INERTIX

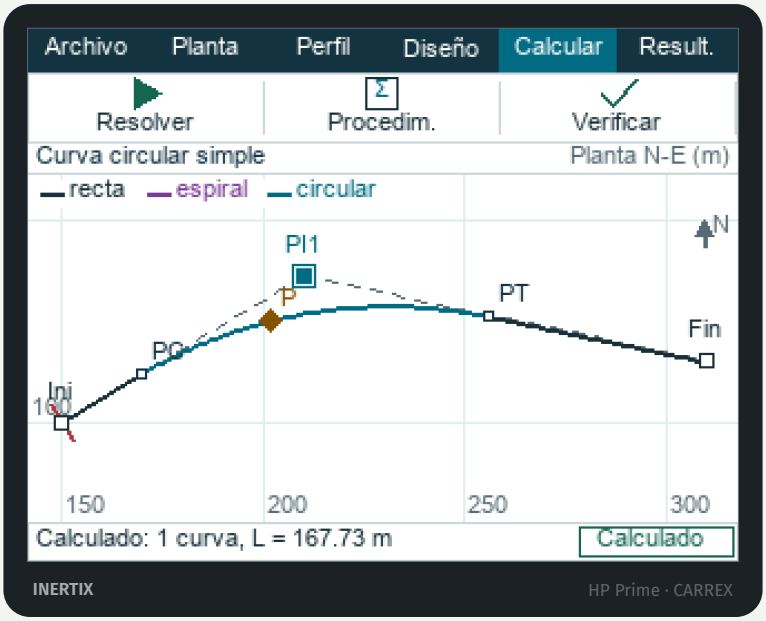
Programas de ingeniería civil para HP Prime

GUÍA DE USO

CARREX

Diseño geométrico de carreteras: planta, perfil, peralte y replanteo

Versión 1.0 **HP Prime G1 · G2** Vías y topografía · Octubre de 2026



CONTACTO Y SOPORTE

Asistente técnico INERTIX +591 69666824

Ing. Carlos Paredes Aguilar
+591 73842694

Ing. Samuel Huarachi Flores
+591 63562947

Contenido

1. Presentación y alcance **4**

1.1. Qué calcula 4

1.2. Unidades y convenciones 4

1.3. Límites y fuera de alcance 4

2. Instalación **5**

2.1. Qué necesita 5

2.2. Copiar el programa a la calculadora 5

3. Licencia de uso **6**

4. La interfaz **7**

4.1. Teclas 7

4.2. Editar un valor y resultados pendientes 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 **20**

6.1. 1 · Archivo 20

6.2. 2 · Planta y 3 · Perfil 20

6.3. 4 · Diseño 21

6.4. 5 · Calcular 21

6.5. 6 · Result. 22

6.6. Qué orden usar para cada tarea 23

6.7. Cómo leer los resultados 23

7. Fundamento teórico breve **24**

7.1. Curva circular simple 24

7.2. Espirales de transición (clotoide) 24

7.3. Curvas verticales 24

7.4. Peralte, radio mínimo y visibilidad 25

8. Preguntas frecuentes 25

1 Presentación y alcance

CARREX resuelve el **diseño geométrico de una carretera** en la calculadora HP Prime: el alineamiento en planta con sus curvas horizontales, el perfil longitudinal con sus curvas verticales, la transición de peralte y el replanteo. El trazado se edita sobre un lienzo (se tocan y se mueven los vértices), los resultados se recorren con un cursor de progresiva común a todas las vistas, y cada cálculo se puede ver **paso a paso** con fórmulas, sustitución y tablas, como en un ejercicio hecho a mano.

1.1 Qué calcula

- **Planta** de hasta 15 vértices. En cada PI: curva circular simple, espiral–circular–espiral (E-C-E) o espiral–espiral (E-E). Deflexión, tangente, longitud de curva, externa, flecha, cuerda larga y progresivas de los puntos notables.
- **Perfil** de hasta 15 PIV con curvas verticales parabólicas simétricas o asimétricas: cota y pendiente en cualquier progresiva, punto alto o bajo.
- **Peralte**: transición del bombeo al peralte pleno (70/30 o a lo largo de L_e), cotas de bordes y sobreancho por curva.
- **Herramientas de diseño**: radio mínimo, peralte recomendado, longitud de curva vertical por visibilidad de parada, **radio por un punto obligado** y **longitud por una cota obligada**. El resultado se puede asignar al PI o PIV seleccionado.
- **Replanteo**: deflexiones, coordenadas por cuerdas, tabla de la espiral, estacas N, E y cotas de la rasante.
- **Diez procedimientos** paso a paso, cada uno con su comparación con el programa.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad	Convención
Coordenadas	m	Norte (N) y Este (E)
Progresivas	m	Se muestran como km+m (1+345.00); se encadenan desde un vértice de referencia
Azimut y deflexión	° ’ ”	Azimut desde el Norte, en sentido horario; giro a la derecha = azimut creciente
Pendientes	%	$A = g_2 - g_1$; positivo: curva cóncava (columpio)
Peralte y bombeo	%	Peralte positivo: borde por encima del eje
Velocidad de proyecto	km/h	V_p
Longitud de curva	m	Por arco ($L_c = R\,\Delta$, por omisión) o por cuerda ($L_c = \Delta\, C_u / G$)

1.3 Límites y fuera de alcance

> **⚠ Fuera de alcance**
> CARREX trabaja con un solo eje: hasta 15 vértices en planta y 15 PIV en el perfil. **No** calcula curvas compuestas ni curvas de vuelta, secciones transversales, movimiento de tierras ni intersecciones. La visibilidad que evalúa es la de **parada**, y sus tablas cubren V_p de 30 a 120 km/h. Las herramientas de diseño son ayudas: la decisión final es del proyectista.

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

CARREX 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 CARREX 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: `CARREX.hpappdir`;
   - el archivo de licencia: `LIC_CARREX.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 CARREX 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.

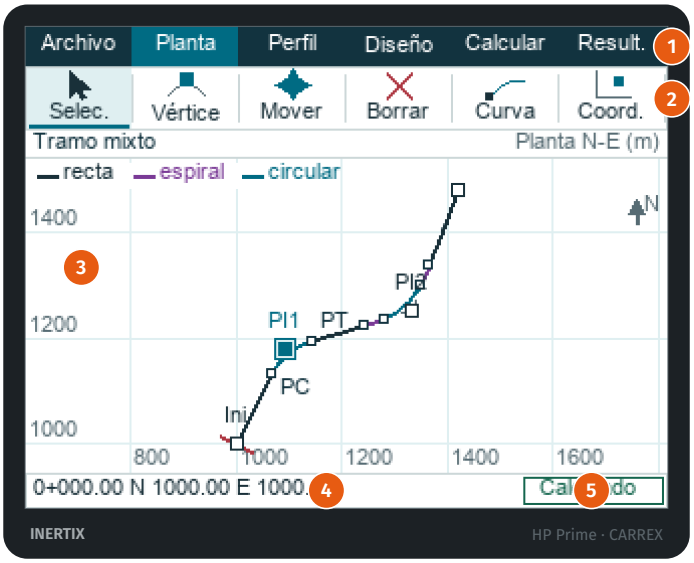
No modifique el contenido del archivo de licencia. Si el problema persiste, escriba al asistente técnico o directamente a Ing. Carlos Paredes Aguilar (+591 73842694) o a Ing. Samuel Huarachi Flores (+591 63562947).

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 abrirse, CARREX carga y calcula el trazado de muestra `Tramo mixto` (una curva circular y una E-C-E) y muestra la planta. La pantalla tiene siempre las mismas zonas.



1. **Barra de menú.** Archivo, Planta, Perfil, Diseño, Calcular y Result.; teclas 1 a 6.
2. **Cinta.** Órdenes de la categoría activa.
3. **Lienzo.** Planta, perfil, peralte o curvatura, con el vértice seleccionado y el cursor de progresiva.
4. **Línea de estado.** Progresiva y coordenadas del cursor, o el último mensaje.
5. **Botón de cálculo.** `Calcular` si hay cambios sin resolver; `Calculado` si los resultados están al día.

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; en los extremos pasa a la categoría vecina.
Enter	Cinta	Activa la orden resaltada.
Esc o ▼	Cinta	Devuelve el foco al lienzo.
▲ ▼	Planta o perfil	Seleccionan el vértice (o el PIV) anterior o siguiente.
Enter	Planta o perfil	Abre las propiedades: curva del PI (o del PIV), o coordenadas de un extremo.
◀ ▶	Lienzo calculado	Mueven el cursor de progresiva una cuerda C_u.
▲ ▼	Peralte, curvatura	Saltan a la curva anterior o siguiente.
Del	Planta o perfil	Borra el vértice o el PIV seleccionado (pide confirmación).
+ − 0	Planta o perfil	Acercar, alejar y encuadrar.
Esc	Lienzo	Desactiva la herramienta o pide confirmar la salida.

Pantalla táctil

Tocar un vértice lo selecciona y un segundo toque abre sus propiedades; arrastrar desplaza la vista. Con `Vértice` o `PIV`, un toque inserta un punto; con `Mover`, el vértice va al lugar tocado. Tocar `Calcular` resuelve.

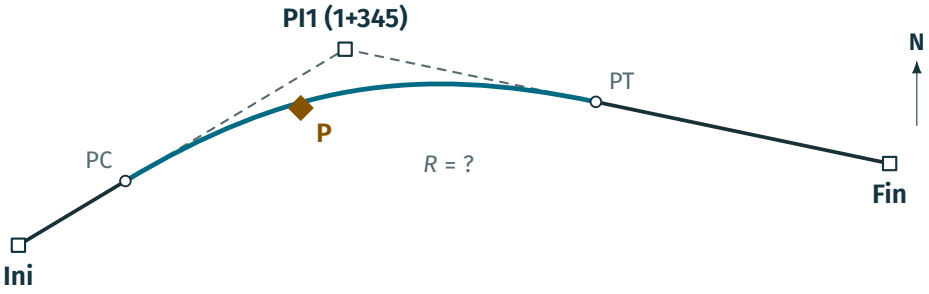
4.2 Editar un valor y resultados pendientes

- En un formulario, ▲ ▼ cambian de campo. Teclear un número **reemplaza** el valor; Enter sobre el campo lo selecciona para editarlo.
- Durante la edición, ◄ ► mueven el cursor dentro del número y Del borra el carácter anterior. Si el campo queda vacío y se acepta, se conserva el valor anterior.
- Enter acepta el valor y pasa al campo siguiente; tras el último campo, el foco queda en `Aceptar`. En los campos con < >, ◄ ► cambian la opción.
- Cualquier cambio deja los resultados **pendientes**; vuelva a 5 Calcular Resolver.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Un alineamiento horizontal va del punto inicial Ini al punto final Fin con un único vértice PI1, cuya progresiva es 1+345. La curva circular en PI1 debe pasar por un **punto obligado P** (por ejemplo, el borde de una construcción que no se puede afectar). Determinar el **radio** que cumple esa condición, los **elementos de la curva** (Δ, T, L_c, E), las **progresivas** de PC y PT, el peralte, el replanteo por estacas y la verificación del trazado.



5.2 Datos

Punto	Norte (m)	Este (m)
Ini	100.000	150.000
PI1	136.000	210.000
Fin	115.000	310.000
P (obligado)	125.199	201.853

Parámetro	Valor
Progresiva de PI1	1+345.00
Cuerda de replanteo C_u	20 m
Velocidad de proyecto V_p	50 km/h
Peralte e	6 %
Longitud de curva	por arco ($L_c = R\,\Delta$)

Fuente: ejemplo *Curva circular por punto obligado P* de CARREX (`Archivo > Ejemplos`). Caso de validación oficial de trazado geométrico vial con punto obligado de control. La solución analítica (R = 120 m) se comprueba mediante relaciones trigonométricas exactas y resolución numérica sobre la condición geométrica $|PO| = R$.

5.3 Paso a paso

CARREX no tiene un modelo en blanco: el ejemplo parte de la plantilla `Curva circular simple` y **reescribe todos sus datos con el teclado**, en 17 pasos. En cada paso, la fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; ▶×5 significa pulsar la tecla cinco veces. Se parte de la pantalla inicial de CARREX.

1 Nuevo trazado desde la plantilla «Curva circular simple»



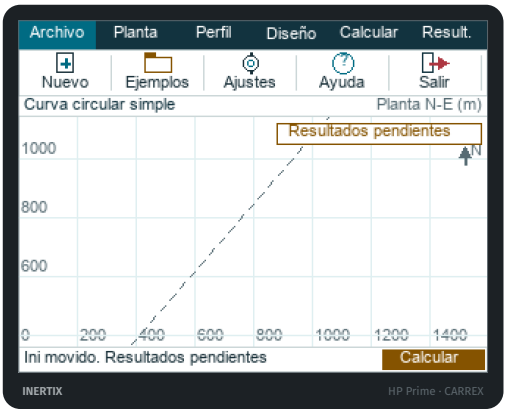
TECLAS

1 Enter ×2

1 Archivo Nuevo abre la lista de trazados base; Enter elige el primero. Queda un alineamiento de tres vértices, Ini, PI1 y Fin, con una curva circular en PI1. El rótulo del lienzo conserva el nombre de la plantilla durante todo el ejemplo.

✔ **Debe verse:** Planta de 3 vértices (Ini, PI1, Fin) y «Plantilla cargada: edite y Calcular»

2 Coordenadas del vértice inicial



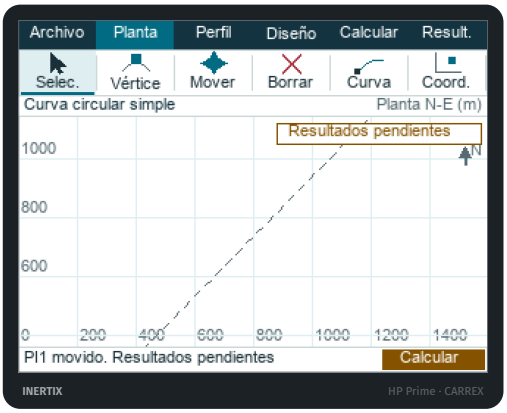
TECLAS

▲ Enter 1 0 ×2 Enter 1 5 0 Enter ×2

Con ▲ se selecciona Ini. En un extremo, Enter abre directamente sus coordenadas. Se teclean N = 100 y E = 150; cada Enter acepta un campo, y el último pulsa `Aceptar`.

✔ **Debe verse:** Ini en N 100, E 150; «Ini movido. Resultados pendientes»

3 Coordenadas del PI1



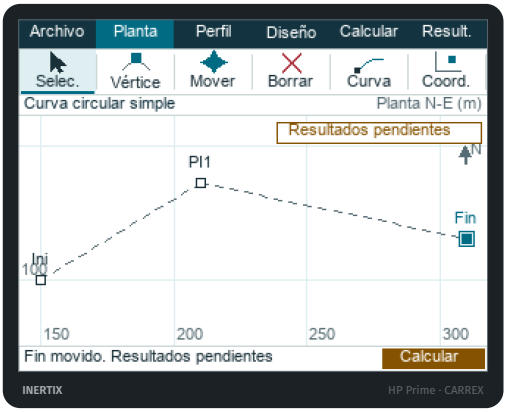
TECLAS

▼ 2 ▶ ×5 Enter 1 3 6 Enter 2 1 0 Enter ×2

▼ selecciona PI1. En un vértice interior, Enter abriría su curva; las coordenadas se editan con 2 Planta Coord.. Se introducen N = 136 y E = 210.

✔ **Debe verse:** PI1 en N 136, E 210

4 Coordenadas del vértice final



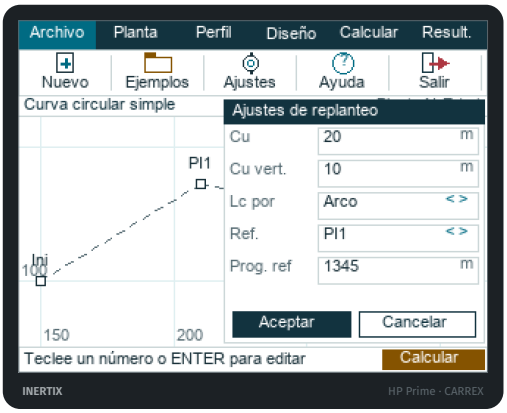
TECLAS

▼ Enter 1 ×2 5 Enter 3 1 0 Enter ×2

▼ pasa a Fin y Enter abre sus coordenadas: N = 115, E = 310. El alineamiento ya es el del enunciado; la curva de la plantilla (R = 150 m) sigue en PI1 hasta que se calcule el radio por P.

✔ **Debe verse:** Alineamiento Ini–PI1–Fin del ejercicio

5 Progresiva del PI1 = 1+345



TECLAS

1 ▶ ×2 Enter ▼ ×3 ▶ ▼ 1 3 4 5 Enter

1 Archivo Ajustes reúne la cuerda de replanteo y la referencia de progresivas. En `Ref.` se elige PI1 con ▶ y en `Prog. ref` se teclea 1345: todas las progresivas se encadenan desde el PI1. C_u = 20 m ya es el valor del ejercicio.

✔ **Debe verse:** Formulario «Ajustes de replanteo»: Cu = 20 m, Ref. = PI1, Prog. ref = 1345, foco en Aceptar

6 Criterios de diseño: Vp = 50 km/h



TECLAS

Enter 4 ▶ ×5 Enter 5 0 Enter ▼ ×5

Enter acepta los ajustes. 4 Diseño Criterios reúne V_p, peralte máximo, calzada, bombeo, pendiente relativa de borde y carriles. Se cambia solo V_p a 50 km/h y se baja hasta `Aceptar`.

✔ **Debe verse:** Formulario «Criterios de diseño» con Vp = 50 km/h, foco en Aceptar

7 Punto obligado P



TECLAS

Enter ▲ 4 ▶×3 Enter 1 2 5 . 1 9 ×2 Enter
2 0 1 . 8 5 3 Enter

Tras aceptar los criterios, ▲ vuelve a seleccionar PI1: las herramientas de diseño actúan sobre el PI seleccionado. 4 **Diseño** Punto P pide las coordenadas del punto por el que debe pasar la curva.

✔ **Debe verse:** Formulario «Curva por P en PI1»: N de P = 125.199, E de P = 201.853

8 Resolver la ecuación del radio



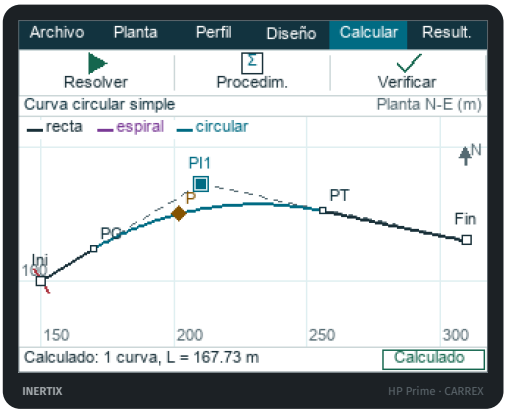
TECLAS

Enter

Al aceptar, CARREX calcula la distancia d_P del PI1 a P, el ángulo β y las dos raíces de la ecuación del radio. Propone la raíz que deja a P entre PC y PT: **R = 120.000 m**.

✔ **Debe verse:** «dP = 13.529 m … Raíces R = 120.000 y 9.919 m. ¿Asignar R = 120.000 m (circular) a PI1?»

9 Asignar R = 120 m y calcular



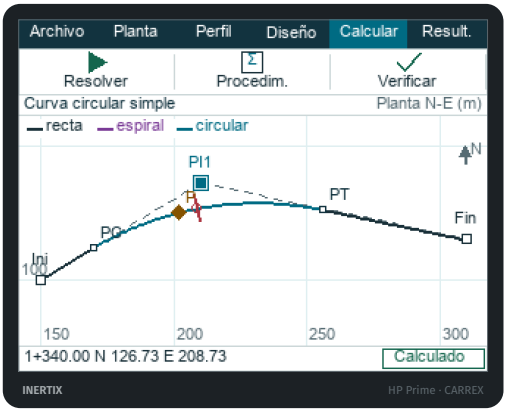
TECLAS

Enter 5 Enter

Enter asigna el radio a PI1 y 5 **Calcular** Resolver recalcula el eje. La curva (en color) queda tangente a los dos alineamientos y pasa por el rombo P. La línea de estado da la longitud del eje.

✔ **Debe verse:** Curva PC–PT que pasa por P y «Calculado: 1 curva, L = 167.73 m»

10 Recorrer el eje con el cursor de progresiva



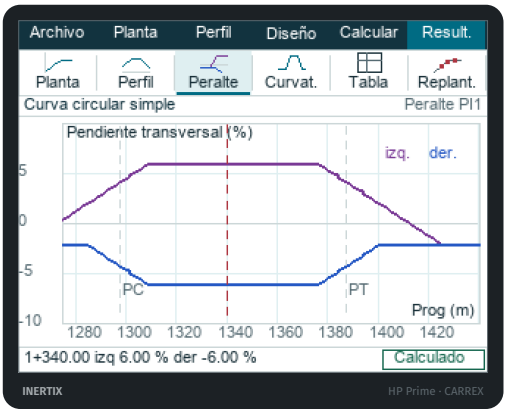
TECLAS

▶ ×3

Con el trazado calculado, ▶ mueve el cursor una cuerda (20 m). La línea de estado da su progresiva y sus coordenadas. Recorrer el eje no recalcula ni cambia el caso.

✔ **Debe verse:** Cursor en 1+340.00: N 126.73, E 208.73 en la línea de estado

11 Diagrama de peralte



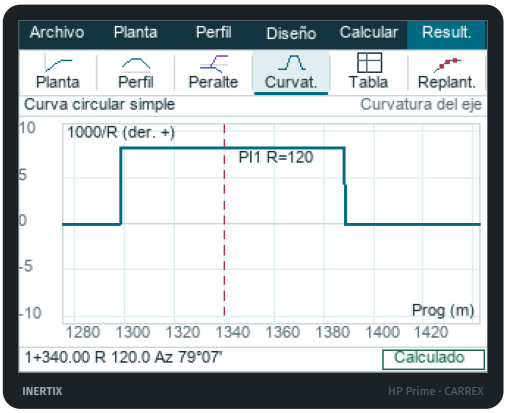
TECLAS

6 ▶ ×2 Enter

6 **Result.** Peralte muestra la pendiente transversal de los dos bordes: del bombeo al peralte pleno de 6 % en la transición, constante entre PC y PT y de vuelta al bombeo. El cursor marca la misma progresiva.

✔ **Debe verse:** Bordes izquierdo y derecho: bombeo, transición y peralte pleno de 6 % entre PC y PT

12 Curvatura del eje



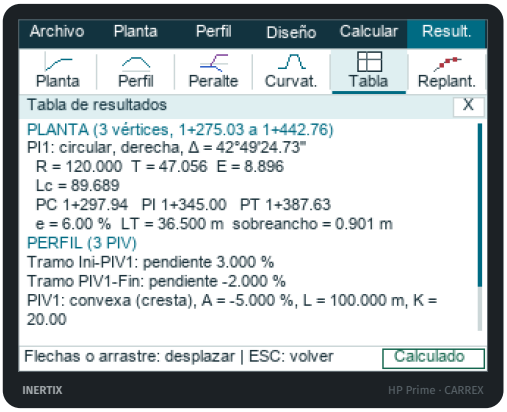
TECLAS

6 ▶ ×3 Enter

6 **Result.** Curvat. dibuja 1000/*R* a lo largo del eje: cero en las rectas y un escalón de 8.33 en la curva circular. En una espiral, la curvatura crecería linealmente.

✔ **Debe verse:** Escalón 1000/R ≈ 8.33 rotulado «PI1 R=120»

13 Tabla de resultados



TECLAS

6 ▶ ×4 Enter

6 **Result.** Tabla reúne todo el trazado: deflexión, R, T, E y L_c, progresivas de PC, PI y PT, peralte, longitud de transición y sobreancho; debajo, los tramos del perfil. Se desplaza con las flechas.

✔ **Debe verse:** R = 120.000, T = 47.056, E = 8.896, Lc = 89.689; PC 1+297.94, PI 1+345.00, PT 1+387.63

14 Replanteo: estacas N, E



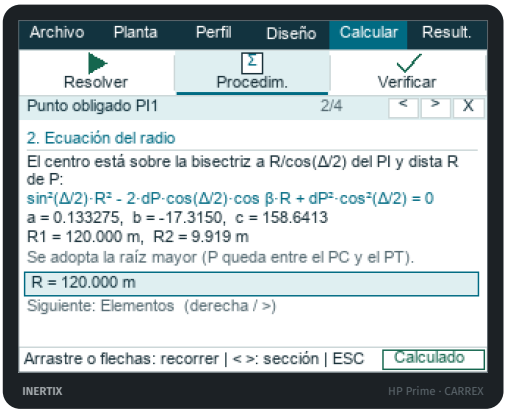
TECLAS

Esc 6 ▶ ×5 Enter ×2

6 **Result.** Replant. lista lo que se puede replantear; Enter elige la curva de PI1. La tabla da cada estaca, cada 20 m de progresiva redonda, con sus coordenadas y el azimut de la tangente.

✔ **Debe verse:** Estacas de 1+297.94 a PT 1+387.63 con norte, este y azimut

15 Procedimiento: curva por punto obligado



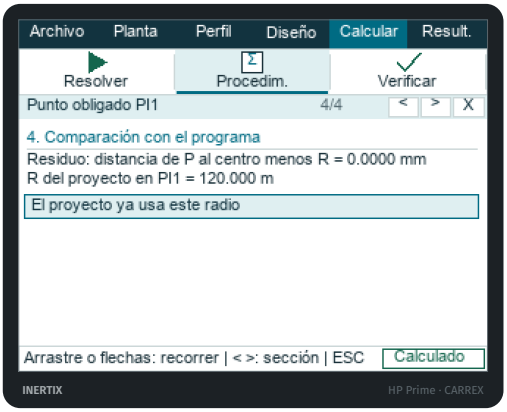
TECLAS

Esc 5 ▶ Enter ▼ ×8 Enter ▶

5 **Calcular** Procedim. abre la lista de los diez procedimientos; el noveno es la curva por punto obligado. La sección 2 plantea la ecuación cuadrática del radio con sus coeficientes y sus dos raíces.

✔ **Debe verse:** Sección 2: ecuación cuadrática, R1 = 120.000 y R2 = 9.919, recuadro R = 120.000 m

16 Comparación con el programa



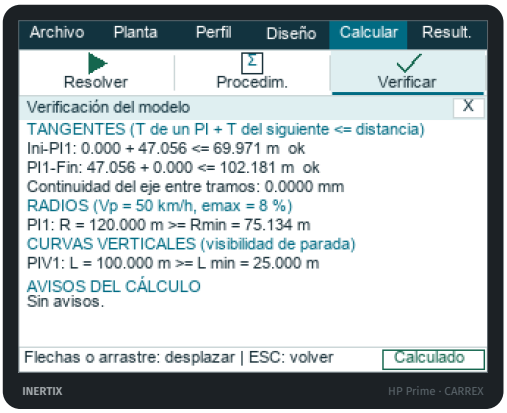
TECLAS

▶ ×2

▶ ×2 lleva a la última sección: el residuo (distancia de P al centro menos R) es nulo y el radio del proyecto ya es el calculado.

✔ **Debe verse:** Sección 4: residuo 0.0000 mm y «El proyecto ya usa este radio»

17 Verificación del modelo



TECLAS

Esc 5 ▶ ×2 Enter

5 Calcular Verificar revisa que las tangentes no se superpongan, que cada radio supere el mínimo para V_p y que las curvas verticales cumplan la visibilidad de parada. Termina con los avisos del cálculo: aquí, ninguno.

✔ **Debe verse:** Tangentes «ok», R = 120 m ≥ Rmin, curvas verticales con L ≥ L min y «Sin avisos»

5.4 Resultados

CARREX coincide con la referencia

El radio que pasa por P, los elementos de la curva y las progresivas coinciden con la solución de referencia dentro de 0.5 mm.

Magnitud	Referencia	CARREX	Estado
Deflexión Δ	42° 49’25”	42° 49’24.73”	Coincide
Distancia PI1–P, d_P	13.529 m	13.529 m	Coincide
Radio por P, R	120.000 m	120.000 m	Coincide
Tangente T	47.056 m	47.056 m	Coincide
Longitud de curva L_c	89.689 m	89.689 m	Coincide
Externa E	8.896 m	8.896 m	Coincide
Flecha F	8.282 m	8.282 m	Coincide
Cuerda larga CL	87.616 m	87.616 m	Coincide
Progresiva PC	1+297.94	1+297.94	Coincide
Progresiva PT	1+387.63	1+387.63	Coincide

La segunda raíz de la ecuación (R = 9.919 m) también es tangente a los alineamientos, pero deja a P fuera del tramo PC–PT; se adopta la raíz mayor. Tolerancia de la validación: 0.5 mm.

Comprobación a mano

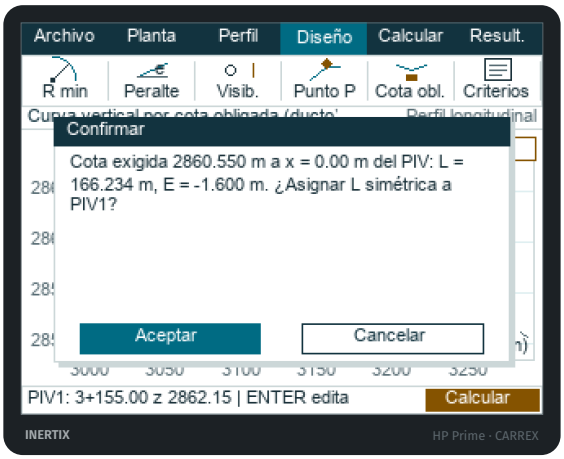
$$\Delta = Az_{sal} - Az_{ent} = 101.8598^\circ - 59.0362^\circ = 42.8235^\circ$$
$$T = R\tan(\Delta/2) = 120\tan 21.4118^\circ = 47.056 \text{ m}$$
$$L_c = R\,\Delta = 120 \times 0.747414 = 89.689 \text{ m}$$
$$E = R\,[1/\cos(\Delta/2) - 1] = 8.896 \text{ m}$$
$$PC = 1345.00 - 47.056 = 1297.94 \text{ m}, \qquad PT = PC + L_c = 1387.63 \text{ m}$$

5.5 Opciones importantes

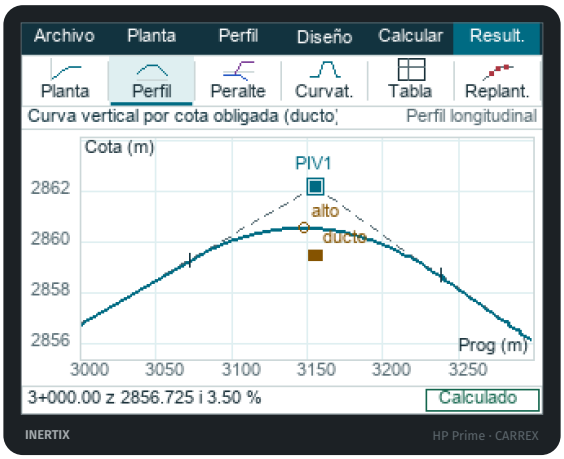
El ejemplo guiado solo usa la planta. Estos seis casos cortos cubren el perfil, las espirales, las herramientas de diseño, el cálculo por cuerda y la validación de datos. Todos parten de 1 Archivo Ejemplos; cargar un ejemplo sustituye el trazado. Las mismas situaciones están en la guía TI-Nspire (OI-1 a OI-4 y OI-6).

OI-1 · Curva vertical por cota obligada (ducto)

PIV en 3+155 con cota 2862.15 m, pendientes +3.5 % y −4.2 %. Bajo el PIV cruza un ducto a cota 2859.55 m que exige 1 m de tapada. El ejemplo se carga con L = 160 m. 4 Diseño Cota obl. calcula la longitud que da exactamente la cota exigida y ofrece asignarla.



Cota obligada: L = 166.234 m.



Perfil con la curva asignada.

Magnitud	CARREX	Referencia
Longitud de la curva *L*	166.234 m	166.234 m (cátedra)
Cota de la rasante sobre el ducto	2860.550 m	2859.55 + 1.00

OI-2 · Tramo mixto: circular + espirales

Dos curvas: en PI1, circular de R = 120 m; en PI2, espiral–circular–espiral de R = 150 m con espirales de L_e = 40 m. La tabla da los elementos de ambas y el procedimiento de espirales desarrolla la clotoide.

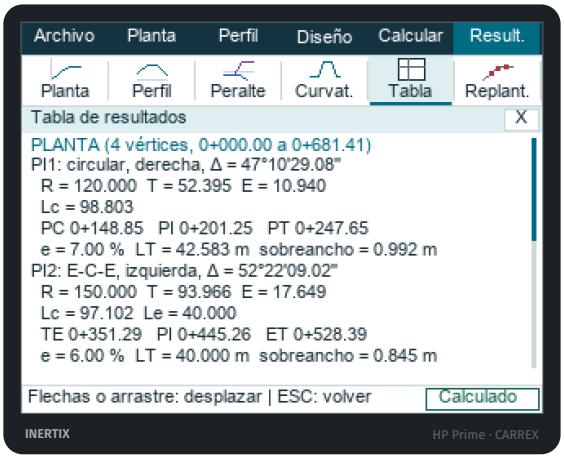
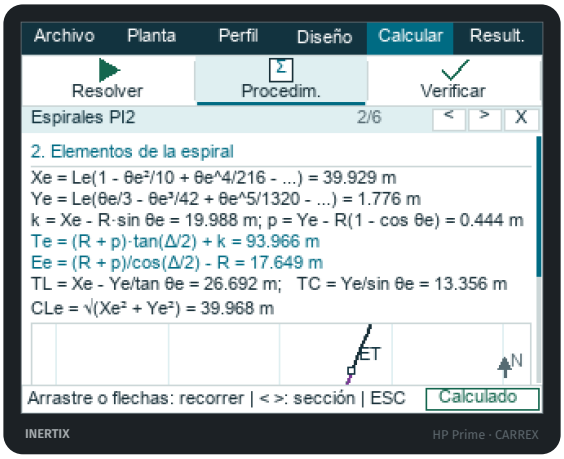


Tabla: elementos de las dos curvas.



Procedimiento: elementos de la espiral.

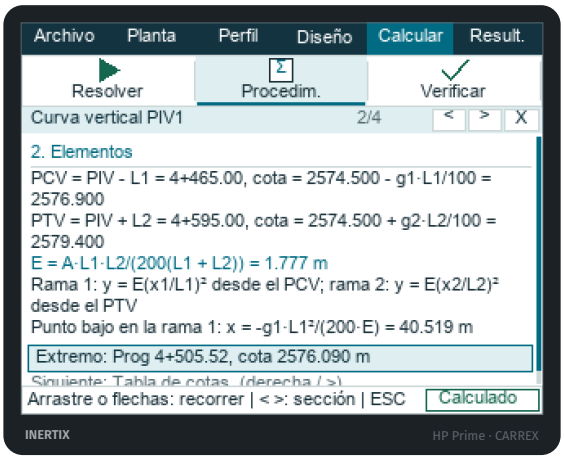
Magnitud	PI1 (circular)	PI2 (E-C-E)
Deflexión Δ	47°10’29”	52°22’09”
Tangente *T* / T_e	52.395 m	93.966 m
Externa *E*	10.940 m	17.649 m
Longitud circular L_c	98.803 m	97.102 m

OI-3 · Curva vertical asimétrica 60+70 m

PIV en 4+525 con cota 2574.50 m, pendientes −4 % y +7 %, ramas de 60 y 70 m. El perfil marca el punto bajo y el procedimiento de la curva vertical da sus elementos.



Perfil con el punto bajo.



Procedimiento: elementos de la curva.

Magnitud	CARREX
Diferencia de pendientes A	11.000 %
Externa $E = A\,L_1L_2/[200(L_1 + L_2)]$	1.777 m
Punto bajo	4+505.52, cota 2576.090 m

OI-4 · Herramientas de diseño: R min, peralte y visibilidad

Cuándo. Antes de fijar un radio, un peralte o una longitud de curva vertical. Cada herramienta calcula con los criterios vigentes, muestra la propuesta y pregunta si la asigna; con `Cancelar` el trazado no cambia.

1. Cargue `Curva circular por punto obligado P` (PI1 con R = 90 m, V_p = 50 km/h, $e_{máx}$ = 8 %) y calcule (5 **Calcular** Resolver).
2. 4 **Diseño** R mín, ▼ ×3 y **Enter**: $R_{mín}$ = 75.13 m (f = 0.182), radio normal 80 m, R_{opt} = 90.16 m. **Esc** no asigna: R sigue en 90 m y los resultados siguen vigentes.
3. 4 **Diseño** Peralte, ▼ ×4 y **Enter**: $e = V^2/127R - f$ = 3.67 % y sobreancho 1.120 m.
4. Con `Curva vertical simétrica L 130 m` calculada, 4 **Diseño** Visib.: D_p = 72.70 m, A = 11 % y $L_{mín}$ = 155.27 m; propone L = 156 m.



R min: propuesta y pregunta.



Visibilidad de parada en PIV1.

Lectura. R = 90 m supera $R_{mín}$ y queda muy cerca del óptimo; la curva vertical de 130 m es **menor** que la mínima por visibilidad (155.27 m): `Verificar` compara cada L con su $L_{mín}$.

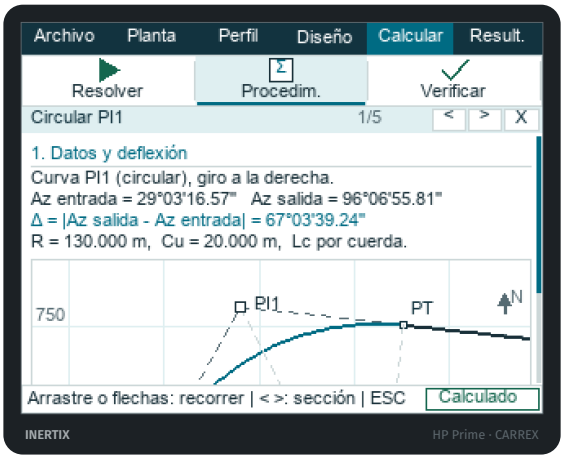
OI-5 · Longitud de curva por cuerda

Cuándo. Si el replanteo se hace por cuerdas de C_u y la longitud se define como $L_c = \Delta\, C_u / G$.

1. Cargue `Circular R 130 m, Lc por cuerda` y calcule.
2. 1 **Archivo** Ajustes muestra `Lc por` = `Cuerda` y C_u = 20 m. Esc cierra sin cambios.
3. 5 **Calcular** Procedim., primero, desarrolla las deflexiones por cuerdas.



Ajustes: Lc por cuerda.



Deflexiones por cuerdas.

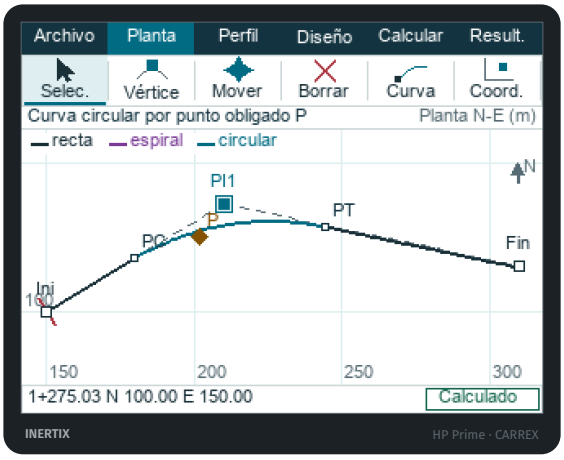
Lectura. Con Δ = 67.061° y $G = 2\arcsin(C_u/2R)$ = 8.8235°, $L_c = \Delta\, C_u / G$ = 152.006 m; por arco sería $R\,\Delta$ = 152.156 m. La diferencia (15 cm) se debe a la definición, no a un error.

OI-6 · Dato no válido

1. Con el ejemplo del punto P calculado, 2 **Planta** Curva; en `R` escriba –1 y acepte.
2. Aparece `El radio R debe ser positivo.`; el formulario sigue abierto.
3. Esc×2: el radio sigue en 90 m y los resultados siguen vigentes.



Aviso de dato no válido.



El caso no cambió.

6 Referencia de menús y opciones

6.1 1 · Archivo

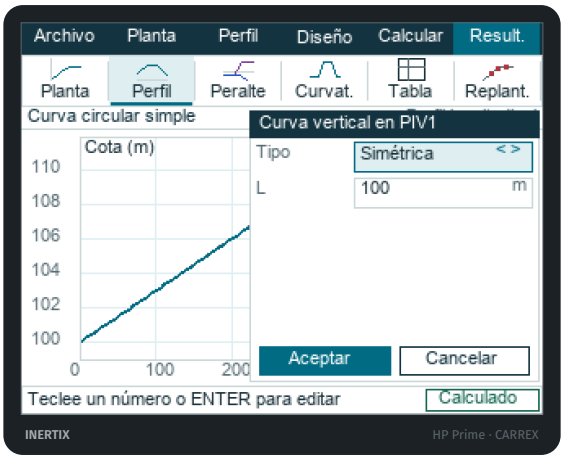
Orden	Qué hace
Nuevo	Lista de trazados base: `Curva circular simple`, `Curva con espirales`, `Dos curvas en S` y `Perfil con cresta y columpio`. Cada uno es un modelo limpio que se calcula sin más datos.
Ejemplos	Casos resueltos: `Tramo mixto: circular + espirales`, `Curva circular por punto obligado P` (el ejemplo de esta guía), `Circular R 130 m, Lc por cuerda`, `Espirales R 100 m, Le 35 m (E-E)`, `Curva vertical simétrica L 130 m`, `Curva vertical asimétrica 60+70 m` y `Curva vertical por cota obligada (ducto)`.
Ajustes	Cuerda de replanteo C_u, intervalo de replanteo vertical, L_c por arco o por cuerda, vértice de referencia y su progresiva.
Ayuda	Resumen de menús, lienzo y convenciones.
Salir	Pide confirmación.

6.2 2 · Planta y 3 · Perfil

Orden	Qué hace
Selec.	Selecciona vértices (o PIV) con ▲ ▼ o tocándolos; Enter abre sus propiedades.
Vértice / PIV	Inserta un punto: tocar una tangente lo inserta en ella; tocar fuera, extiende el trazado.
Mover	Lleva el vértice (o PIV) seleccionado al punto tocado.
Borrar	Borra el vértice con su curva, o el PIV (pide confirmación).
Curva	En un PI: tipo (`Circular`, `E-C-E`, `E-E` o `Sin curva`), R, L_e (solo con espirales) y peralte e.
Coord.	N y E del vértice seleccionado.
Curva V	En un PIV: `Ninguna`, `Simétrica` (L) o `Asimétrica` (L_1, L_2).
Cota	Progresiva y cota del PIV seleccionado.



Planta: propiedades de la curva en PI1.

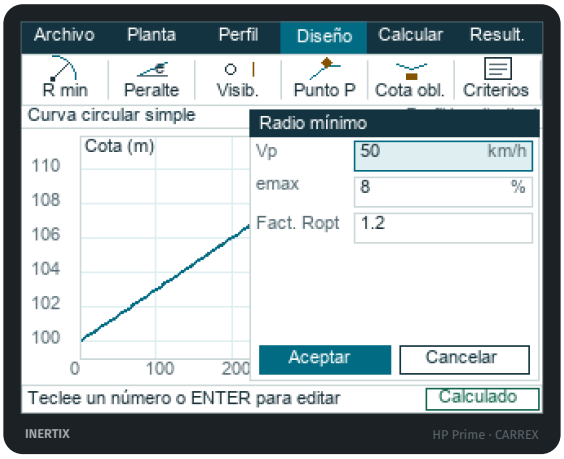


Perfil: curva vertical en PIV1.

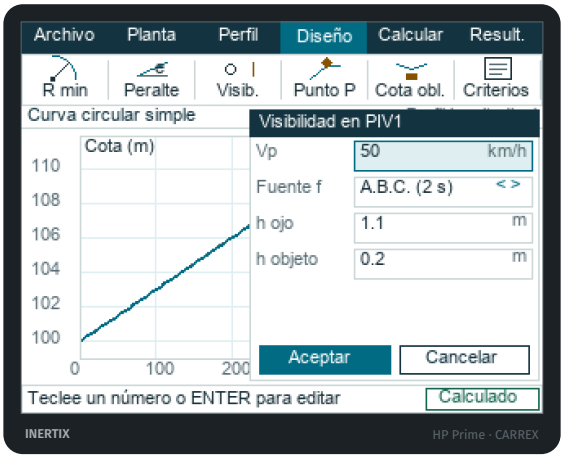
6.3 4 · Diseño

Cada herramienta calcula con los criterios vigentes y, cuando procede, ofrece `¿Asignar …?` al PI o PIV seleccionado.

Orden	Qué hace
R min	Radio mínimo, radio óptimo y radio normal para V_p y $e_{máx}$; ofrece asignarlo.
Peralte	Peralte recomendado y sobreancho de la curva del PI seleccionado (longitud del vehículo, carriles).
Visib.	Distancia de visibilidad de parada y longitud mínima de la curva vertical del PIV seleccionado. `Fuente f`: tabla `A.B.C. (2 s)` o `Tabla alt. (2.5 s)`.
Punto P	Radio de la curva circular que pasa por un punto dado (N, E).
Cota obl.	Longitud de la curva vertical simétrica que da una cota exigida (obstáculo y tapada).
Criterios	V_p, $e_{máx}$, ancho de calzada, bombeo, pendiente relativa de borde y carriles.



4 **Diseño** R min.



4 **Diseño** Visib.

6.4 5 · Calcular

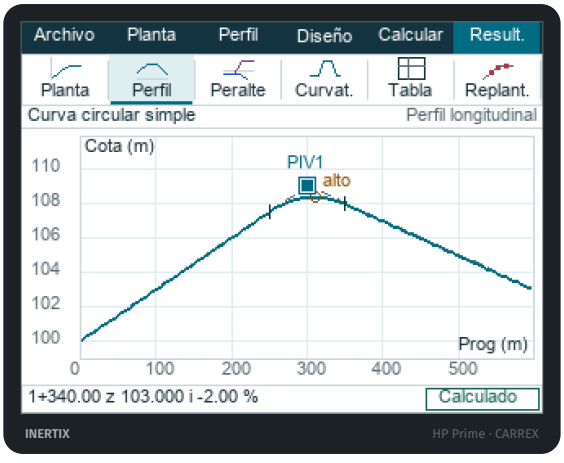
Orden	Qué hace
Resolver	Calcula planta, perfil y peralte. Si hay un error, el mensaje dice qué dato corregir.
Procedim.	Lista de procedimientos paso a paso (tabla siguiente).
Verificar	Tangentes, radios frente a Rmin, visibilidad de las curvas verticales y avisos del cálculo.

Procedimiento	Contenido
Circular: deflexiones	Datos, elementos, progresivas y tabla de deflexiones por cuerdas.
Circular: coordenadas por cuerdas	Cuerdas encadenadas y tabla de N, E.
Espiral-circular-espiral	Elementos de la clotoide, progresivas y tabla de la espiral.
Curva vertical: método directo	Elementos y tabla de cotas.
Curva vertical: ordenadas	Ordenadas a la tangente y cotas.
Transición de peralte	Longitudes de transición, diagrama y cotas de bordes.
Radio mínimo y peralte	Fricción transversal, Rmin y peralte.
Visibilidad de parada	D_p y longitud mínima de la curva vertical.
Curva por punto obligado	Ecuación del radio y elementos.
Curva vertical con cota obligada	Ecuación de L.

Un procedimiento aparece como `n/d` cuando el trazado no tiene ese elemento (por ejemplo, sin espirales). Cada uno termina con una **comparación con el programa**. En el visor, ▲ ▼ desplazan, ◀ ▶ cambian de sección y Esc cierra.

6.5 6 · Result.

Orden	Qué hace
Planta	Eje en planta N-E con rectas, espirales y curvas en colores distintos.
Perfil	Rasante con PCV, PTV y punto alto o bajo.
Peralte	Pendiente transversal de los bordes izquierdo y derecho por progresiva.
Curvat.	Diagrama $1000/R$ del eje.
Tabla	Documento con todos los elementos de planta y perfil.
Replant.	Estacas N, E de cada curva y cotas de rasante de cada curva vertical.



6 **Result.** Perfil.



1 **Archivo** Ejemplos.

6.6 Qué orden usar para cada tarea

Tarea	Orden y comentario
Empezar un trazado	1 **Archivo** Nuevo y el trazado base más parecido; después coordenadas, curvas y PIV.
Llevar el eje a coordenadas reales	2 **Planta** Coord. de cada vértice; 1 **Archivo** Ajustes fija la progresiva de un vértice de referencia.
Elegir el radio	4 **Diseño** R mín da $R_{mín}$, el normal y el óptimo; 4 **Diseño** Punto P, el radio que pasa por un punto.
Agregar espirales	2 **Planta** Curva, tipo `E-C-E` o `E-E` y L_e. Verificar avisa si se rediseña como E-E.
Definir el perfil	3 **Perfil** PIV y 3 **Perfil** Curva V; 4 **Diseño** Visib. da la longitud por visibilidad y 4 **Diseño** Cota obl., por una cota obligada.
Peralte y sobreancho	4 **Diseño** Peralte (por curva) y 4 **Diseño** Criterios (calzada, bombeo, Δs).
Comprobar el proyecto	5 **Calcular** Verificar: tangentes, continuidad, radios, visibilidad y avisos.
Replantear	6 **Result.** Replant.: estacas N, E por curva y cotas por curva vertical; 5 **Calcular** Procedim. para el desarrollo a mano.

6.7 Cómo leer los resultados

- **Tabla.** Por cada PI: sentido de giro, Δ, R, T, E, L_c, progresivas de PC, PI y PT, peralte, longitud de transición L_T y sobreancho. Por cada tramo del perfil, su pendiente; por cada PIV, si es cresta o columpio, A, L, K, PCV y PTV con sus cotas.
- **Progresivas.** Se encadenan desde el vértice de referencia de Ajustes: cambiar la referencia desplaza todas, sin cambiar la geometría.
- **Peralte.** El borde exterior sube hasta $+e$ y el interior baja hasta $-e$; en las rectas ambos bordes quedan en el bombeo. Con espirales la transición ocupa L_e; sin ellas, 70 % en la tangente y 30 % en la curva.
- **Curvatura.** Un escalón es una curva circular; una rampa, una espiral. El signo indica el sentido de giro.
- **Replanteo.** Cada fila es una estaca de progresiva redonda (múltiplo de C_u) más PC y PT, con N, E y el azimut de la tangente; las deflexiones por cuerdas están en el procedimiento 1.
- **Continuidad.** En Verificar, la separación entre tramos consecutivos del eje calculado: debe ser 0 mm.

7 Fundamento teórico breve

7.1 Curva circular simple

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2}, \qquad E = R\left(\frac{1}{\cos(\Delta/2)} - 1\right), \qquad F = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2}\right),$$
$$CL = 2R\sin\frac{\Delta}{2}, \qquad G = 2\arcsin\frac{C_u}{2R}, \qquad L_c = R\,\Delta \;\text{ o }\; L_c = \frac{\Delta\, C_u}{G}$$

Donde: Δ deflexión entre alineamientos, R radio, C_u cuerda unidad de replanteo, G grado de curvatura.

La deflexión de cada estaca es $\delta = G\,l/(2C_u)$ (por cuerda) o $\delta = l/(2R)$ (por arco), con l la subcuerda entre progresivas.

Curva por un punto obligado

Con d_P la distancia del PI al punto P y $\beta = |Az_P - Az_{\text{bis}}|$ el ángulo entre la dirección PI–P y la bisectriz interior, el radio cumple

$$\sin^2\frac{\Delta}{2}\,R^2 - 2\,d_P\cos\frac{\Delta}{2}\cos\beta\,R + d_P^2\cos^2\frac{\Delta}{2} = 0 \tag{1}$$

Se adopta la raíz que deja a P entre PC y PT.

7.2 Espirales de transición (clotoide)

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R}, \qquad X_e = L_e\left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} + \frac{\theta_e^4}{216}\right), \qquad Y_e = L_e\left(\frac{\theta_e}{3} - \frac{\theta_e^3}{42} + \frac{\theta_e^5}{1320}\right),$$
$$k = X_e - R\sin\theta_e, \qquad p = Y_e - R(1 - \cos\theta_e), \qquad T_e = (R + p)\tan\frac{\Delta}{2} + k$$

El tramo circular central abarca $\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$. Si $2\theta_e > \Delta$ o $L_c < 0.556\,V_p$, la curva se rediseña como espiral–espiral y se avisa en `Verificar`.

7.3 Curvas verticales

$$A = g_2 - g_1, \qquad E = \frac{A\,L}{800}, \qquad y = \frac{A\,x^2}{200\,L}\quad\text{(simétrica)},$$
$$E = \frac{A\,L_1 L_2}{200\,(L_1 + L_2)}\quad\text{(asimétrica)}$$

Donde: g pendientes en %, L longitud de la curva, x distancia desde el PCV, y ordenada a la tangente.

Para una cota obligada a la distancia x del PIV: $(A/4)\,L^2 + [\,200(z_{PIV} - z_r) + (g_1 + g_2)\,x\,]\,L + A\,x^2 = 0$.

7.4 Peralte, radio mínimo y visibilidad

$$R_{\text{mín}} = \frac{V_p^2}{127\,(e+f)}, \qquad e = \frac{V_p^2}{127\,R} - f, \qquad L_T = \frac{a\,e}{\Delta s},$$

$$D_p = \frac{V_p\,t_{pr}}{3.6} + \frac{V_p^2}{254\,(f+i)}, \qquad S = n\left(R - \sqrt{R^2 - L^2}\right) + \frac{V_p}{10\sqrt{R}}$$

Donde: e peralte, f fricción ($f = 0.265 - V_p/602.4$ hasta 80 km/h; $0.193 - V_p/1134$ por encima), a semiancho girado, Δs pendiente relativa de borde, t_{pr} tiempo de percepción y reacción, i pendiente, n carriles, L longitud del vehículo, S sobreancho.

8 Preguntas frecuentes

Errores y avisos

Mensaje	Qué hacer
`El radio R debe ser positivo.`	Corrija R o pulse Esc; el caso no cambia.
`R debe ser mayor que Cu/2 = …`	Aumente R o reduzca C_u en 1 Archivo Ajustes.
`Tramo i-j: tangentes superpuestas`	Las tangentes de dos curvas vecinas no caben entre sus PI: reduzca R o L_e.
`Curvas verticales de PIV … superpuestas.`	Reduzca L (o L_1, L_2) o separe los PIV.
`Seleccione un PI con curva…`	Las herramientas actúan sobre el PI o PIV seleccionado.
`Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`	Ver la nota siguiente.

Corte con la tecla ON

Si una acción se interrumpe con ON (al calcular, cargar un ejemplo o una plantilla, agregar o borrar un vértice o un PIV, o asignar un valor de Diseño), al volver a entrar CARREX abre con el caso **intacto** (el anterior a la acción, o el nuevo completo si ya había terminado), los resultados pendientes y el aviso `Cálculo interrumpido: vuelva a Calcular`. Pulse 5 Calcular Resolver. Comprobado con cortes antes de cada línea, o en 60 a 80 puntos, de esas acciones (versión del 28-10-2026).

Preguntas

¿Por qué aparece «Resultados pendientes»?

Porque el trazado cambió después del último cálculo. CARREX no muestra resultados de una solución anterior: use 5 Calcular Resolver o toque `Calcular`.

¿Cómo empiezo un trazado propio?

Con 1 Archivo Nuevo y el trazado base más parecido; luego cambie coordenadas, curvas y PIV, o inserte y borre vértices.

¿Por qué el radio aparece como 120.000011?

Los campos muestran el valor con todos sus decimales. Las coordenadas de P están dadas al milímetro, y el radio exacto que pasa por ellas difiere de 120 m en centésimas de milímetro.

Una herramienta de Diseño dice «Seleccione un PI…».

Las herramientas actúan sobre el PI o PIV seleccionado. Selecciónelo en 2 Planta Selec. (o en el perfil) y vuelva a abrirla.

¿Por qué una curva con espirales se convirtió en E-E?

Si la deflexión no deja tramo circular ($2\theta_e > \Delta$) o este es demasiado corto ($L_c < 0.556\, V_p$), CARREX la rediseña como espiral–espiral y lo avisa en `Verificar`.

¿Dónde cambio la cuerda de replanteo o el cálculo por cuerda?

En 1 Archivo Ajustes: C_u y `Lc por Arco` o `Cuerda`.

¿Cancelar una herramienta de Diseño cambia algo?

No: sin asignar, el trazado y los resultados quedan como estaban (caso OI-4).

Al aceptar un formulario sale un mensaje de error.

El mensaje dice qué dato está fuera de rango y por qué (por ejemplo, R menor que $C_u/2$). Corrija el campo o pulse Esc para anular.