INERTIX

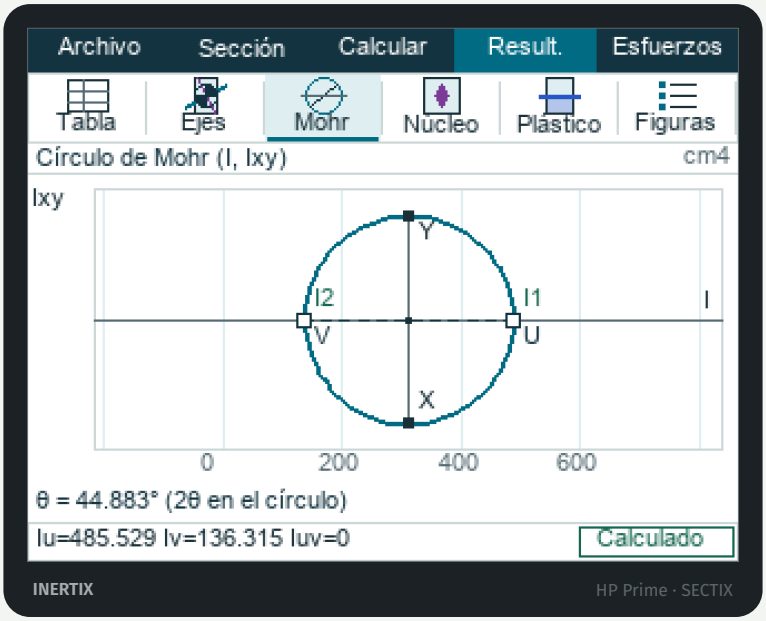
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

SECTIX

Propiedades geométricas y tensiones de secciones compuestas

Versión 2026.10 **HP Prime G1 · G2** Estructuras · Resistencia de materiales · Octubre 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 **3**

1.1. Qué calcula . . . 3

1.2. Unidades y convenciones . . . 3

1.3. Límites y fuera de alcance . . . 4

2. Instalación **4**

2.1. Qué necesita . . . 4

2.2. Copiar el programa a la calculadora . . . 4

3. Licencia de uso **5**

4. La interfaz **5**

4.1. Teclas . . . 6

4.2. Material y huecos . . . 6

4.3. Formularios y resultados pendientes . . . 7

5. Ejemplo guiado **8**

5.1. Enunciado . . . 8

5.2. Datos . . . 8

5.3. Paso a paso . . . 8

5.4. Resultados . . . 15

5.5. Opciones importantes . . . 15

6. Referencia de menús y opciones **22**

6.1. 1 · Archivo . . . 22

6.2. 2 · Sección . . . 22

6.3. 3 · Calcular . . . 23

6.4. 4 · Result. . . . 24

6.5. 5 · Esfuerzos . . . 24

7. Fundamento teórico breve **25**

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes **27**

8.1. Errores y avisos . . . 27

8.2. Preguntas frecuentes . . . 27

1 Presentación y alcance

SECTIX calcula las **propiedades geométricas de secciones compuestas** en la calculadora HP Prime. La sección se dibuja a escala en un lienzo táctil, sumando figuras de material y restando huecos, o colocando perfiles de catálogo. Con las cargas de la sección, da también las **tensiones normales y tangenciales**. Cada resultado tiene su procedimiento paso a paso. Está pensado para estudiantes de resistencia de materiales y para quienes diseñan secciones de acero o de concreto.

1.1 Qué calcula

- **Geometría exacta** de 14 figuras: rectángulo, triángulo rectángulo, círculo, semicírculo, cuarto de círculo, elipse, triángulo isósceles, semiparábola, corona, cuarto de elipse, sector circular, trapecio, enjuta parabólica y polígono de 3 a 12 vértices. Cada figura puede ser material o hueco y casi todas se pueden girar.
- **Perfiles de catálogo**: rectangular y circular macizos, tubo circular y rectangular, perfil I, I asimétrico, T, canal C, ángulo L y perfil Z.
- **Propiedades**: área, centroide, I_x, I_y, I_{xy}, momento polar J_0, ejes e inercias principales, círculo de Mohr, radios de giro, fibras extremas y módulos elásticos.
- **Capacidad**: módulo plástico y factor de forma en x e y, y núcleo central.
- **Tensiones**: Navier con axil y flexión en dos ejes (eje neutro incluido); cortante de Jourawski $\tau(y)$, $Q(y)$ y $b(y)$; torsión de Saint-Venant aproximada.
- **Validación**: rechaza los huecos que quedan fuera del material, avisa de solapes y explica cada error.
- **Procedimientos**: Steiner, contorno (Green), franjas, Mohr, módulos y núcleo, plástico, Navier, cortante y torsión.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad y convenio
Longitudes	mm, cm, m o in (1 Archivo Unidad); al cambiar, se puede `Convertir` el modelo o `Mantener` los números
Fuerzas y tensiones	kN y kN·m con tensiones en MPa, o tf y tf·m con tensiones en kgf/cm^2
Ejes	x horizontal, y vertical; ángulos en grados, antihorarios
Producto de inercia	$I_{xy} = \int x\,y\,dA$, respecto al centroide
Cargas	$N > 0$ tracción; $M_x > 0$ tracciona las fibras con $y > 0$; $M_y > 0$ tracciona las de $x > 0$; V_y en la dirección $+y$
Referencia de cada figura	esquina (rectángulo, triángulos, trapecio, parábolas) o centro (círculos, elipses, sector); el polígono usa un punto de referencia propio

1.3 Límites y fuera de alcance

Fuera de alcance

- Cada hueco debe quedar dentro del material. Si dos figuras del mismo signo se solapan, SECTIX lo avisa, pero las cuenta dos veces.
- La **torsión es informativa**. Es exacta en círculo, corona, elipse y rectángulo macizo. En cajones de pared delgada (rectángulo menos rectángulo) usa Bredt, y en perfiles abiertos de paredes delgadas suma rectángulos. En las demás formas indica «no disponible». No incluye alabeo ni esquinas redondeadas.
- En figuras curvas, el ancho $b(y)$ y la tensión τ se calculan sobre un contorno poligonal, con un error relativo de hasta 2×10^{-4}. Área, centroide, inercias, módulos y fibras extremas son exactos.
- SECTIX no verifica la resistencia según una norma: da las propiedades y las tensiones; el diseño lo hace el usuario.
- El polígono admite de 3 a 12 vértices. El círculo y la corona no tienen giro.

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: `SECTIX.hpappdir`;
  - el archivo de licencia: `LIC_SECTIX.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 `SECTIX.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*. SECTIX aparece allí con su icono.
5. Toque el icono de SECTIX 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

SECTIX 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 SECTIX 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: `SECTIX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_SECTIX.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 SECTIX 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 abrirlo, SECTIX muestra un perfil I de 20 × 30 cm, sin calcular, con la categoría Sección abierta y la herramienta `Selecc.` activa. La pantalla tiene siempre las mismas zonas.



1. **Barra de menú.** Cinco categorías; se abren con 1 a 5 o tocándolas.
2. **Cinta.** Órdenes y herramientas de la categoría, con íconos.
3. **Título.** Nombre de la sección, número de figuras y unidad.
4. **Lienzo.** La sección a escala sobre una rejilla, y las vistas de resultados.
5. **Línea de estado.** Ayuda de la herramienta activa, datos de la figura elegida y mensajes.
6. **Botón de cálculo.** `Calcular` (ámbar) si hay cambios; `Calculado` si todo está al día.

4.1 Teclas

Tecla	Dónde	Acción
1 … 5	Siempre	Abre la categoría y resalta su primera orden.
◀ ▶	Cinta	Elige la orden.
Enter	Cinta	Activa la orden o la herramienta resaltada.
◀ ▶	Lienzo	Recorren las figuras; ▲ ▼ recorren los vértices de un polígono.
Enter	Lienzo	Abre las propiedades de la figura elegida.
+ − 0	Lienzo	Acercan, alejan y encuadran el dibujo.
Del	Lienzo	Borra la figura elegida.
Flechas	Mohr	Giran los ejes 5° (◀ ▶) o 1° (▲ ▼); Enter vuelve a θ_p.
Flechas	Cortante	▲ ▼ mueven el corte; ◀ ▶ alternan τ, Q y b; Enter va a $\tau_{máx}$.
◀ ▶	Procedimiento	Sección anterior o siguiente.
Esc	Siempre	Cierra la ventana o la vista; en el lienzo, quita la selección y luego pide confirmar la salida.

Pantalla táctil

Con `Figura` o `Perfil`, un toque en el lienzo indica dónde colocar la figura nueva (se ajusta a la rejilla). Si el toque cae dentro del material, la figura se propone como **hueco**. Colocar una figura **solo se puede hacer tocando**; sus coordenadas exactas se escriben después en el formulario. Con `Selecc.`, un toque elige una figura y otro abre sus propiedades. Arrastrar desplaza el dibujo. En Navier, tocar un punto da su tensión; en Mohr y en Cortante, tocar mueve el cursor.

4.2 Material y huecos

Las figuras de material se ven en turquesa claro con borde oscuro. Los huecos se ven en rosado con un borde rojo grueso, y su número en rojo. La figura elegida se resalta con un borde turquesa. Un formulario de hueco se titula `Nuevo hueco` o `Hueco n`.

4.3 Formularios y resultados pendientes



Formulario: el círculo convertido en hueco.



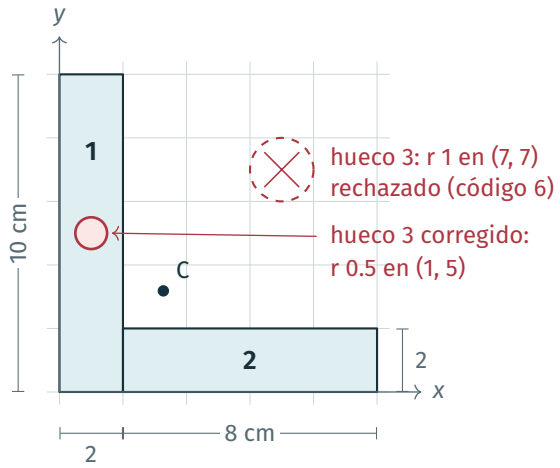
Un valor no válido se explica y el campo sigue editable.

- El formulario muestra solo los campos de esa figura: el círculo no pide giro, el sector pide su apertura en grados y el trapecio pide *b* inferior, *b* superior y *h*.
- ▲ ▼ cambian de campo. Al teclear un número se **reemplaza** el valor; Enter lo acepta y pasa al campo siguiente.
- Durante la edición, ◀ ▶ mueven el cursor y Del borra el carácter de la izquierda. Un campo vacío conserva el valor anterior.
- En el campo `Tipo` (< >), ◀ ▶ alternan `Material` y `Hueco`.
- Bajo los campos están `Aceptar` y `Cancelar`; Esc cierra sin guardar.
- Todo cambio deja los resultados **pendientes**: el botón se pone ámbar y, al abrir una vista de resultados, SECTIX pregunta `Resultados pendientes. ¿Calcular ahora?`. Recorrer una gráfica nunca recalcula ni cambia la sección.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Un **perfil L** está formado por un ala vertical de **2 × 10 cm** y un ala horizontal de **8 × 2 cm**. Se quiere hacer en él un agujero circular. El primer intento, de **radio 1 cm en (7, 7)**, cae en la esquina vacía del L y no corta material. SECTIX debe detectarlo. El agujero se lleva luego **dentro del ala vertical**, con **radio 0.5 cm en (1, 5)**. Para esa sección, calcular el área, el centroide, las inercias centroidales y el producto de inercia, los ejes principales y el círculo de Mohr, el núcleo central y los módulos plásticos. Comprobar el resultado con el procedimiento de Steiner.



5.2 Datos

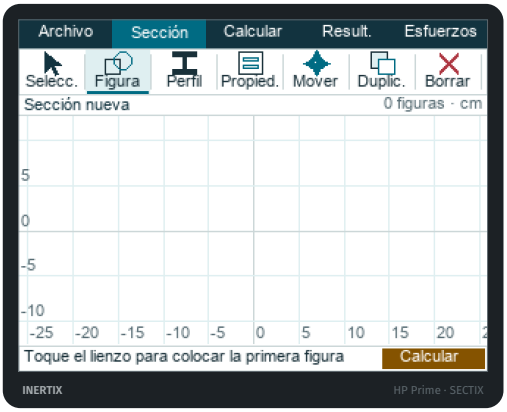
Figura	Valor (cm)	Dónde se introduce
Sección y unidad	sección vacía, en cm	1 **Archivo** Nuevo (cm es la unidad al abrir)
1 · ala vertical	rectángulo: esquina (0, 0), b = 2, h = 10	`Figura`: toque en el lienzo y `Rectángulo`
2 · ala horizontal	rectángulo: esquina (2, 0), b = 8, h = 2	`Figura`: toque y `Rectángulo`
3 · hueco (1.er intento)	círculo, `Hueco`: centro (7, 7), r = 1	`Figura`: toque y `Círculo`; Tipo `Hueco`
3 · hueco corregido	centro (1, 5), r = 0.5	2 **Sección** Propied.

Fuente: Ejemplo propio de esta guía, derivado del caso de validación de SECTIX «Perfil L con hueco mal ubicado» (ficha técnica, caso 2B). Se construye desde cero; el área, el centroide, las inercias y el producto de inercia se verifican a mano con el teorema de Steiner.

5.3 Paso a paso

El ejemplo se construye **desde cero** en 18 pasos. En cada paso, la fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; ▶ ×3 significa pulsar la tecla tres veces. Los pasos 2, 4 y 6 usan la pantalla táctil, porque las figuras se colocan tocando el lienzo. Las figuras se numeran en el orden en que se crean: 1 y 2 son las alas y 3 es el hueco. Se parte de la pantalla que SECTIX muestra al abrirse.

1 Nueva sección en blanco



TECLAS

1 Enter ×2

1 Archivo Nuevo pide confirmar antes de borrar la sección actual. Al aceptar, queda una sección vacía en cm, con cargas nulas y la herramienta `Figura` lista para colocar la primera figura.

✔ **Debe verse:** «Sección nueva», 0 figuras; herramienta Figura activa; abajo «Toque el lienzo para colocar la primera figura»

2 Colocar la primera figura: rectángulo



TECLAS

el lienzo, a la izquierda Enter

Un toque en el lienzo indica dónde poner la figura y abre la lista de las 14 formas. `Rectángulo` es la primera: Enter la elige y abre su formulario con unas medidas de partida.

✔ **Debe verse:** Formulario «Nueva: Rectángulo» con Tipo Material, x esq., y esq., b, h y Giro

3 Ala vertical: 2 × 10 cm en (0, 0)



TECLAS

▼ 0 Enter 0 Enter 2 Enter 1 0 Enter ▼

Se baja desde `Tipo` a la esquina y se teclean los cuatro valores; cada Enter pasa al campo siguiente. El giro se deja en 0 y la última ▼ lleva a `Aceptar`.

✔ **Debe verse:** x esq. 0, y esq. 0, b 2, h 10 cm, Giro 0; Aceptar resaltado

4 Aceptar y colocar la segunda figura



TECLAS

Enter | el lienzo, abajo a la derecha | Enter

Al aceptar, la figura 1 aparece en el lienzo y SECTIX encuadra el dibujo. La herramienta `Figura` sigue activa: otro toque, en una zona vacía, abre de nuevo la lista y Enter elige otro rectángulo.

✔ **Debe verse:** Figura 1 dibujada (2 × 10); formulario «Nueva: Rectángulo» para la segunda

5 Ala horizontal: 8 × 2 cm en (2, 0)



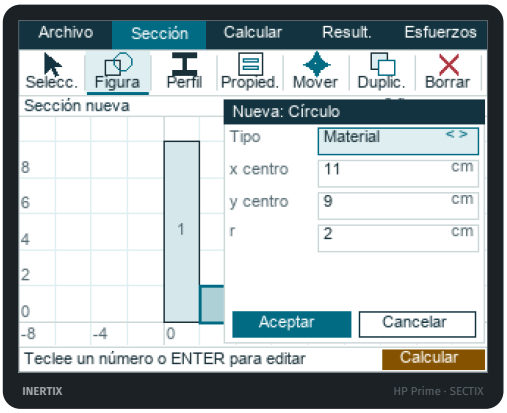
TECLAS

▼ | 2 | Enter | 0 | Enter | 8 | Enter | 2 | Enter | ▼

La segunda ala empieza donde termina la primera, en $x = 2$, para que no se solapen. Si se solaparan, SECTIX lo avisaría al calcular.

✔ **Debe verse:** x esq. 2, y esq. 0, b 8, h 2 cm; Aceptar resaltado

6 Aceptar y colocar un círculo en la esquina vacía



TECLAS

Enter | el lienzo, arriba a la derecha | ▼ ×2 | Enter

Con el perfil L ya formado, se toca la esquina vacía y se elige `Círculo`, el tercero de la lista. Como el toque no cayó sobre material, el formulario propone `Material`.

✔ **Debe verse:** Perfil L de 2 figuras; formulario «Nueva: Círculo» con Tipo Material

7 Convertirlo en hueco de r = 1 cm en (7, 7)



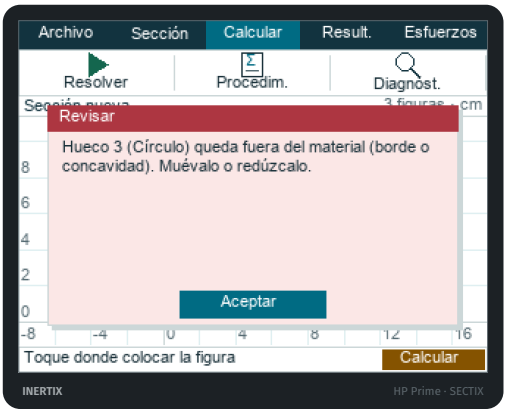
TECLAS

▶ ▼ 7 Enter 7 Enter 1 Enter

▶ cambia el tipo a `Hueco`: la figura restará área en vez de sumarla. Luego se escriben el centro y el radio. Este hueco está, a propósito, fuera del material.

✔ **Debe verse:** Tipo «Hueco»; x centro 7, y centro 7, r 1 cm; Aceptar resaltado

8 Aceptar y calcular: el hueco se rechaza



TECLAS

Enter 3 Enter

3 **Calcular** Resolver valida la sección antes de calcular. Un hueco que no corta material daría un área negativa sin sentido. SECTIX lo rechaza, nombra la figura y deja los resultados pendientes.

✔ **Debe verse:** Mensaje «Revisar»: «Hueco 3 (Círculo) queda fuera del material (borde o concavidad). Muévalo o redúzcalo.»

9 Cerrar el aviso y abrir las propiedades del hueco



TECLAS

Enter 2 ▶×3 Enter

Tras el aviso, el hueco 3 queda **seleccionado**.
2 **Sección** Propied. abre su formulario, titulado `Hueco 3: Círculo`, para corregirlo.

✔ **Debe verse:** Formulario «Hueco 3: Círculo» con x centro 7, y centro 7, r 1; el hueco sigue seleccionado

10 Mover el hueco dentro del ala: r = 0.5 cm en (1, 5)



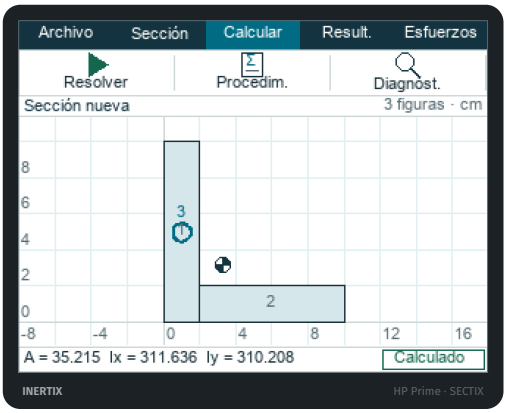
TECLAS

▼ 1 Enter 5 Enter 0 . 5 Enter

El centro pasa al eje del ala vertical, a media altura, y el radio se reduce a 0.5 cm para que el hueco quede entero dentro del ala de 2 cm.

✔ **Debe verse:** x centro 1, y centro 5, r 0.5 cm; Aceptar resaltado

11 Aceptar y calcular



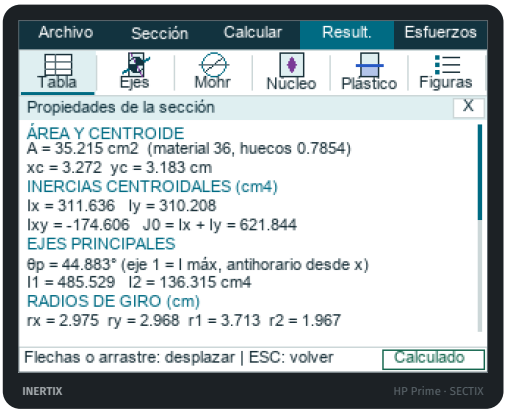
TECLAS

Enter 3 Enter

Ahora la validación pasa. El hueco se ve en rosado dentro del ala, el centroide aparece marcado y la línea de estado da el área y las inercias. El botón pasa a `Calculado`.

✔ **Debe verse:** Hueco rosado dentro del ala vertical; abajo «A = 35.215 Ix = 311.636 Iy = 310.208» y el botón en «Calculado»

12 Tabla de propiedades



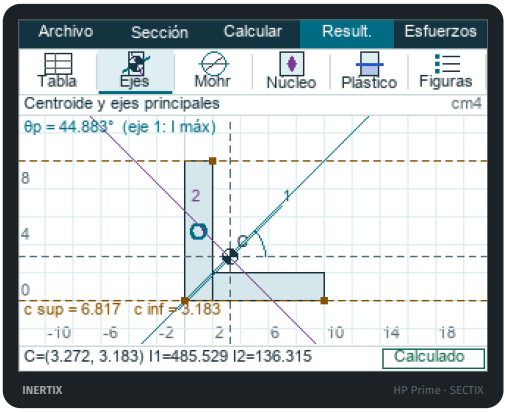
TECLAS

4 Enter

4 **Result.** Tabla reúne todo: área (material y huecos), centroide, inercias centroidales, producto de inercia, J_0, ejes principales, radios de giro y, más abajo, fibras extremas y módulos. Se desplaza con las flechas.

✔ **Debe verse:** A = 35.215 cm2 (material 36, huecos 0.7854); xc 3.272, yc 3.183; Ix 311.636, Iy 310.208, Ixy −174.606; θp 44.883°; I1 485.529, I2 136.315

13 Centroide y ejes principales



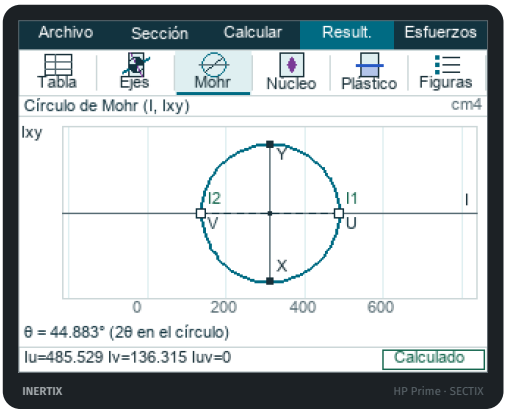
TECLAS

Esc 4 ▶ Enter

`Ejes` dibuja los ejes 1 (*I* máxima) y 2 sobre la sección, girados θ_p = 44.9°. Como I_x e I_y casi coinciden y I_{xy} es grande, los ejes principales quedan cerca de 45°. Las líneas ámbar son las fibras extremas.

✔ **Debe verse:** Ejes 1 y 2 girados 44.9° desde C; «c sup = 6.817 c inf = 3.183»; abajo «C=(3.272, 3.183) I1=485.529 I2=136.315»

14 Círculo de Mohr



TECLAS

Esc 4 ▶ ×2 Enter

El círculo pasa por los puntos X (I_x, I_{xy}) e Y. Sus extremos son I_1 e I_2. Las flechas giran los ejes U y V, y la línea de estado da I_u, I_v e I_{uv}; en θ_p, I_{uv} = 0.

✔ **Debe verse:** Círculo con los puntos X, Y, I1, I2 y los ejes U, V en θ = 44.883°; abajo «Iu=485.529 Iv=136.315 Iuv=0»

15 Núcleo central



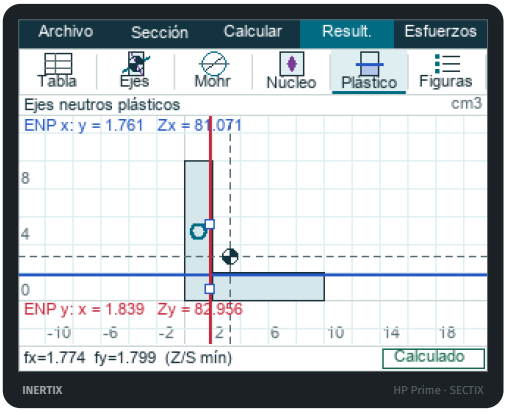
TECLAS

Esc 4 ▶ ×3 Enter

El núcleo es la zona donde una carga axil de compresión no produce tracciones en ninguna fibra. SECTIX lo dibuja en violeta y da sus límites en *x* y en *y*.

✔ **Debe verse:** Núcleo dibujado sobre la sección; abajo «ex -1.558 a 2.692, ey -1.515 a 2.781»

16 Ejes neutros plásticos



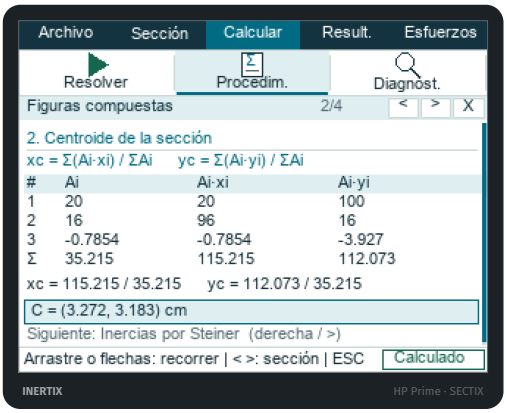
TECLAS

Esc 4 ▶ ×4 Enter

Los ejes neutros plásticos dividen la sección en dos mitades de igual área. El módulo plástico Z y el factor de forma $f = Z/S$ salen para cada dirección.

✔ **Debe verse:** «ENP x: y = 1.761 Zx = 81.071» y «ENP y: x = 1.839 Zy = 82.956»; abajo «fx=1.774 fy=1.799 (Z/S mín)»

17 Procedimiento de Steiner: centroide



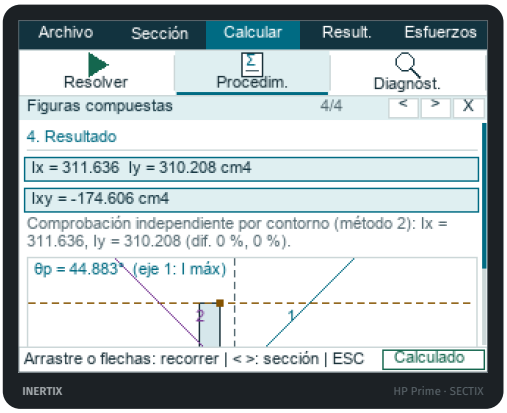
TECLAS

Esc 3 ▶ Enter ×2 ▶

3 **Calcular** Procedim. lista los nueve métodos. El primero, `Figuras compuestas (Steiner)`, muestra la tabla de áreas y momentos estáticos. El hueco entra con área negativa.

✔ **Debe verse:** Sección 2/4: tabla Ai, Ai·xi, Ai·yi (el hueco con −0.7854); «C = (3.272, 3.183) cm»

18 Steiner: resultado y comprobación



TECLAS

▶ ×2

La última sección suma las inercias trasladadas y las compara con el método del contorno, que es independiente. La diferencia es 0 %.

✔ **Debe verse:** Sección 4/4: Ix 311.636, Iy 310.208, Ixy −174.606 cm4; «Comprobación independiente por contorno (método 2) … dif. 0 %»

5.4 Resultados

SECTIX coincide con la referencia

El rechazo del hueco mal ubicado, el área, el centroide, las inercias, el producto de inercia y los ejes principales coinciden con el cálculo a mano.

Magnitud	Referencia	SECTIX	Estado
Hueco en (7, 7)	rechazo, código 6	rechazo, código 6	Coincide
Área A (cm^2)	35.2146	35.215	Coincide
Centroide x_c / y_c (cm)	3.2718 / 3.1826	3.272 / 3.183	Coincide
I_x / I_y (cm^4)	311.636 / 310.208	311.636 / 310.208	Coincide
I_{xy} (cm^4)	−174.606	−174.606	Coincide
θ_p	44.883°	44.883°	Coincide
I_1 / I_2 (cm^4)	485.529 / 136.315	485.529 / 136.315	Coincide
r_x / r_y (cm)	2.975 / 2.968	2.975 / 2.968	Coincide

Además, SECTIX da: fibras extremas c_{sup} = 6.817 y c_{inf} = 3.183 cm; núcleo central con e_x de −1.558 a 2.692 cm y e_y de −1.515 a 2.781 cm; módulos plásticos Z_x = 81.071 y Z_y = 82.956 cm^3, con factores de forma 1.774 y 1.799.

Comprobación a mano

$$A = 20 + 16 - \pi\,(0.5)^2 = 36 - 0.7854 = 35.2146 \text{ cm}^2$$

$$x_c = \frac{20 \times 1 + 16 \times 6 - 0.7854 \times 1}{35.2146} = 3.2718, \qquad y_c = \frac{20 \times 5 + 16 \times 1 - 0.7854 \times 5}{35.2146} = 3.1826 \text{ cm}$$

$$I_x = \left(\frac{2 \cdot 10^3}{12} + 20 \times 1.8174^2\right) + \left(\frac{8 \cdot 2^3}{12} + 16 \times 2.1826^2\right) - \left(\frac{\pi\, 0.5^4}{4} + 0.7854 \times 1.8174^2\right) = 311.636 \text{ cm}^4$$

$$I_{xy} = 20\,(-2.2718)(1.8174) + 16\,(2.7282)(-2.1826) - 0.7854\,(-2.2718)(1.8174) = -174.606 \text{ cm}^4$$

5.5 Opciones importantes

Seis casos cortos muestran lo que el ejemplo guiado no toca: tensiones, polígonos, inercias rotadas, perfiles de catálogo, unidades y ranuras. Parten de 1 **Archivo** Ejemplo o de una sección nueva. Las cifras son las del motor de SECTIX, cuyos métodos están verificados contra soluciones exactas. Las mismas situaciones, con sus teclas, están en la guía TI-Nspire (OI-1 a OI-6).

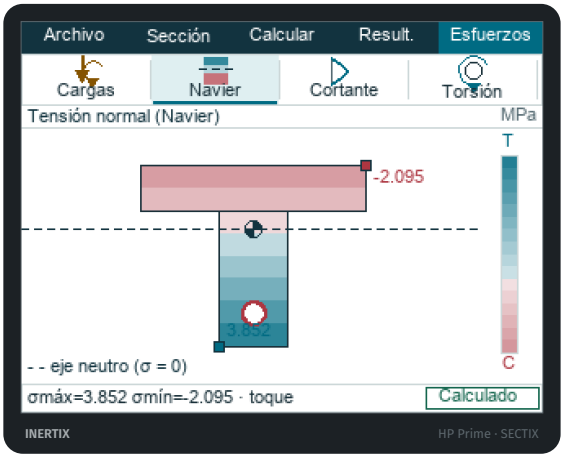
OI-1 · Viga T con ducto: Navier, cortante y plástico

Para qué. Leer las tensiones de una sección simétrica en x con un hueco, y su reserva plástica.

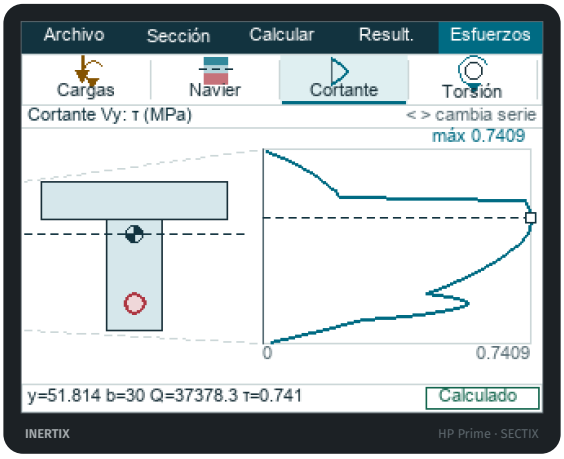
Datos. Ejemplo 5, en cm. Ala 100 × 20, alma 30 de ancho, canto 80, ducto de 10 de diámetro. N = 0, M_x = −150 kN·m, M_y = 0, V_y = 120 kN.

1. 1 **Archivo** Ejemplo, quinta opción, y 3 **Calcular** Resolver.
2. 5 **Esfuerzos** Cargas muestra las cuatro cargas; se cierra sin cambiarlas.
3. 5 **Esfuerzos** Navier colorea la sección según σ y traza el eje neutro.

4. Un toque en el alma da σ en ese punto. Con el punto 20 cm sobre el centroide en el alma, σ es negativa: esa zona está comprimida.
5. 5 **Esfuerzos** Cortante y Enter llevan el corte al máximo.
6. ▶ cambia la serie a $Q(y)$.
7. 4 **Result.** Plástico da los ejes neutros plásticos, Z y f.
8. 3 **Calcular** Procedim., octavo método: Jourawski.



Navier.



Cortante.

Resultado	SECTIX
A / y_c	3721.46 cm^2 / 51.814 cm
$\sigma_{máx}$ / $\sigma_{mín}$	3.852 / −2.095 MPa
$\tau_{máx}$	0.741 MPa en y = 51.814 cm, b = 30 cm
Z_x / Z_y	70 271.7 / 63 333.3 cm^3
f_x / f_y	1.805 / 1.758

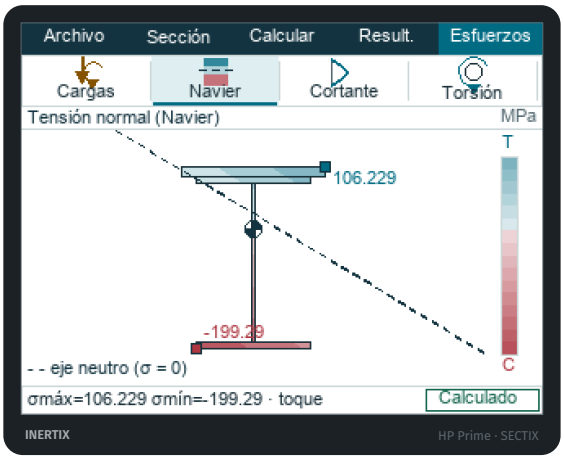
Cómo leerlo. Con M_x < 0 se comprime el ala y se tracciona el borde inferior del alma: $\sigma_{máx}$ positiva abajo. La τ máxima cae en el centroide porque allí Q es máximo y el ancho vale 30 cm; el salto de la curva está en la unión del ala con el alma. f = 1.805 indica cuánto momento adicional hay entre la primera fluencia y la rótula plástica, si el material lo admite.

OI-2 · Perfil I con cubreplaca: flexión esviada y torsión

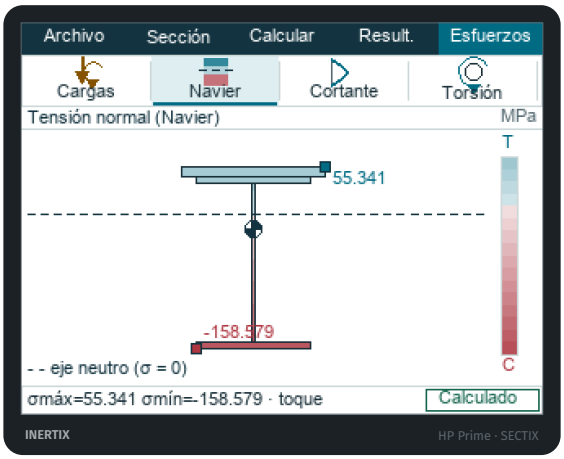
Para qué. Ver cómo se combina el axil con dos momentos y qué informa la torsión.

Datos. Ejemplo 6, en mm. Perfil I 200 × 300 (alma 8, alas 12) con cubreplaca 250 × 16. N = −200 kN, M_x = 120 kN·m, M_y = 15 kN·m, V_y = 250 kN.

1. 1 **Archivo** Ejemplo, sexta opción, y 3 **Calcular** Resolver.
2. 5 **Esfuerzos** Navier: el eje neutro queda inclinado.
3. 5 **Esfuerzos** Torsión: constante J y método.
4. 5 **Esfuerzos** Cargas: M_y = 0. Aceptar deja los resultados pendientes.
5. 5 **Esfuerzos** Navier pregunta si calcula; con Sí, el eje neutro queda horizontal.
6. 3 **Calcular** Procedim., noveno método: torsión.



Navier con M_y = 15.



Navier con M_y = 0.

Resultado	SECTIX
A / y_c	11 008 mm^2 / 57.413 mm
$\sigma_{máx}$ / $\sigma_{mín}$ con M_y = 15	106.229 / −199.29 MPa
$\sigma_{máx}$ / $\sigma_{mín}$ con M_y = 0	55.341 / −158.579 MPa
J (sección abierta)	595 496.3 mm^4

Cómo leerlo. Los 15 kN·m en el eje débil añaden 51 MPa a la fibra más traccionada: M_y pesa porque I_y es casi cinco veces menor que I_x. La J de un perfil abierto es muy pequeña frente a J_0: no use el momento polar como constante de torsión.

OI-3 · Cajón de puente: polígono, núcleo y métodos independientes

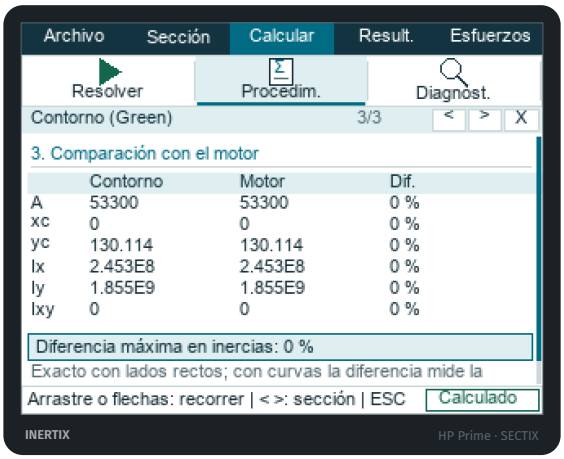
Para qué. Trabajar con un polígono y comprobar el resultado por tres caminos.

Datos. Ejemplo 7, en cm. Polígono de 8 vértices y 800 cm de ancho, con dos celdas trapeciales como huecos. M_x = −5000 kN·m, V_y = 2000 kN.

1. 1 **Archivo** Ejemplo, séptima opción, y 3 **Calcular** Resolver.
2. Con `Selecc.`, un toque en el polígono lo elige; un toque en un vértice permite moverlo, insertar otro o eliminarlo.
3. ▲ ▼ recorren los vértices.
4. 4 **Result.** Núcleo.
5. 3 **Calcular** Procedim., segundo método, hasta la comparación con el motor.
6. Tercer método: franjas horizontales.
7. Quinto método: módulos, radios y núcleo.
8. 5 **Esfuerzos** Torsión indica que no está disponible.



Núcleo central.



Contorno frente al motor.

Resultado	SECTIX
A / y_c	53 300 cm^2 / 130.114 cm
I_x / I_y	2.453E8 / 1.855E9 cm^4
Núcleo e_x	-98.032 a 98.032 cm
Núcleo e_y	-65.847 a 35.367 cm
Contorno frente al motor	diferencia 0 %
J	no disponible; J_0 = 2.101E9 cm^4

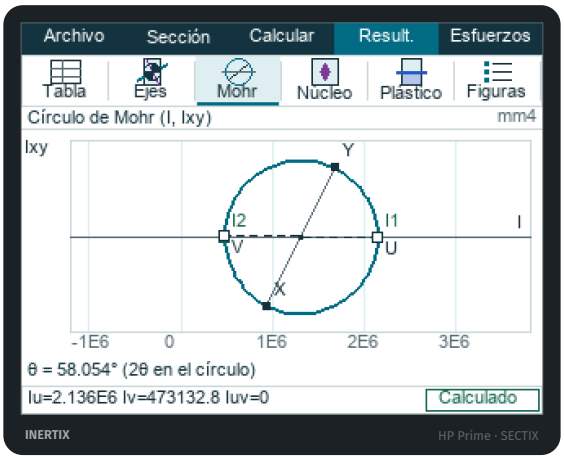
Cómo leerlo. Con lados rectos, el contorno (Green) es exacto y debe coincidir con el motor; si difiriera, habría un error de datos. Las franjas son una aproximación que converge al refinar. El núcleo indica dónde puede actuar una compresión sin traccionar ninguna fibra, dato útil en pretensado. SECTIX no da J de un cajón multicelular: solo cubre rectángulo menos rectángulo.

OI-4 · Ángulo L: Mohr con inercias rotadas

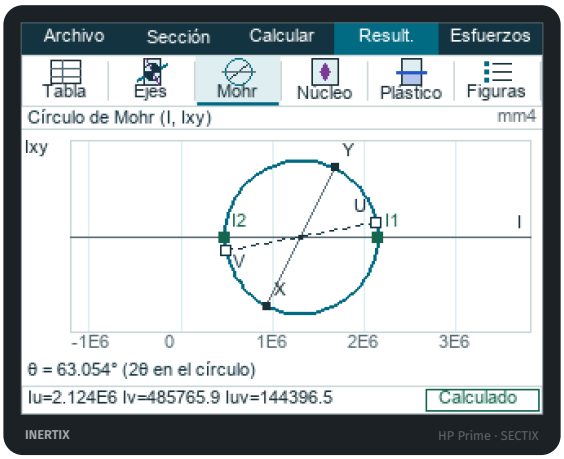
Para qué. Obtener inercias respecto a ejes girados en una sección asimétrica.

Datos. Ejemplo 4, en mm. Ángulo L 100 × 80 × 10 con agujero de 8 de diámetro.

1. 1 **Archivo** Ejemplo, cuarta opción, y 3 **Calcular** Resolver.
2. 4 **Result.** Mohr abre en θ_p, donde I_{uv} = 0.
3. ▶ gira 5°: cambian I_u, I_v e I_{uv}.
4. Enter vuelve a θ_p.
5. 3 **Calcular** Procedim., cuarto método: ejes principales y Mohr.



Mohr en θ_p.



Cinco grados más.

Resultado	SECTIX
A	1649.73 mm^2
x_c / y_c	31.668 / 21.972 mm
I_x / I_y / I_{xy}	938 737.6 / 1 670 620.5 / −746 696.7 mm^4
I_1 / I_2 / θ_p	2 136 225.3 / 473 132.8 mm^4 / 58.054°
En θ = 63.054°	I_u 2.124E6, I_v 485 765.9, I_{uv} 144 396.5

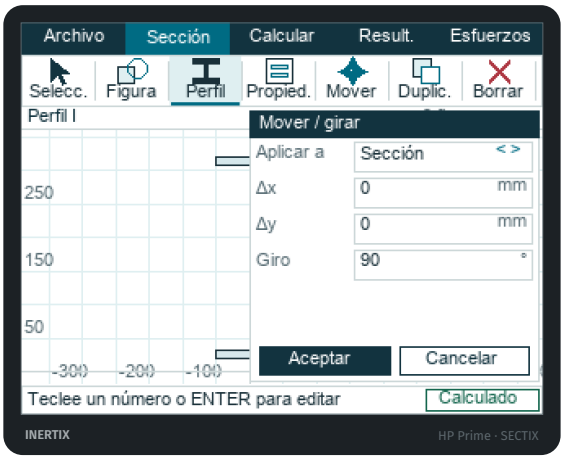
Cómo leerlo. $I_{xy} \neq 0$ significa que x e y no son ejes principales: una carga vertical también flecta fuera de su plano. $I_u + I_v$ no cambia al girar. Recorrer el círculo no recalcula ni altera la sección.

OI-5 · Perfil de catálogo, giro y solape

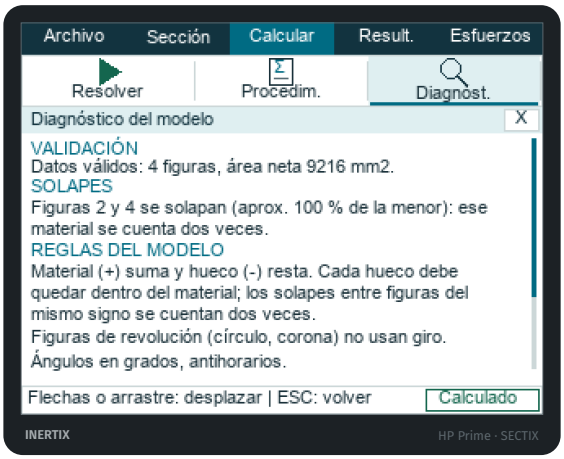
Para qué. Usar un perfil de catálogo, girar toda la sección y entender el aviso de solape.

Datos. Sección nueva con perfil I 200 × 300, alma 8, alas 12 mm (la unidad es la que dejó el caso anterior).

1. 1 **Archivo** Nuevo; `Perfil` en 2 **Sección** Perfil, un toque en el lienzo y `Perfil I`. Sus medidas se revisan en el formulario.
2. Se acepta y se resuelve: tres figuras que forman un perfil.
3. 2 **Sección** Mover con Aplicar en Sección y Giro 90°.
4. Al resolver, I_x e I_y se intercambian.
5. 2 **Sección** Duplic. copia el alma a la derecha; 2 **Sección** Propied. abre la copia.
6. Se escribe en la copia la misma x del alma y se resuelve: SECTIX calcula, pero avisa.
7. 3 **Calcular** Diagnóst. detalla el solape.



Mover / girar.



Diagnóstico con el solape.

Resultado	SECTIX
A	7008 mm^2
I_x / I_y antes	113 606 784 / 16 011 776 mm^4
I_x / I_y a 90°	16 011 776 / 113 606 784 mm^4
A con el solape	9216 mm^2 (mal: alma contada dos veces)

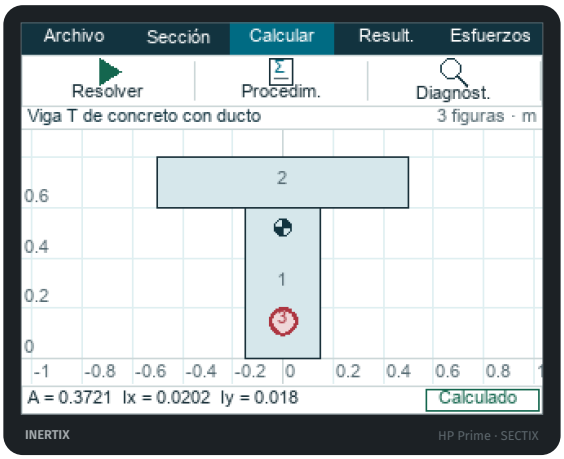
Cómo leerlo. El giro de un cuerpo rígido solo intercambia inercias, una comprobación rápida. El solape no es un error de cálculo sino de modelo: el material común se cuenta dos veces, de modo que el área sube y los resultados dejan de valer. Corrija las medidas antes de usarlos.

OI-6 · Unidades, dato no válido y ranuras

Para qué. Cambiar de sistema sin alterar la sección, ver cómo se rechaza un dato y conservar casos.

Datos. Viga T del ejemplo 5, de cm y kN a m y tf, y de vuelta.

1. 1 **Archivo** Ejemplo, quinta opción, y 3 **Calcular** Resolver.
2. 1 **Archivo** Unidad: m, Convertir y tf.
3. Al resolver, la misma sección da otras cifras.
4. Un dato no válido en un formulario: el aviso lo explica y el campo sigue editable.
5. De vuelta a cm y kN, y se resuelve.
6. 1 **Archivo** Guardar, ranura 1.
7. Otro ejemplo y 1 **Archivo** Abrir, ranura 1: la viga vuelve con resultados pendientes.
8. Las seis ranuras quedan en la calculadora; el caso activo sigue en memoria al salir.



Viga T en m y tf.



Dato no válido.

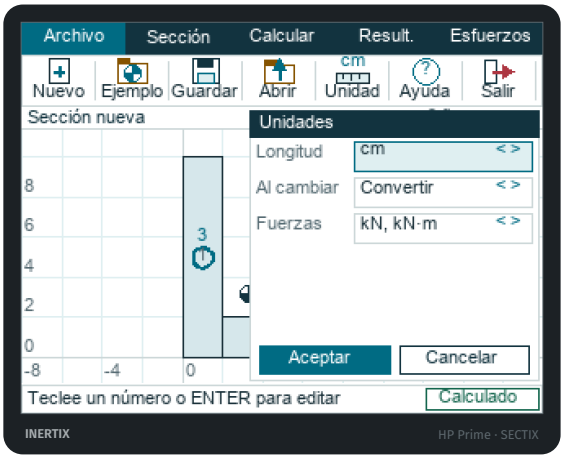
Resultado	SECTIX
A	3721.46 cm^2 = 0.37215 m^2
I_x	2 017 725.4 cm^4 = 0.020177 m^4
M_x / V_y en tf	−15.296 tf·m / 12.237 tf
$\sigma_{máx}$	3.852 MPa = 39.278 kgf/cm^2

Cómo leerlo. Con Convertir, la sección física no cambia: las cifras se relacionan por el factor de la unidad. Con Mantener se conservan los números y la sección cambia de tamaño. Los ángulos nunca se convierten. Una ranura guarda datos, no resultados: al abrirla hay que calcular.

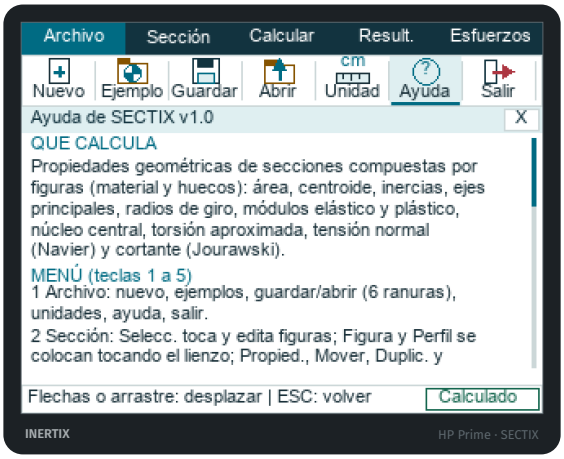
6 Referencia de menús y opciones

6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Pide confirmar y deja una sección vacía, con cargas nulas. Conserva la unidad elegida.
Ejemplo	Ocho secciones listas para calcular: corona circular, sector circular de 90°, perfil L con hueco mal ubicado, ángulo L con agujero, viga T de concreto con ducto, perfil I con cubreplaca, cajón de puente de 2 celdas y trapecio con semicírculo y huecos.
Guardar / Abrir	Seis ranuras que se conservan en la calculadora.
Unidad	Longitud (mm, cm, m, in), `Convertir` o `Mantener` al cambiar, y fuerzas en kN o tf.
Ayuda	Documento con lo que calcula, el menú, el lienzo, las gráficas y los convenios.
Salir	Pide confirmación; la sección queda en memoria.



1 **Archivo** Unidad.



1 **Archivo** Ayuda.

6.2 2 · Sección

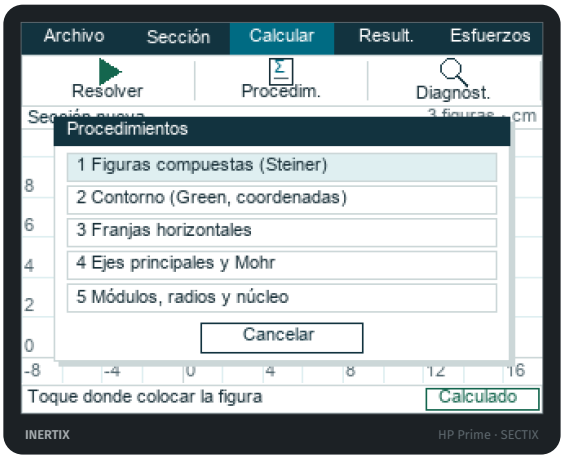
Orden	Qué hace
Selecc.	Herramienta: tocar una figura la elige; tocarla otra vez abre sus propiedades. En un polígono, tocar un vértice lo elige y otro toque permite moverlo, insertar uno nuevo o eliminarlo.
Figura	Herramienta: un toque abre la lista de las 14 formas y su formulario. Dentro del material la propone como hueco.
Perfil	Herramienta: un toque abre el catálogo de 10 perfiles; el perfil se centra en el punto tocado.
Propied.	Formulario de la figura elegida.
Mover	Desplaza o gira la figura, el perfil completo o toda la sección.
Duplic.	Copia la figura o el perfil a la derecha.
Borrar	Borra la figura, el perfil o toda la sección.



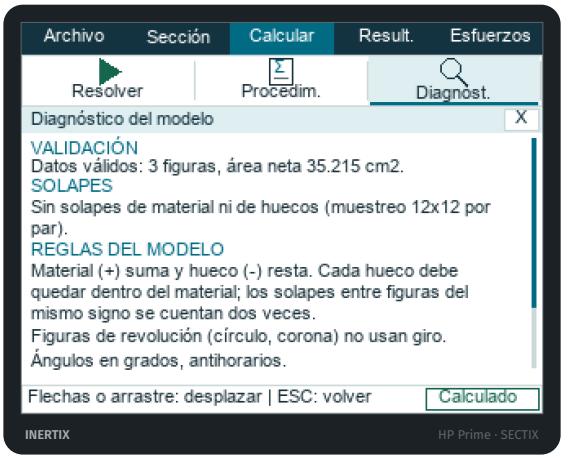
2 **Sección** Perfil: catálogo.

6.3 3 · Calcular

Orden	Qué hace
Resolver	Valida la sección y calcula todo. Si hay un error, lo explica y selecciona la figura culpable.
Procedim.	Nueve procedimientos: figuras compuestas (Steiner), contorno (Green), franjas horizontales, ejes principales y Mohr, módulos, radios y núcleo, módulo plástico, Navier, cortante (Jourawski) y torsión. Los que no aplican a la sección se marcan como no disponibles.
Diagnóst.	Validación, solapes, reglas del modelo y estado de cada figura.



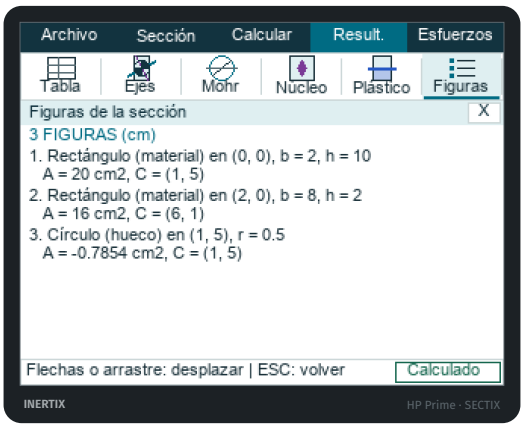
3 **Calcular** Procedim.



3 **Calcular** Diagnóst.

6.4 4 · Result.

Orden	Qué hace
Tabla	Todas las propiedades de la sección.
Ejes	Centroide, ejes principales y fibras extremas.
Mohr	Círculo de Mohr de inercias con ejes U y V que se giran.
Núcleo	Núcleo central dibujado y sus límites.
Plástico	Ejes neutros plásticos, Z_x, Z_y y factores de forma.
Figuras	Área y centroide de cada figura.



4 **Result.** Figuras del ejemplo guiado.

6.5 5 · Esfuerzos

Orden	Qué hace
Cargas	N, M_x, M_y y V_y en el centroide.
Navier	Mapa de tensiones normales, extremos y eje neutro; tocar un punto da su σ.
Cortante	$\tau(y)$, $Q(y)$ y $b(y)$ de Jourawski con un corte que se mueve.
Torsión	Constante J y el método aplicado, o el motivo por el que no está disponible.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Sección compuesta y Steiner

Cada figura i aporta su área A_i (negativa si es hueco), su centroide (x_i, y_i) y sus inercias propias.

$$A = \sum A_i, \qquad x_c = \frac{\sum A_i\, x_i}{A}, \qquad y_c = \frac{\sum A_i\, y_i}{A}$$
$$I_x = \sum \left(I_{x,i} + A_i\, d_{y,i}^2\right), \qquad I_y = \sum \left(I_{y,i} + A_i\, d_{x,i}^2\right), \qquad I_{xy} = \sum \left(I_{xy,i} + A_i\, d_{x,i}\, d_{y,i}\right)$$

Donde: $d_{x,i}$, $d_{y,i}$ distancias del centroide de la sección al de la figura; $J_0 = I_x + I_y$.

7.2 Ejes principales y círculo de Mohr

$$\tan 2\theta_p = \frac{-2\, I_{xy}}{I_x - I_y}, \qquad I_{1,2} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}$$
$$I_u = \frac{I_x + I_y}{2} + \frac{I_x - I_y}{2}\cos 2\theta - I_{xy}\sin 2\theta, \qquad I_{uv} = \frac{I_x - I_y}{2}\sin 2\theta + I_{xy}\cos 2\theta$$

7.3 Radios de giro, módulos y plástico

$$r_x = \sqrt{I_x / A}, \qquad S_x = \frac{I_x}{c}, \qquad Z_x = \frac{A}{2}\left(\bar{y}_t + \bar{y}_c\right), \qquad f = \frac{Z}{S_{\text{mín}}}$$

Donde: c distancia del centroide a la fibra extrema; $\bar{y}_t$, $\bar{y}_c$ distancias de los centroides de cada mitad al eje neutro plástico, que divide la sección en dos áreas iguales.

7.4 Tensiones

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{(M_x I_y - M_y I_{xy})\, y + (M_y I_x - M_x I_{xy})\, x}{I_x I_y - I_{xy}^2} \tag{1}$$

Donde: x, y medidas desde el centroide. Con $I_{xy} = 0$ queda $\sigma = N/A + M_x y / I_x + M_y x / I_y$. El eje neutro es la recta donde $\sigma = 0$.

$$\tau(y) = \frac{V_y\, Q(y)}{I_x\, b(y)} \tag{2}$$

Donde: $Q(y)$ momento estático del área por encima del corte; $b(y)$ ancho del corte. SECTIX usa la forma general cuando $I_{xy} \neq 0$.

7.5 Torsión (informativa)

$$J_{\text{círculo}} = \frac{\pi r^4}{2}, \qquad J_{\text{Bredt}} = \frac{4 A_m^2}{\sum s/t}, \qquad J_{\text{abierto}} \approx \sum \frac{b\,t^3}{3}$$

Donde: A_m área encerrada por la línea media del cajón; s, t longitud y espesor de cada pared.

> **Nota**
> El núcleo central se obtiene a partir de las tangentes al contorno: para cada recta tangente, la carga que la convierte en eje neutro es un vértice del núcleo. En el procedimiento 5 se ve la tabla completa.

7.6 Qué orden usar para cada tarea

Quiero	Orden
Área, centroide e inercias	4 **Result.** Tabla
Inercias en ejes girados	4 **Result.** Mohr (OI-4)
Saber dónde puede actuar una compresión sin tracciones	4 **Result.** Núcleo (OI-3)
Reserva plástica	4 **Result.** Plástico (OI-1)
Tensión normal en un punto	5 **Esfuerzos** Navier (OI-1, OI-2)
Tensión tangencial en un corte	5 **Esfuerzos** Cortante (OI-1)
Comprobar por otro método	3 **Calcular** Procedim. (OI-3)
Revisar solapes	3 **Calcular** Diagnóst. (OI-5)

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

8.1 Errores y avisos

Mensaje	Qué hacer
`Hueco n (…) queda fuera del material`	El hueco no corta material o se sale por un borde. La figura queda elegida: muévala o redúzcala.
`Figuras a y b se solapan`	Se calcula, pero el material común se cuenta dos veces. Corrija las medidas (OI-5).
`Resultados pendientes. ¿Calcular ahora?`	Hubo un cambio de datos. Con No, el caso se conserva sin resultados.
`Seleccione primero una figura`	La orden actúa sobre la figura elegida: elija una.
`J no disponible`	La forma no entra en los métodos de torsión de SECTIX; J_0 no la sustituye.
`No se pudo completar el cálculo por franjas`	Revise solapes y figuras muy delgadas.
`Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`	Un cálculo se cortó con la tecla ON. Al volver a entrar, el programa abre con el caso intacto y los resultados pendientes: repita 3 **Calcular** Resolver.

8.2 Preguntas frecuentes

¿Por qué SECTIX rechaza mi hueco?

Porque una parte del hueco queda fuera del material (en un borde o en una concavidad). El mensaje nombra el hueco y lo deja seleccionado: 2 **Sección** Propied. permite moverlo o reducirlo.

¿Cómo hago una figura hueca, como un tubo?

Coloque la figura de material y, encima, otra con Tipo `Hueco`. Si toca dentro del material, SECTIX ya la propone como hueco. Para un tubo, use la corona o el perfil `Tubo circular`.

¿Puedo escribir las coordenadas en lugar de tocar?

Sí. El toque solo abre la lista de formas; las coordenadas y las medidas exactas se escriben en el formulario.

¿Qué pasa si dos figuras se solapan?

SECTIX calcula, pero avisa: el área común se cuenta dos veces. Vea 3 **Calcular** Diagnóst. y corrija las medidas.

¿Cambiar de unidad cambia mi sección?

Con `Convertir`, las medidas se pasan a la nueva unidad y la sección no cambia. Con `Mantener`, se conservan los números y la sección cambia de tamaño. Los ángulos nunca se convierten.

¿Por qué la torsión dice «no disponible»?

Porque SECTIX solo da *J* en las formas en que su método es fiable: círculo, corona, elipse, rectángulo, cajón rectangular y perfiles abiertos de rectángulos.

¿Recorrer el círculo de Mohr cambia los resultados?

No. Las flechas solo mueven el cursor; los resultados cambian únicamente al editar la sección y volver a calcular.