INERTIX

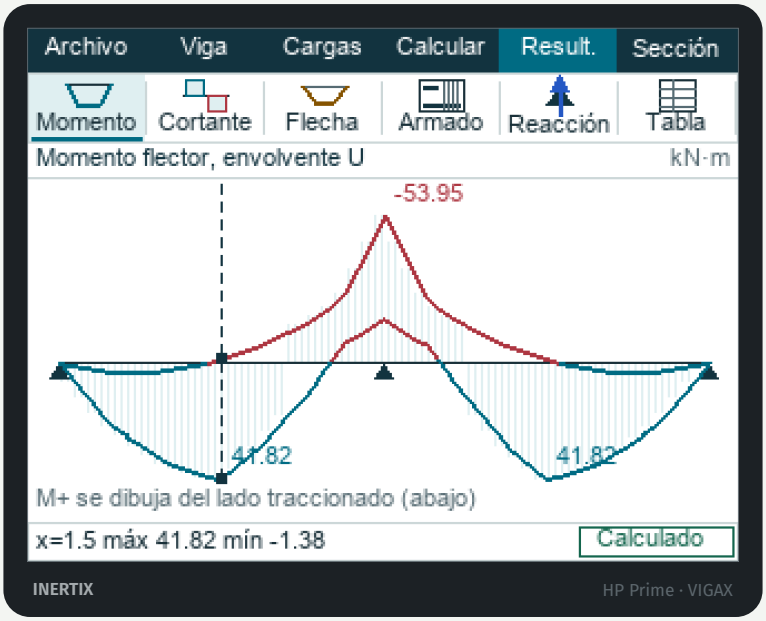
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

VIGAX

Vigas continuas de concreto armado, ACI 318-19 y NTE E.060

Versión 1.0 **HP Prime G1 · G2** Estructuras de concreto armado · Octubre de 2026



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

CONTACTO Y SOPORTE

Asistente técnico INERTIX +591 69666824

Ing. Carlos Paredes Aguilar
+591 73842694

Ing. Samuel Huarachi Flores
+591 63562947

Contenido

1. Presentación y alcance **4**

1.1. Qué calcula . . . 4

1.2. Unidades y convenciones . . . 4

1.3. Límites y fuera de alcance . . . 5

1.4. Versión documentada y validación . . . 5

2. Instalación **5**

2.1. Qué necesita . . . 5

2.2. Copiar el programa a la calculadora . . . 6

3. Licencia de uso **7**

4. La interfaz **8**

4.1. Teclas . . . 8

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

4.3. Ayuda integrada . . . 9

5. Ejemplo guiado **10**

5.1. Enunciado y datos . . . 10

5.2. Paso a paso . . . 11

5.3. Resultados . . . 17

5.4. Cómo leer los resultados . . . 18

5.5. Otros ejemplos (Archivo › Ejemplos) . . . 18

5.6. Opciones importantes . . . 19

5.6.1. OI-1 · Alternancia de la carga viva . . . 19

5.6.2. OI-2 · NTE E.060 en unidades MKS . . . 20

5.6.3. OI-3 · Revisión de una sección dada y Estado II . . . 21

5.6.4. OI-4 · Voladizo, cargas mixtas y métodos clásicos . . . 22

5.6.5. OI-5 · Servicio y flechas . . . 23

5.6.6. OI-6 · Guardado del caso y corte con ON . . . 24

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

6.1. 1 · Archivo . . . 26

6.2. 2 · Viga . . . 27

6.3. 3 · Cargas 27
6.4. 4 · Calcular 28
6.5. 5 · Result. 29
6.6. 6 · Sección 30
6.7. Errores y avisos 30

7. Fundamento teórico breve **30**
7.1. Análisis y envolvente 30
7.2. Flexión 31
7.3. Corte y servicio 31
7.4. Métodos de comprobación 31

8. Preguntas frecuentes **32**

1 Presentación y alcance

VIGAX analiza y diseña **vigas continuas de concreto armado** de hasta ocho tramos en la calculadora HP Prime. La viga se dibuja a escala en un lienzo donde se tocan y editan los tramos, los apoyos y las cargas. El análisis es exacto por rigidez, con la **carga viva alternada** tramo a tramo, y el diseño sigue el ACI 318-19 o la NTE E.060, en unidades SI o MKS. Los resultados se ven en diagramas con cursor, en el armado dibujado sobre la viga, en una tabla y en procedimientos paso a paso; los métodos clásicos rehacen el análisis y lo comparan con el motor.

1.1 Qué calcula

- Envolventes de momento y cortante con el patrón de carga viva que gobierna, y diagramas de servicio $D + L$ y solo D.
- Reacciones máximas y mínimas, y momentos de diseño: M^+ de cada tramo y M^- a la cara de cada apoyo.
- Flexión: A_s requerido, simple o doble, barras en una o dos capas, ϕM_n, ε_t, acero mínimo y control de fisuración.
- Corte: V_u a d de la cara, V_c, V_s y estribos de dos ramas por zonas.
- Flechas inmediatas y diferidas con la inercia efectiva por tramo, frente a sus límites.
- Revisión de una sección dada por compatibilidad de deformaciones y Estado II (kd, I_{cr}, I_e de Bischoff y de Branson).
- Procedimientos de tres momentos, Cross, pendiente-deflexión y doble integración, comparados con el motor.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	SI / MKS	Convención
Luces y posiciones	m / m	x desde el extremo izquierdo; a y b desde el inicio del tramo
Sección, recubrimiento	mm / cm	Una sola sección para toda la viga
f'_c, f_y, f_{yt}	MPa / kgf/cm²	
Cargas repartidas	kN/m / tf/m	Positivas hacia abajo; caso D (muerta) o L (viva)
Cargas puntuales	kN / tf	Positivas hacia abajo
Momentos	kN·m / tf·m	M^+ tracciona abajo; momento aplicado antihorario positivo
Acero	mm² / cm²	Barras como «2Ø20»; estribos «8 mm @ 225»
Flechas	mm / cm	Positivas hacia abajo

El cálculo interno se hace siempre en SI; al cambiar las unidades solo cambian la presentación y los coeficientes propios de cada sistema (por ejemplo $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$ MPa o $15100\sqrt{f'_c}$ kgf/cm²).

1.3 Límites y fuera de alcance

Límite	Valor
Tramos y cargas	Hasta 8 tramos de 0.3 a 60 m; hasta 40 cargas
Apoyos	Libre, articulado o empotrado por nudo; ancho de 0 a 2 m
Sección	Rectangular o T; recubrimiento de 15 a 100 mm
Materiales	f'_c de 17 a 80 MPa; f_y y f_{yt} de 280 a 550 MPa; diámetros normalizados en mm y en pulgadas

⚠ Fuera de alcance

VIGAX considera solo **cargas gravitacionales D y L**: no hay sismo ni torsión. El análisis resistente usa EI constante con la sección bruta; la inercia efectiva por tramo se usa solo en servicio. Los estribos son de dos ramas y la separación mínima entre barras supone agregado de 19 mm. Las longitudes de corte del acero superior ($0.3L$) son esquemáticas. Cerca de una carga puntual, el cortante entre estaciones se interpola linealmente.

1.4 Versión documentada y validación

Elemento	Estado
Programa	VIGAX v1.0: fuentes del 28-10-2026 (corte con ON) y Ayuda integrada del 29-10-2026 (`07_VA_APP.hpprgm` SHA-256 `d4ec557e…`)
Motor	Validado contra un programa de análisis matricial, fórmulas cerradas, los 2^n patrones de carga y los métodos clásicos (ver la entrega del programa)
Capturas de esta guía	**ADAPTADAS**: el programa traducido a Python y dibujado en una pantalla de 320 × 240; cada paso tiene una comprobación ejecutada sobre el estado del programa
HP Prime y emulador	**No ejecutado** para esta guía. Las capturas pueden diferir en detalles de letra y glifos de la calculadora real

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

VIGAX 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 VIGAX 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: `VIGAX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_VIGAX.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 VIGAX 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.

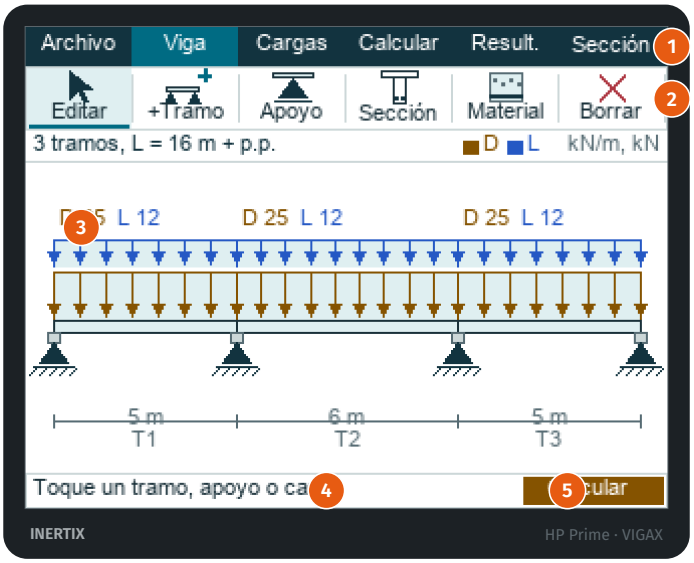
No modifique el contenido del archivo de licencia. Si el problema persiste, escriba al asistente técnico o directamente a Ing. Carlos Paredes Aguilar (+591 73842694) o a Ing. Samuel Huarachi Flores (+591 63562947).

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 por primera vez, VIGAX muestra una viga continua de tres tramos sin calcular, con la categoría `Viga` activa y la herramienta `Editar`. La pantalla tiene siempre las mismas zonas.



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

1. **Barra de menú.** Seis categorías; se abren con las teclas 1 a 6 o tocándolas.
2. **Cinta.** Órdenes y herramientas de la categoría activa.
3. **Lienzo.** Viga a escala con tramos, apoyos, cargas y cotas; sobre él se dibujan los diagramas, el armado y la sección.
4. **Línea de estado.** Ayuda del momento, datos del cursor y mensajes.
5. **Botón de cálculo.** `Calcular` si hay cambios sin resolver; `Calculado` si los resultados están al día. Tocarlo resuelve.

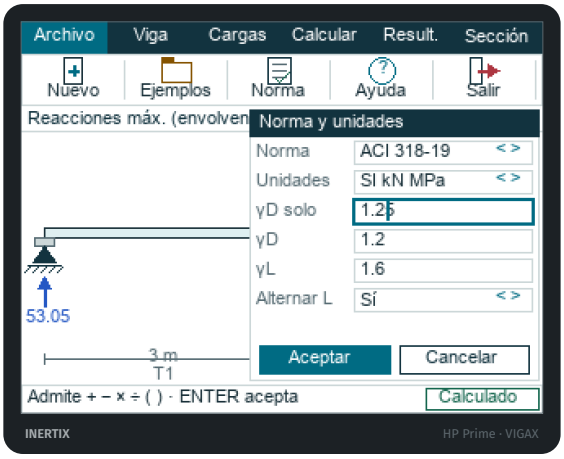
4.1 Teclas

Tecla	Dónde	Acción
1 … 6	Siempre	Abre la categoría del menú y pone el foco en la cinta.
◀ ▶	Cinta	Elige la orden; al llegar al extremo pasa a la categoría vecina.
Enter	Cinta	Activa la orden resaltada.
Esc o ▼	Cinta	Devuelve el foco al lienzo.
◀ ▶	Lienzo	Recorren apoyos y tramos, alternados, de izquierda a derecha.
▲ ▼	Lienzo	Recorren las cargas en el orden en que se crearon.
Enter	Lienzo	Abre las propiedades del elemento seleccionado.
Del	Lienzo	Borra la carga o el tramo seleccionado (con confirmación). Un apoyo no se borra: cambie su tipo a `Libre`.
+ − 0	Lienzo	Acercan, alejan o encuadran el dibujo.
◀ ▶	Diagramas	Mueven el cursor; ▲ ▼ saltan entre máximos y mínimos; Enter cambia la serie (U, *D* + *L*, *D*).
◀ ▶	Armado	Eligen la zona; Enter abre su procedimiento, la revisión de su sección o la flecha del tramo.
◀ ▶	Visor	Cambian de sección del procedimiento; en la tabla y la Ayuda, pasan página.
Esc	Vista	Vuelve a la viga; en la viga pregunta `¿Salir de VIGAX?`.

Pantalla táctil

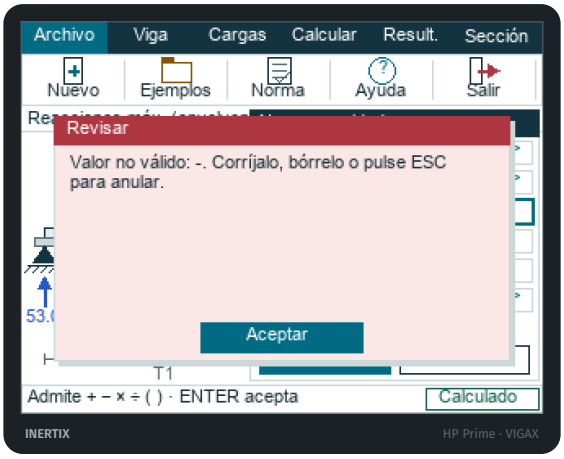
Tocar una categoría o una orden la activa. Con `Editar`, tocar un tramo, un apoyo o una carga abre sus propiedades. Con una herramienta de carga (`Uniforme`, `Trapecio`, `Puntual` o `Momento`), tocar un tramo crea la carga allí y el punto tocado da la posición *a*, redondeada a 0.05 m; **esta es la única forma de crear una carga nueva**. Arrastrar desplaza el dibujo cuando está ampliado; en un diagrama, tocar mueve el cursor.

4.2 Editar un valor y resultados pendientes



Edición en la propia celda del formulario.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Un valor no válido se avisa y se puede corregir.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

- En un formulario, ▲ ▼ cambian de campo. Teclear un número **reemplaza** el valor; Enter sobre un campo lo abre con el texto seleccionado.
- Durante la edición, ◀ ▶ mueven el cursor y Del borra el carácter de la izquierda (al inicio, el siguiente). Un campo que se confirma vacío conserva su valor.
- Enter acepta y pasa al campo siguiente; Esc anula la edición y, fuera de ella, cierra el formulario sin cambios. En los campos con < > (lista), ◀ ▶ cambian la opción.
- Un dato fuera de rango no se acepta: el mensaje dice qué corregir y dónde, y el formulario sigue abierto.
- Cualquier cambio deja los resultados **pendientes**; las vistas de resultados piden calcular. Recorrer un diagrama **no** recalcula.

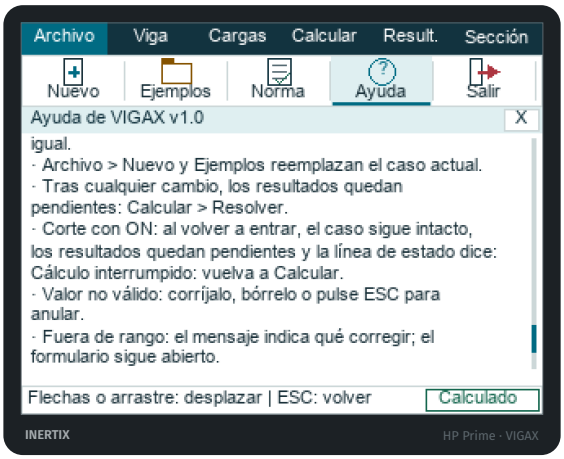
4.3 Ayuda integrada

1 **Archivo** Ayuda abre un documento desplazable con cinco apartados y una acción por línea: `INICIO RÁPIDO` (cinco pasos), `TECLAS Y NAVEGACIÓN`, `HERRAMIENTAS PRINCIPALES`, `UNIDADES Y CONVENIOS` y `GUARDADO Y ERRORES FRECUENTES`, y al final `ACERCA DE`. ▲ ▼ avanzan línea a línea, ◀ ▶ por página y Esc (o la `X`) vuelve al caso sin cambiarlo.



1 **Archivo** Ayuda: inicio rápido.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



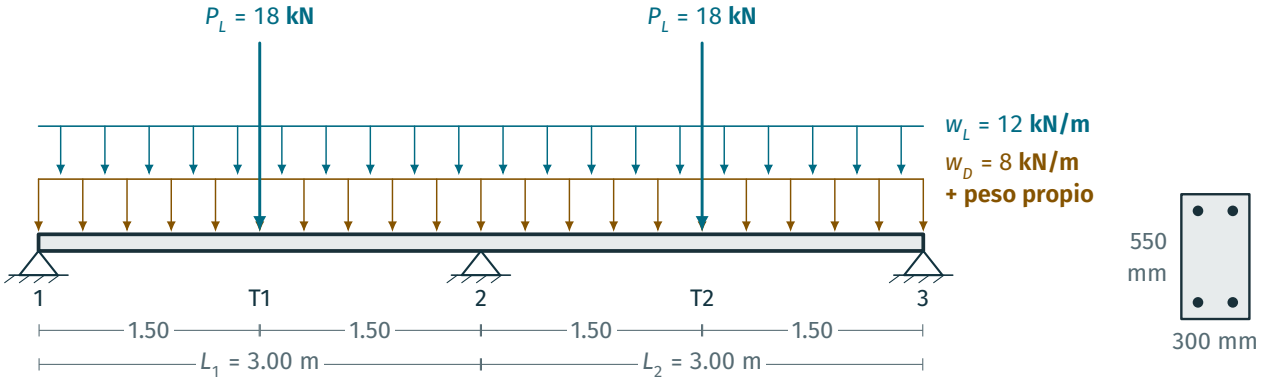
Guardado y errores frecuentes, con el corte con ON.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado y datos

Una viga continua de concreto armado tiene **dos tramos de 3.00 m** sobre tres apoyos articulados de 0.25 m de ancho y sección rectangular de **300 × 550 mm**. Soporta una carga muerta de **8 kN/m** más su peso propio, una carga viva de **12 kN/m** y una carga viva puntual de **18 kN en el centro de cada tramo**. Con f'_c = 28 MPa, f_y = 420 MPa y el ACI 318-19 (U = 1.2D + 1.6L, con la carga viva alternada), se pide la **envolvente de momentos y cortantes**, las **reacciones**, el **armado** de flexión y corte, la verificación de **flechas** y la comprobación del momento del apoyo central por el método de **tres momentos**.



Geometría	Valor	Nota
Tramos	2 × 3.00 m	T1 y T2
Apoyos	Nudos 1, 2, 3	Articulados
Ancho de apoyo	0.25 m	Momento a la cara
Sección	300 × 550 mm	Rectangular
Recubrimiento	40 mm	d = 492 mm

Dato	Valor	Caso
w_D	8 kN/m	D, ambos tramos
Peso propio	3.96 kN/m	D, automático
w_L	12 kN/m	L, ambos tramos
P_L	18 kN en a = 1.5 m	L, cada tramo
f'_c / f_y = f_{yt}	28 / 420 MPa	Barras Ø20, estribo 8 mm

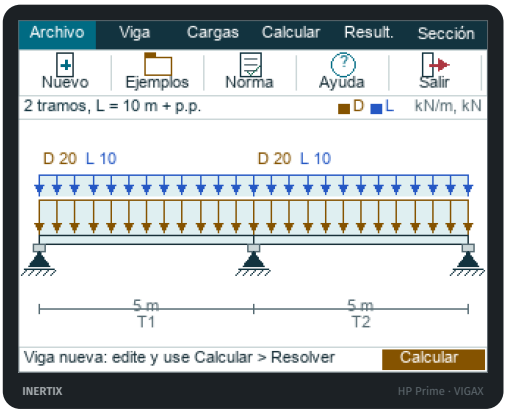
Norma ACI 318-19 en unidades SI; factores 1.2 y 1.6 (los de `Archivo > Norma` por defecto); la carga viva se alterna tramo a tramo; γ = 24 kN/m³.

Fuente: Ejemplo de viga continua de dos tramos con cargas puntuales (`Archivo > Ejemplos > 2 tramos de 3 m con puntuales`). Referencia: comprobación a mano (tres momentos y estática) y métodos clásicos del propio programa; motor validado contra un programa de análisis matricial.

5.2 Paso a paso

La viga se construye desde la plantilla de dos tramos con el teclado; solo las dos cargas puntuales se colocan tocando la pantalla. La numeración la fija la plantilla: tramos T1 y T2, nudos 1 a 3 y cargas 1 a 4 (D en T1, D en T2, L en T1, L en T2). Las puntuales serán las cargas 5 y 6.

1 Nueva viga continua de 2 tramos



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

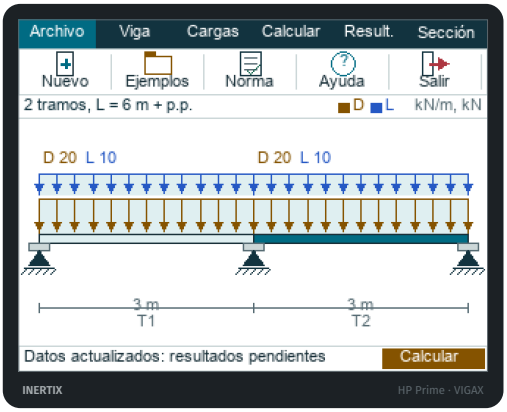
TECLAS

1 Enter ▼ Enter

1 **Archivo** Nuevo abre la lista de plantillas. Baje a `Continua 2 tramos, 5 + 5 m` y confirme. La viga nueva parte de la sección y los materiales por defecto (300 × 550 mm, 28 y 420 MPa) y conserva la norma, las unidades y los factores elegidos: ACI 318-19 y SI. **Nuevo reemplaza el caso actual sin preguntar.**

✔ **Debe verse:** 2 tramos de 5 m con D 20 y L 10 kN/m; estado «Viga nueva: edite y use Calcular > Resolver»

2 Luces de 3 m



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

▶ ×2 Enter 3 Enter ×2 ▶ ×2 Enter 3 Enter ×2

Con ▶ se recorren apoyos y tramos alternados: dos pulsaciones llevan al tramo 1. Enter abre su formulario; al teclear 3 el valor se reemplaza. Dos veces Enter confirman y aceptan. Lo mismo con el tramo 2.

✔ **Debe verse:** Cotas de 3 m en T1 y T2; el tramo 2 queda seleccionado

3 Ancho de los tres apoyos



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

▶ Enter ▼ 0 . 2 5 Enter ×2 ◀ ×2 Enter ▼ 0 . 2 5 Enter ×2 ◀ ×2 Enter ▼ 0 . 2 5 Enter ×2

Desde el tramo 2, ▶ selecciona el nudo 3. En su formulario, ▼ pasa al campo `Ancho`: teclee 0.25. Repita en los nudos 2 y 1 con ◀ ◀. El ancho sirve para tomar el momento negativo a la cara del apoyo y el cortante a *d* de la cara.

✔ **Debe verse:** Los tres apoyos articulados con 0.25 m de ancho; nudo 1 seleccionado

4 Carga muerta



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

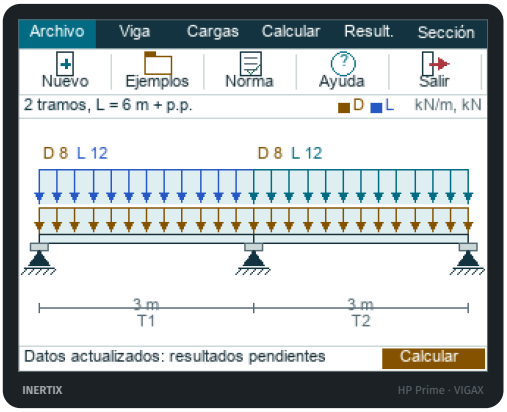
TECLAS

▼ Enter ▼ ×2 8 Enter ×2 ▼ Enter ▼ ×2 8 Enter ×2

▼ recorre las cargas: la primera es la muerta del tramo 1. En su formulario, baje dos campos hasta `w` y teclee 8. Repita con la muerta del tramo 2. El peso propio de la viga se suma solo (`+ p.p.` en la cabecera).

✔ **Debe verse:** Rótulos «D 8 L 10» sobre los dos tramos

5 Carga viva



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

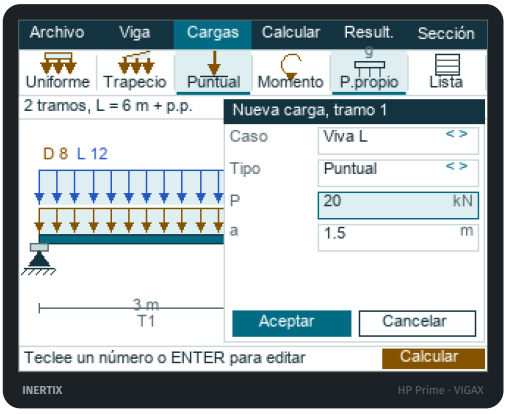
TECLAS

▼ Enter ▼ ×2 1 2 Enter ×2 ▼ Enter ▼ ×2 1 2 Enter ×2

Las cargas 3 y 4 son las vivas de cada tramo: póngales *w* = 12 kN/m del mismo modo. VIGAX las trata por separado, tramo a tramo, para buscar la alternancia más desfavorable.

✔ **Debe verse:** Rótulos «D 8 L 12» sobre los dos tramos

6 Herramienta Puntual



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

3 ▶ ×2 Enter el centro del tramo 1

3 Cargas Puntual activa la herramienta. Toque el tramo 1 en su centro: se abre `Nueva carga, tramo 1`, ya como viva, puntual y con la posición tocada, *a* = 1.5 m.

✔ **Debe verse:** Formulario «Nueva carga, tramo 1»: Viva L, Puntual, P = 20 kN, a = 1.5 m

7 Valor de la puntual



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

1 8 Enter ▼ Enter

El cursor está en `P`: teclee 18 y confirme. ▼ lleva a `Aceptar`. La carga aparece como una flecha con el rótulo `L 18`.

✔ **Debe verse:** Flecha «L 18» en el centro del tramo 1

8 Puntual del tramo 2



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

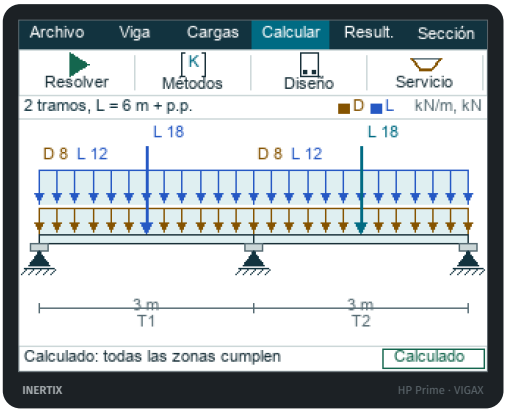
TECLAS

el centro del tramo 2 | 1 | 8 | Enter | ▼ | Enter

La herramienta sigue activa: toque el centro del tramo 2, teclee 18 y acepte. El modelo queda con seis cargas, igual que el ejemplo de referencia.

✔ **Debe verse:** Flechas «L 18» en el centro de los dos tramos; seis cargas en total

9 Resolver



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

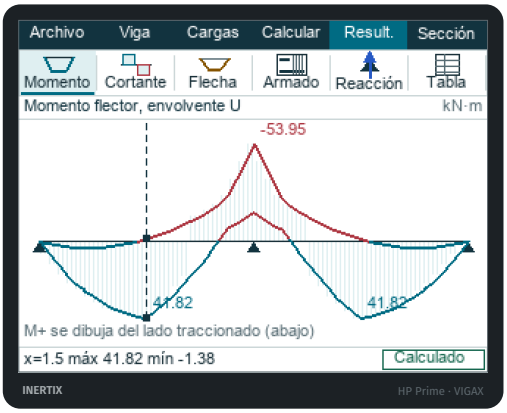
TECLAS

4 | Enter

4 **Calcular** Resolver analiza la viga y la diseña. El botón pasa a `Calculado` y la línea de estado resume el diseño: `todas las zonas cumplen`.

✔ **Debe verse:** Botón «Calculado»; estado «Calculado: todas las zonas cumplen»

10 Envolvente de momentos



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

5 | Enter | ▼

5 **Result.** Momento dibuja la envolvente *U* del lado traccionado: −53.95 kN·m sobre el apoyo central. ▼ salta al máximo siguiente: M^{+} = 41.82 kN·m en x = 1.5 m, que se obtiene con la carga viva solo en ese tramo.

✔ **Debe verse:** Envolvente U con −53.95 en el apoyo central y 41.82 en los tramos; cursor en x = 1.5 m, «máx 41.82»

11 Envolvente de cortantes



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

5 ▶ Enter

5 **Result.** Cortante: 53.05 kN en los extremos y ±82.71 kN a cada lado del apoyo central; el salto en el centro de cada tramo es la carga puntual. Enter cambia la serie a servicio *D* + *L* o solo *D*.

✔ **Debe verse:** Cortante U: 53.05 kN en los extremos y ±82.71 kN junto al apoyo central

12 Flechas



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

5 ▶ ×2 Enter

5 **Result.** Flecha dibuja la flecha inmediata *D* + *L* y la total diferida de cada tramo, calculadas con la inercia efectiva. Con luces de 3 m y *h* = 550 mm son décimas de milímetro.

✔ **Debe verse:** Flecha inmediata D+L y total diferida de los dos tramos

13 Armado propuesto



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

5 ▶ ×3 Enter

5 **Result.** Armado dibuja las barras por zona y los estribos: 2Ø20 abajo y arriba, y 8 mm @ 225 mm en los dos tramos. La línea de estado da M_u y ϕM_n de la zona seleccionada; ▶ la cambia y Enter ofrece su procedimiento o la revisión de la sección.

✔ **Debe verse:** 2Ø20 abajo y arriba, estribos 8 mm @ 225; estado «T1 Mu 41.82 φMn 112.5»

14 Reacciones



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

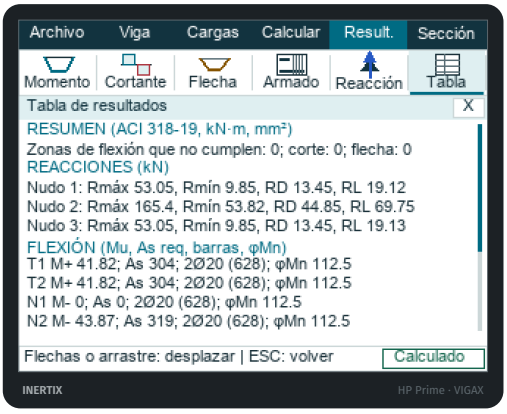
TECLAS

5 ▶ ×4 Enter

5 **Result.** Reacción muestra las reacciones máximas de la envolvente: 53.05, 165.4 y 53.05 kN.

✔ **Debe verse:** Reacciones máximas: 53.05, 165.4 y 53.05 kN

15 Tabla de resultados



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

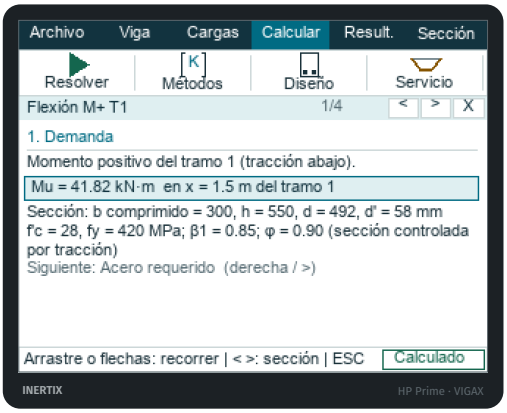
TECLAS

5 ▶ ×5 Enter

5 **Result.** Tabla abre un documento con el estado, las reacciones (máxima, mínima, *D* y *L*) y la flexión, el corte y las flechas por zona. Se desplaza con las flechas o arrastrando.

✔ **Debe verse:** Resumen: zonas que no cumplen 0; reacciones; flexión por zona con As y φMn

16 Procedimiento de flexión



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

Esc 4 ▶ ×2 Enter ▼ Enter

4 **Calcular** Diseño lista los procedimientos de diseño. Elija `Flexión M+ tramo 1`: muestra M_u, d, el acero requerido y el mínimo, las barras y ϕM_n. Aquí manda el mínimo: A_s requerido es 228 mm², y como $\frac{4}{3}A_s$ = 304 mm² < $A_{s,mín}$ = 492 mm², se adopta 304 mm².

✔ **Debe verse:** Procedimiento de diseño de M+ en el tramo 1: Mu, As requerido, As mínimo, barras y φMn

17 Verificación por tres momentos



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

TECLAS

Esc 4 ▶ Enter ▼ Enter ×2 ▶ ×3

4 Calcular Métodos: elija `Tres momentos` y la combinación `U = 1.2D + 1.6L (todos)`. Mientras se calcula aparece el recuadro `Calculando...`. Con ▶ llegue a la sección 4: el método da M_2 = −53.95 kN·m, igual que el motor, y la diferencia es 0.

✔ **Debe verse:** «4. Momentos y comparación»: M2 = −53.95 kN·m con el método y con el motor; diferencia 0

5.3 Resultados

VIGAX coincide con la referencia

Los momentos del apoyo central y del tramo, el acero adoptado, ϕM_n y ϕV_c coinciden con la comprobación a mano, y el método de tres momentos reproduce el motor. Todas las zonas cumplen con 2Ø20 y estribos de 8 mm @ 225 mm.

Magnitud	Referencia	VIGAX HP	Estado
M^- en el apoyo central (eje)	−53.946 kN·m	−53.95 kN·m	Coincide
M^+ máximo, en x = 1.5 m	41.823 kN·m	41.82 kN·m	Coincide
M^- a la cara del apoyo 2	—	43.87 kN·m	Diseño
Cortante máximo $\lvert V \rvert$	—	82.71 kN	Junto al apoyo 2
Reacción máxima R_1 (R_3 igual)	53.046 kN	53.05 kN	Coincide
Reacción máxima R_2	—	165.42 kN	Envolvente
A_s adoptado (M^+, $\frac{4}{3}A_s$)	304.0 mm²	304.0 mm²	Coincide
Barras (todas las zonas)	—	2Ø20 = 628.4 mm²	Cumple
ϕM_n con 2Ø20	112.48 kN·m	112.48 kN·m	Coincide
ϕV_c	99.58 kN	99.58 kN	Coincide
Estribos	—	8 mm @ 225 mm	Cumple
Flecha Δ_L / límite $\ell/360$	—	0.095 / 8.33 mm	Cumple
Tres momentos: M_2 con U en ambos tramos	−53.946 kN·m	−53.95 kN·m	Diferencia 0

«Referencia»: comprobación a mano de abajo, calculada aparte. «—»: resultado del motor sin valor independiente. Diferencia relativa sin redondear < 10^{-8} en todas las filas con referencia (ϕM_n con el área tabulada de Ø20, 314.2 mm²).

Comprobación a mano

$$w_u = 1.2\,(8 + 3.96) + 1.6 \times 12 = 33.552 \text{ kN/m} \qquad P_u = 1.6 \times 18 = 28.8 \text{ kN}$$

$$M_2 = -\left(\frac{w_u L^2}{8} + \frac{3\,P_u L}{16}\right) = -\left(\frac{33.552 \times 3^2}{8} + \frac{3 \times 28.8 \times 3}{16}\right) = -53.946 \text{ kN·m}$$

$$R_1 = 53.046 \text{ kN} \qquad (1.2D \text{ en los dos tramos} + 1.6L \text{ solo en T1})$$

$$M^{+}(1.5) = R_1 \cdot 1.5 - \frac{w_u\, 1.5^2}{2} = 79.569 - 37.746 = 41.823 \text{ kN·m}$$

$$A_s = \frac{0.85\, f'_c\, b\, a}{f_y} = 228.0 \text{ mm}^2, \quad a = 13.41 \text{ mm}$$

$$A_{s,\text{mín}} = \frac{1.4}{f_y}\, b\, d = 492 \text{ mm}^2 > \tfrac{4}{3} A_s = 304 \text{ mm}^2$$

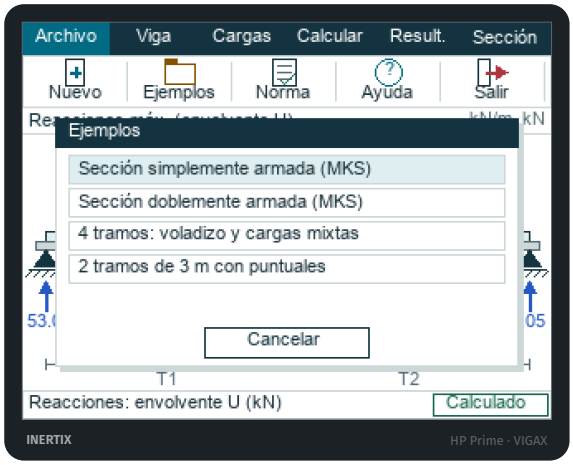
$$\phi M_n = 0.9 \times 628.4 \times 420 \times \left(492 - \frac{36.96}{2}\right) = 112.48 \text{ kN·m}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 0.17\sqrt{28} \times 300 \times 492 = 99.58 \text{ kN}$$

5.4 Cómo leer los resultados

- **El momento negativo de diseño es menor que el del diagrama.** El diagrama da el momento en el eje del apoyo (–53.95); el diseño usa el de la cara, a medio ancho del apoyo (43.87 kN·m). Por eso conviene dar el ancho real de los apoyos.
- **El máximo positivo exige alternar la carga viva.** Con *L* en los dos tramos a la vez el tramo llegaría solo a 32.56 kN·m (caso OI-1). VIGAX combina tramo a tramo y se queda con lo peor.
- **Manda el acero mínimo.** Con luces de 3 m la sección de 300 × 550 mm está holgada: ϕM_n = 112.5 kN·m frente a M_u = 41.82 kN·m. 2Ø20 cubre $A_{s,\text{mín}}$ con margen.
- **Estribos mínimos.** V_u a *d* (62.01 kN) es menor que ϕV_c (99.58 kN): solo se pide el refuerzo mínimo, con la separación máxima de *d*/2.

5.5 Otros ejemplos (Archivo › Ejemplos)



Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

Los ejemplos se cargan con 1 **Archivo** Ejemplos y **sustituyen el modelo**. Los dos de sección se mues-

tran ya revisados en la vista Sección (caso OI-3); el de cuatro tramos queda sin calcular (caso OI-4); el cuarto es el ejemplo guiado, ya construido.

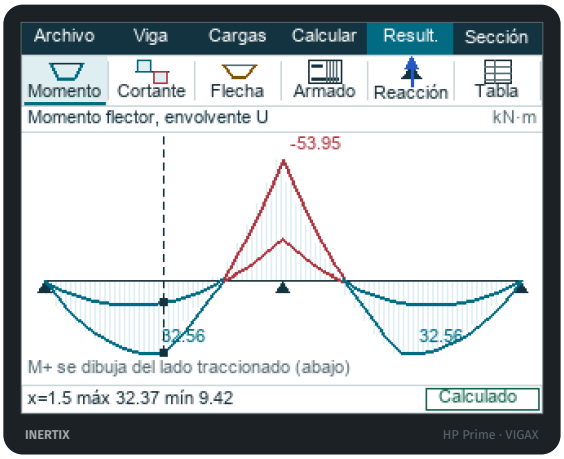
5.6 Opciones importantes

Seis casos cortos, elegidos por uso real, completan el ejemplo guiado. Cada uno parte del estado que deja el anterior (el primero, del final del paso 17) y tiene sus datos, sus teclas, su resultado y cómo leerlo. Las referencias se calcularon por separado con fórmulas cerradas o con la ficha técnica del programa; las cifras sin redondear están en la evidencia de la guía.

5.6.1 OI-1 · Alternancia de la carga viva

Objetivo. Ver cuánto aporta la alternancia de *L* y cómo se desactiva. **Cuándo usarla.** Siempre que la viga sea continua y *L* pueda faltar en algún tramo (ACI 318-19 6.4.2). Desactivarla solo tiene sentido para comparar o si la carga viva actúa siempre completa. **Datos.** El ejemplo guiado; 1 **Archivo** Norma, campo `Alternar L`.

1. **Archivo > Norma.** El último campo, `Alternar L`, está en `Sí`.
   1 ▶ ×2 **Enter**
2. **Alternar L = No y aceptar.** ▶ cambia la opción; ▼ lleva a `Aceptar`.
   ▼ ×5 ▶ ▼ **Enter**
3. **Resolver y ver la envolvente.** El cursor se queda en *x* = 1.5 m: `máx 32.37`.
   4 **Enter** 5 **Enter**
4. **Saltar al máximo del tramo 1.** ▲ salta al extremo anterior, el máximo del tramo 1.
   ▲
5. **Volver a Alternar L = Sí y recalcular.** Deje la opción como estaba antes de seguir.
   Esc 1 ▶ ×2 **Enter** ▼ ×5 ▶ ▼ **Enter** 4 **Enter**



Sin alternancia: 32.56 en los tramos.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Cursor en el máximo: *x* = 1.375 m.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

Sin alternancia	Referencia	VIGAX HP	Nota
M^+ máximo de diseño (T1)	32.56 kN·m	32.56 kN·m	Coincide
Posición del máximo	1.393 m	1.375 m	Estación más cercana
M_2 (sin cambio)	−53.95 kN·m	−53.95 kN·m	Coincide
Con alternancia (ejemplo guiado)	41.82 kN·m	41.82 kN·m	+28 %

Cómo leerlo. Con L en los dos tramos a la vez, el momento del apoyo central no cambia (−53.95, ya era el caso más desfavorable para él), pero el del tramo baja de 41.82 a 32.56 kN·m y se desplaza a $x = R_1/w_u$ = 1.39 m. La alternancia aumenta el M^+ de diseño un 28 %. El diagrama une estaciones cada $L/24$ (1.375 m); el diseño afina el máximo entre estaciones.

5.6.2 OI-2 · NTE E.060 en unidades MKS

Objetivo. Diseñar con la norma peruana y en tf, cm y kgf/cm². **Cuándo usarla.** Proyectos regidos por la NTE E.060 o con planos en el sistema técnico. **Datos.** Plantilla `Simplemente apoyada, 6 m`: 25 × 50 cm, f'_c = 210 y f_y = 4200 kgf/cm², D = 2 y L = 1 tf/m más el peso propio.

1. **Norma E.060 y unidades MKS.** Al elegir E.060, los factores pasan solos a 1.4, 1.4 y 1.7.

   [1] [▶]×2 [Enter] [▶] [▼] [▶]

2. **Aceptar.** [▼] hasta `Aceptar`. El caso abierto se presenta en tf.

   [▼]×5 [Enter]

3. **Nuevo: simplemente apoyada, 6 m.** En MKS la plantilla nueva usa 25 × 50 cm y cargas redondas en tf.

   [1] [Enter]×2

4. **Resolver y ver el momento.** [▼] lleva el cursor al máximo del tramo.

   [4] [Enter] [5] [Enter] [▼]

5. **Armado de la zona M+.** Barras, M_u y ϕM_n en unidades MKS.

   [5] [▶]×3 [Enter]

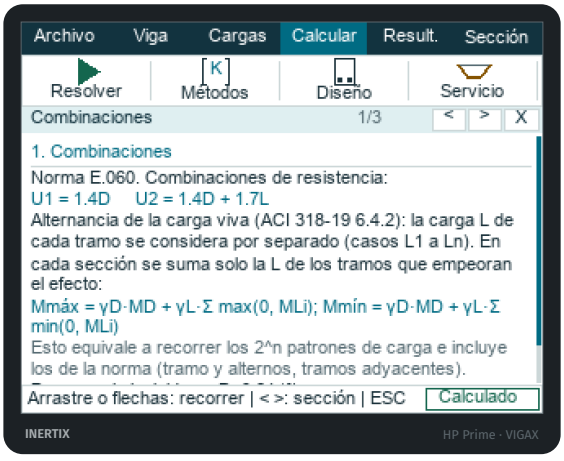
6. **Procedimiento: combinaciones.** Primer procedimiento de la lista de diseño.

   [4] [▶]×2 [Enter]×2



Momento en tf·m con E.060.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Combinaciones de la E.060.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

E.060, MKS	Referencia	VIGAX HP	Estado
$w_u = 1.4\,(D + p.p.) + 1.7\,L$	4.928 tf/m	—	
$M^+ = w_u L^2/8$	22.177 tf·m	22.177 tf·m	Coincide
$R_{máx} = w_u L/2$	14.785 tf	14.785 tf	Coincide

Cómo leerlo. $w_u = 1.4\,(2 + 0.306) + 1.7 \times 1 = 4.93$ tf/m y $M = w_u L^2/8 = 22.18$ tf·m. Con la E.060 cambian además ϕ (0.90 flexión, 0.85 corte), $\rho_{máx} = 0.75\rho_b$, el acero mínimo $0.7\sqrt{f'_c}/f_y$ y la inercia efectiva de Branson. La norma y las unidades se conservan al crear vigas nuevas; vuelva a ACI y SI en [1] Archivo Norma si lo necesita.

5.6.3 OI-3 · Revisión de una sección dada y Estado II

Objetivo. Analizar una sección con el acero ya dibujado en un plano, y su inercia fisurada. **Cuándo usarla.** Verificar vigas existentes, comprobar un armado distinto del propuesto o preparar datos de servicio. **Datos.** Ejemplo `Sección doblemente armada (MKS)`: $b = 20$, $h = 35$, $d = 28$, $d' = 4$ cm, $f'_c = 300$, $A_s = 25.50$ cm² (5Ø1"), $A'_s = 8.52$ cm² (3Ø3/4"); Estado II con $M_a = 10$ tf·m.

1. **Ejemplo: sección doblemente armada (MKS).** El ejemplo se abre ya revisado en la vista Sección.

   [Esc] [1] [▶] [Enter] [▼] [Enter]

2. **Sección > Revisar: ver los datos.** El formulario muestra el acero, d y d' del caso.

   [6] [▶] [Enter]

3. **Cancelar sin cambios.** [Esc] cierra sin cambiar nada.

   [Esc]

4. **Procedimiento: equilibrio.** Segunda sección: equilibrio de fuerzas.

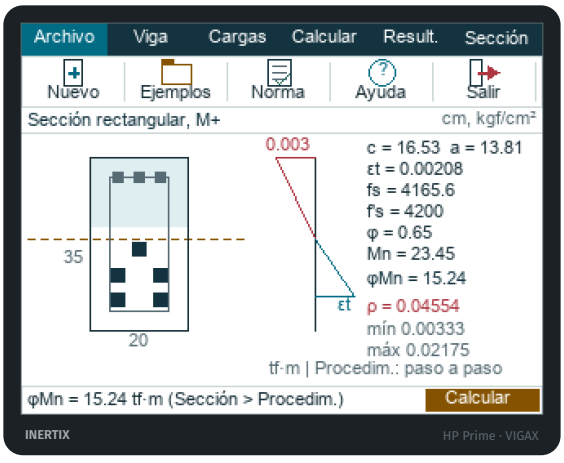
   [6] [▶]×2 [Enter] [▶]

5. **Estado II con Ma = 10 tf·m.** Se teclea M_a y se acepta; se abre el procedimiento.

   [Esc] [6] [▶]×3 [Enter] [1] [0] [Enter]×2

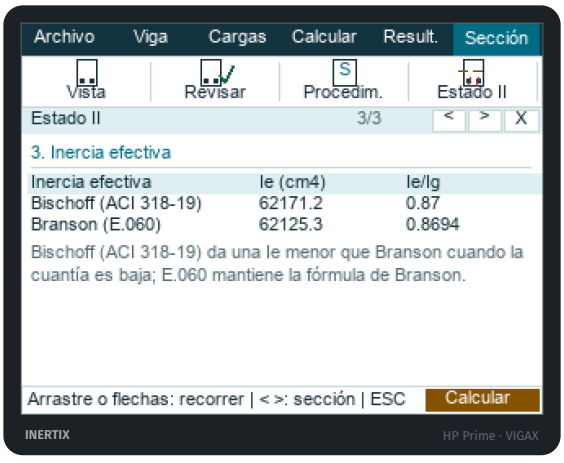
6. **Inercia efectiva.** Última sección del procedimiento.

   [▶]×2



Bloque de Whitney, deformaciones y ϕM_n.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Estado II: I_e de Bischoff y Branson.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

Magnitud	Referencia	VIGAX HP	Estado
c / a (cm)	16.53 / 13.81	16.526 / 13.811	Coincide
f_s (kgf/cm²)	4165.6	4 165.6	No fluye
ϕ	0.65	0.65	$\varepsilon_t < \varepsilon_y$
M_n / ϕM_n (tf·m)	23.45 / 15.24	23.447 / 15.240	Coincide
$n = E_s/E_c$	7.647	7.647	
kd (cm)	14.38	14.38	Coincide
I_{cr} / I_g (cm⁴)	62 099 / 71 458	62 099	Coincide
M_{cr} (tf·m)	1.415	1.415	Coincide
I_e Bischoff / Branson (cm⁴)	62 171 / 62 125	62 171 / 62 125	Coincide

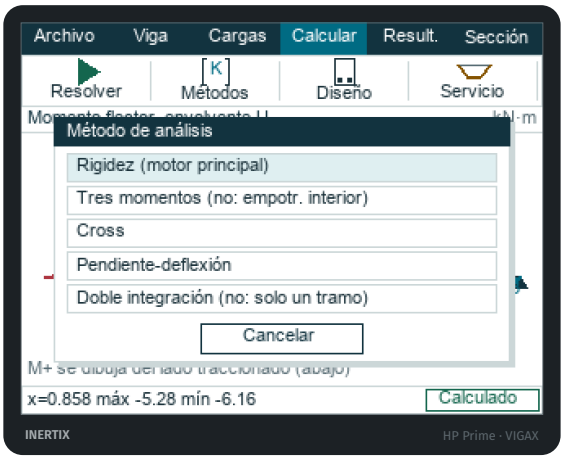
Referencia de c a ϕM_n: ficha técnica del programa (caso 2, redondeada). n a I_e: sección transformada calculada aparte con M_a = 10 tf·m.

Cómo leerlo. ε_t = 0.00208 es menor que ε_y = 0.0021: el acero de tracción **no fluye** (f_s = 4165.6 kgf/cm²), la sección es sobre-reforzada (ρ = 0.0455 > $\rho_{máx}$ = 0.0217) y ϕ = 0.65. En Estado II, M_a = 10 tf·m es siete veces M_{cr}: la inercia efectiva casi iguala a la fisurada (I_e/I_g = 0.87). Revisar exige antes [6] Sección Revisar; sin ello, Procedim. y Estado II avisan.

5.6.4 OI-4 · Voladizo, cargas mixtas y métodos clásicos

Objetivo. Leer una viga con voladizo, empotramiento interior y todos los tipos de carga, y comprobarla con un método clásico. **Cuándo usarla.** Vigas reales con cargas no uniformes; enseñanza de Cross. **Datos.** Ejemplo `4 tramos: voladizo y cargas mixtas`: voladizo de 1.5 m y tramos de 5, 6 y 4.5 m; nudo 4 empotrado; uniformes D y L, trapecio de 4 a 10 kN/m entre 0.5 y 4 m del tramo 3, puntuales y un momento de −15 kN·m en el tramo 4.

1. **Ejemplo: 4 tramos con voladizo.** El ejemplo reemplaza el caso y queda sin calcular.
   [Esc] [1] [▶] [Enter] [▼]×2 [Enter]
2. **Resolver y ver la envolvente.** Momento negativo en el voladizo y sobre el empotramiento.
   [4] [Enter] [5] [Enter]
3. **Métodos disponibles.** Junto a cada método no disponible figura el motivo.
   [4] [▶] [Enter]
4. **Cross con U.** Cross con la combinación U; sección 4.
   [▼]×2 [Enter]×2 [▶]×3
5. **Armado por zonas.** Zonas de flexión de tramo y de apoyo.
   [Esc] [5] [▶]×3 [Enter]



Métodos y motivo de los no disponibles.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Cross: resultado y comparación.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

Magnitud	Guía anterior	VIGAX HP	Estado
M^+ máximo	66.62 kN·m	66.62 kN·m	Coincide
M^- máximo	−100.40 kN·m	−100.40 kN·m	Coincide
$\|V\|$ máximo	122.33 kN	122.33 kN	Coincide
Cross frente al motor	—	0 kN·m	Diferencia máxima

Sin referencia externa: regresión frente a la guía del 01-10-2026 y comparación entre Cross y el motor de rigidez dentro del programa.

Cómo leerlo. Tres momentos no admite el empotramiento interior y la doble integración solo trabaja con un tramo; Cross y pendiente-deflexión sí. La tabla de Cross compara los momentos de extremo de cada barra con los del motor (diferencia máxima 0 kN·m). El voladizo obliga a armar arriba desde el nudo 2.

5.6.5 OI-5 · Servicio y flechas

Objetivo. Verificar flechas con un límite exigente y saber qué cambiar si no cumplen. **Cuándo usarla.** Vigas que soportan tabiques u otros elementos que se dañan con la flecha. **Datos.** Plantilla `Simplemente apoyada, 6 m` en SI (300 × 550 mm, D = 20 y L = 10 kN/m), ψ = 0.3, ξ = 2.0 (5 años), límite $L/480$.

1. **Nuevo: simplemente apoyada, 6 m (SI).** Viga nueva en ACI y SI.

   Esc 1 Enter×2

2. **Servicio: límite L/480.** ▼ dos veces hasta `Límite`; ▶ elige L/480.

   4 ▶×3 Enter ▼×2 ▶

3. **Aceptar y resolver.** ▼ hasta `Aceptar`; luego Resolver.

   ▼ Enter 4 Enter

4. **Vista Flecha.** El cursor en el centro da δ_i y la flecha total.

   5 ▶×2 Enter ▶×12

5. **Procedimiento: flecha del tramo 1.** Abra la lista de procedimientos de diseño.

   4 ▶×2 Enter *(baje a «Flecha tramo 1»)*

6. **Límites.** Baje hasta el último, `Flecha tramo 1`, y vaya a la sección 4.

   ▼×5 Enter ▶×3



Flecha inmediata y total.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Límites: no cumple con L/480.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

Flecha (mm)	Referencia	VIGAX HP	Límite
Δ_D inmediata	10.06	10.06	
Δ_{D+L} inmediata	14.71	14.71	
Δ_L	4.65	4.65	16.67 ($L/360$): cumple
$\Delta_{LP} = \lambda(\Delta_D + \psi\Delta_L)$, $\lambda = 2$	22.91	22.91	
$\Delta_{LP} + \Delta_L$	27.57	27.57	12.50 ($L/480$): **no cumple**

Referencia: $5wL^4/(384E_cI_e)$ con I_e de Bischoff en el centro ($I_{e,D+L} = 1.566 \cdot 10^9$ mm^4), para el acero provisto por VIGAX ($A_s = 1257$ mm², $d = 492$ mm).

Cómo leerlo. La flecha por carga viva cumple con holgura ($\Delta_L = 4.65 \le 16.67$ mm), pero la suma diferida más la viva ($\Delta_{LP}+\Delta_L = 27.6$ mm) supera $L/480 = 12.5$ mm: el procedimiento dice `NO CUMPLE: aumente h o el acero`. Lo más eficaz es aumentar h; añadir acero en compresión (ρ') reduce λ_Δ. La tabla de resultados y la línea de estado cuentan los tramos de flecha que no cumplen.

5.6.6 OI-6 · Guardado del caso y corte con ON

Objetivo. Saber qué se conserva al salir y qué pasa si se interrumpe un cálculo con la tecla [On]. **Datos.** El caso calculado de OI-5.

1. **Salir.** [1] **Archivo** Salir pide confirmación.

   [Esc] [1] [▶]×4 [Enter]

2. **Confirmar y volver a entrar.** [Enter] confirma; al ejecutar VIGAX otra vez, el caso aparece igual y calculado.

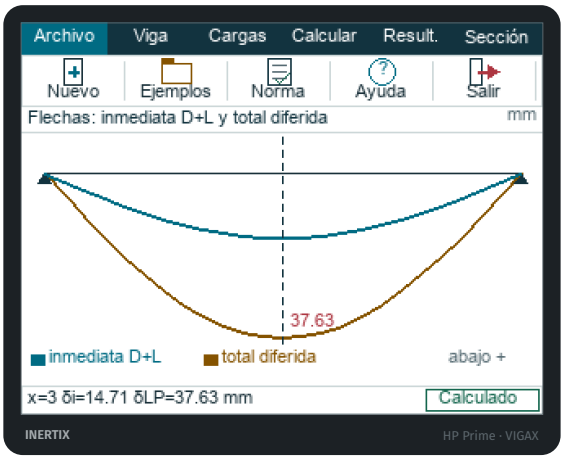
   [Enter] *(volver a ejecutar VIGAX)*

3. **Corte con ON durante el cálculo.** Si se pulsa [On] durante el cálculo, al volver a entrar el caso está intacto, los resultados quedan pendientes y la línea de estado dice `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`.

   [4] [Enter] *(corte con ON en Resolver y nueva entrada)*

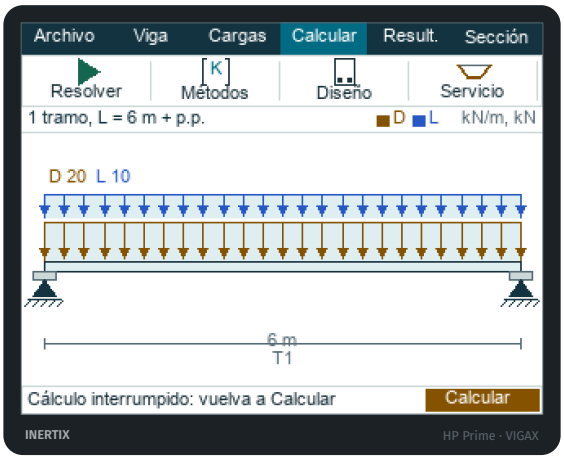
4. **Volver a calcular.** [4] **Calcular** Resolver da los mismos resultados.

   [4] [Enter]



Al volver a entrar: el caso se conserva.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Tras un corte con ON.

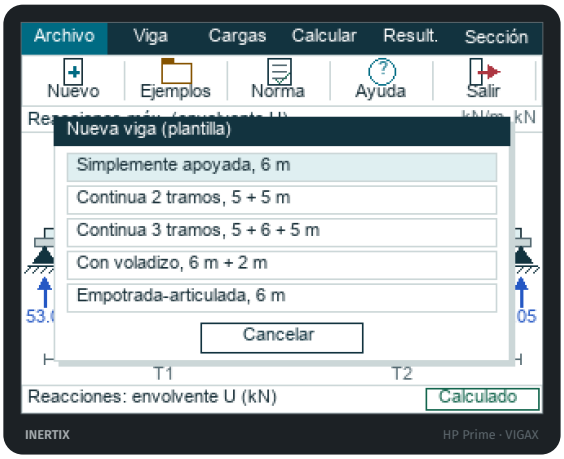
Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

Cómo leerlo. VIGAX guarda el caso en la memoria de la calculadora, no en archivos: un solo caso activo, que se mantiene al salir y al apagar. Para conservar otro, anote sus datos o use los ejemplos. En el paso 3 la captura reproduce el estado que deja un corte con ON (no se pulsó la tecla): si el corte llega en medio de un cambio de datos (plantilla, ejemplo, formulario, tramo o carga), VIGAX vuelve a los datos de antes del cambio.

6 Referencia de menús y opciones

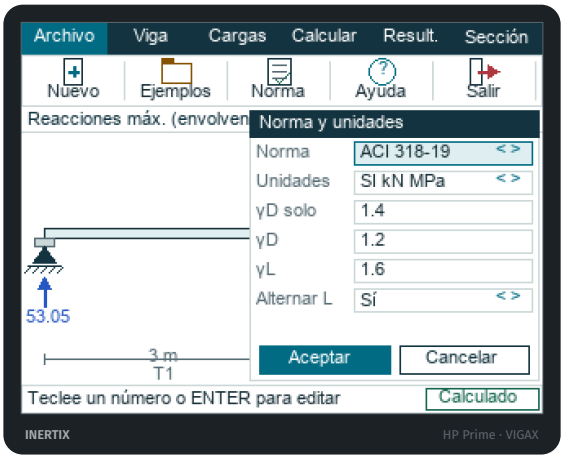
6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace	Condición o efecto
Nuevo	Viga limpia a partir de una plantilla: `Simplemente apoyada, 6 m`, `Continua 2 tramos, 5 + 5 m`, `Continua 3 tramos, 5 + 6 + 5 m`, `Con voladizo, 6 m + 2 m` y `Empotrada-articulada, 6 m`. Restablece sección y materiales	Conserva norma, unidades y factores; reemplaza el caso
Ejemplos	Los cuatro casos resueltos: dos de sección, cuatro tramos y el del ejemplo guiado	Reemplaza el caso
Norma	ACI 318-19 o NTE E.060, unidades SI o MKS, factores (γ_D solo, γ_D, γ_L) y alternancia de la carga viva	Deja los resultados pendientes
Ayuda	Ayuda integrada (sección 4.4)	No cambia el caso
Salir	Pide confirmación y termina	El caso queda en memoria



1 **Archivo** Nuevo: plantillas.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

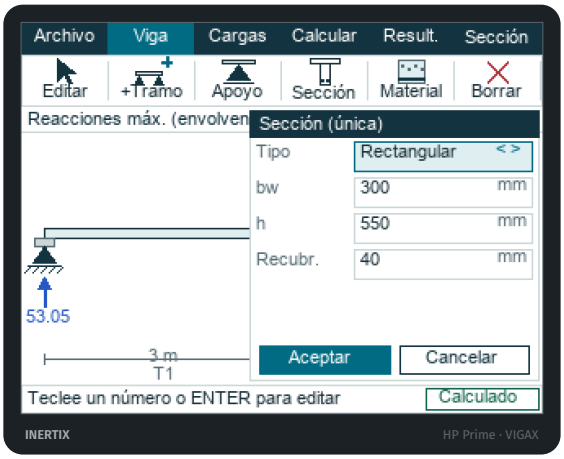


1 **Archivo** Norma: norma, unidades, factores y alternancia.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

6.2 2 · Viga

Orden	Qué hace	Condición o efecto
Editar	Herramienta: tocar un tramo, apoyo o carga abre sus propiedades (también Enter sobre lo seleccionado)	Herramienta por omisión
+Tramo	Agrega un tramo a la derecha	Hasta 8 tramos
Apoyo	Herramienta: al tocar un nudo abre su apoyo: libre, articulado o empotrado, y ancho	El ancho no puede igualar la luz
Sección	Rectangular (b_w, h, recubrimiento) o T (además b_f y h_f)	Una sección para toda la viga
Material	f'_c, f_y, f_{yt}, γ del concreto y diámetros de barra y estribo	
Borrar	Herramienta: tocar una carga o un tramo lo borra, con confirmación	Un apoyo se quita poniendo `Libre`



2 **Viga** Sección.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



2 **Viga** Material.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

Sección T. Con `Tipo: T` aparecen b_f y h_f. El ala solo trabaja en compresión: cuenta para M^+ (bloque en T si la profundidad del bloque supera h_f) y no para M^-, donde el ala está traccionada. La inercia bruta y el peso propio usan la sección T completa.

6.3 3 · Cargas

Orden	Qué hace	Campos
Uniforme	Herramienta: tocar un tramo crea una carga repartida en todo el tramo	Caso, w
Trapecio	Carga lineal de w_1 a w_2 entre a y b (parcial o total)	Caso, w_1, w_2, a, b
Puntual	Carga P a la distancia a del inicio del tramo	Caso, P, a
Momento	Momento aplicado (antihorario positivo) en a	Caso, M, a
P.propio	Activa o desactiva el peso propio (γA) como carga muerta	La línea de estado da su valor
Lista	Lista de cargas; elegir una abre sus propiedades	

Cada carga es del caso `Muerta D` o `Viva L`; el caso y el tipo se cambian con ◄ ► en el formulario,



y los campos visibles cambian con el tipo.

3 **Cargas** Lista.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

6.4 4 · Calcular

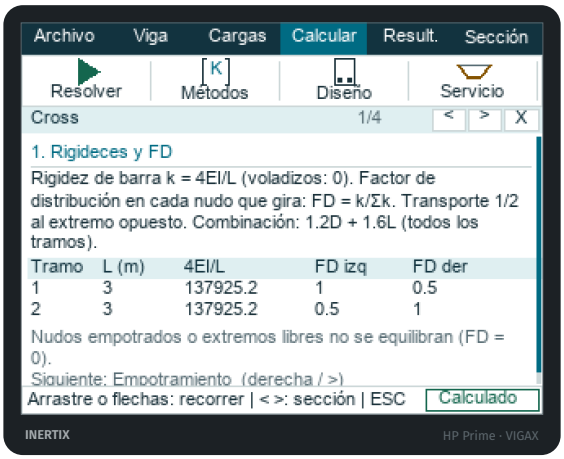
Orden	Qué hace	Condición o efecto
Resolver	Analiza (casos D y L de cada tramo, envolvente) y diseña todas las zonas	Barra de cálculo
Métodos	Rigidez (motor), tres momentos, Cross, pendiente-deflexión y doble integración, con la combinación U, D o L	Calcula antes si hay cambios
Diseño	Procedimientos: combinaciones y alternancia, flexión por zona, corte por tramo y flecha por tramo	Calcula antes si hay cambios
Servicio	Fracción sostenida ψ de la carga viva, tiempo ξ (3 meses a 5 años) y límite de flecha ($L/240$ o $L/480$ si hay elementos dañables)	Deja los resultados pendientes

Método	Disponible
Rigidez	Siempre
Tres momentos	Sin empotramiento interior ni nudos interiores sin apoyo
Cross y pendiente-deflexión	Sin nudos interiores sin apoyo
Doble integración	Solo con un tramo



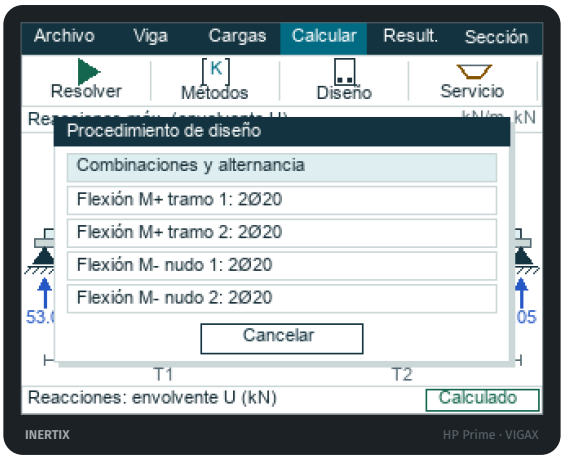
4 **Calcular** Métodos.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



Método de Cross, sección 1.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



4 **Calcular** Diseño.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador



4 **Calcular** Servicio.

Captura ADAPTADA: render del programa, no emulador

6.5 5 · Result.

Orden	Qué hace
Momento	Envolvente *U* con el patrón que gobierna; Enter cambia a *D* + *L* o *D*; el cursor da máximo y mínimo en cada estación.
Cortante	Envolvente de cortantes, con las mismas series.
Flecha	Flecha inmediata *D* + *L* y total diferida por tramo; el cursor da δ_i y la total.
Armado	Barras por zona y estribos; Enter sobre una zona abre su procedimiento, la revisión de la sección o la flecha del tramo.
Reacción	Reacciones máximas de la envolvente, con los momentos de empotramiento.
Tabla	Documento con todos los resultados y las zonas que no cumplen.

Si los resultados están pendientes, estas órdenes preguntan `Resultados pendientes. Calcular ahora?`.

6.6 6 · Sección

Orden	Qué hace
Vista	Sección con bloque de Whitney, deformaciones y fuerzas; sin revisar, la sección bruta.
Revisar	Sección dada: signo del momento, A_s, d, A'_s, d' y si se descuenta el concreto desplazado; resuelve por compatibilidad.
Procedim.	Revisión de la sección paso a paso (datos, equilibrio, deformaciones, momento, cuantías).
Estado II	kd, I_{cr} e I_e (Bischoff y Branson) para un momento de servicio M_a.

Desde 5 Result. Armado, Enter sobre una zona y `Revisar esta sección` copian su acero a la revisión.

6.7 Errores y avisos

Mensaje o situación	Qué significa y qué hacer
«Valor no válido: ...»	El texto no es un número. Corríjalo, bórrelo o pulse Esc.
Mensaje de rango (luz, ancho, f'_c...)	El dato está fuera de los límites de la sección 1.3; el formulario sigue abierto y el mensaje indica dónde corregir.
«Calcular» o «Pendiente: toque Calcular»	El caso cambió después del último cálculo.
«No disponible: ...»	El método no admite esos apoyos o ese número de tramos.
«Primero use Sección > Revisar...»	Procedim. y Estado II necesitan una sección revisada.
«Calculado: n zonas por revisar»	Alguna zona no cumple; vea la tabla y los procedimientos.
«Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular»	Se pulsó On durante un cálculo. Al volver a entrar, el caso está intacto y los resultados quedan pendientes; si el corte llegó mientras se cambiaban datos, VIGAX repone los de antes del cambio.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Análisis y envolvente

Cada tramo es un elemento de viga con dos grados de libertad por nudo (desplazamiento y giro). Se resuelve un caso D y un caso L_i por tramo con

$$\mathbf{K}\,\mathbf{d} = \mathbf{F} \qquad E_c = 4700\sqrt{f'_c}\ (\text{MPa}) \tag{1}$$

Donde: En MKS, $E_c = 15100\sqrt{f'_c}$ kgf/cm² (15000 con la E.060). Las fuerzas de empotramiento de cada carga se integran exactamente.

$$M_{\text{máx}} = \text{máx}\Big(\gamma_{D1}\,M_D;\ \ \gamma_{D2}\,M_D + \gamma_L \sum_i \text{máx}(0, M_{L_i})\Big) \tag{2}$$

Donde: Igual para el mínimo y para el cortante. Equivale a recorrer los 2^n patrones de carga viva. ACI: $\gamma_{D1} = 1.4$, $\gamma_{D2} = 1.2$, $\gamma_L = 1.6$; E.060: 1.4 y 1.7. Con `Alternar L = No`, L actúa en todos los tramos a la vez.

7.2 Flexión

$$a = \beta_1 c \qquad 0.85 f'_c b a + A'_s f'_s = A_s f_s \qquad f_s = E_s \varepsilon_s \le f_y \qquad \varepsilon_s = 0.003 \frac{d - c}{c}$$

$$A_{s,\text{mín}} = \text{máx}\left(\frac{0.25\sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{1.4}{f_y}\right) b_w d \ \text{(ACI)} \qquad A_{s,\text{mín}} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d \ \text{(E.060, kgf/cm²)}$$

Donde: c se halla por bisección (compatibilidad). $\phi = 0.90$ si $\varepsilon_t \ge \varepsilon_y + 0.003$ y 0.65 si $\varepsilon_t \le \varepsilon_y$, con transición lineal (E.060: 0.90). El acero mínimo no se exige si el provisto es al menos $\frac{4}{3}$ del requerido. $\rho_{\text{máx}}$: $\varepsilon_t = 0.004$ (ACI) o $0.75\,\rho_b$ (E.060). En una sección T con M^+, si $a > h_f$ el bloque se divide en el ala ($b_f - b_w$) y el alma.

7.3 Corte y servicio

$$V_c = 0.17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \ \text{(MPa)} \qquad V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} b_w d \ \text{(kgf/cm²)}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \qquad s = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s} \qquad s_{\text{máx}} = \frac{d}{2} \ \text{o} \ \frac{d}{4} \ \text{si } V_s > 0.33\sqrt{f'_c} b_w d$$

Donde: V_u se toma a d de la cara del apoyo; $\phi = 0.75$ (E.060: 0.85). Estribos de dos ramas. En servicio:

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t}, \ f_r = 0.62\sqrt{f'_c} \qquad I_e = \frac{I_{cr}}{1 - \left(\frac{2/3\, M_{cr}}{M_a}\right)^2 \left(1 - \frac{I_{cr}}{I_g}\right)} \le I_g \ \text{(Bischoff)}$$

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \ \text{(Branson, E.060)} \qquad \lambda_\Delta = \frac{\xi}{1 + 50\rho'}$$

Donde: I_{cr} con la sección transformada ($n = E_s/E_c$, acero comprimido con $n - 1$). I_e se promedia por tramo: en un tramo simple vale el del centro; con un extremo continuo, la media con el del apoyo; con los dos, $0.5\, I_e^+ + 0.25\,(I_{e,1} + I_{e,2})$. Se verifica $\Delta_L \le \ell/360$ y $\Delta_{LP} + \Delta_L \le \ell/240$ (o $\ell/480$), con $\Delta_{LP} = \lambda_\Delta(\Delta_D + \psi\,\Delta_L)$; en voladizos los límites se duplican.

7.4 Métodos de comprobación

La ecuación de los tres momentos, que el procedimiento del paso 17 aplica en cada apoyo interior, es

$$M_{j-1} L_1 + 2 M_j (L_1 + L_2) + M_{j+1} L_2 = -\frac{6 A_1 \bar{a}_1}{L_1} - \frac{6 A_2 \bar{b}_2}{L_2} \qquad (3)$$

Donde: $A\,\bar{a}$ y $A\,\bar{b}$ son los momentos estáticos del diagrama isostático de cada tramo respecto de sus extremos. Con EI constante. Un empotramiento extremo se trata con un tramo ficticio $L_0 = 0$. Cross distribuye los momentos de empotramiento con rigideces $4EI/L$ ($3EI/L$ con extremo articulado) y factores de transporte

1/2; pendiente-deflexión plantea el equilibrio de giros en los nudos; la doble integración resuelve $EI\,v'' = M(x)$ en un tramo.

Cómo se verifica el cálculo

Los métodos de tres momentos, Cross, pendiente-deflexión y doble integración rehacen el análisis por caminos independientes del motor y muestran la diferencia. El motor se validó contra un programa de análisis matricial y contra fórmulas cerradas; la envolvente, contra los 2^n patrones de carga.

8 Preguntas frecuentes

¿Por qué aparece «Calcular» o «Resultados pendientes»?

Porque el modelo cambió después del último cálculo. VIGAX no muestra resultados de una solución anterior: use 4 **Calcular** Resolver o toque `Calcular`.

¿Cómo agrego una carga?

Elija la herramienta en la categoría 3 Cargas (Uniforme, Trapecio, Puntual o Momento) y toque el tramo: el formulario se abre con la posición tocada. Para cambiar una carga existente, selecciónela con ▲ ▼ y pulse Enter, o use 3 **Cargas** Lista.

¿Por qué el M^- de diseño es menor que el del diagrama?

El diagrama da el momento en el eje del apoyo; el diseño usa el momento a la cara, a medio ancho del apoyo. En el ejemplo: 53.95 en el eje y 43.87 kN·m a la cara.

¿Por qué el acero requerido no es el mínimo?

Porque el ACI no exige el mínimo si el acero provisto es al menos $\frac{4}{3}$ del requerido; VIGAX adopta el menor de los dos.

¿Conviene desactivar la alternancia de L?

En general no: sin ella el M^+ de los tramos queda subestimado (OI-1: 32.56 frente a 41.82 kN·m). Úsela solo para comparar.

Un método aparece como «no disponible».

Depende de los apoyos: tres momentos no admite empotramiento interior ni nudos interiores sin apoyo; Cross y pendiente-deflexión no admiten nudos interiores sin apoyo; doble integración solo trabaja con un tramo.

¿Puedo trabajar en kgf/cm² y con la E.060?

Sí: 1 **Archivo** Norma elige ACI o E.060 y SI o MKS (caso OI-2). El cálculo interno es siempre SI; solo cambian la presentación y las fórmulas propias de cada norma.

La flecha no cumple. ¿Qué cambio?

Aumente la altura h (lo más eficaz) o añada acero en compresión, que reduce la flecha diferida (OI-5).

¿Se guarda el caso al salir?

Sí, en la memoria de la calculadora: al volver a ejecutar VIGAX aparece igual. No hay archivos de proyecto; Nuevo y Ejemplos reemplazan el caso (OI-6).

Pulsé ON durante un cálculo. ¿Perdí el caso?

No. Al volver a entrar el caso está intacto, los resultados quedan pendientes y aparece `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`.

¿Puedo usar secciones distintas en cada tramo?

No: VIGAX usa una sola sección, rectangular o T, para toda la viga.