INERTIX

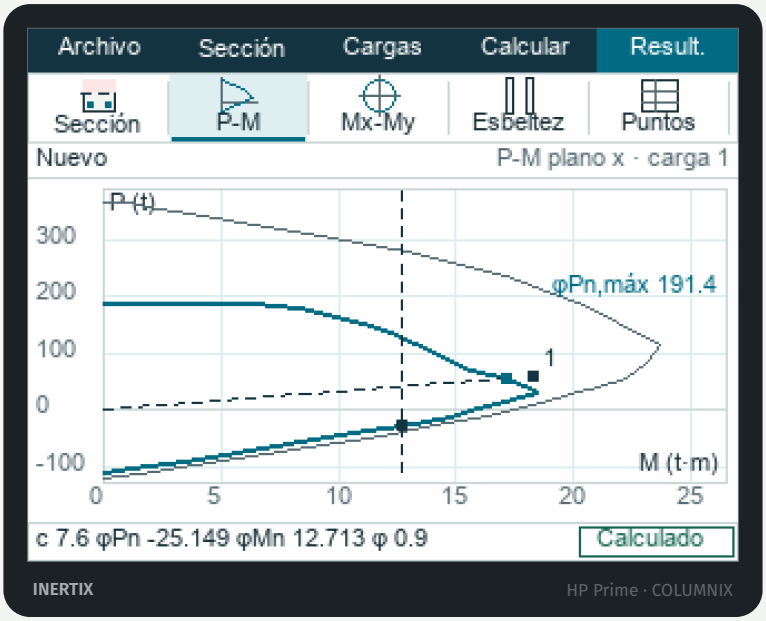
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

COLUMNIX

Columnas de hormigón armado: interacción, esbeltez y diseño

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



CONTACTO Y SOPORTE

Asistente técnico INERTIX +591 69666824

Ing. Carlos Paredes Aguilar
+591 73842694

Ing. Samuel Huarachi Flores
+591 63562947

Contenido

1. Presentación y alcance **3**
1.1. Qué calcula . . . 3
1.2. Unidades y convenciones . . . 3
1.3. Límites y fuera de alcance . . . 3

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. Formularios y resultados pendientes . . . 7
4.3. Errores y avisos . . . 8

5. Ejemplo guiado **9**
5.1. Enunciado . . . 9
5.2. Datos . . . 9
5.3. Paso a paso . . . 9
5.4. Resultados . . . 15
5.5. Opciones importantes . . . 16

6. Referencia de menús y opciones **25**
6.1. 1 · Archivo . . . 25
6.2. 2 · Sección . . . 25
6.3. 3 · Cargas . . . 26
6.4. 4 · Calcular . . . 26
6.5. 5 · Result. . . . 26

7. Fundamento teórico breve **28**

8. Preguntas frecuentes **29**

1 Presentación y alcance

COLUMNIX analiza, verifica y diseña **columnas de hormigón armado** en la calculadora HP Prime, con ACI 318-19 o ACI 318-14 en unidades MKS. A partir de la sección, el armado y las cargas mayoradas dibuja los diagramas de interacción, verifica cada carga con su razón demanda/capacidad (D/C), resuelve la flexión biaxial, amplifica los momentos por esbeltez y revisa el refuerzo transversal, el cortante y los requisitos sísmicos. Cada cálculo tiene su procedimiento paso a paso. Está pensado para estudiantes y profesionales que diseñan columnas.

1.1 Qué calcula

- **Capacidad axial**: P_o, $P_{n,máx}$ (0.80 con estribos, 0.85 con zuncho) y la tracción pura T_o.
- **Diagramas P-M** nominal y de diseño en cada plano, con los puntos notables (balanceado, tracción controlada, flexión pura) en tabla.
- **Verificación de cada carga** (hasta 8): tipo (axial, uniaxial o biaxial), ϕP_n, ϕM_n, ϕ, eje neutro y D/C; la carga que gobierna.
- **Flexión biaxial**: solución exacta con eje neutro inclinado (a carga axial constante), Bresler (carga recíproca) y contorno de carga PCA con $\beta = 0.65$.
- **Esbeltez**: ψ de cada nudo y k por plano (nomograma, dato o extremos ideales), $k\,l_u/r$ frente al límite, δ_{ns} y δ_s (pórticos desplazables) y momento de diseño M_c.
- **Transversal, cortante y sismo**: separación y diámetro de estribos o zuncho, V_c con carga axial, V_s y separación requerida; requisitos de ACI 18.7 para pórticos especiales.
- **Diseño y predimensionado**: diámetro mínimo que cumple con el mismo número de barras y área teórica requerida; sección por área tributaria con cuatro criterios.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad y convenio
Sección, recubrimiento	cm (el recubrimiento libre se mide hasta el estribo)
Barras, estribos	mm
Materiales	f'_c, f_y, f_{yt}, E_s en kgf/cm^2
Alturas y longitudes	m
Cargas y momentos	t y t·m (cargas ya mayoradas)
Planos	M_x comprime la cara superior y trabaja con h; M_y comprime la derecha y trabaja con b
Momentos de extremo	Del mismo signo arriba y abajo = curvatura simple ($M_1/M_2 > 0$)

1.3 Límites y fuera de alcance

Fuera de alcance

- Solo secciones **doblemente simétricas**: rectangulares o circulares, sin armados asimétricos ni secciones en L, T o huecas. Columnas de acero, mixtas o de madera: ACERIX y MADERIX.
- La esbeltez se trata con **amplificación de momentos**; no hace análisis de segundo orden del pórtico

ni P-Δ del piso. ΣP_c del piso es un dato.
- No calcula momento-curvatura, confinamiento de Mander, torsión, empalmes ni la conexión con la zapata (ZAPATIX). El predimensionado es de una sola columna por área tributaria.

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

COLUMNIX 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 COLUMNIX 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: `COLUMNIX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_COLUMNIX.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 COLUMNIX 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, COLUMNIX muestra el caso `Nuevo`: una columna de 40 × 40 cm con 8 Ø16, sin cargas, con la categoría Sección abierta. La pantalla tiene siempre las mismas zonas.



1. **Barra de menú.** Cinco categorías; se abren con 1 a 5 o tocándolas.
2. **Cinta.** Órdenes de la categoría.
3. **Cabecera.** Nombre del caso; sección, armado y cuantía; número de cargas.
4. **Lienzo.** Sección a escala con cotas, ejes, estribo y barras, o la vista de resultados.
5. **Pie.** Materiales y refuerzo transversal.
6. **Línea de estado.** Resultado del cálculo, cursor y mensajes.
7. **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 resaltada.
▲ ▼	Listas, documentos	Recorren la lista o desplazan el texto.
◄ ►	P-M, Mx-My	Mueven el cursor sobre la curva sin recalcular.
Enter	P-M	Cambia de plano (*x* / *y*).
◄ ►	Procedimiento	Sección anterior o siguiente.
Esc	Siempre	Cierra la ventana, el documento o el procedimiento; en el lienzo pide confirmar la salida.

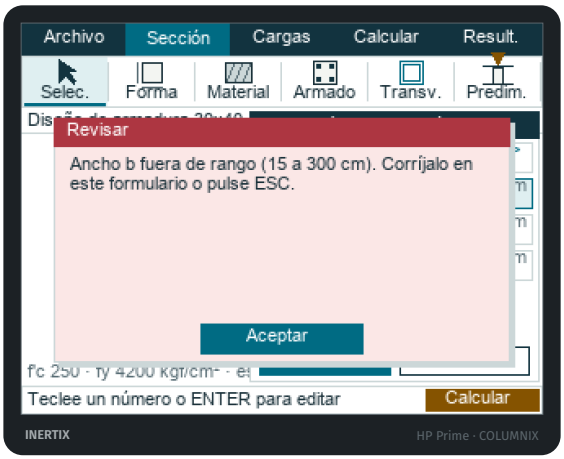
Pantalla táctil

Con la orden `Selec.` de Sección, tocar una barra la selecciona y un segundo toque abre el armado; tocar el estribo abre el refuerzo transversal y tocar la sección, la forma. Arrastrar desplaza los documentos y procedimientos. Todo lo demás se hace también con teclas.

4.2 Formularios y resultados pendientes

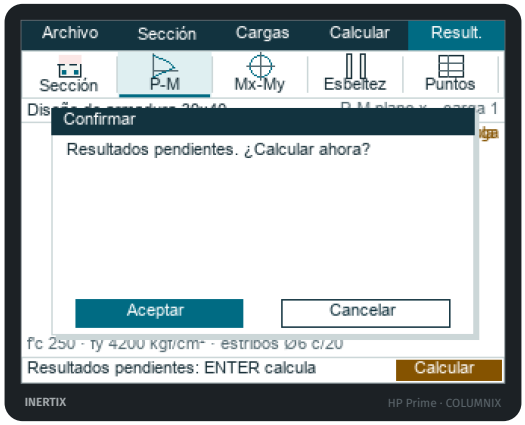


Formulario de la forma: b, h y recubrimiento libre.



Un valor fuera de rango se rechaza con su motivo.

- ▲ ▼ cambian de campo. Con Enter se edita el campo; al teclear un número se **reemplaza** el valor y Enter lo acepta.
- En los campos con < > (Forma, Norma, Descontar, Tipo, Criterio…), ◄ ► cambian la opción. Algunos rehacen los campos: `Circular` pide el diámetro *D*.
- Bajo los campos están `Aceptar` y `Cancelar`; Esc cierra sin guardar. Un error abre el aviso `Revisar` y deja el formulario abierto: el caso no cambia.
- Todo cambio deja los resultados **pendientes**: el botón se pone ámbar y, al abrir una vista de resultados, COLUMNIX pregunta si calcula. Recorrer una gráfica nunca recalcula ni cambia el caso.



Vista de resultados con datos cambiados: `Aceptar` calcula.

4.3 Errores y avisos

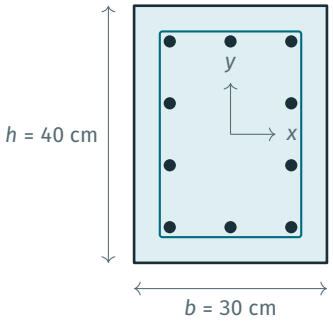
Aviso	Qué significa y qué hacer
`Revisar: ... fuera de rango`	Un dato está fuera de su rango (por ejemplo, *b* de 15 a 300 cm). Corríjalo en el formulario o pulse Esc. El caso no cambia.
`Resultados pendientes. ¿Calcular ahora?`	Se abrió una vista de resultados después de cambiar datos. `Aceptar` calcula y muestra la vista; `Cancelar` vuelve sin calcular.
`D/C máx ...: no cumple`	Alguna carga pide más de lo que da la sección (D/C > 1). El resumen dice cuál gobierna; 4 Calcular Diseñar propone otro diámetro.
`AVISOS` del resumen	Requisitos de detalle que no bloquean el cálculo: estribo menor que el que pide ACI, cuantía mayor que 4 % (empalmes) o fuera de 1–8 %, separación de estribos, etc.
Procedimiento no disponible	La lista indica el motivo (por ejemplo, `Flexión biaxial: requiere Mx y My` o `Esbeltez: actívela en Cargas`).
`Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`	Se cortó el programa con la tecla ON mientras cargaba un caso, aceptaba un formulario o calculaba. Al volver a entrar, COLUMNIX abre con el **caso anterior intacto** y los resultados **pendientes**: pulse 4 Calcular Calcular. Nunca muestra resultados a medias como vigentes.

El contorno biaxial y `Diseñar` hacen muchos cálculos de la sección: en la calculadora tardan más que el resto.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Una columna rectangular de **30 × 40 cm** recibe una carga mayorada P_u = 61.65 **t** y un momento M_x = 18.27 **t·m** en un solo plano, igual en los dos extremos (curvatura simple). Se propone armarla con **10 barras Ø19** y estribos Ø6 c/20. Verificar la sección con **ACI 318-14**, hallar el diámetro que cumple con las mismas diez barras y revisar los avisos del programa. La esbeltez no se considera.



10 Ø19 (3 por cara *b*, 4 por cara *h*)

estribos Ø6 c/20, rec. libre 4 cm

f'_c = 250, f_y = 4200 kgf/cm², ACI 318-14

P_u = 61.65 t

M_x = 18.27 t·m en los dos extremos

5.2 Datos

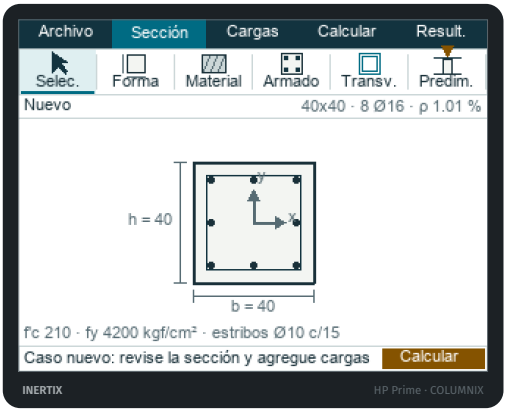
Dato	Valor	Dónde se introduce
Sección	rectangular, *b* = 30, *h* = 40 cm	Sección › Forma
Recubrimiento libre	4 cm (hasta el estribo)	Sección › Forma (por defecto)
f'_c / f_y / E_s	250 / 4200 / 2 100 000 kgf/cm²	Sección › Material
Norma; hormigón desplazado	ACI 318-14; no se descuenta	Sección › Material
Armado longitudinal	3 barras por cara *b*, 4 por cara *h*: 10 Ø19	Sección › Armado
Refuerzo transversal	estribos Ø6 c/20, 2 ramas en *x* y en *y*	Sección › Transv.
Carga 1	P_u 61.65 t; M_x sup. 18.27 e inf. 18.27 t·m; M_y 0	Cargas › Cargas
Esbeltez	no se considera	Cargas › Esbeltez (por defecto)

Fuente: Ejemplo «Diseño de armadura 30x40» de COLUMNIX (`Archivo › Ejemplos`, caso 3), tomado de un ejercicio de diseño de columnas de un curso de hormigón armado (solución propuesta: 10 Ø19). Mismo caso del tutorial en vídeo. La razón D/C se comprobó aparte por compatibilidad de deformaciones.

5.3 Paso a paso

El ejemplo se construye **desde cero**, en 16 pasos (los mismos del tutorial en vídeo). En cada paso, la fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; ▶×3 significa pulsar la tecla tres veces. Se parte de la pantalla que COLUMNIX muestra al abrirse.

1 Caso nuevo



TECLAS

1 Enter ×2

1 **Archivo** Nuevo pide confirmar y deja una columna de 40 × 40 cm con 8 Ø16, sin cargas. Es el punto de partida para un caso propio: el programa vuelve a la categoría Sección.

✔ **Debe verse:** Lienzo con «Nuevo», 40x40 · 8 Ø16; línea de estado «Caso nuevo: revise la sección y agregue cargas»

2 Geometría de la sección



TECLAS

2 ▶ Enter ▼ Enter 3 0 Enter 4 0 Enter ▼ Enter

2 **Sección** Forma: deje `Rectangular` y escriba b = 30 y h = 40. El alto h es la dimensión que trabaja con M_x. El recubrimiento libre (4 cm) se mide hasta el estribo, no hasta la barra.

✔ **Debe verse:** Formulario con Rectangular, b 30, h 40, rec. libre 4 cm; al aceptar, el croquis pasa a b = 30, h = 40

3 Material y norma



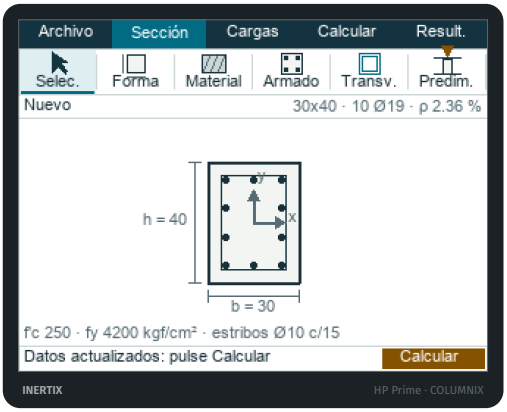
TECLAS

2 ▶ ×2 Enter ×2 2 5 0 Enter ▼ ×3 ▶ ▼ ×2 Enter

2 **Sección** Material: f'_c = 250. Baje hasta `Norma` y elija `ACI 318-14` con ▶. `Descontar` queda en `No`: el bloque comprimido no descuenta el hormigón que ocupan las barras. Esa opción cambia el resultado: elíjala a propósito.

✔ **Debe verse:** f'c 250, fy 4200, Es 2100000, fyt 4200, Norma ACI 318-14, Descontar No; al pie del lienzo «f'c 250 · fy 4200»

4 Armado longitudinal



TECLAS

2 ▶ ×3 Enter ▼ Enter 4 Enter ×2 1 9 Enter ▼ Enter

2 Sección Armado pide **barras por cara**, contando las esquinas: 3 en la cara *b* y 4 en la cara *h* dan 10 barras. Con Ø19 y Ø de esquina 0 (todas iguales), la cabecera dice `30x40 · 10 Ø19 · ρ 2.36 %`.

✔ **Debe verse:** Barras b 3, Barras h 4, Ø barras 19, Ø esquina 0; cabecera «30x40 · 10 Ø19 · ρ 2.36 %» y 10 barras en el croquis

5 Refuerzo transversal



TECLAS

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

2 Sección Transv.: estribos Ø6 c/20 con 2 ramas por dirección. El diámetro del estribo cambia la posición de las barras y además se revisa: se deja así a propósito.

✔ **Debe verse:** Estribos Ø6, separación 20, ramas 2 y 2; al pie del lienzo «estribos Ø6 c/20»

6 Carga mayorada



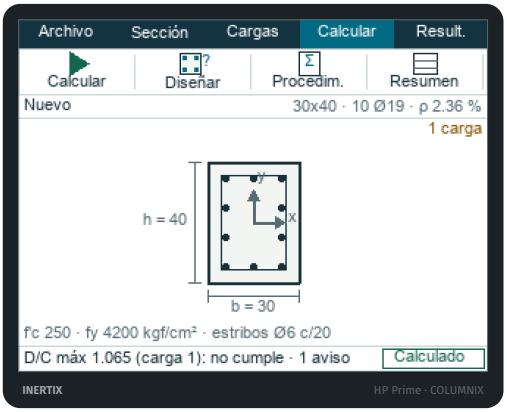
TECLAS

3 Enter ×3 6 1 . 6 5 Enter ×2 1 8 . 2 7 Enter ×2 1 8 . 2 7 Enter ▼ ×2 Enter

3 Cargas Cargas abre la lista; `+ Agregar carga` pide P_u, M_x y M_y en los dos extremos. M_x = 18.27 arriba y abajo, con el mismo signo: curvatura simple. Caben hasta 8 cargas.

✔ **Debe verse:** Carga 1: Pu 61.65 t, Mx sup. 18.27, Mx inf. 18.27, My 0; al aceptar, «1 carga» arriba a la derecha

7 Calcular



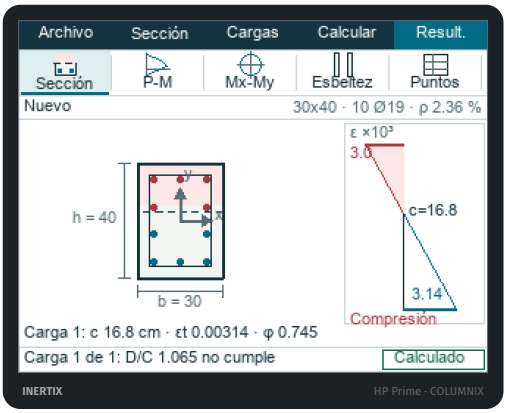
TECLAS

4 Enter

4 **Calcular** Calcular. La línea de estado da la razón demanda/capacidad: **1.065, no cumple**, y un aviso. Una razón mayor que 1 significa que la carga pide más de lo que la sección da.

✔ **Debe verse:** Línea de estado «D/C máx 1.065 (carga 1): no cumple · 1 aviso» y botón «Calculado»

8 Estado de la sección



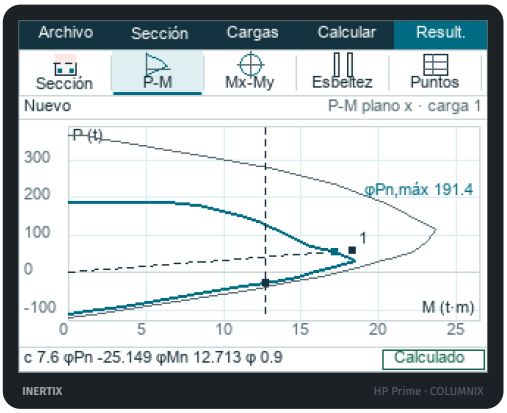
TECLAS

5 Enter

5 **Result.** Sección dibuja la columna en su capacidad: eje neutro a 16.8 cm, bloque comprimido y deformaciones. ε_t = 0.00314 cae en la zona de transición, por eso ϕ = 0.745, entre 0.65 y 0.90.

✔ **Debe verse:** Eje neutro, bloque comprimido y deformaciones: «Carga 1: c 16.8 cm · εt 0.00314 · φ 0.745»

9 Diagrama P-M



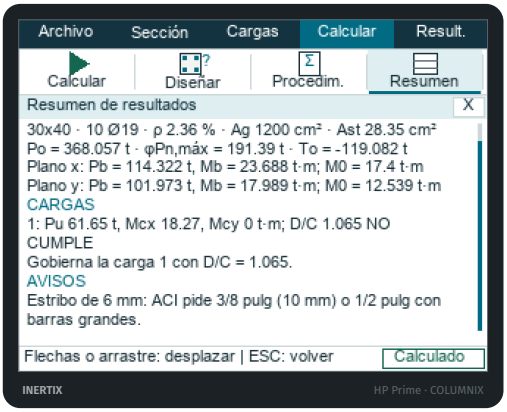
TECLAS

5 ▶ Enter ▶ ×6

5 **Result.** P-M: curva nominal (exterior) y de diseño (interior) con su tope $\phi P_{n,máx}$ = 191.4 t. La recta punteada sale del origen con la excentricidad de la carga; el punto 1 queda fuera de la curva de diseño. ▶ recorre la curva sin recalcular; Enter cambia de plano.

✔ **Debe verse:** Curvas nominal y de diseño, recta punteada y punto 1 fuera de la curva de diseño (M 18.27); «φPn,máx 191.4»; cursor «c 7.6 · φPn −25.149 · φMn 12.713 · φ 0.9»

10 Resumen de resultados



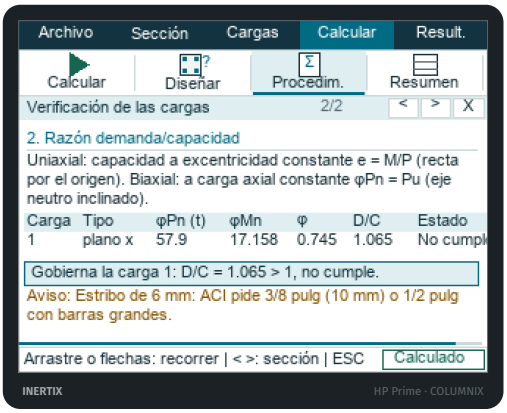
TECLAS

4 ▶ ×3 Enter ▼ ×3

4 **Calcular** Resumen reúne en un documento la capacidad axial (P_o = 368.06 t), los puntos balanceados de cada plano, la verificación de la carga y, al final, los avisos: un estribo de 6 mm es menor que el que pide ACI (3/8 plg o 10 mm con barras grandes).

✔ **Debe verse:** «Po = 368.057 t · φPn,máx = 191.39 t»; «D/C 1.065 NO CUMPLE»; aviso del estribo de 6 mm

11 Procedimiento: verificación



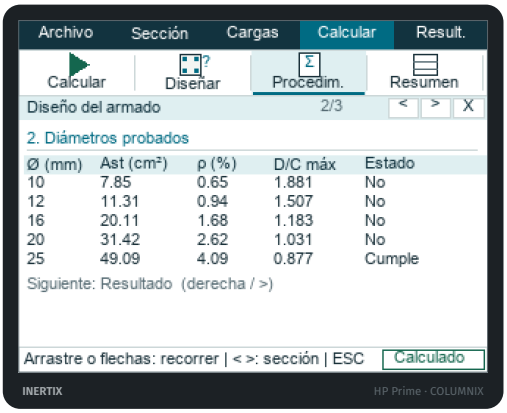
TECLAS

Esc 4 ▶ ×2 Enter ▼ ×2 Enter ▶

4 **Calcular** Procedim., `Verificación de las cargas`, sección 2: ϕP_n = 57.9 t, ϕM_n = 17.158 t·m y D/C 1.065. En flexión uniaxial la capacidad se busca a excentricidad constante, sobre la recta del diagrama.

✔ **Debe verse:** Sección 2/2 «Razón demanda/capacidad»: φPn 57.9, φMn 17.158, φ 0.745, D/C 1.065; «Gobierna la carga 1: D/C = 1.065 > 1, no cumple»

12 Procedimiento: diámetros probados



TECLAS

Esc 4 ▶ ×2 Enter ▼ ×8 Enter ▶

El procedimiento `Diseño del armado` conserva las 10 barras y prueba diámetros: Ø16 da 1.183, Ø20 todavía 1.031 y **Ø25, 0.877, cumple**. La lista salta de 20 a 25 mm.

✔ **Debe verse:** Sección 2/3: tabla Ø 10 · 12 · 16 · 20 · 25 con D/C 1.881 · 1.507 · 1.183 · 1.031 · 0.877; Ø25 «Cumple»

13 Diseñar y aplicar



TECLAS

Esc 4 ▶ Enter ×2

4 Calcular Diseñar resume esa respuesta: requiere 34.43 cm² (ρ 2.87 %) y sugiere 10 Ø25 (49.09 cm²). Enter lo aplica; los resultados quedan pendientes.

✔ **Debe verse:** Antes de aceptar: «Requiere 34.43 cm² (ρ 2.87 %). Sugerido: 10 Ø25 (49.09 cm², D/C 0.877)»; después: «Armado 10 Ø25 aplicado: pulse Calcular»

14 Recalcular con Ø25



TECLAS

4 Enter 4 ▶ ×3 Enter ▼ ×3

Se calcula y se abre el resumen: **D/C 0.877, cumple**. Pero los avisos son dos: la cuantía de 4.09 % anuncia congestión en los empalmes, y sigue el del estribo. Cumplir la resistencia no cierra la revisión.

✔ **Debe verse:** Resumen: «10 Ø25 · ρ 4.09 %», «D/C 0.877 cumple», avisos de cuantía mayor que 4 % y del estribo de 6 mm

15 Corregir el estribo



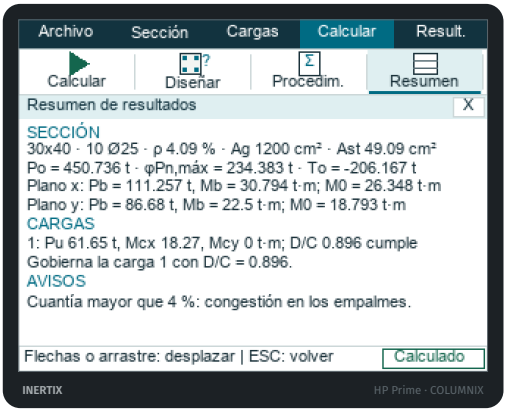
TECLAS

Esc 2 ▶ ×4 Enter ▼ Enter 1 0 Enter ▼ ×3 Enter

2 Sección Transv.: estribo Ø10. Con el mismo recubrimiento libre, un estribo más grueso empuja las barras hacia el centro y reduce la capacidad: hay que recalcular.

✔ **Debe verse:** Formulario con Ø 10; al aceptar, al pie «estribos Ø10 c/20» y «Calcular» en ámbar

16 Resultado final



TECLAS

4 Enter 4 ▶ ×3 Enter ▼ ×3

Con 10 Ø25 y estribos Ø10 c/20: **D/C 0.896, cumple**, con un solo aviso, el de la cuantía mayor que 4 %. Decidir entre cuidar los empalmes o aumentar la sección ya es criterio del diseñador.

✔ **Debe verse:** Resumen: «D/C 0.896 cumple» y un aviso: «Cuantía mayor que 4 %: congestión en los empalmes»

5.4 Resultados

COLUMNIX coincide con el cálculo a mano

La capacidad a excentricidad constante y la razón D/C del armado propuesto coinciden con la comprobación por compatibilidad de deformaciones. El caso tecleado es idéntico al de `Archivo › Ejemplos`, caso 3.

Magnitud	A mano	COLUMNIX	Estado
A_{st} (10 Ø19) / ρ	28.35 cm² / 2.36 %	28.35 / 2.36 %	Coincide
P_o / $\phi P_{n,máx}$	—	368.06 / 191.39 t	—
Eje neutro c / ε_t	16.83 cm / 0.00314	16.8 / 0.00314	Coincide
ϕ (zona de transición)	0.745	0.745	Coincide
ϕP_n / ϕM_n a e constante	57.90 t / 17.16 t·m	57.90 / 17.158	Coincide
D/C con 10 Ø19	**1.065**	**1.065**	**No cumple**
Área requerida (10 barras)	—	34.43 cm² (ρ 2.87 %)	—
D/C con 10 Ø25, estribo Ø6	—	0.877	Cumple
D/C con 10 Ø25, estribo Ø10	—	**0.896**	**Cumple**

Con 10 Ø25 la cuantía es 4.09 %: queda el aviso «Cuantía mayor que 4 %: congestión en los empalmes». El estribo Ø10 corrige el aviso del Ø6 (ACI pide 3/8 plg con barras grandes) y, con el mismo recubrimiento libre, acerca las barras al centro: ϕP_n baja de 70.30 a 68.83 t y la razón sube de 0.877 a 0.896.

Comprobación a mano

Con c = 16.826 cm, β_1 = 0.85, ε_{cu} = 0.003 y barras a d = 5.55, 15.18, 24.82 y 34.45 cm (4 + 0.6 + 1.9/2 desde cada cara):

$$a = \beta_1 c = 14.302 \text{ cm}, \qquad C_c = 0.85 \cdot 250 \cdot 14.302 \cdot 30 = 91.17 \text{ t}$$

$$\sum F_s = +35.73 + 3.49 - 16.97 - 35.73 = -13.48 \text{ t}, \qquad P_n = 91.17 - 13.48 = 77.69 \text{ t}$$

$$\varepsilon_t = 0.003\,(34.45 - c)/c = 0.00314, \qquad \phi = 0.65 + 0.25\,\frac{0.00314 - 0.002}{0.005 - 0.002} = 0.745$$

$$\phi P_n = 0.745 \times 77.69 = 57.90 \text{ t}, \qquad M_n = 23.03 \text{ t·m}, \qquad e = \frac{M_n}{P_n} = 0.296 \text{ m} = \frac{18.27}{61.65}$$

$$\text{D/C} = \frac{61.65}{57.90} = 1.065$$

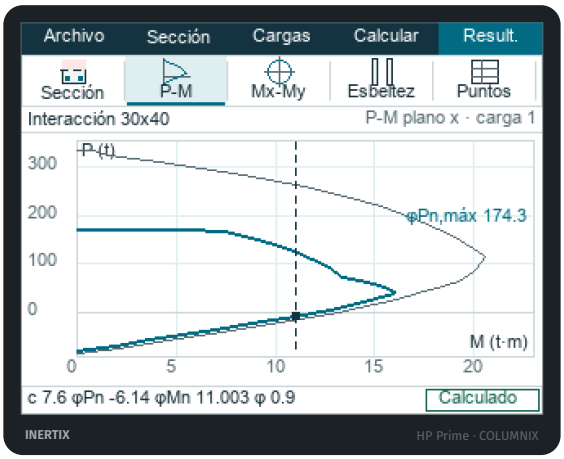
5.5 Opciones importantes

Seis casos cortos, cargados desde [1] Archivo Ejemplos o [1] Archivo Plantilla, muestran lo que el ejemplo guiado no toca: el diagrama de interacción sin cargas, la flexión biaxial y el cortante, la esbeltez por plano, el pórtico desplazable, la columna circular zunchada, el sismo y el predimensionado. En cada tabla, las teclas parten del final del paso anterior; el primer paso parte del lienzo sin ventanas abiertas. Las mismas cifras se obtienen en la versión TI-Nspire.

OI-1 · Diagrama de interacción, 30x40 con 10 Ø16

Objetivo. Leer la capacidad de una sección sin cargas: diagrama P-M de cada plano, puntos notables y su procedimiento. **Datos.** Ejemplo 1: 30 × 40 cm, 10 Ø16 (3 + 4 por cara), estribos Ø6 c/20, f'_c 250, f_y 4200, ACI 318-14, sin descontar.

Paso	Qué se hace	Teclas	Debe verse
1	Cargar el ejemplo 1	[1] [▶] ×2 [Enter] ×2	Sección 30x40 · 10 Ø16 · ρ 1.68 %, sin cargas
2	Calcular	[4] [Enter]	«Calculado: diagramas listos (sin cargas) · 1 aviso»
3	Diagrama P-M y cursor	[5] [▶] [Enter] [▶] ×6	Curvas nominal y de diseño; «φPn,máx 174.3»; cursor en c 7.6 cm
4	Cambiar al plano y	[Enter]	Mismo diagrama en el plano y (My, usa b = 30)
5	Tabla de puntos	[5] [▶] ×4 [Enter]	Puntos por plano: c, Pn, Mn, φ, φPn y φMn
6	Procedimiento: compresión pura	[Esc] [4] [▶] ×2 [Enter] ×2 [▶]	Sección 2/6: Po 335.173 t · Pn,máx 268.139 t · φPn,máx 174.29 t
7	Procedimiento: punto balanceado	[▶]	Sección 3/6: cb 20.76 cm, fuerzas de cada barra



P-M en el plano *x* con el cursor en *c* = 7.6 cm.

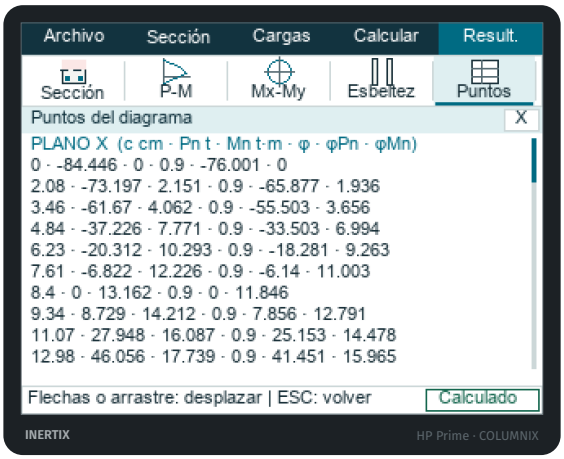
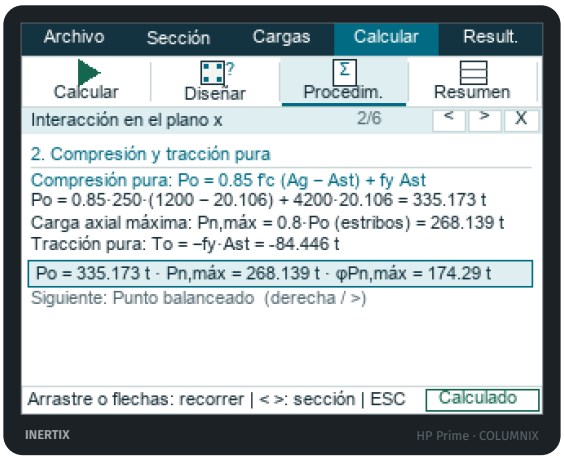
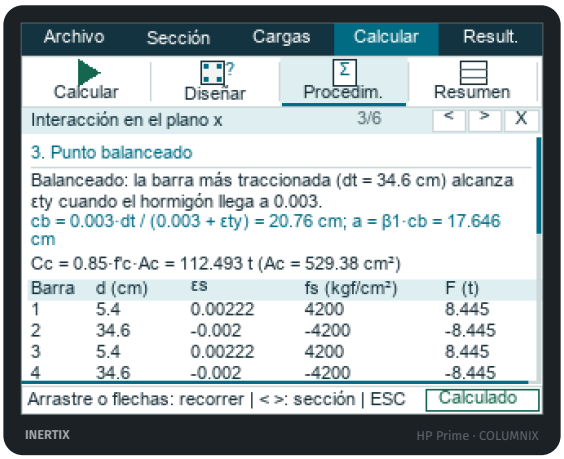


Tabla de puntos del diagrama.



Compresión pura y carga axial máxima.



Punto balanceado: c_b = 20.76 cm.

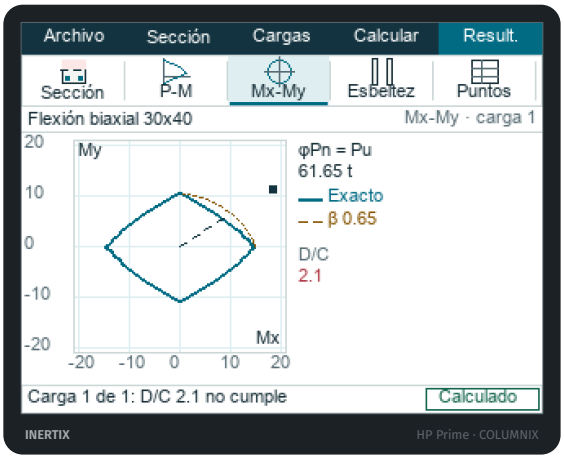
Resultado	COLUMNIX
P_o / $P_{n,máx}$ (0.80 P_o) / $\phi P_{n,máx}$	335.17 / 268.14 / 174.29 t
Tracción pura T_o	−84.45 t
Balanceado, plano *x*: c_b / P_b / M_b	20.76 cm / 114.35 t / 20.55 t·m
Flexión pura (P_n = 0): M_0	13.16 t·m

Lectura. Las cifras coinciden con el ejercicio de origen (P_o 335.15 t, P_b 114.35 t); M_b difiere en 0.05 % porque la fuente redondea la posición de las capas intermedias. Sin cargas, la línea de estado dice `diagramas listos (sin cargas)` y las vistas que necesitan una carga lo indican.

OI-2 · Flexión biaxial y cortante

Objetivo. Verificar una carga con momentos en los dos planos y comparar los métodos; revisar el cortante. **Datos.** Ejemplo 4: la sección de OI-1 con estribos Ø6 c/15; P_u 61.65 t, M_x 18.27 t·m, M_y 11.33 t·m; V_u en *y* 14.25 t y N_u 61.65 t.

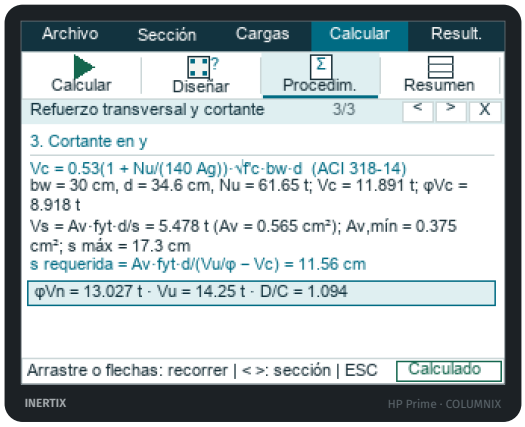
Paso	Qué se hace	Teclas	Debe verse
1	Cargar el ejemplo 4	1 ▶ ×2 Enter ▼ ×3 Enter	1 carga: Pu 61.65 t, Mx 18.27 t·m, My 11.33 t·m; estribos Ø6 c/15
2	Calcular	4 Enter	«D/C máx 2.1 (carga 1): no cumple · 1 aviso»
3	Contorno Mx-My	5 ▶ ×2 Enter	Contorno exacto y PCA (β 0.65) a φPn = Pu = 61.65 t; D/C 2.1
4	Procedimiento biaxial: Bresler	4 ▶ ×2 Enter ▼ ×3 Enter ▶	Sección 2/5: Pnx 64.73, Pny 80.30, φPn 26.084 t, D/C 2.363
5	Comparación de métodos	▶ ×3	Sección 5/5: Bresler 2.363 · contorno β 0.65 2.534 · exacta 2.1
6	Procedimiento: cortante en y	Esc 4 ▶ ×2 Enter ▼ ×5 Enter ▶ ×2	Sección 3/3: Vc 11.891 t, s requerida 11.56 cm, φVn 13.027 t < Vu 14.25 t



Contorno Mx-My exacto y PCA a $\phi P_n = P_u$.



Comparación de los tres métodos.



Cortante en y: V_c, V_s y separación requerida.

Resultado	COLUMNIX
D/C exacta (eje neutro inclinado, P constante)	2.10 — gobierna, no cumple
Bresler: P_{nx} / P_{ny} / ϕP_n	64.73 / 80.30 / 26.08 t (D/C 2.363)
Contorno de carga PCA (β 0.65)	2.534
Cortante en y: V_c / s requerida	11.89 t / 11.56 cm
ϕV_n con s = 15 cm frente a V_u	13.03 t < 14.25 t (D/C 1.094)

Lectura. Los tres métodos coinciden en que no cumple. El cálculo usa la solución exacta; Bresler compara cargas axiales y el contorno PCA es más conservador. La fuente daba Bresler «cumple» (63.95 t) porque leía los diagramas con M constante: COLUMNIX lo aplica a excentricidad constante, como corresponde. Los estribos a 15 cm no alcanzan para el cortante: hacen falta 11.56 cm o menos.

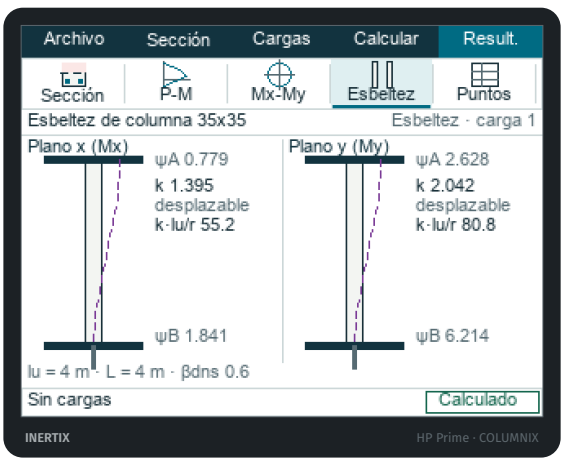
OI-3 · Esbeltez con ψ por plano

Objetivo. Calcular el factor de longitud efectiva de cada plano con los elementos que llegan a cada nudo. **Datos.** Ejemplo 6: columna 35 × 35 cm de primer piso, $l_u = L = 4$ m, f'_c 270; vigas y columnas en los nudos superior e inferior; k por nomograma, desplazable en los dos planos.

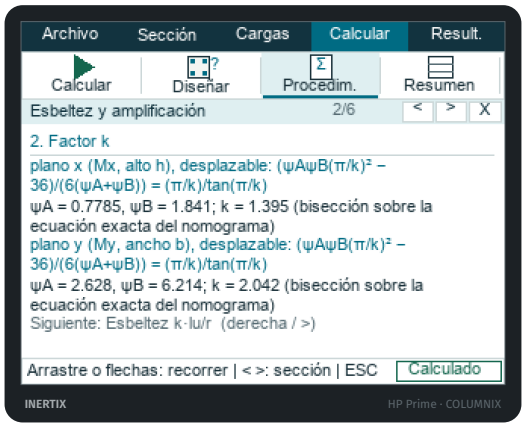
Paso	Qué se hace	Teclas	Debe verse
1	Cargar el ejemplo 6	1 ▶ ×2 Enter ▼ ×5 Enter	Columna 35x35 · 8 Ø16, f'c 270, primer piso
2	Nudos y factor k	3 ▶ ×2 Enter	k por nomograma y desplazable en los dos planos; ψ de cada nudo
3	Calcular	Esc 4 Enter	«Calculado: diagramas listos (sin cargas)»
4	Croquis de esbeltez	5 ▶ ×3 Enter	Plano x: ψ 0.779 / 1.841, k 1.395, k·lu/r 55.2; plano y: ψ 2.628 / 6.214, k 2.042, k·lu/r 80.8
5	Procedimiento: rigidez de los nudos	4 ▶ ×2 Enter ▼ ×4 Enter	Sección 1/6: ψ = Σ(0.70 EcI/L) columnas / Σ(0.35 EcI/L) vigas del plano
6	Procedimiento: factor k	▶	Sección 2/6: k = 1.395 (plano x) y 2.042 (plano y), ecuación exacta del nomograma



Nudos y factor k de cada plano.



Croquis de esbeltez: ψ, k y $k\,l_u/r$.



Procedimiento: factor *k* por el nomograma.

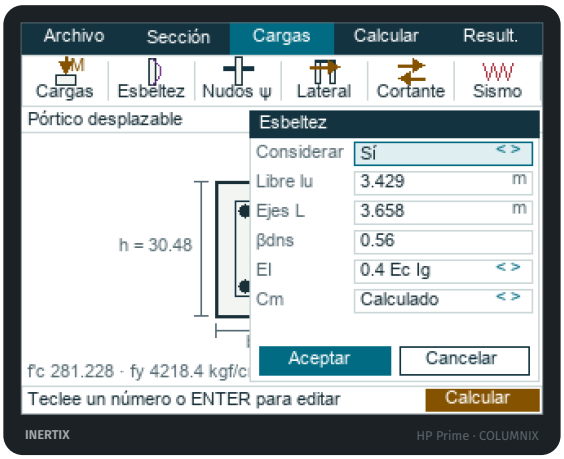
Resultado	COLUMNIX
Plano *x*: ψ_A / ψ_B / k / $k\,l_u/r$	0.779 / 1.841 / 1.395 / 55.2
Plano *y*: ψ_A / ψ_B / k / $k\,l_u/r$	2.628 / 6.214 / 2.042 / 80.8

Lectura. En cada plano solo cuentan las vigas de ese plano: por eso el plano *y*, con vigas más flexibles, llega a $k\,l_u/r \approx 81$. La fuente sumaba las vigas de los dos planos en un mismo ψ y obtenía 51.3. Sin cargas no hay amplificación: el procedimiento lo indica en sus secciones 3 y 4.

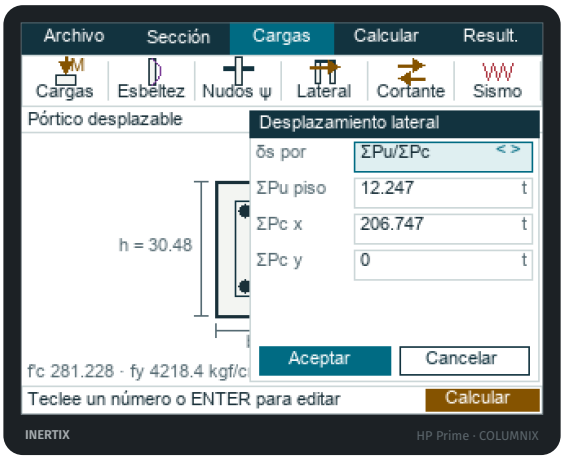
OI-4 · Pórtico desplazable

Objetivo. Amplificar los momentos que desplazan el pórtico con δ_s por $\Sigma P_u/\Sigma P_c$. **Datos.** Ejemplo 8 (McCormac, Ej. 11.5, carga II): columna de 12 × 12 plg (30.48 cm) con 4 Ø32, l_u 3.429 m, *L* 3.658 m, β_{dns} 0.56; ΣP_u del piso 12.247 t y ΣP_c 206.747 t.

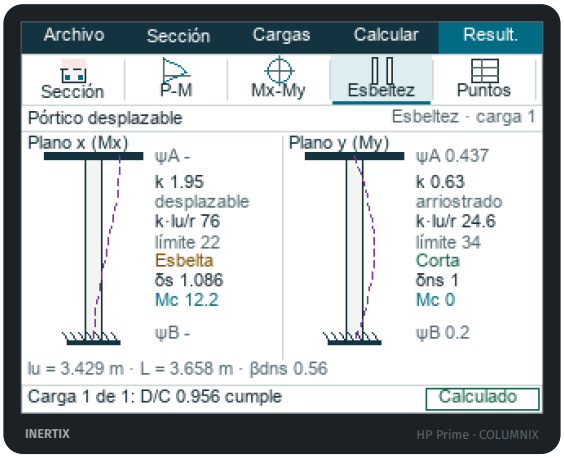
Paso	Qué se hace	Teclas	Debe verse
1	Cargar el ejemplo 8	1 ▶ ×2 Enter ▼ ×7 Enter	Columna 30.5x30.5 · 4 Ø32; «1 carga · esbeltez»
2	Datos de esbeltez	3 ▶ Enter	Considerar Sí; lu 3.429 m, L 3.658 m, βdns 0.56, EI 0.4 Ec Ig, Cm calculado
3	Desplazamiento lateral	Esc 3 ▶ ×3 Enter	δs por ΣPu/ΣPc: ΣPu del piso 12.247 t, ΣPc x 206.747 t
4	Calcular	Esc 4 Enter	«D/C máx 0.956 (carga 1): cumple · 1 aviso»
5	Croquis de esbeltez	5 ▶ ×3 Enter	Plano x desplazable: k 1.95, k·lu/r 76 > 22, esbelta; δs 1.086, Mc 12.2 t·m
6	Procedimiento: amplificación	4 ▶ ×2 Enter ▼ ×4 Enter ▶ ×3	Sección 4/6: δs = 1.086, Mc = 12.204 t·m



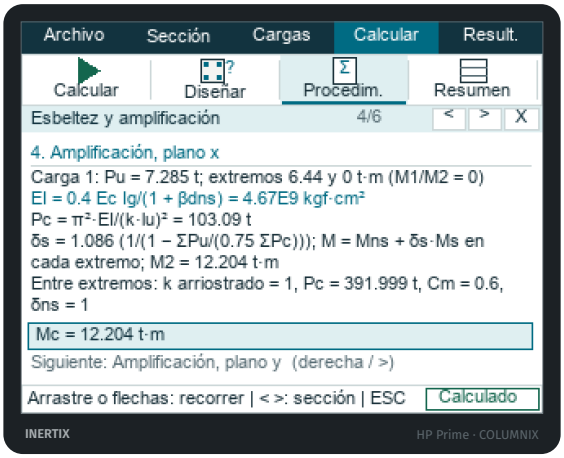
Datos de esbeltez.



Desplazamiento lateral: δ_s por $\Sigma P_u/\Sigma P_c$.



Croquis: plano *x* esbelto, δ_s y M_c.



Procedimiento: amplificación del plano *x*.

Resultado	COLUMNIX
Plano *x*: k / $k\,l_u/r$ / límite	1.95 / 76.0 / 22: esbelta
δ_s	1.086
M_c (= 88.27 pie-klb)	12.20 t·m
D/C con el momento amplificado	0.956, cumple

Lectura. En un pórtico desplazable solo se amplifica la parte lateral del momento ($M = M_{ns} + \delta_s M_s$). Las cifras coinciden con el ejemplo de McCormac (δ_s 1.086, M_c 88.27 pie-klb). El plano *y*, arriostrado y con $k\,l_u/r$ 24.6, es corto.

OI-5 · Columna circular zunchada

Objetivo. Sección circular con zuncho: ϕ y $P_{n,máx}$ propios del zuncho y su revisión. **Datos.** Ejemplo 9 (McCormac, Ej. 9.2 y 9.4): D 18 plg (45.72 cm), 6 Ø29, zuncho Ø9.525 c/5.08, f'_c 281.2, f_y 4218.4; P_u 768 klb (348.36 t), sin momento.

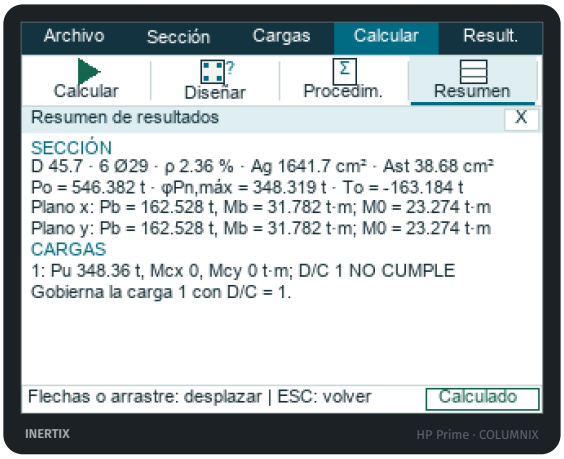
Paso	Qué se hace	Teclas	Debe verse
1	Cargar el ejemplo 9	1 ▶ ×2 Enter ▼ ×8 Enter	Circular D 45.7 · 6 Ø29; zuncho Ø9.525 c/5.08
2	Geometría circular	2 ▶ Enter	Forma Circular, diámetro D 45.72 cm, rec. libre 3.81 cm
3	Zuncho	Esc 2 ▶ ×4 Enter	Tipo Zuncho, Ø 9.525 mm, paso 5.08 cm
4	Calcular	Esc 4 Enter	«D/C máx 1 (carga 1): no cumple»
5	Resumen	4 ▶ ×3 Enter	φPn,máx = 348.319 t frente a Pu 348.36 t: D/C 1, NO CUMPLE
6	Procedimiento: zuncho	Esc 4 ▶ ×2 Enter ▼ ×5 Enter	Sección 1/3: ρs ≥ 0.0132; ρs = 0.0147, cumple; paso libre 4.13 cm



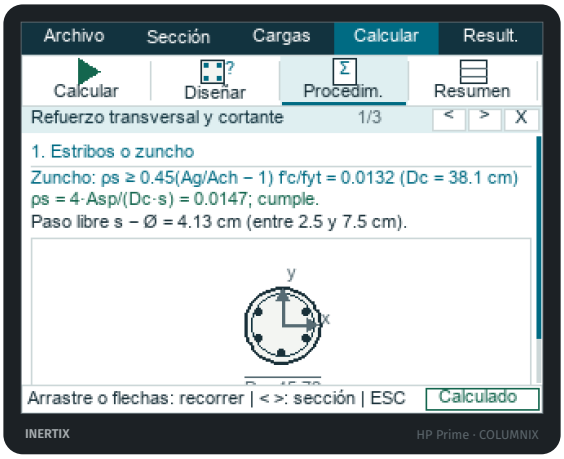
Forma circular: diámetro *D*.



Refuerzo transversal: zuncho.



Resumen: D/C 1, no cumple.



Procedimiento del zuncho: ρ_s y paso libre.

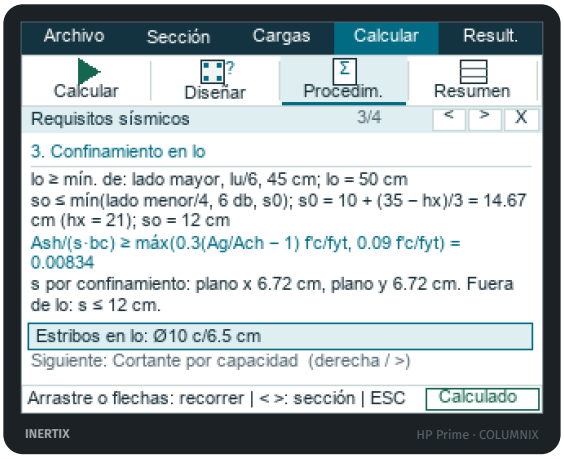
Resultado	COLUMNIX
$\phi P_{n,máx} = 0.75 \cdot 0.85\, P_o$	348.32 t (767.9 klb)
D/C con P_u 348.36 t	1.0001: no cumple por 0.01 %
ρ_s mínimo / colocado	0.0132 / 0.0147, cumple; paso libre 4.13 cm

Lectura. McCormac obtiene 768.1 klb con A_g = 255 plg²; el área exacta del círculo es 254.5 plg², y con ella la capacidad queda 0.2 klb por debajo de la carga. COLUMNIX no redondea: el resultado es correcto y la columna está justo al límite.

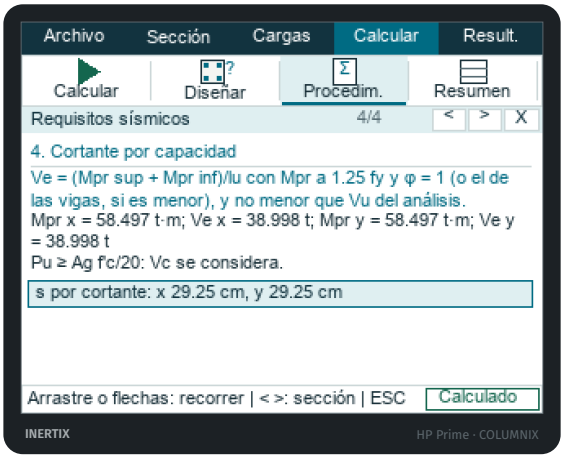
OI-6 · Sismo y predimensionado

Objetivo. Requisitos de ACI 18.7 para una columna de pórtico especial y predimensionado por área tributaria. **Datos.** Plantilla 5: 50 × 50 cm con 12 Ø20, f'_c 280, estribos Ø10 c/10, dos cargas; pórtico especial con ΣM_{nb} = 40 t·m por plano. Predimensionado: 20 m², 3 pisos de 3 m, CM 0.75 y CV 0.25 t/m², criterio $P_u/0.5f'_c$.

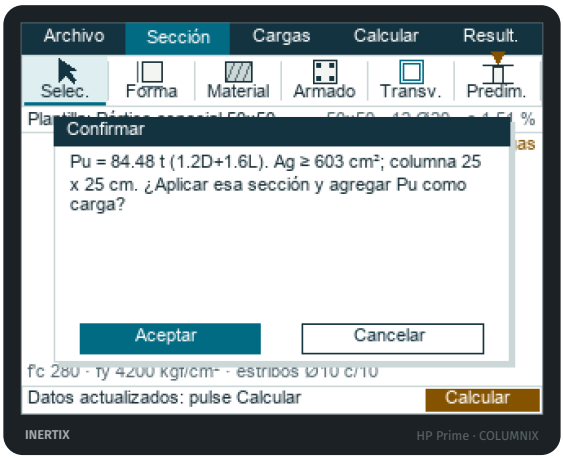
Paso	Qué se hace	Teclas	Debe verse
1	Cargar la plantilla 5	1 ▶ Enter ▼×4 Enter	Pórtico especial 50x50 · 12 Ø20, 2 cargas
2	Requisitos sísmicos	3 ▶×5 Enter	Pórtico Especial; ΣMnb x 40 y y 40 t·m
3	Calcular	Esc 4 Enter	«D/C máx 0.799 (carga 1): cumple»
4	Procedimiento sísmico: confinamiento	4 ▶×2 Enter ▼×6 Enter ▶×2	Sección 3/4: lo 50 cm; estribos en lo Ø10 c/6.5 cm
5	Cortante por capacidad	▶	Sección 4/4: Mpr 58.497 t·m; Ve 38.998 t; s por cortante 29.25 cm
6	Predimensionado	Esc 2 ▶×5 Enter	Área trib. 20 m², 3 pisos, CM 0.75, CV 0.25 t/m², criterio Pu/0.5f'c
7	Aceptar	▼×6 Enter	Confirmar: «Pu = 84.48 t … Ag ≥ 603 cm²; columna 25 x 25 cm»
8	Aplicar la sección	Enter	«Sección 25x25 aplicada: revise el armado y calcule»; ρ 6.03 %



Confinamiento en la zona l_o.



Cortante por capacidad V_e.



Predimensionado: confirmación.



Sección 25 × 25 aplicada.

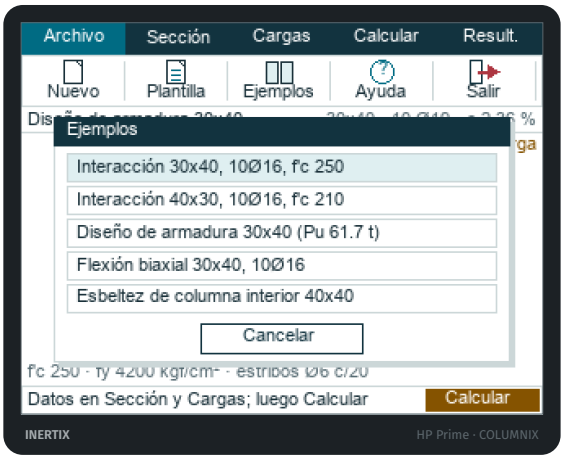
Resultado	COLUMNIX
D/C de la plantilla	0.799, cumple
Columna fuerte–viga débil: $\Sigma M_{nc}/\Sigma M_{nb}$	2.475 ≥ 1.2, cumple
Zona l_o / estribos en l_o	50 cm / Ø10 c/6.5 cm
M_{pr} / V_e / s por cortante	58.50 t·m / 39.00 t / 29.25 cm
Predimensionado: P_u / A_g / sección	84.48 t / ≥ 603 cm^2 / 25 × 25 cm

Lectura. En la zona l_o manda el confinamiento (A_{sh}), no el cortante. El predimensionado incluye el peso propio de la columna con la sección vigente; al aplicar 25 × 25 añade P_u como carga 3 y la cabecera marca la cuantía: con 12 Ø20 sube a 6.03 %. Revise el armado y calcule de nuevo; el procedimiento de predimensionado se rehace con el peso propio de la sección nueva.

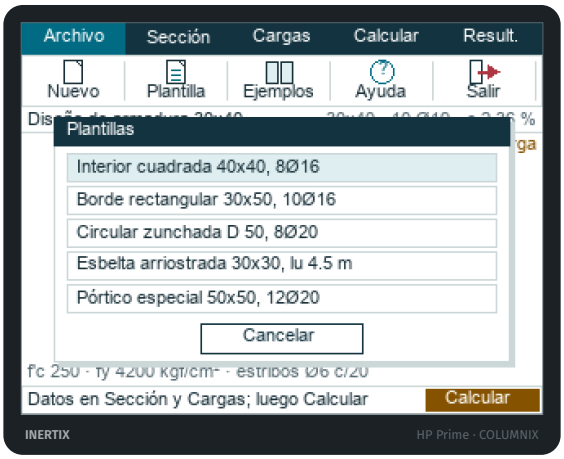
6 Referencia de menús y opciones

6.1 1 · Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Columna 40 × 40 con 8 Ø16, f'_c 210, estribos Ø10 c/15, sin cargas. Pide confirmar.
Plantilla	Cinco casos típicos: interior 40x40, borde 30x50, circular zunchada D 50, esbelta arriostrada 30x30 y pórtico especial 50x50.
Ejemplos	Nueve ejemplos resueltos (interacción, diseño, biaxial, esbeltez, McCormac).
Ayuda	Documento con lo que calcula, unidades, convenios y uso.
Salir	Cierra el programa.



1 **Archivo** Ejemplos (la lista sigue hacia abajo).



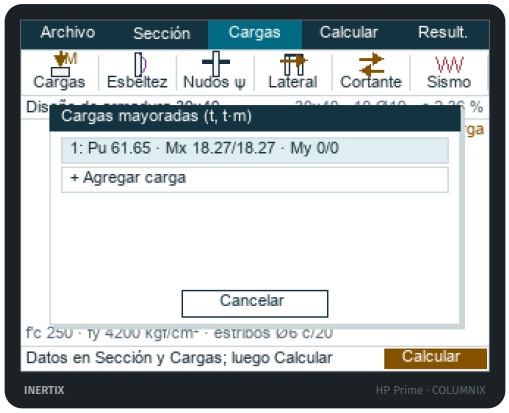
1 **Archivo** Plantilla.

6.2 2 · Sección

Orden	Qué hace
Selec.	Herramienta táctil: barra, estribo o sección.
Forma	Rectangular (b, h) o circular (D), de 15 a 300 cm; recubrimiento libre de 1 a 15 cm.
Material	f'_c (100–1000), f_y y f_{yt} (2000–7000), E_s; norma ACI 318-19 o 318-14; descontar el hormigón desplazado.
Armado	Barras por cara (2–15) o número en círculo (4–40); Ø de barra (6–57 mm) y Ø de esquina opcional.
Transv.	Estribos o zuncho; Ø (4–25 mm), separación (2–60 cm) y ramas en x e y.
Predim.	Área tributaria, pisos, CM, CV, altura de piso y criterio; propone y aplica la sección.

6.3 3 · Cargas

Orden	Qué hace
Cargas	Lista de hasta 8 cargas mayoradas: P_u, M_x y M_y arriba y abajo, y la parte lateral.
Esbeltez	Considerar o no; l_u, L, β_{dns}, EI efectivo y C_m.
Nudos ψ	k de cada plano (nomograma, dato o extremos ideales; desplazable o no) y los cuatro nudos con sus vigas y columnas.
Lateral	δ_s por Q, por $\Sigma P_u / \Sigma P_c$ o como dato.
Cortante	V_u en x y en y, y N_u.
Sismo	Pórtico ordinario o especial; ΣM_{nb} por plano y V_e de vigas opcional.



3 **Cargas** Cargas: lista de cargas.

6.4 4 · Calcular

Orden	Qué hace
Calcular	Calcula todo: diagramas, verificación de cada carga, esbeltez, transversal, cortante y sismo.
Diseñar	Diámetro comercial mínimo (10–40 mm) con el mismo número de barras y $1\,\% \le \rho \le 8\,\%$; aplica con confirmación.
Procedim.	Diez procedimientos: interacción en x y en y, verificación, biaxial, esbeltez, transversal y cortante, sismo, predimensionado, diseño y Bresler trilineal. La lista indica los no disponibles.
Resumen	Documento con sección, capacidad, puntos, cargas, carga que gobierna y avisos.

6.5 5 · Result.

Orden	Qué hace
Sección	Estado de deformaciones de la carga elegida en su capacidad.
P-M	Diagramas nominal y de diseño, cargas y recta a la capacidad; cursor y cambio de plano.
Mx-My	Contorno exacto y PCA a $\phi P_n = P_u$ con la carga.
Esbeltez	Croquis por plano: nudos, k, $k\,l_u/r$, δ y M_c.
Puntos	Tabla de puntos del diagrama por plano.



5 **Result.** Mx-My.



5 **Result.** Puntos.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Compatibilidad de deformaciones

$$\varepsilon_{si} = \varepsilon_{cu}\frac{c - d_i}{c}, \qquad f_{si} = \text{máx}(-f_y, \text{mín}(f_y, E_s\,\varepsilon_{si})), \qquad a = \beta_1 c \tag{1}$$

$$P_n = 0.85 f'_c\, a\, b + \sum A_{si} f_{si}, \qquad M_n = 0.85 f'_c\, a\, b\left(\frac{h}{2} - \frac{a}{2}\right) + \sum A_{si} f_{si}\left(\frac{h}{2} - d_i\right) \tag{2}$$

Donde: $\varepsilon_{cu} = 0.003$; $\beta_1 = 1.05 - f'_c/1400$ entre 0.65 y 0.85; acero elastoplástico. Sin descontar, el bloque usa el área bruta; con `Descontar`, se resta el hormigón que ocupan las barras.

7.2 Factor de reducción y tope axial

$$P_o = 0.85 f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}, \qquad P_{n,\text{máx}} = 0.80\,P_o \text{ (estribos)} \quad 0.85\,P_o \text{ (zuncho)} \tag{3}$$

Donde: $\phi = 0.65$ (estribos) o 0.75 (zuncho) si $\varepsilon_t \le \varepsilon_{ty}$; 0.90 si $\varepsilon_t \ge \varepsilon_{ty} + 0.003$ (318-19) o ≥ 0.005 (318-14); lineal entre ambos. La verificación uniaxial busca la capacidad a excentricidad constante; la biaxial, a carga axial constante.

7.3 Flexión biaxial

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_o}, \qquad \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nox}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{uy}}{\phi M_{noy}}\right)^{\alpha} \le 1, \quad \alpha = \frac{\log 0.5}{\log \beta} \tag{4}$$

Donde: Bresler (izquierda) vale para $P_u \ge 0.10 f'_c A_g$; el contorno PCA usa $\beta = 0.65$. La solución exacta busca el ángulo del eje neutro para que el momento resistente tenga la dirección de (M_{ux}, M_{uy}).

7.4 Esbeltez

$$\psi = \frac{\sum 0.70\, E_c I_c / L_c}{\sum 0.35\, E_c I_v / L_v}, \qquad \delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - P_u/(0.75 P_c)} \ge 1, \qquad \delta_s = \frac{1}{1 - \sum P_u / (0.75 \sum P_c)} \tag{5}$$

Donde: ψ solo con los elementos del plano de flexión; k por la ecuación exacta del nomograma; $P_c = \pi^2 EI/(k l_u)^2$; $M_{2,\text{mín}} = P_u(1.5 + 0.03h)$ (cm), en cada plano por separado. Límite de esbeltez: $34 - 12M_1/M_2 \le 40$ (arriostrado) y 22 (desplazable).

7.5 Cortante y sismo

$$V_c = 0.53\left(1 + \frac{N_u}{140 A_g}\right)\sqrt{f'_c}\, b_w d, \qquad V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}, \qquad V_e = \frac{M_{pr,\text{sup}} + M_{pr,\text{inf}}}{l_u} \tag{6}$$

Donde: V_c según 318-14 (318-19 añade el factor de tamaño); en pórticos especiales M_{pr} con $1.25 f_y$ y $V_c = 0$ cuando corresponde; confinamiento $A_{sh}/(s\,b_c)$ y zona l_o según ACI 18.7.

Referencias

- ACI 318-19 y ACI 318-14, capítulos 6, 10, 18, 22 y 25.
- J. C. McCormac y R. H. Brown, *Diseño de concreto reforzado*, caps. 9 a 11 (ejemplos 9.2, 9.4, 11.3, 11.5 y 11.7).
- Apuntes de hormigón armado: columnas, diagramas de interacción, esbeltez y flexocompresión compuesta (ejemplos 1 a 6).

8 Preguntas frecuentes

¿Por qué sube el D/C al cambiar el estribo?

Con el mismo recubrimiento libre, un estribo más grueso desplaza las barras hacia el centro: el brazo baja y la capacidad también (paso 15).

¿Cuento las esquinas en «barras por cara»?

Sí: 3 por cara *b* y 4 por cara *h* son 10 barras, no 14.

¿Qué es «Descontar»?

Si está en Sí, el bloque comprimido resta el hormigón que ocupan las barras (como ACI y McCormac); en No usa el área bruta (como muchos cursos). Cambia el resultado: elíjalo a propósito.

El D/C dice 1 pero «no cumple».

La línea de estado redondea: en OI-5 la razón es 1.0001, mayor que 1 por una décima de milésima. «No cumple» se decide con el valor sin redondear.

¿Por qué no hay contorno Mx-My?

Hace falta una carga, y su P_u debe estar dentro del diagrama de diseño. Si P_u supera $\phi P_{n,máx}$, la vista lo explica.

¿Recorrer una gráfica cambia los resultados?

No. Las flechas mueven el cursor; los resultados cambian solo al calcular después de editar datos.

¿Diseñar cambia el número de barras?

No: conserva las barras y busca el diámetro. Para otra disposición, cambie 2 **Sección** Armado y calcule.

Al volver a entrar dice «Cálculo interrumpido».

Se cortó el programa con ON durante una operación. El caso está intacto: pulse 4 **Calcular** Calcular.