INERTIX

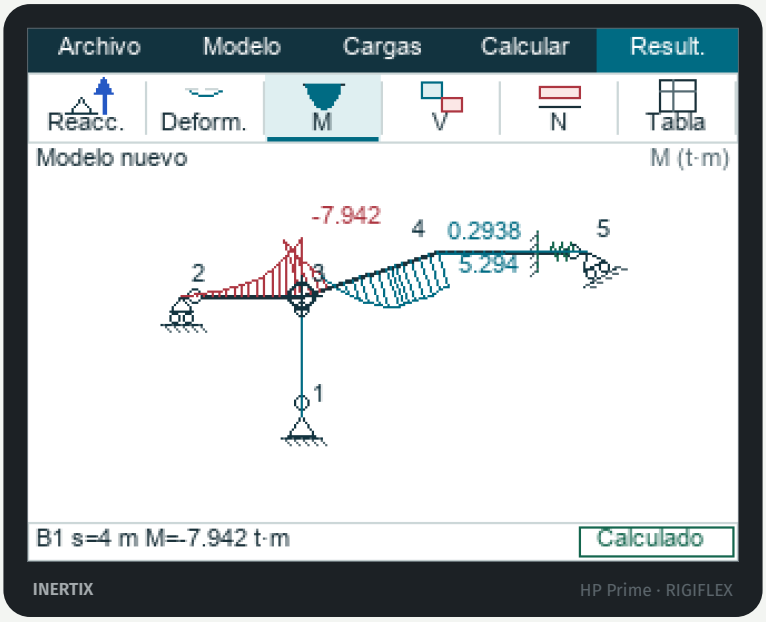
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

RIGIFLEX

Estructuras hiperestáticas por flexibilidad y rotaciones angulares

Versión 1.0 **HP Prime G1 · G2** Estructuras · Octubre de 2026 (act. 30-10-2026)



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

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. Qué método elegir . . . 4

1.3. Unidades y convenciones . . . 5

1.4. Límites y fuera de alcance . . . 5

2. Instalación **5**

2.1. Qué necesita . . . 5

2.2. Copiar el programa a la calculadora . . . 5

3. Licencia de uso **7**

4. La interfaz **7**

4.1. Zonas de la pantalla . . . 8

4.2. Teclas . . . 8

4.3. Editar un valor y resultados pendientes . . . 9

4.4. Cómo leer los resultados . . . 9

5. Ejemplo guiado **9**

5.1. Enunciado . . . 9

5.2. Paso a paso . . . 10

5.3. Resultados . . . 19

5.4. Opciones importantes . . . 22

6. Referencia de menús y opciones **29**

6.1. 1 · Archivo . . . 29

6.2. 2 · Modelo . . . 30

6.3. 3 · Cargas . . . 31

6.4. 4 · Calcular . . . 31

6.5. 5 · Result. . . . 32

7. Fundamento teórico breve **32**

7.1. Grado hiperestático y desplazabilidad . . . 32

7.2. Lugares geométricos y estructura desplazada . . . 32

7.3. Rotaciones angulares . . . 33

7.4. Flexibilidad 33
7.5. Carga unitaria 33

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes 34
8.1. Avisos del programa 34
8.2. Preguntas frecuentes 34

1 Presentación y alcance

RIGIFLEX resuelve vigas y pórticos planos, isostáticos o hiperestáticos, en la calculadora HP Prime. El modelo se dibuja en pantalla con el teclado o con el dedo; el programa calcula reacciones, momentos de extremo, diagramas y desplazamientos, y desarrolla paso a paso el **método de la flexibilidad**, el de las **rotaciones angulares** y el de la **carga unitaria**, con los mismos valores que muestra el motor. Está pensado para estudiantes y docentes de Análisis Estructural y para comprobar cálculos a mano.

1.1 Qué calcula

- Grado hiperestático GH y grado de desplazabilidad GD, con una figura de los giros y desplazabilidades incógnita.
- Reacciones, fuerzas en resortes, momentos de extremo M_{ij} y normales; diagramas M, V y N con cursor; deformada; desplazamientos y giros de los nudos; tabla de resultados.
- Procedimiento de **flexibilidad** (redundantes automáticas o elegidas de una lista, funciones de momentos por tramo, tabla de desplazamientos y flexibilidades), de **rotaciones angulares** como en la materia (configuración de vínculos con el mínimo de incógnitas, $GD = N_d - A$, estado fijo con **lugares geométricos** y ficticios, estructura desplazada y desniveles, cuadro de rigidez, ecuaciones de nudos y de la estructura, reacciones con control) y de **carga unitaria** (funciones M y m, trabajo virtual por elemento).
- Barras de sección rectangular (b, h) o con I y A; extremos rígidos o articulados; axial indeformable (por defecto) o con EA; cortante opcional.
- Apoyos empotrado, articulado, móvil y guiado con el plano a cualquier ángulo; asientos y giro impuesto; holguras y topes (el programa detecta si la holgura se cierra).
- Resortes de traslación (a tierra en cualquier dirección, o entre dos nudos) y de giro a tierra; deslizadera interna.
- Cargas en nudos; en barras puntual, par y repartida trapecial parcial (vertical, horizontal, perpendicular o en ángulo; por longitud o por proyección); temperatura uniforme y gradiente; error de fabricación.

1.2 Qué método elegir

Calcular siempre resuelve el modelo por el motor de rigidez; los tres procedimientos desarrollan el mismo caso a mano y deben llegar a los mismos valores. La elección depende de lo que se quiera estudiar:

Procedimiento	Conviene cuando	Incógnitas
Flexibilidad	Hay pocas redundantes (GH bajo), interesan resortes, holguras o asientos como redundantes, o el enunciado fija cuáles liberar.	Fuerzas redundantes X_k
Rotaciones angulares	GH es alto pero hay pocos giros y desplazabilidades; barras indeformables; se quiere ver la configuración de vínculos y los lugares geométricos.	Giros θ_i y desplazabilidades δ_k
Carga unitaria	Solo interesa un desplazamiento o giro de un nudo, por ejemplo para comprobar una flecha.	Ninguna: da un valor

1.3 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad y signo
Longitud	m (secciones b y h en cm)
Fuerza y momento	t y t·m, o kN y kN·m (1 Archivo Ajustes; la conversión es exacta)
Módulo E	t/m^2 o kN/m^2
Asientos y holguras	mm
Giros y momentos de extremo	positivos en sentido antihorario
Reacciones	positivas hacia la derecha y hacia arriba
Diagrama de *M*	se dibuja del lado traccionado (abajo en una viga cargada hacia abajo)
N	positivo = tracción

1.4 Límites y fuera de alcance

> **⚠ Fuera de alcance**
> Hasta 30 nudos y 40 barras. No incluye: resortes de giro *internos* entre barras; barras de sección variable, arcos o barras curvas; cargas móviles, líneas de influencia ni combinaciones de cargas con factores (todas las acciones se suman en un único estado); parrillas, estructuras 3D, análisis no lineal ni pandeo. La deformada dibujada no incluye la deformación por cortante (los desplazamientos de los nudos sí, si el cortante está activado).

2 Instalación

2.1 Qué necesita

- Calculadora **HP Prime G1 o G2** con el firmware actualizado.
- Un computador con **HP Connectivity Kit** y el cable USB de la calculadora.
- Los dos archivos que recibió con su compra:
  - la aplicación: `RIGIFLEX.hpappdir`;
  - el archivo de licencia: `LIC_RIGIFLEX.hpprgm`.

  En el plan fundador el archivo de licencia es `INERTIX_LICENCIA.hpprgm`.

2.2 Copiar el programa a la calculadora

1. Conecte la calculadora al computador y abra HP Connectivity Kit. La calculadora aparece como **HP Prime** en el panel *Calculadoras*.
2. Seleccione el archivo `RIGIFLEX.hpappdir` y **arrástrelo sobre HP Prime** en ese panel. La aplicación se copia automáticamente al lugar que le corresponde; espere a que termine la transferencia.
3. Haga lo mismo con el **archivo de licencia**: arrástrelo sobre **HP Prime**. Basta copiarlo una vez; no hay que abrirlo ni escribir ninguna clave.

4. En la calculadora pulse Apps para abrir la *Biblioteca de aplicaciones*. RIGIFLEX aparece allí con su icono.
5. Toque el icono de RIGIFLEX para abrirlo. Con la licencia copiada, entra directamente (sección siguiente).

> **Copia de seguridad**
> Antes de instalar, respalde su calculadora desde HP Connectivity Kit (clic derecho sobre la calculadora, *Copia de seguridad*). Así conserva sus programas y notas ante cualquier imprevisto.

3 Licencia de uso

RIGIFLEX funciona con un **archivo de licencia** preparado para su calculadora. **No hay que escribir ninguna clave**: el programa lee la licencia por sí solo cada vez que se abre.

1. Al comprar, indique el **ID de la calculadora** (número de serie). Si aún no lo tiene, abra RIGIFLEX sin la licencia: la pantalla `Licencia de uso` lo muestra en la línea `ID de la calculadora`.
2. Con su compra recibe dos archivos:
   - la aplicación: `RIGIFLEX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_RIGIFLEX.hpprgm`.

   En el *plan fundador* hay un único archivo de licencia, `INERTIX_LICENCIA.hpprgm`, que sirve para todos los programas.
3. Copie ese archivo a la calculadora igual que la aplicación: arrástrelo sobre **HP Prime** en HP Connectivity Kit. Queda guardado en el catálogo de programas (Program).
4. Abra RIGIFLEX desde la *Biblioteca de aplicaciones*: entra directamente, sin pedir nada.

Si aparece la pantalla de licencia

- `FALTA ARCHIVO DE LICENCIA`: el archivo no está en la calculadora o fue borrado. Cópielo de nuevo y vuelva a abrir el programa (Enter reintenta, Esc sale).
- `LICENCIA NO VÁLIDA` o `SERIAL NO AUTORIZADO`: el archivo o la aplicación no corresponden al ID de esta calculadora. Escriba al asistente técnico con el ID que muestra la pantalla.

No modifique el contenido del archivo de licencia. Si el problema persiste, escriba al asistente técnico o directamente a Ing. Carlos Paredes Aguilar (+591 73842694) o a Ing. Samuel Huarachi Flores (+591 63562947).

Restablecimiento de la calculadora

Solo en caso de formatear la calculadora, vuelva a copiar la aplicación y su archivo de licencia. Conserve ambos archivos y su comprobante de compra.

4 La interfaz

Al abrir el programa aparece una viga continua de tres tramos, todavía sin calcular. La pantalla tiene cuatro zonas:



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

4.1 Zonas de la pantalla

Zona	Para qué sirve
1 Barra de menú	Cinco categorías: Archivo, Modelo, Cargas, Calcular y Result.; se abren con las teclas 1 a 5.
2 Cinta	Herramientas y órdenes de la categoría activa.
3 Lienzo	El modelo a escala sobre la rejilla, el resultado elegido o el procedimiento.
4 Línea de estado	Pistas, coordenadas del cursor, valores del cursor y el chip `Calcular` / `Calculado`.

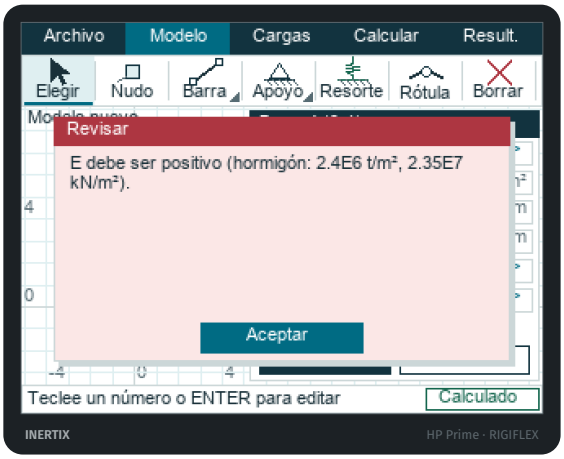
4.2 Teclas

Tecla	Acción
1 … 5	Abre la categoría del menú; ◄ ► recorren la cinta y Enter activa la herramienta u orden.
◄ ► ▲ ▼	Con `Nudo` o `Barra`: mueven el cursor por la rejilla (0.5 m por defecto). Con las demás herramientas: ◄ ► recorren los nudos o las barras y ▲ ▼ cambian entre nudos y barras. En los diagramas recorren la barra y cambian de barra; en los procedimientos, ◄ ► cambian de sección.
Enter	Pone el nudo o el punto del trazo, aplica la herramienta al objeto elegido o abre sus propiedades.
Del	Borra el objeto elegido (pide confirmación).
+ − 0	Acercar, alejar y encuadrar todo el modelo.
Esc	Termina un trazo, cierra la vista o el formulario, o vuelve atrás.

La pantalla táctil hace lo mismo: tocar la rejilla pone un nudo o un punto del trazo, tocar un objeto lo elige (y un segundo toque abre sus propiedades) y arrastrar desplaza la vista o el procedimiento.

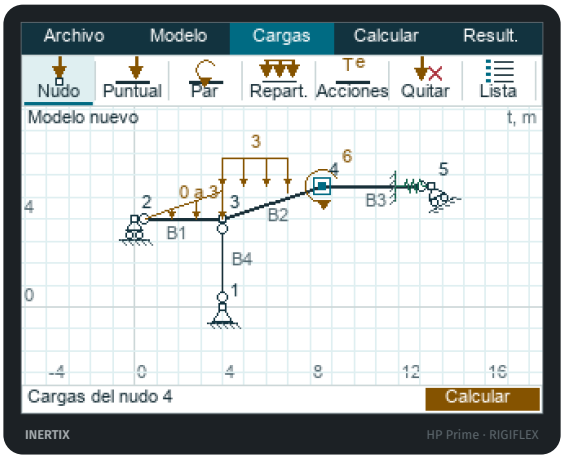
4.3 Editar un valor y resultados pendientes

En los formularios, teclear un número reemplaza el valor de la celda; ◀ ▶ mueven el cursor dentro del texto, Del borra y Enter acepta y pasa a la celda siguiente. En las celdas con < > las flechas cambian la opción. El signo se pone con la tecla ±. Un dato no válido abre un aviso que dice qué corregir y la celda sigue en edición; Esc conserva el valor anterior. Cualquier cambio en el modelo deja los resultados *pendientes*: el chip vuelve a `Calcular` y recorrer las gráficas o los procedimientos nunca recalcula por sí solo.



Dato no válido: el aviso dice qué corregir.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Tras editar el par de N4, el chip vuelve a `Calcular`.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

4.4 Cómo leer los resultados

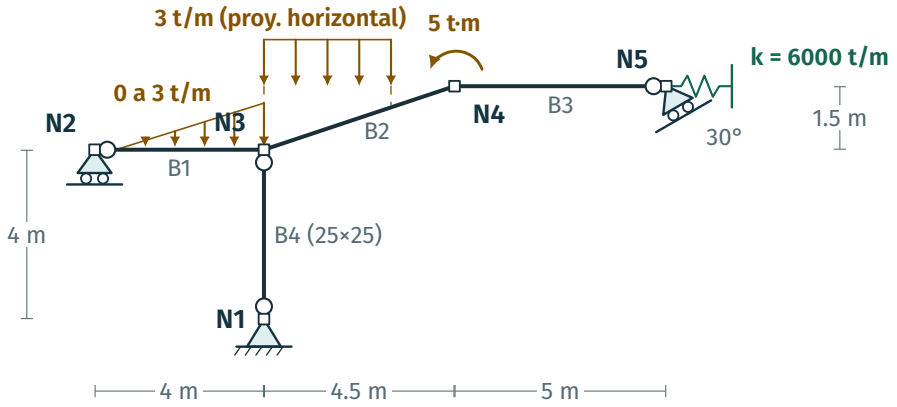
- **GH y GD** dicen cuántas incógnitas tiene cada método. GH = 0 es isostática: flexibilidad no libera redundantes. Con barras indeformables, GD cuenta los movimientos independientes de los nudos.
- **Reacciones**: las flechas se dibujan en su sentido real, de modo que el valor rotulado es positivo. En la `Tabla` llevan el signo de los ejes: + a la derecha y hacia arriba.
- **Momentos de extremo** M_{ij}: antihorarios positivos *sobre la barra*. Son los de las rotaciones angulares, no el signo del diagrama. El diagrama *M* va del lado traccionado.
- **Deformada**: la escala se amplía para que se vea; el desplazamiento real se lee en la línea de estado o en la `Tabla`.
- **Holguras y topes**: si la holgura se cierra, la línea de estado dice `holgura cerrada` y la reacción de ese apoyo deja de ser cero.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Resolver el pórtico de la figura por el **método de las rotaciones angulares** (y comprobarlo por **flexibilidad**): giros de los nudos rígidos, **momentos de extremo**, reacciones y fuerza en el resorte. La columna 1-3 es una barra biarticulada de 25×25 cm; la viga 2-3 tiene una rótula en el nudo 2 y la

barra 4-5 en el nudo 5. El apoyo de N5 desliza sobre un plano a 30° y está retenido por un resorte horizontal. Barras indeformables axialmente, E = $2.4{\cdot}10^6$ t/m^2.



Datos

Nudo	x (m)	y (m)	Condición
N1	4	0	Articulado
N2	0	4	Móvil (plano horizontal)
N3	4	4	—
N4	8.5	5.5	Par de 5 t·m
N5	13.5	5.5	Móvil a 30° + resorte

Barra	Nudos	Sección	Extremos
B1	2–3	25×45 cm	Rótula en N2
B2	3–4	25×45 cm	Rígidos
B3	4–5	25×45 cm	Rótula en N5
B4	3–1	25×25 cm	Rótulas en N3 y N1

Acción	Valor
Barra B1 (2–3)	triangular vertical de 0 a 3 t/m entre 0.5 y 4 m desde N2
Barra B2 (3–4)	3 t/m vertical, por proyección horizontal, en los primeros 3 m desde N3
Nudo N4	par de 5 t·m antihorario
Nudo N5	resorte horizontal k = 6000 t/m

Fuente: ejemplo *Pórtico GD=2 con apoyo a 30°* de RIGIFLEX (1 Archivo > Ejemplos, n.º 20). Procede de un examen de la asignatura CIV-2205 (Facultad Nacional de Ingeniería), resuelto a mano por el método de las rotaciones angulares. En la guía se conserva la numeración de nudos de la fuente; el ejemplo de la lista del programa numera los nudos en otro orden, con los mismos resultados.

5.2 Paso a paso

El modelo se construye desde cero con el teclado. Los nudos se numeran en el orden en que se crean y las barras en el orden en que se trazan: por eso el nudo N1 se pone primero, suelto, y después se trazan las barras. Así la numeración coincide con la del enunciado.

1 Empezar un modelo en blanco



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

TECLAS

1 Enter ×3

1 **Archivo** Nuevo ofrece un modelo en blanco o tres plantillas. Se elige `En blanco` y se confirma que se borra el modelo actual. El lienzo queda vacío, con la rejilla de 0.5 m.

✔ **Debe verse:** Lienzo vacío con la rejilla de 0.5 m; rótulo «Modelo nuevo»

2 Herramienta Barra y nudo N1 en (4; 0)



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

TECLAS

2 ▶ ×2 Enter ▶ ×8 Enter Esc

Con 2 **Modelo** Barra el cursor aparece en el origen; las flechas lo mueven 0.5 m por pulsación y la línea de estado muestra sus coordenadas. Un Enter en (4; 0) crea el nudo N1 y Esc termina el trazo sin dibujar ninguna barra: N1 queda suelto, con el número que le da la fuente.

✔ **Debe verse:** Nudo 1 suelto en (4; 0); la herramienta Barra sigue activa

3 Trazar la viga N2–N3 y el tramo inclinado hasta N5



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

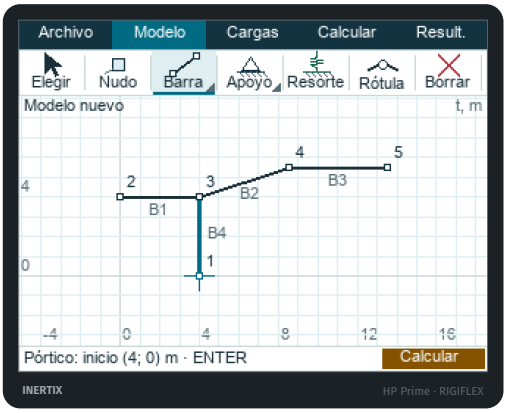
TECLAS

◄ ×8 ▲ ×8 Enter ► ×8 Enter ► ×9 ▲ ×3 Enter ► ×10 Enter Esc

Cada Enter fija un punto del trazo: crea el nudo si no existe y la barra desde el punto anterior. Se pasa por (0; 4), (4; 4), (8.5; 5.5) y (13.5; 5.5): nacen N2 a N5 y las barras B1 = 2-3, B2 = 3-4 y B3 = 4-5, todas con la sección por defecto de 25 × 45 cm.

✔ **Debe verse:** Barras B1 = 2-3, B2 = 3-4 y B3 = 4-5; nudos 2 a 5 numerados como en el enunciado

4 Trazar la columna N3–N1 y encuadrar



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

TECLAS

◄ ×19 ▼ ×3 Enter ▼ ×8 Enter Esc 0

Un Enter sobre un nudo existente empieza el trazo en él. Se baja de N3 a N1 y se crea B4 = 3-1. La tecla 0 encuadra todo el pórtico en el lienzo.

✔ **Debe verse:** Pórtico completo: 5 nudos y 4 barras; B4 = 3-1 seleccionada

5 Columna B4: sección 25 × 25 cm y rótulas en ambos extremos



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

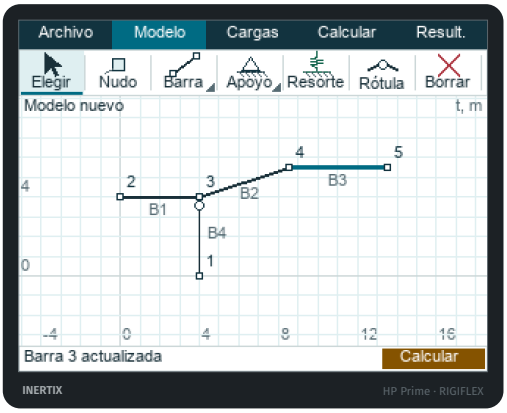
TECLAS

2 Enter ×2 ▼ ×3 2 5 Enter ▶ ×3

Con 2 **Modelo** Elegir, la barra recién trazada sigue elegida y Enter abre sus propiedades. Se cambia h a 25 cm y, en `Extremos`, se elige `Rótula-rótula`: la columna queda biarticulada.

✔ **Debe verse:** Formulario «Barra 4 (3-1)»: b = 25, h = 25 cm, Extremos = Rótula-rótula

6 Rótula en N2 (barra B1) y en N5 (barra B3)



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

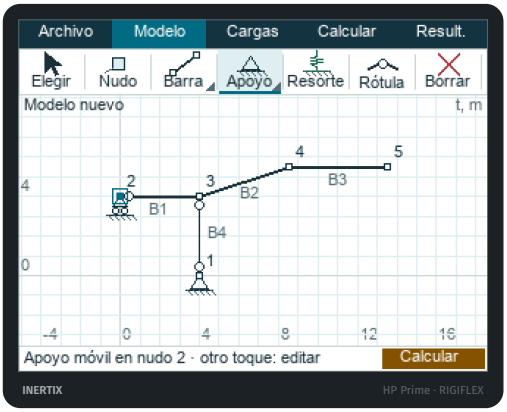
TECLAS

▼ ×2 Enter ▶ Enter ▼ ×4 ▶ ▼ ×2 Enter ▶ ×2 Enter ▼ ×4 ▶ ×2 ▼ ×2 Enter

Se acepta el formulario y, con ◀ ▶, se eligen las otras barras: en B1 el extremo `Rótula-rígido` (rótula en N2, su nudo inicial) y en B3 `Rígido-rótula` (rótula en N5). Las rótulas se dibujan como círculos en el extremo de la barra.

✔ **Debe verse:** B1 con rótula en el nudo 2 y B3 con rótula en el nudo 5 (círculos en los extremos)

7 Apoyo articulado en N1 y móvil en N2



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

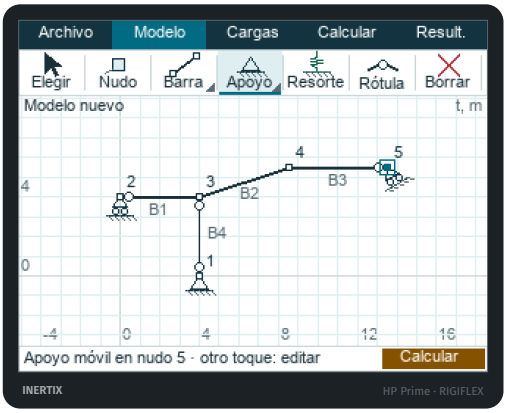
TECLAS

2 ▶×3 Enter ▲ Enter 2 ▶×3 Enter ▶ ▼×2 Enter ▶ Enter

2 **Modelo** Apoyo coloca apoyos con cada Enter (o toque) en un nudo libre: ▲ pasa de barras a nudos y el primer Enter pone en N1 el tipo por defecto, `Articulado`. Pulsar otra vez `Apoyo` (la marca del botón indica que tiene tipos) abre `Apoyo a colocar`: en `Tipo` las flechas recorren Empotrado, Articulado, Móvil y Guiado. Se elige `Móvil`, se acepta y, con ▶, un Enter en N2 pone el rodillo sobre un plano horizontal. Sobre un nudo que ya tiene apoyo, Enter abre sus propiedades.

✔ **Debe verse:** Articulado bajo N1 (tipo por defecto de Apoyo) y rodillo bajo N2: Apoyo otra vez → Tipo Móvil

8 Apoyo móvil en N5 sobre un plano a 30°



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

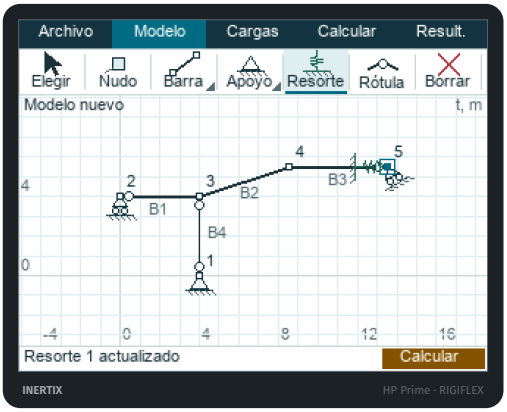
TECLAS

2 ▶×3 Enter ▼ 3 0 Enter×2 ▶×3 Enter

Otra vez `Apoyo`: en `Apoyo a colocar` el campo `Plano` es la inclinación de la superficie de deslizamiento (la reacción es perpendicular a ella). Se escribe 30°, se acepta y un Enter en N5 coloca el rodillo inclinado.

✔ **Debe verse:** Apoyo a colocar: Móvil con plano 30°; rodillo inclinado bajo N5

9 Resorte horizontal de 6000 t/m en N5



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

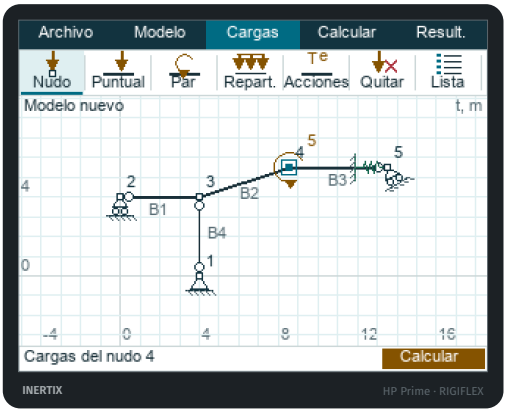
TECLAS

`2` `▶`×4 `Enter`×3 `6` `0`×3 `Enter` `0` `Enter` `▼`×2 `Enter`

`2` **Modelo** Resorte sobre N5 abre la lista de resortes del nudo; se elige `Nuevo: traslación a tierra`. En el formulario se escribe *k* = 6000 t/m y el eje 0° (horizontal).

✔ **Debe verse:** Resorte en zigzag horizontal junto a N5

10 Par de 5 t·m antihorario en N4



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

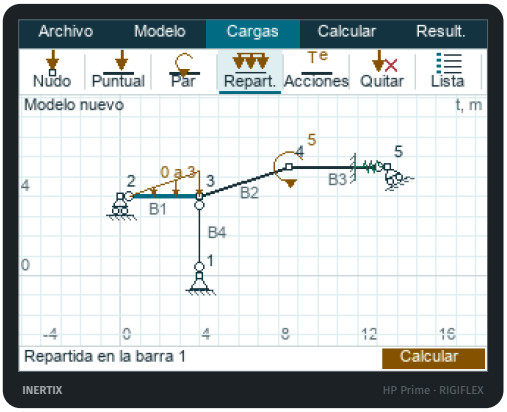
TECLAS

`3` `Enter` `◀` `Enter` `▼`×2 `5` `Enter`×2

`3` **Cargas** Nudo sobre N4 abre sus fuerzas y su par. El par se escribe positivo porque es antihorario.

✔ **Debe verse:** Flecha curva de par en N4 con el valor 5

11 Carga triangular de 0 a 3 t/m en B1, de 0.5 a 4 m



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

TECLAS

[3] [▶]×3 [Enter] [▼] [Enter] [▼] [0] [Enter] [3] [Enter] [0] [.] [5] [Enter] [▼] [Enter]

[3] **Cargas** Repart. sobre la barra B1 abre el formulario con los campos `Tipo`, `q inicio`, `q final`, `Desde` y `Hasta`. El tipo `Vertical` viene por defecto; `q inicio` = 0 y `q final` = 3 t/m dan la carga triangular, y las distancias se miden desde el nudo inicial de la barra (N2): desde 0.5 m hasta el final (4 m, el valor propuesto).

✔ **Debe verse:** Carga triangular sobre la viga, creciente hacia N3

12 Carga de 3 t/m por proyección horizontal en los primeros 3 m de B2



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

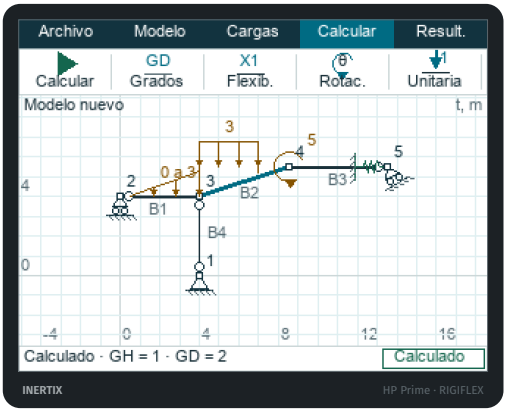
TECLAS

[▶] [Enter] [▶]×2 [▼] [3] [Enter] [3] [Enter] [▼] [3] [Enter]×2

Con [▶] se pasa a B2 y [Enter] abre otra repartida. En `Tipo` las flechas recorren Vertical, Perpendicular, `Proy. horiz.`, Proy. vert., Horizontal, Axial y Ángulo; se elige `Proy. horiz.` (carga vertical por metro de proyección horizontal). `Desde` y `Hasta` también se miden en la proyección: de 0 a 3 m. La carga se dibuja en una banda horizontal con guías punteadas.

✔ **Debe verse:** Tipo Proy. horiz.: banda horizontal sobre el tramo inclinado con guías punteadas

13 Calcular



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

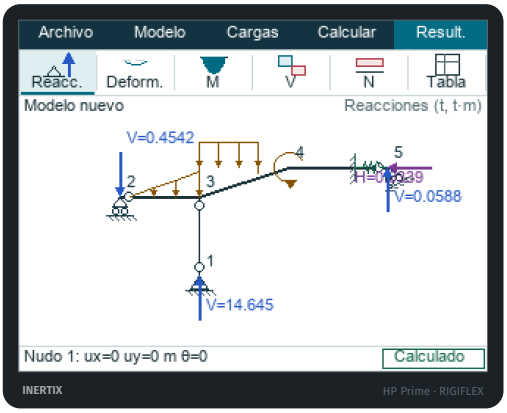
TECLAS

4 Enter

4 **Calcular** Calcular resuelve el pórtico. La línea de estado indica el grado hiperestático (GH = 1) y el de desplazabilidad (GD = 2), y el chip pasa a `Calculado`.

✔ **Debe verse:** Botón «Calculado» en verde; abajo: «Calculado · GH = 1 · GD = 2»

14 Reacciones



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

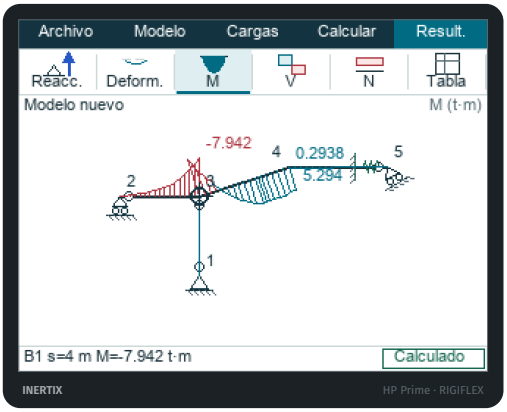
TECLAS

5 Enter

5 **Result.** Reacc. dibuja las reacciones con su valor: 14.645 t hacia arriba en N1, la reacción pequeña de N2 y la de N5 perpendicular al plano inclinado, junto con la fuerza del resorte.

✔ **Debe verse:** Flechas de reacción en N1, N2 y N5 con sus valores (V1 = 14.645 t)

15 Diagrama de momentos y cursor en el nudo 3



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

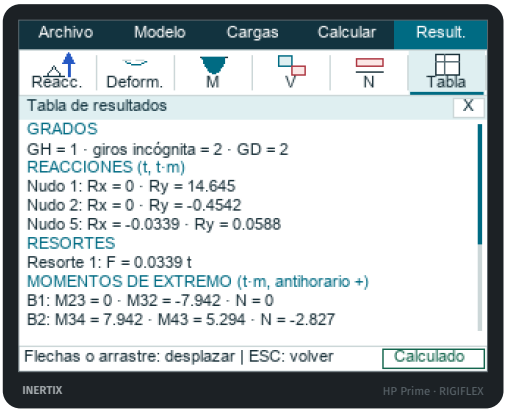
TECLAS

5 ▶ ×2 Enter

5 **Result.** M dibuja el momento flector del lado traccionado. El cursor se coloca en el valor máximo: −7.942 t·m en el nudo 3, extremo de B1; con las flechas recorre cada barra y la línea de estado da *s* y *M*.

✔ **Debe verse:** Diagrama M con −7.942 en el nudo 3 y 5.294 en el nudo 4; el cursor muestra el valor

16 Tabla de resultados



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

TECLAS

5 ▶ ×5 Enter

5 **Result.** Tabla reúne grados, reacciones, fuerza del resorte, momentos de extremo con su normal y desplazamientos de los nudos. Se desplaza con las flechas.

✔ **Debe verse:** Grados, reacciones, resorte, momentos de extremo y desplazamientos

17 Procedimiento: rotaciones angulares (solución)



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

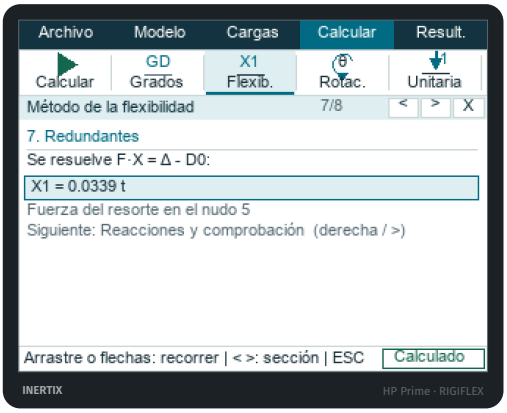
TECLAS

Esc 4 ▶ ×3 Enter ▶ ×7

4 **Calcular** Rotac. abre el procedimiento en nueve secciones, en el orden de la materia: configuración de vínculos ($GD = N_d - A = 4 - 2 = 2$; incógnitas θ_3, θ_4, δ_1, δ_2), estado fijo con lugares geométricos, estructura desplazada y desniveles, momentos de empotramiento, cuadro de rigidez, ecuaciones de momentos, ecuaciones de nudos y de la estructura, solución, y cortantes y reacciones. Con ▶ se llega a la sección 8: θ_3, θ_4, δ_1, δ_2 y los momentos finales, iguales a los de la fuente.

✔ **Debe verse:** Sección 8/9: θ3 = −0.001502 y θ4 = 0.001024 rad, δ1 y δ2, momentos finales

18 Procedimiento: método de la flexibilidad (redundantes)



Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

TECLAS

Esc 4 ▶ ×2 Enter ×2 ▶ ×6

4 **Calcular** Flexib. con `Redundantes automáticas`: como GH = 1, el programa libera el resorte de N5 y lo toma como redundante X_1. La sección 7 (de 8) resuelve la compatibilidad, X_1 = 0.034 t, la misma fuerza de resorte que da el método de rigidez.

✔ **Debe verse:** Sección 7/8: X1 = 0.0339 t, fuerza del resorte de N5 (GH = 1)

5.3 Resultados

Resultados del ejemplo

Los giros, los momentos de extremo, la reacción V_1 y la fuerza del resorte coinciden con la solución de referencia, y los dos procedimientos (rotaciones y flexibilidad) dan los mismos valores.

Magnitud	Referencia	RIGIFLEX	Estado
Grado hiperestático / desplazabilidad	—	GH = 1 · GD = 2	—
Giro φ_3	−0.001502 rad	−0.001502 rad	Coincide (horario)
Giro φ_4	0.001025 rad	0.001024 rad	Coincide (la fuente redondea)
Momento M_{32}	−7.941 t·m	−7.942 t·m	Coincide
Momento M_{34}	7.941 t·m	7.942 t·m	Coincide
Momento M_{43}	5.294 t·m	5.294 t·m	Coincide
Momento M_{45}	−0.294 t·m	−0.294 t·m	Coincide
Reacción vertical V_1	14.645 t	14.645 t	Coincide
Fuerza en el resorte $\lvert F_r \rvert$	0.034 t	0.034 t	Coincide

Signos: giros y momentos de extremo positivos en sentido antihorario; reacciones + hacia la derecha y hacia arriba. En el diagrama, *M* se dibuja del lado traccionado.

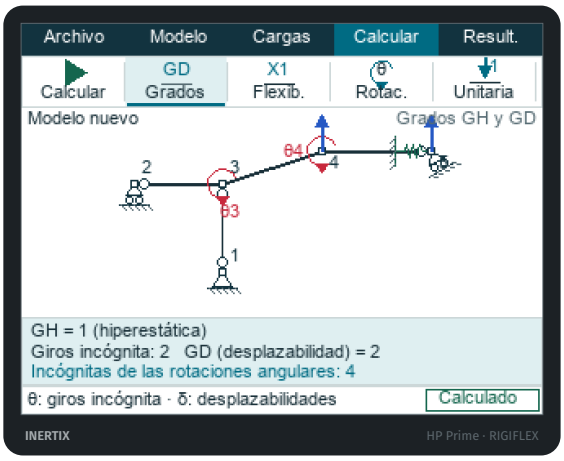
Comprobación a mano

$$\sum M_{N3} = 0: \quad M_{32} + M_{34} = -7.942 + 7.942 = 0$$

$$\sum M_{N4} = 5: \quad M_{43} + M_{45} = 5.294 - 0.294 = 5.000 \text{ t·m}$$

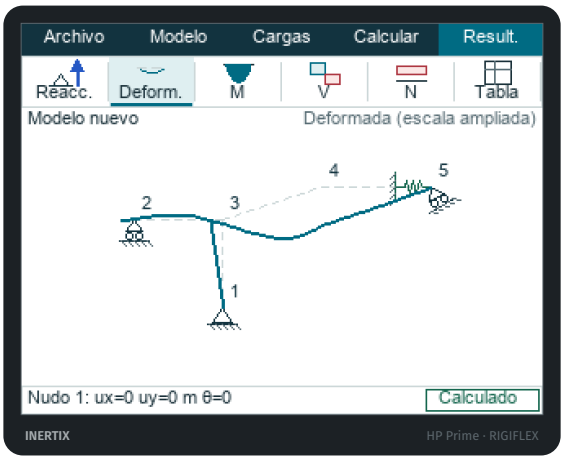
$$M_{31} = M_{13} = M_{23} = M_{54} = 0 \quad \text{(extremos articulados)}$$

Otras vistas del mismo ejemplo



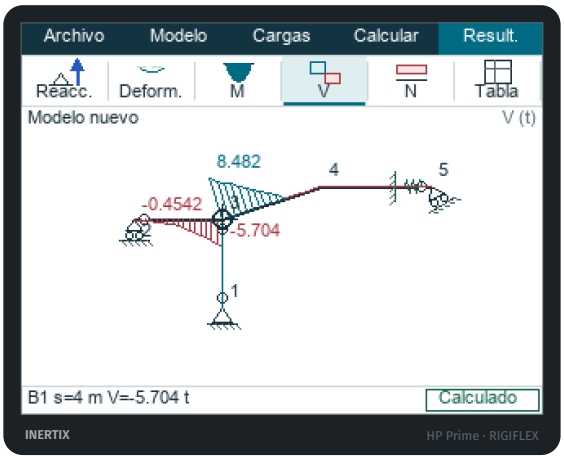
4 **Calcular** Grados: giros θ y desplazabilidades δ.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



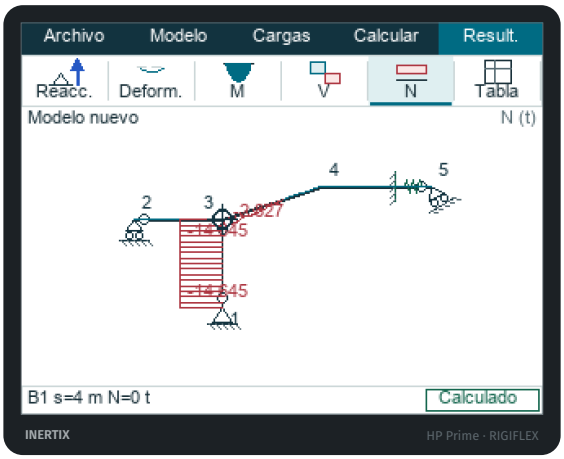
5 **Result.** Deform.: deformada ampliada.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



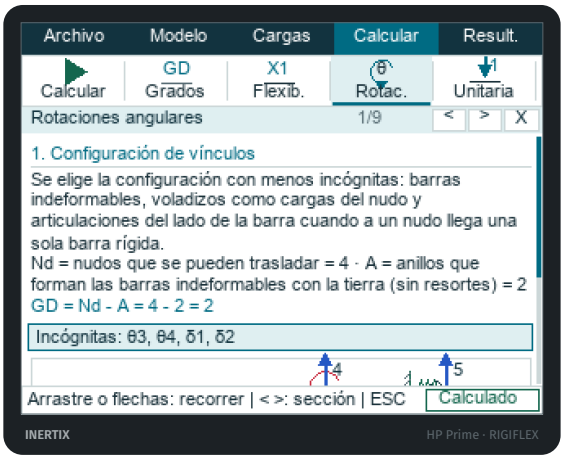
5 **Result.** V: cortantes.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



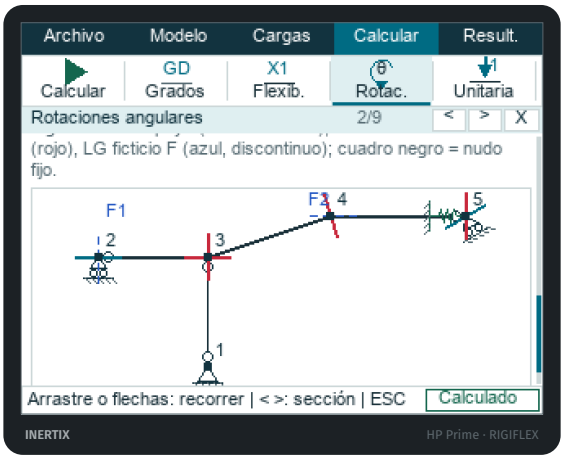
5 **Result.** N: normales; la columna trabaja a compresión.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



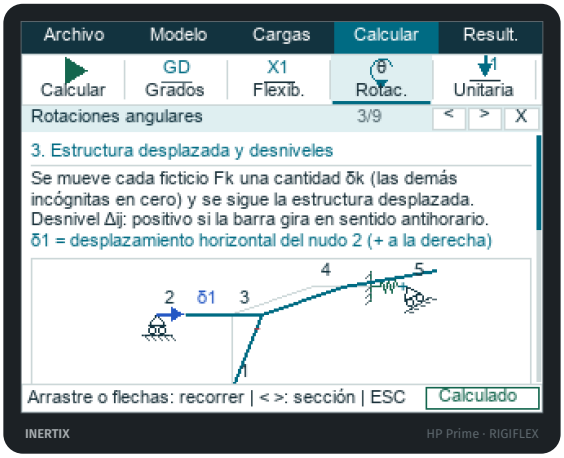
Rotaciones 1/9: configuración de vínculos y $GD = N_d - A$.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Rotaciones 2/9: lugares geométricos y ficticios F1, F2.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Rotaciones 3/9: estructura desplazada para δ_1.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



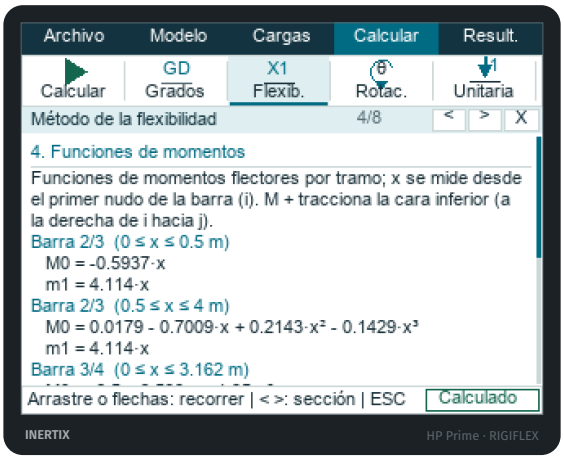
Rotaciones 5/9: cuadro de rigidez (E/E, E/A, A/E).

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Rotaciones 9/9: cortantes y reacciones.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



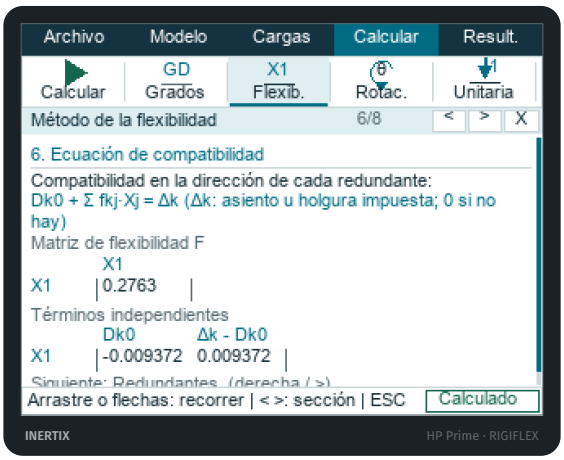
Flexibilidad 4/8: funciones M_0 y m_1 por tramo.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Flexibilidad 5/8: trabajo virtual por barra.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Flexibilidad 6/8: matriz F y términos independientes.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

5.4 Opciones importantes

Seis casos de 1 **Archivo** Ejemplos para lo que el ejemplo guiado no toca. OI-1 a OI-3 son los «ejemplos cortos» de la edición anterior: la carga unitaria, una holgura que se cierra y una estructura desplazable con lugares geométricos. OI-4 elige las redundantes a mano, OI-5 compara un tope con contacto y sin él, y OI-6 muestra el gradiente térmico y el cambio a kN. Basta cargarlos y pulsar 4 **Calcular** Calcular; las cifras se comprobaron contra el motor al generar las capturas.

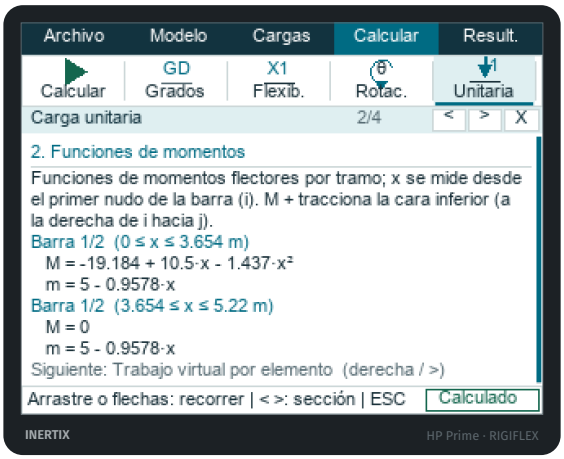
OI-1 · Desplazamiento de voladizo inclinado (carga unitaria)

Voladizo empotrado de (0; 0) a (5; 1.5) con 3 t/m verticales en toda la barra, sección 25 × 45 cm, con deformación axial y por cortante. 4 **Calcular** Unitaria pide el nudo y la dirección del desplazamiento y desarrolla el trabajo virtual barra por barra. Fuente: libro de Análisis Estructural (Mendoza Apaza), ejemplo 3-3; el signo de δ_x del libro es una errata.



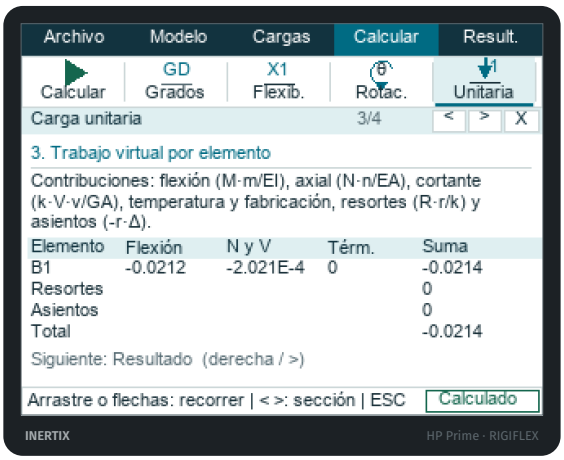
4 **Calcular** Unitaria: nudo 2, vertical.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



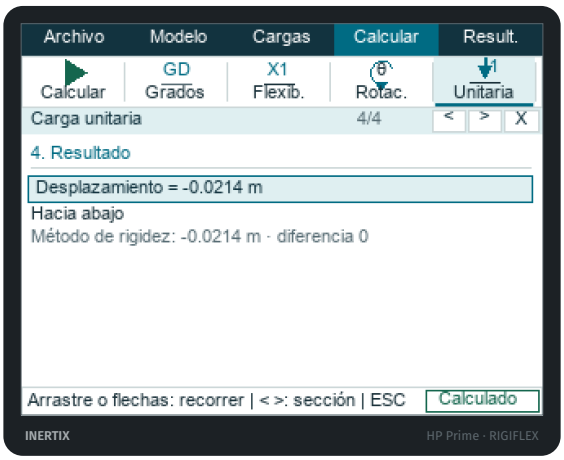
Sección 2/4: funciones *M* (real) y *m* (virtual).

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Sección 3/4: trabajo virtual por elemento.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



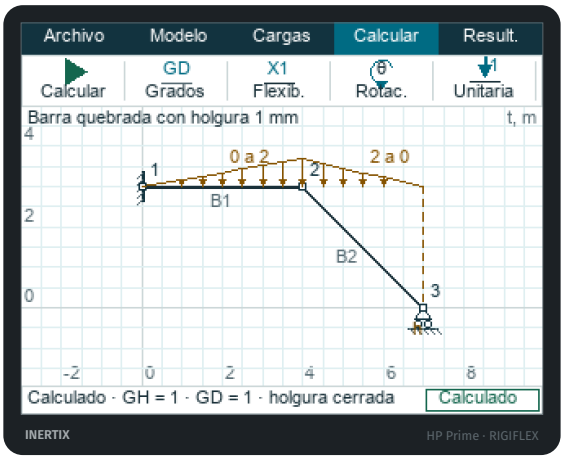
Resultado: −0.0214 m (hacia abajo).

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
δ_y del nudo 2	21.36 mm hacia abajo	−21.357 mm
δ_x del nudo 2	6.39 mm hacia la derecha	+6.385 mm

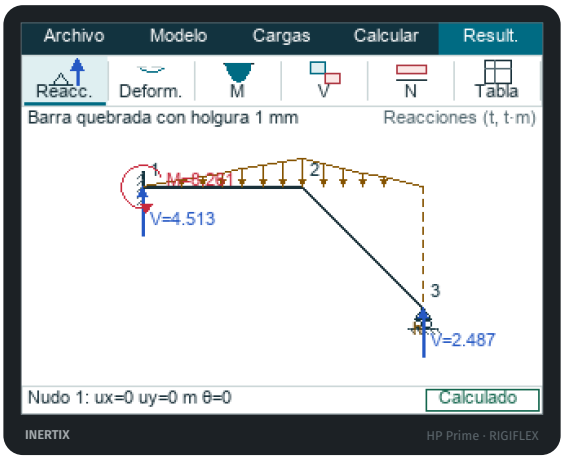
OI-2 · Barra quebrada con holgura de 1 mm

Barra quebrada empotrada en un extremo y con un apoyo móvil separado 1 mm en el otro. El programa calcula primero sin el apoyo, ve que el desplazamiento supera la holgura y repite con el contacto cerrado; la línea de estado lo indica con `holgura cerrada`. Fuente: libro de Análisis Estructural (Mendoza Apaza), ejemplo 4-3.



Calculado: `holgura cerrada`.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



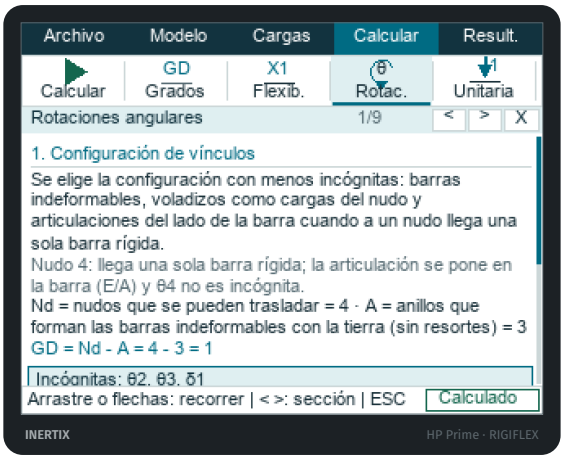
5 **Result.** Reacc.: R_3 = 2.487 t.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
Reacción del apoyo con holgura R_3	2.487 t	2.487 t
Momento de empotramiento M_1	8.258 t·m	8.261 t·m (la fuente redondea)

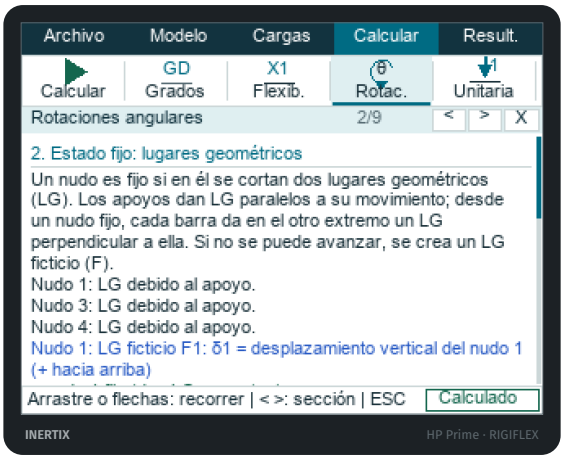
OI-3 · Triángulo articulado sobre resortes (lugares geométricos)

Triángulo 1(0; 5.5)–2(4; 4.5)–3(5; 0) con las barras 1/2 y 1/3 biarticuladas; apoyos que solo impiden un desplazamiento en 1, 3 y 4(10; 0); resorte de giro de 4000 t·m/rad y resorte horizontal de 5000 t/m en 2; 2 t/m en 1/2 y carga triangular de 0 a 2 t/m en los últimos 4 m de 3/4. Es el caso típico de estructura desplazable que se resuelve con lugares geométricos: los nudos 1, 3 y 4 tienen un solo LG, hace falta **un** ficticio (en el nudo 1) y la estructura desplazada da los desniveles de las tres barras del triángulo y la deformación del resorte en función de δ_1. Se carga con 1 **Archivo** Ejemplos (n.º 10) y se abre con 4 **Calcular** Rotac.. Fuente: libro de Análisis Estructural (Mendoza Apaza), ejemplo 5-4.



1/9: la barra 3/4 queda E/A; *GD* = 4 – 3 = 1.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



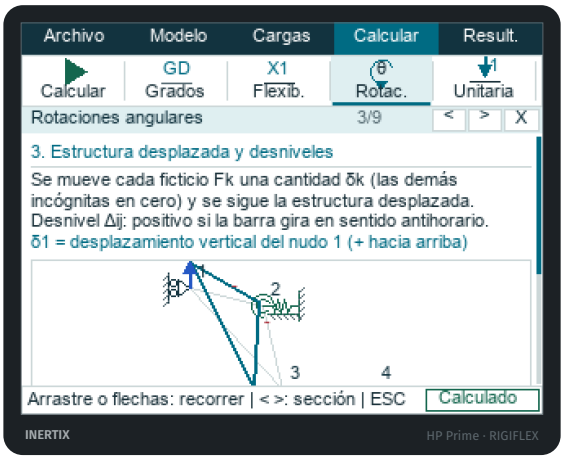
2/9: LG de los apoyos y ficticio F1 en el nudo 1.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



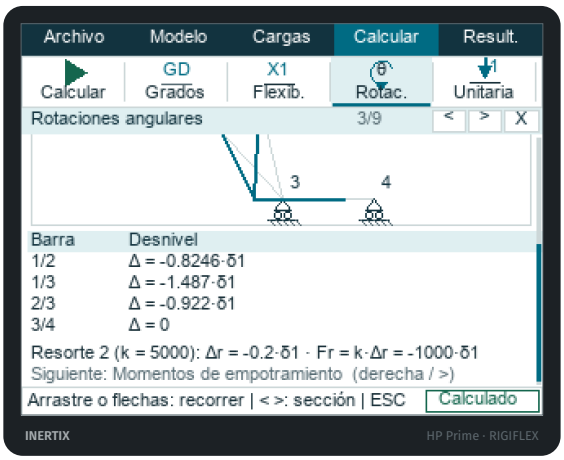
2/9: figura de los lugares geométricos.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



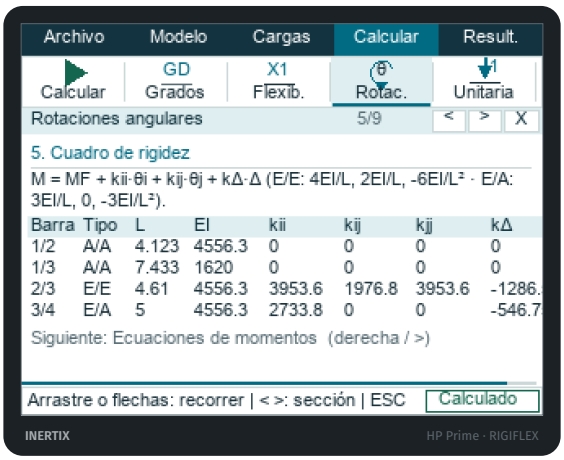
3/9: estructura desplazada para $\delta_1 = 1$.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



3/9: desniveles y resorte en función de δ_1.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



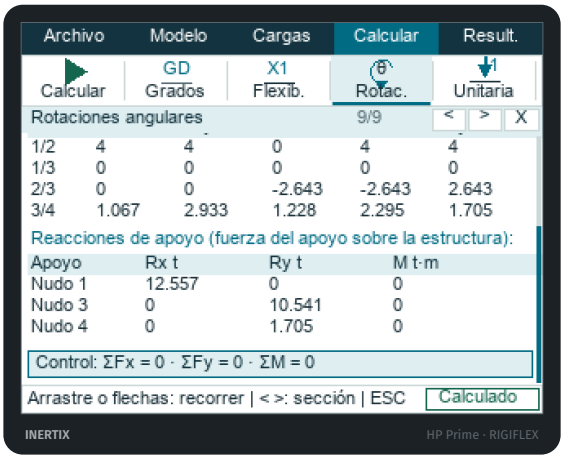
5/9: cuadro de rigidez (2/3 E/E, 3/4 E/A).

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



8/9: θ_2, θ_3 y δ_1.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



9/9: reacciones y control $\sum F = \sum M = 0$.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
$GD = N_d - A$ (ficticios)	4 − 3 = 1 (F1 en el nudo 1)	4 − 3 = 1 (F1 en el nudo 1)
Δ_{12}, Δ_{13}, Δ_{23}	0.825δ, 1.487δ, 0.922δ (δ hacia abajo)	−0.8246δ_1, −1.487δ_1, −0.922δ_1 (δ_1 hacia arriba)
Rigideces de 2/3	3953.558 · 1976.779 · −1286.471	3953.6 · 1976.8 · −1286.5
M_{34}^{F} (barra E/A)	2.155 t·m	2.155 t·m
$\theta_2 \cdot \theta_3$	$1.5100 \cdot 10^{-3} \cdot 1.4584 \cdot 10^{-3}$ rad	$1.5100 \cdot 10^{-3} \cdot 1.4585 \cdot 10^{-3}$ rad
δ del nudo 1	12.556 mm hacia abajo	−12.557 mm
$M_{32} \cdot M_{34}$	−6.142 · 6.142 t·m	−6.142 · 6.142 t·m
$H_1 \cdot V_3 \cdot V_4$	12.556 · 10.541 · 1.705 t	12.557 · 10.541 · 1.705 t

OI-4 · Flexibilidad con redundantes elegidas

Pórtico trapecial q=3 t/m (n.º 2): voladizos en los extremos, GH = 2 y GD = 2. Las redundantes automáticas no siempre son las de un enunciado; aquí se liberan las reacciones verticales de los nudos 2 y 3, como en la fuente.

1. Cargar el ejemplo 2 y 4 **Calcular** Calcular.
2. 4 **Calcular** Flexib.: elegir `Elegir las redundantes`.
3. En la lista, `Reacción vertical en el nudo 2`; después, `Reacción vertical en el nudo 3`.
4. Con ▶ llegar a la sección 6/8: matriz **F** y términos independientes.



Lista de redundantes candidatas.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Sección 6/8: **F** y D_0.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

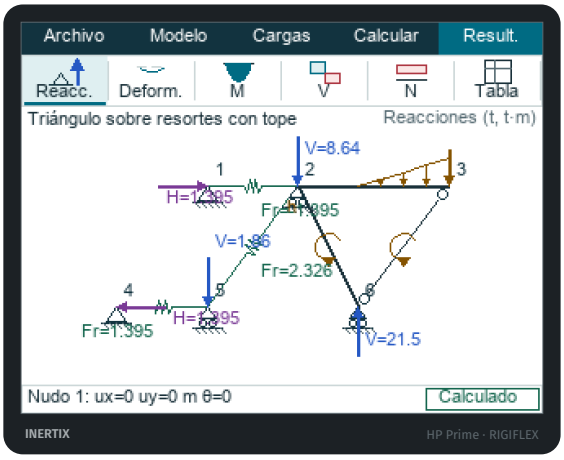
Resultado	Referencia	RIGIFLEX
$D_{10} \cdot EI$	−114.52	−114.527
$f_{11} \cdot EI = f_{22} \cdot EI$	6.68831	6.69036
$f_{12} \cdot EI$	5.08179	5.08088

La diferencia es menor que 0.05 %: la fuente opera a tres decimales. Si una elección deja una primaria inestable, el programa lo avisa y pide otra.

OI-5 · Tope con contacto y sin él

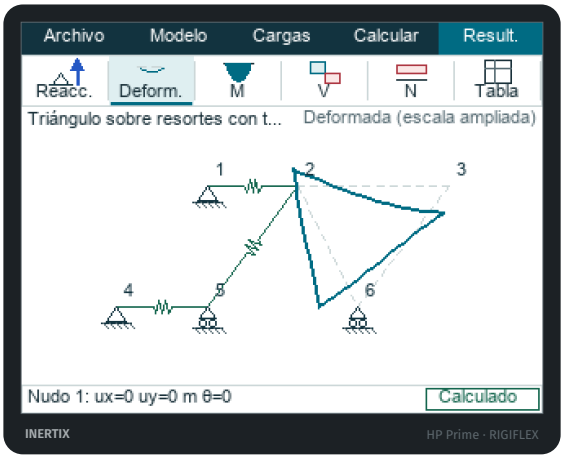
Triángulo sobre resortes con tope (n.º 14): sobre el nudo 2 hay un tope separado 1 mm. El mismo caso se calcula con el tope y sin él para ver lo que hace la holgura.

1. Cargar el ejemplo 14 y 4 **Calcular** Calcular: el tope entra en contacto.
2. 5 **Result.** Reacc.: reacción del tope.
3. 2 **Modelo** Apoyo sobre N2: en `Tipo`, `Sin apoyo`; aceptar.
4. 4 **Calcular** Calcular y 5 **Result.** Deform.: el nudo 2 sube sin restricción.



Con tope: reacción negativa, el tope empuja hacia abajo.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Sin tope: deformada libre.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

Resultado	Referencia	RIGIFLEX
Sin tope: desplazamiento vertical de N2	5.64 mm hacia arriba	5.644 mm
Con tope: reacción	−8.639 t	−8.640 t
Con tope: M_{23}	1.235 t·m	1.236 t·m

Como 5.644 mm supera la holgura de 1 mm, el contacto se cierra y uy2 queda en 1 mm exacto.

OI-6 · Gradiente térmico y cambio a kN

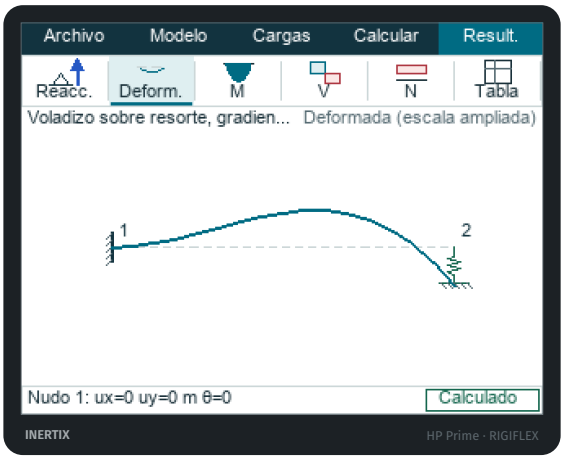
Voladizo sobre resorte, gradiente térmico (n.º 17): barra de 5 m empotrada en N1, resorte vertical de 2000 t/m en N2, ΔT gradiente de −15 °C, canto 0.45 m, $\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5}$/°C.

1. Cargar el ejemplo 17. 3 **Cargas** Acciones sobre B1 muestra el gradiente; se cancela.
2. 4 **Calcular** Calcular y 5 **Result.** Deform.: la barra se curva sin carga exterior.
3. 1 **Archivo** Ajustes: `Unidades` = `kN y m`; aceptar.
4. 4 **Calcular** Calcular otra vez: el modelo se convirtió y los resultados estaban pendientes.



3 **Cargas** Acciones: gradiente de −15 °C.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Deformada por el gradiente.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

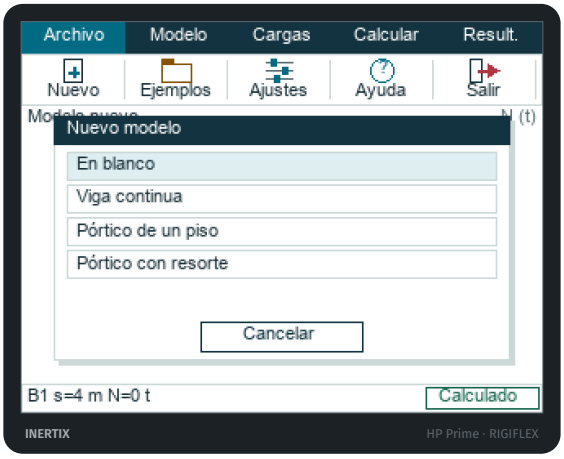
Resultado	En t	En kN
Fuerza del resorte	0.518 t	5.084 kN
M en el empotramiento	−2.592 t·m	−25.419 kN·m
uy del nudo 2	−0.259 mm	−0.259 mm

El cociente entre ambas fuerzas es exactamente 9.80665: la conversión es exacta y los desplazamientos no cambian.

6 Referencia de menús y opciones

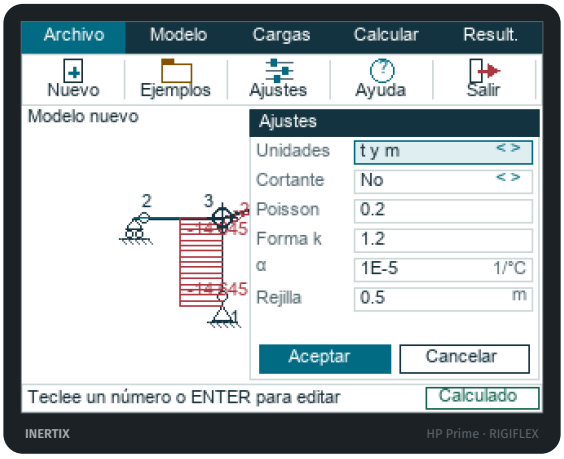
6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Modelo en blanco o plantilla (viga continua, pórtico de un piso, pórtico con resorte) con sus medidas y cargas en un formulario.
Ejemplos	23 casos resueltos, listos para calcular.
Ajustes	Unidades (t y m, o kN y m), deformación por cortante (Poisson y factor de forma), coeficiente de dilatación α y paso de la rejilla.
Ayuda	Resumen de lo que calcula, unidades, teclas y signos.
Salir	Cierra el programa (pide confirmación); el modelo se conserva para la próxima vez.



1 **Archivo** Nuevo.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



1 **Archivo** Ajustes.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

6.2 2 · Modelo

Orden	Qué hace
Elegir	Elige un nudo o una barra; un segundo toque o Enter abre sus propiedades (coordenadas del nudo; sección, E, extremos y axial de la barra).
Nudo	Pone un nudo en la rejilla o abre el de un nudo existente.
Barra	Trazo continuo de barras: cada Enter añade un punto; Esc termina. Pulsar `Barra` otra vez elige el tipo: Pórtico (rígida e indeformable) o Armadura (biarticulada, con EA). Un nudo puesto sobre una barra la parte en dos.
Apoyo	Cada Enter en un nudo libre coloca el apoyo elegido; `Apoyo` otra vez abre `Apoyo a colocar`: empotrado, articulado, móvil o guiado (plano a cualquier ángulo). Sobre un nudo con apoyo abre sus propiedades: asiento, giro impuesto y holgura (apoyo debajo o tope encima).
Resorte	Lista de resortes del nudo: editar, quitar o añadir uno de traslación a tierra, de giro a tierra o entre dos nudos; todos admiten holgura.
Rótula	Sobre un extremo de barra cambia rígido/rótula; sobre un nudo articula o une todas sus barras, o crea una deslizadera entre dos barras.
Borrar	Borra el nudo (con sus barras, apoyo, resortes y cargas) o la barra tocada.



2 **Modelo** Resorte sobre N5.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



2 **Modelo** Rótula sobre un nudo.

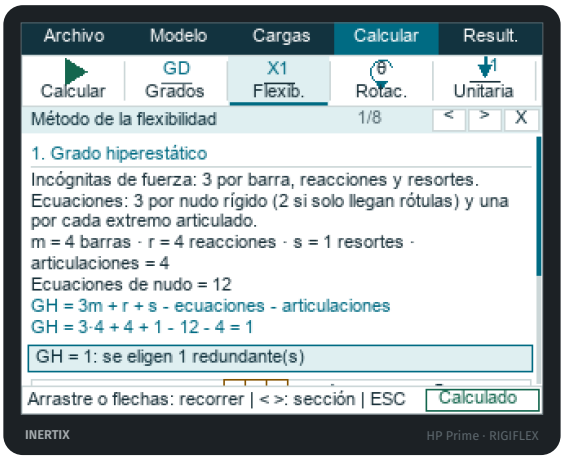
Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

6.3 3 · Cargas

Orden	Qué hace
Nudo	Fuerzas F_x, F_y y par M en el nudo.
Puntual	Carga puntual en la barra: vertical, horizontal, perpendicular o en ángulo; posición medida sobre la barra o en proyección.
Par	Par aplicado en un punto de la barra.
Repart.	Carga repartida trapecial en un tramo de la barra. `Tipo`: Vertical, Perpendicular, Proy. horiz., Proy. vert., Horizontal, Axial o Ángulo; en las proyectadas, Desde y Hasta se miden en la proyección. Tocar una barra con cargas permite editarlas, quitarlas o añadir otra.
Acciones	Temperatura uniforme, gradiente térmico (con el canto h) y error de fabricación.
Quitar	Quita las cargas y acciones del nudo o la barra tocada.
Lista	Lista de todas las cargas; elegir una permite quitarla.

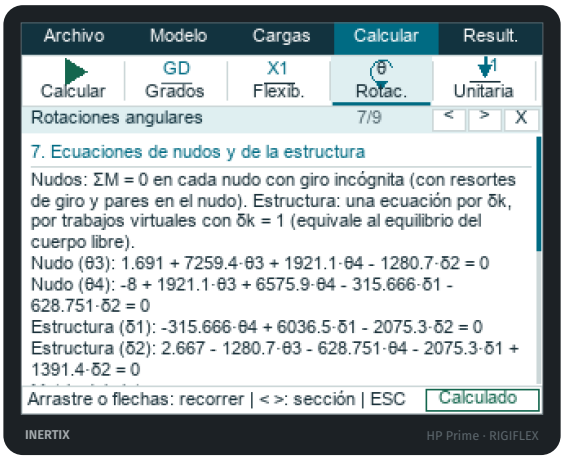
6.4 4 · Calcular

Orden	Qué hace
Calcular	Resuelve el modelo (rigidez con giros y desplazabilidades; holguras por contacto).
Grados	Figura con los giros incógnita θ y las desplazabilidades δ; GH y GD.
Flexib.	Procedimiento de flexibilidad en ocho secciones (GH, primaria, estados, funciones de momentos, desplazamientos y flexibilidades, compatibilidad, redundantes, reacciones); redundantes automáticas o elegidas.
Rotac.	Rotaciones angulares en nueve secciones: configuración de vínculos y $GD = N_d - A$, estado fijo con lugares geométricos, estructura desplazada y desniveles, momentos de empotramiento, cuadro de rigidez, ecuaciones de momentos, ecuaciones de nudos y de la estructura, solución, cortantes y reacciones con control. (Con una deslizadera interna se muestra la versión de siete secciones con las incógnitas del motor.)
Unitaria	Desplazamiento o giro de un nudo por carga unitaria en cuatro secciones (estado virtual, funciones M y m, trabajo virtual por elemento, resultado).



Flexibilidad, sección 1: grado hiperestático.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora



Rotaciones, sección 7: ecuaciones de nudos y de la estructura.

Captura ADAPTADA: PPL traducido a Python y dibujado con Pillow, no emulador ni calculadora

6.5 5 · Result.

Orden	Qué hace
Reacc.	Reacciones y fuerzas en resortes; las flechas recorren los nudos.
Deform.	Deformada ampliada (incluye la flecha dentro de cada barra).
M, V, N	Diagramas con extremos y cursor; ▲ ▼ cambian de barra.
Tabla	Resultados completos en texto.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Grado hiperestático y desplazabilidad

$$GH = 3m + r + s - e - a \tag{1}$$

Donde: m barras, r componentes de reacción, s resortes, e ecuaciones de nudo (3 por nudo rígido), a extremos articulados. Con barras indeformables, las restricciones axiales dependientes se descuentan.

$$GD = N_d - A \qquad \text{que se verifica con} \qquad GD = \text{número de ficticios} \tag{2}$$

Donde: N_d nudos que se pueden trasladar (no fijados por un apoyo de dos restricciones; los voladizos se toman como cargas); A anillos que forman las barras indeformables con la tierra, contando cada apoyo de una sola restricción como una barra (los resortes no cuentan). La fórmula supone restricciones independientes: con barras alineadas puede quedarse corta, por eso se verifica con lugares geométricos.

7.2 Lugares geométricos y estructura desplazada

Con barras indeformables, un nudo es *fijo* si en él se cortan dos lugares geométricos (LG): rectas por las que el nudo podría moverse. Un apoyo móvil o guiado da un LG paralelo a su movimiento;

desde un nudo fijo, cada barra da en su otro extremo un LG perpendicular a ella. Si en algún momento no se puede fijar ningún nudo más, se agrega un LG ficticio F_k (un apoyo ficticio que impide un desplazamiento): el número de ficticios es GD y el desplazamiento impedido por cada uno es la incógnita δ_k. Moviendo un ficticio $\delta_k = 1$ con los demás fijos se obtiene la estructura desplazada y, de ella, el desnivel Δ_{ij} de cada barra (positivo si la barra gira en sentido antihorario) y la deformación de cada resorte. RIGIFLEX elige los ficticios en ese mismo orden y escribe cada δ_k como desplazamiento horizontal o vertical de un nudo.

7.3 Rotaciones angulares

Cada momento de extremo se escribe en función de los giros de los nudos y del desnivel Δ de la barra:

$$M_{ij} = M_{ij}^{F} + k_{ii}\,\theta_i + k_{ij}\,\theta_j + k_{\Delta}\,\Delta \tag{3}$$

Donde: barra empotrada en ambos extremos: $k_{ii} = 4EI/L$, $k_{ij} = 2EI/L$, $k_{\Delta} = -6EI/L^2$; barra con el extremo j articulado: $k_{ii} = 3EI/L$, $k_{ij} = 0$, $k_{\Delta} = -3EI/L^2$. M_{ij}^{F} son los momentos de empotramiento perfecto de las cargas (el programa los muestra como valores).

Las incógnitas salen de una ecuación de equilibrio de momentos por cada nudo con giro libre ($\sum M_{ij} = M_{\text{nudo}}$) y de una ecuación de la estructura por cada desplazabilidad, que el programa escribe por trabajos virtuales con $\delta_k = 1$ (equivale al equilibrio del cuerpo libre). Configuración de vínculos: un nudo al que llega una sola barra rígida (y sin resorte de giro) se articula del lado de la barra, que pasa a ser E/A, y su giro deja de ser incógnita; un voladizo se trata como carga del nudo (la fuerza) y de la barra contigua (el momento). Al final, los cortantes de cada barra son $V_i = V_i^0 + (M_{ij} + M_{ji})/L$ y $V_j = V_j^0 - (M_{ij} + M_{ji})/L$, con V^0 los de la barra simplemente apoyada, y las reacciones se controlan con $\sum F_x = \sum F_y = \sum M = 0$.

7.4 Flexibilidad

$$\mathbf{F}\,\mathbf{X} = \Delta - \mathbf{D}_0, \qquad R = R_0 + \sum_k R_k X_k \tag{4}$$

Donde: **X** redundantes; f_{kj} desplazamiento en la dirección k por $X_j = 1$; D_{k0} desplazamiento por las cargas en la estructura primaria; Δ_k asiento u holgura impuesta. Los coeficientes se obtienen por trabajo virtual barra por barra y los resortes aportan $R\,r/k$. Antes de la tabla, el programa escribe las funciones de momentos de cada estado por tramo, $M(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3$, con x medido desde el primer nudo de la barra.

7.5 Carga unitaria

$$1 \cdot \delta = \sum_{\text{barras}} W_b + \sum_{\text{resortes}} \frac{R\,r}{k} - \sum r\,\Delta \tag{5}$$

Donde: W_b trabajo virtual de cada barra (flexión, axial, cortante, temperatura y fabricación) entre el estado real y el estado con la carga unitaria; el programa da cada término en una tabla.

Nota
Bibliografía de los ejemplos: Mendoza Apaza, *Análisis Estructural* (2021), capítulos 3 a 5, y el material de la asignatura CIV-2205 de la Facultad Nacional de Ingeniería.

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

8.1 Avisos del programa

- **Dato no válido.** El aviso dice qué corregir (por ejemplo, que *E* debe ser positivo) y la celda sigue en edición; el caso no cambia.
- **Resultados pendientes.** Cualquier cambio deja el chip `Calcular` en ámbar. Recorrer gráficas o procedimientos nunca recalcula.
- **Estructura inestable.** Calcular no da resultados; el mensaje indica el problema.
- **Corte con la tecla ON.** Si se interrumpe un cálculo, un procedimiento o la carga de un ejemplo o plantilla con ON, al volver a entrar RIGIFLEX abre con el caso intacto (el de antes de esa acción), los resultados pendientes y el aviso `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`. Basta con 4 Calcular Calcular.

8.2 Preguntas frecuentes

¿Por qué los nudos tienen otro número del que esperaba?
Se numeran en el orden en que se crean. Para respetar la numeración de un enunciado, cree los nudos en ese orden (un Enter y Esc deja un nudo suelto) y después trace las barras.

¿Por qué el chip dice «Calcular» si ya calculé?
Cualquier cambio en el modelo deja los resultados pendientes; pulse 4 Calcular Calcular otra vez.

El programa dice que la estructura es inestable.
Faltan apoyos o sobran rótulas: revise que cada parte del pórtico tenga restringidos sus movimientos y que un nudo no tenga todas sus barras articuladas sin apoyo.

¿Las barras se acortan bajo carga axial?
No, por defecto son indeformables, como en el método manual. Para considerar EA, cambie `Axial` a `Con EA` en la barra.

Elegí redundantes y el programa las rechaza.
Esas redundantes dejan una estructura primaria inestable; elija otras o use `Redundantes automáticas`.

¿Puedo trabajar en kN?
Sí: 1 Archivo Ajustes, `Unidades`. El modelo se convierte y los resultados quedan pendientes.

¿Por qué rotaciones muestra siete secciones y no nueve?
Con una deslizadera interna el programa usa la presentación de siete secciones, con las incógnitas del motor.

¿Puedo poner un resorte de giro entre dos barras?

No: los resortes de giro son a tierra. Es un límite del programa (ver Límites y fuera de alcance).

La deformada no coincide con los desplazamientos con cortante activado.

El dibujo no incluye la deformación por cortante; los desplazamientos de los nudos sí. Use la `Tabla`.