
Borrar	Baja con confirmación; un nudo se lleva sus barras, apoyo y carga, y se renumera el resto.
Sección	A y E de la sección elegida; `Nueva` crea otra.
Rejilla	Paso X y paso Y del modo Mover.
Mover	Igual que m.
Vista…	Encuadrar, acercar, alejar y desplazar.

7.3 Apoyos y Cargas

Orden	Qué hace (sobre el nudo elegido)
Fijo / Móvil X / Móvil Y	Restringe X e Y / solo Y (R_y) / solo X (R_x).
Quitar (Apoyos)	Deja el nudo libre.
Fuerza	F_x y F_y en tf; la flecha es proporcional a la magnitud.
Quitar (Cargas)	Borra la carga. `Selec.`: lista de nudos.

7.4 Calcular y Result.

Orden	Qué hace
Resolver	Rigidez directa. Resultados en N / R, Deform. y Panel.
Verificar	Segundo método independiente y comparación (`COINCIDE`).
Corte	Corte de Ritter por los nudos marcados; resultado en un documento y en N / R.
Métodos	Siete procedimientos (tabla siguiente).
Axiales / Reacc.	Vista N / R con axiales o reacciones.
Deform.	Vista de deformada.
Tabla	Documento de resultados.
Extremo	Alterna barra de máxima tracción y de máxima compresión.

Método	Contenido del procedimiento
Matricial de rigidez	GDL, k_e de cada barra, K y K_{ff}, desplazamientos, fuerzas y reacciones.
Restricciones cinemáticas	Matriz A, $K = A^T kA$, vectores q, p, P.
Método de los nudos	Barras nulas, reacciones, cuerpo libre de cada nudo y resultado.
Método de las secciones	Reacciones, cortes con su punto de Ritter y resultado.
Trabajo virtual	Sistema real, carga unitaria y suma $\sum FfL/EA$.
Castigliano (2.º teorema)	Carga ficticia Q y derivada $\partial U/\partial Q$.
Flexibilidades (fuerzas)	Grado, primaria, caso 0, unitarios, compatibilidad y superposición.

En el procedimiento: [◀] [▶] cambian de sección, [▲] [▼] desplazan, [(] [)] mueven las tablas anchas y [esc] vuelve.

7.5 Diferencias con la versión HP Prime

HP Prime	TI-Nspire
Barra encadenada sobre la rejilla con el cursor	[menu] **Modelo** → `Nudo` y [menu] **Modelo** → `Barra` con formulario
Herramientas de cinta (Fijo, Fuerza…) que se aplican con [Enter]	Se elige el nudo y después la orden del menú
[1]…[6]: categorías del menú	[menu] para órdenes; [1]…[4]: vistas
Salir; el modelo queda en memoria	Sin Salir; el documento guarda el modelo con [ctrl] [S]
Corte con ON y reentrada	No existe
—	Mover un nudo ([m]) y vista Panel

8 Fundamento teórico breve

8.1 Rigidez directa

Cada barra de longitud L y cosenos $c = \Delta x/L$, $s = \Delta y/L$ aporta a los cuatro GDL de sus nudos

$$\mathbf{k}_e = \frac{EA}{L}\begin{bmatrix} c^2 & cs & -c^2 & -cs \\ cs & s^2 & -cs & -s^2 \\ -c^2 & -cs & c^2 & cs \\ -cs & -s^2 & cs & s^2 \end{bmatrix} \tag{1}$$

Ensamblada $\mathbf{K}$ y separados los GDL libres (f) y restringidos (r): $\mathbf{K}_{ff}\,\mathbf{u}_f = \mathbf{F}_f$, $\mathbf{R} = \mathbf{K}_{rf}\,\mathbf{u}_f - \mathbf{F}_r$ y $N = \frac{EA}{L}\left[c\,(u_j - u_i) + s\,(v_j - v_i)\right]$ ($N > 0$ tracción).

8.2 Métodos clásicos

Con b barras, r reacciones y n nudos, el grado es $h = b + r - 2n$. Con $h = 0$ basta la estática (nudos, secciones con su punto de Ritter); con $h > 0$, el método de las fuerzas toma h redundantes y las halla por compatibilidad, $\mathbf{f}\,\mathbf{X} = -\boldsymbol{\delta}_0$. Los desplazamientos salen por trabajo virtual, $\delta = \sum Nn L/(EA)$, o por Castigliano, $\delta = \partial U/\partial Q$ con $U = \sum N^2 L/(2EA)$.

Cómo se verifica el cálculo

`Verificar` compara la rigidez directa con un método que no comparte sus ecuaciones. El residual del Panel es el mayor desequilibrio $|\mathbf{K}\mathbf{u} - \mathbf{F}|$ en los GDL libres; debe ser prácticamente cero.

9 Preguntas frecuentes

¿Por qué aparece «Resultados pendientes»?

El modelo cambió después del último cálculo y CERCHIX no muestra resultados viejos. Calcule de nuevo.

Mis números de nudo o barra no coinciden con el ejemplo.

Siguen el orden de creación. Cargue el caso con menu **Archivo** → `Ejemplos` o créelo en el orden de los pasos 3 a 9.

¿Cómo corrijo una coordenada, un apoyo o una carga?

Elija el nudo y pulse enter: el formulario reúne X, Y, apoyo, F_x y F_y.

¿La deformada está a escala?

No: se amplifica (factor en el encabezado). La barra inferior, el Panel y la Tabla dan los desplazamientos reales en metros.

¿Se guardan los resultados?

No. El documento guarda nudos, barras, secciones, apoyos, cargas, nombre y rejilla; al abrirlo, calcule.

¿Puedo usar kN?

CERCHIX rotula m y tf. El cálculo es lineal: con cargas en kN y E en kN/m² los axiales y reacciones salen en kN aunque la pantalla diga tf.

¿Por qué no funciona en la computadora?

Esta edición se activa solo en una calculadora TI-Nspire (CX y CX II) cuyo ID figura en la licencia. En el software de computadora no hay ID y no se calcula.