INERTIX

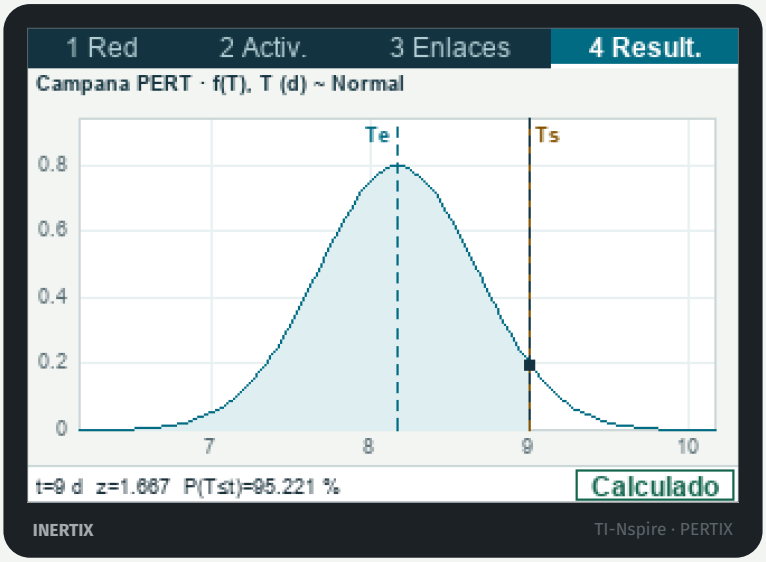
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

PERTIX

Planificación de proyectos con redes CPM y PERT

Versión 1.0.0 **TI-Nspire** Gestión y costos · 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

2. Instalación 4

3. Licencia de uso 4

4. La interfaz 8

5. Ejemplo guiado 11

6. Opciones importantes 19

7. Referencia de menús y opciones 25

8. Fundamento teórico breve 28

9. Preguntas frecuentes 29

1 Presentación y alcance

PERTIX planifica proyectos con **redes de actividades en el nodo** (AON) en las TI-Nspire CX y CX II. La red se crea con el teclado o en tablas, se resuelve por el método del camino crítico (CPM) o por PERT, y los resultados se ven sobre la propia red, en un panel, en un diagrama de Gantt y en gráficas con cursor. Cada método se puede consultar **paso a paso** para compararlo con el cálculo hecho a mano. El motor de cálculo es el mismo de la versión HP Prime: da las mismas cifras en todos los casos de esta guía.

1.1 Qué calcula

- Pases hacia adelante y hacia atrás: ES, EF, LS y LF de cada actividad.
- Holguras total, libre e independiente; ruta crítica y todos los caminos, con los subcríticos.
- PERT: tiempo esperado t_e, varianza, ruta de mayor varianza, z, probabilidad $P(T \leq T_s)$ y plazo para una probabilidad dada.
- Monte Carlo con distribución Beta-PERT: media, desviación, probabilidad e índice de criticidad.
- Compresión tiempo-costo exacta (Phillips–Dessouky) y plazo óptimo con costo indirecto.
- Desembolsos por periodo y curva S con inicio temprano y tardío.
- Duración por rendimiento: $t =$ cantidad $\cdot$ rendimiento$/(J \cdot$ cuadrillas$)$.

1.2 Unidades y convenciones

Magnitud	Unidad	Convención
Tiempo	días, semanas o meses	menu **Datos** → `Proyecto` > `Unidad`; todas las duraciones en esa unidad
Relaciones	Fin-Comienzo	desfase g: positivo es espera, negativo es solape
Costos	moneda del usuario (Bs en los ejemplos)	uniformes durante cada actividad
Jornada J	h/d	solo en la duración por rendimiento

⚠ Límites de aplicación

Solo relaciones Fin-Comienzo con desfase; sin recursos ni nivelación. PERT usa la normal sobre la ruta de mayor varianza; la compresión, solo en CPM, supone costos lineales. Hasta 40 actividades, 90 enlaces y 5 ranuras.

2 Instalación

El archivo que abre el usuario es `PERTIX.tns`. Los componentes del programa se distribuyen integrados en ese documento.

Archivo	Uso
`PERTIX.tns`	Documento de la aplicación para TI-Nspire.
Guía de uso en PDF	Instrucciones y ejemplo guiado de la misma versión.
Ficha de ejemplo en PDF	Enunciado, datos y resultados de referencia.

2.1 Abrir en la computadora

1. Conserve una copia del documento recibido.
2. Ábralo en el software TI-Nspire compatible indicado en la ficha de esta guía.
3. Active la página del programa y compruebe que aparece su pantalla inicial.

2.2 Transferir a la calculadora

Con el software TI-Nspire de escritorio, la ruta documentada por Texas Instruments es conectar el equipo por USB, abrir el documento y usar **File > Save to Handheld** (Archivo > Guardar en unidad portátil). Seleccione el equipo y la carpeta de destino; después abra el documento transferido.

Referencia: Texas Instruments, solución 26210. Es la ruta general documentada por Texas Instruments para cualquier documento .tns.

> **Guardar un caso**
> Guarde una copia del documento con un nombre reconocible. El programa está diseñado para conservar los datos del caso; la guía indica qué se restaura y cuándo hay que recalcular. No presuponga que el resultado guardado sigue vigente.

3 Licencia de uso

PERTIX se entrega con una **licencia personal**: se activa una sola vez y queda ligada a **su** calculadora TI-Nspire (CX y CX II). La activación de la versión HP Prime no se aplica a la TI-Nspire.

Archivo	Uso
`PERTIX.tns`	Documento de la aplicación; el programa completo va dentro.
`INERTIX_LICENCIA.tns`	Documento con la licencia de **su** calculadora. Se recibe después de enviar el ID; una misma licencia puede incluir varios programas INERTIX.

Los programas se reciben por WhatsApp en un archivo `.zip`, junto con `INERTIX_LICENCIA.tns`. Si ya tiene los programas, recibe solo `INERTIX_LICENCIA.tns`.

3.1 Cómo funciona

- Al abrir `PERTIX.tns` aparece `Verificando la licencia...` durante unos segundos (unos 7 a 8 en una TI-Nspire CX CAS). Es normal: con una licencia válida para esa calculadora, PERTIX se

abre solo, con el caso guardado. Sin ella queda la pantalla `Licencia`, que solo ofrece `Licencia` (estado, pegar, copiar el ID, verificar de nuevo) y `Ayuda` (instrucciones, soporte, acerca de): **no se puede calcular**.

- La licencia es un texto firmado ligado al **ID completo** de la calculadora; enumera los programas y la versión mayor autorizados. Si se edita un carácter, deja de ser válida.
- Se verifica al abrir el documento, al pegar una licencia y al volver a la página. No se guarda un estado «activado»: un documento copiado a otra calculadora muestra `Licencia de otra calculadora`.
- En el software de computadora no hay ID de calculadora: la pantalla dice `Se activa solo en una calculadora TI-Nspire` y el programa no calcula, aunque el documento traiga una licencia válida.

3.2 Activar en la calculadora

1. Abra `PERTIX.tns` en la calculadora. Anote el `ID del equipo` completo y el `control` de 4 caracteres que muestra la pantalla `Licencia` (o menu **Licencia** → `Copiar ID`).
2. Envíe ambos con su pedido por WhatsApp, por el mismo chat donde compró.
3. Copie el `INERTIX_LICENCIA.tns` recibido a la calculadora (sección anterior), ábralo y pulse enter: aparece `Licencia copiada`.
4. Abra `PERTIX.tns` y pulse ctrl+V (o menu menu **Licencia** → `Pegar licencia`).
5. Con `Licencia activa`, guarde el documento con ctrl+S para conservarla.

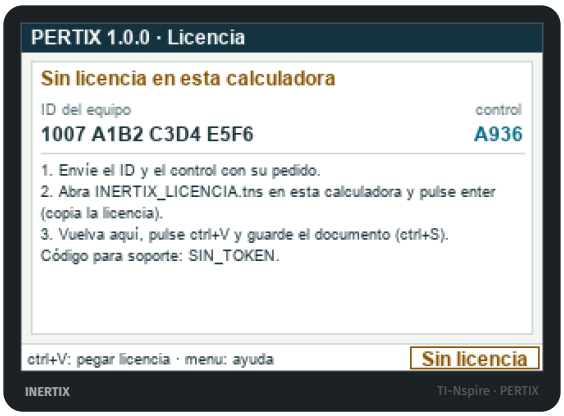
Con la licencia activa, menu **Archivo** → `Licencia` muestra el estado, el ID y el control sobre el caso, y esc vuelve sin cambiarlo.

3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

Mensaje	Qué hacer
Verificando la licencia…	Espere unos segundos; el programa se abre solo si la licencia es válida.
Licencia activa	Nada; guarde el documento si acaba de pegarla.
Sin licencia en esta calculadora	Siga los pasos anteriores.
Licencia no válida	El texto está incompleto o alterado: vuelva a abrir `INERTIX_LICENCIA.tns`, pulse enter y pegue de nuevo.
Licencia de otra calculadora	La licencia es de otro ID. Pida soporte con el ID y el control de esta calculadora.
Programa o versión no incluidos	La licencia no incluye este programa o esta versión mayor.
Se activa solo en una calculadora TI-Nspire	Software de computadora o emulador: abra el documento en su TI-Nspire CX y CX II.
No se pudo verificar	Pida soporte con el código que muestra la pantalla.

Salvo `Licencia activa`, cada mensaje muestra un `Código para soporte`. En la pantalla Licencia, menu **Ayuda** → `Soporte` reúne programa, ID, control, estado y código para enviarlos.

3.4 La licencia en PERTIX

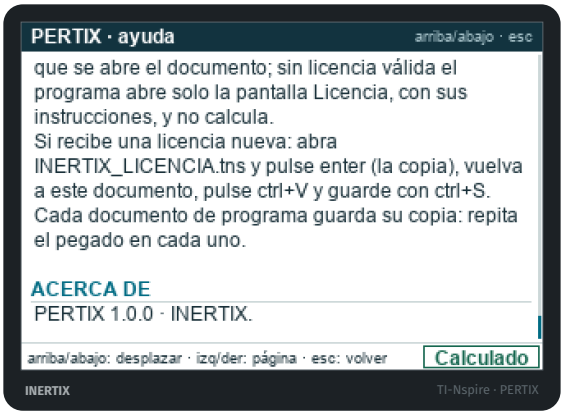


Sin licencia: solo la pantalla Licencia; no hay cálculo (ID de ejemplo).

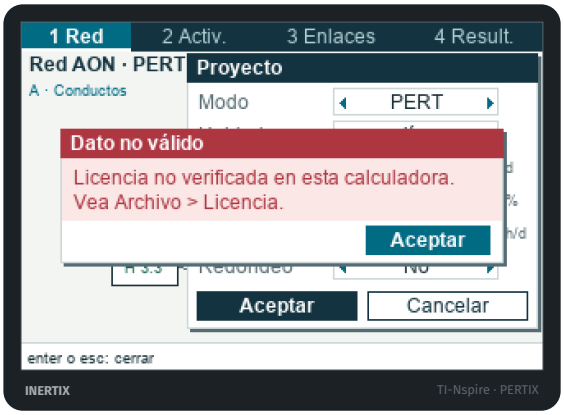


menu **Archivo** → `Licencia` con la licencia activa (ID de ejemplo).

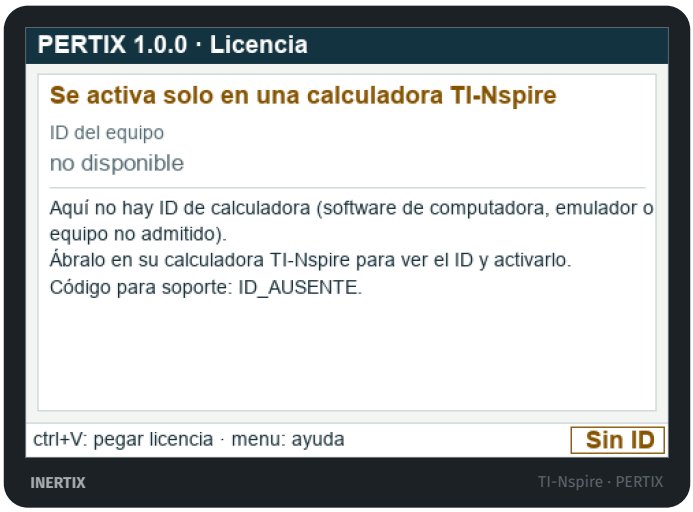
La orden menu **Archivo** → `Licencia` abre la pantalla Licencia sobre el caso; esc vuelve con el caso intacto y calculado. La Ayuda termina con los apartados LICENCIA y ACERCA DE. Sin licencia válida para **esta** calculadora, PERTIX no calcula ni cambia el caso: Resolver, Monte Carlo, Diagnóstico, procedimientos, tabla de resultados, ejemplos, plantillas, ranuras, formularios y tablas muestran `Licencia no verificada en esta calculadora. Vea Archivo > Licencia.`



Final de la Ayuda: LICENCIA y ACERCA DE.



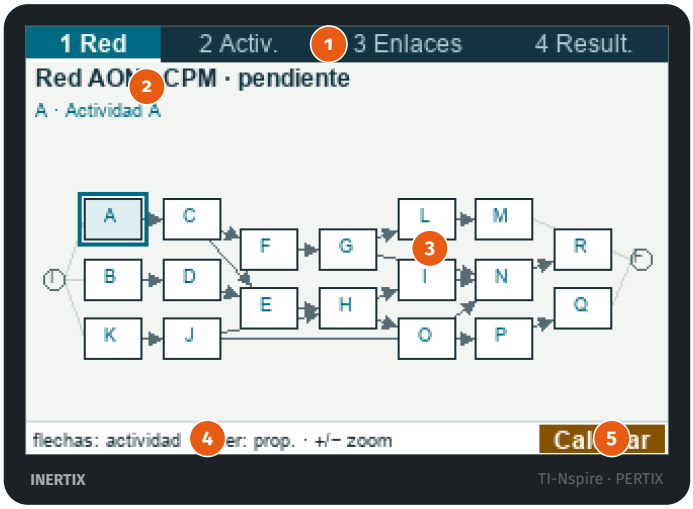
Sin licencia válida, un formulario no acepta cambios.



En la computadora no hay ID de calculadora: «Se activa solo en una calculadora TI-Nspire».

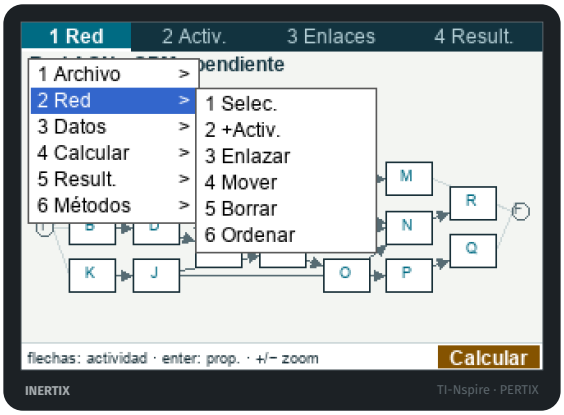
4 La interfaz

4.1 Zonas de la pantalla

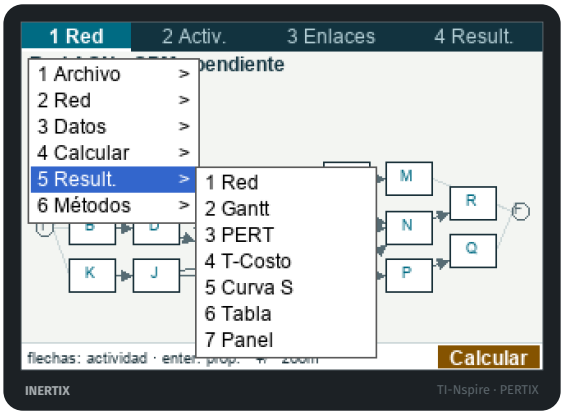


Pantalla inicial: ejemplo «CPM 18 actividades» cargado, sin calcular.

Zona	Uso
1 Pestañas	`Red`, `Activ.`, `Enlaces` y `Result.`: cuatro vistas del mismo caso. Se eligen con 1 a 4 o con tab.
2 Rótulo	Modo (CPM o PERT), estado (`pendiente` o `calculada`) y actividad elegida.
3 Área de trabajo	La red AON, una tabla, el panel o una gráfica.
4 Barra inferior	Ayuda de teclas o la lectura del cursor (ES, EF y holguras; t, z y P…).
5 Botón de cálculo	`Calcular` si hay cambios sin resolver (un clic calcula); `Calculado` si los resultados están al día.



menu: categoría Red.



menu: categoría Result.

En la guía, menu **Categoría** → `Orden` indica una ruta del menú.

4.2 Teclas y entrada de datos

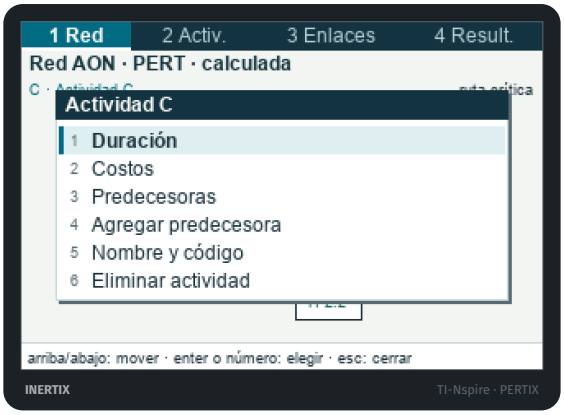
Tecla	Dónde	Acción
menu	siempre	Abre Archivo, Red, Datos, Calcular, Result. y Métodos.
1 … 4, tab	vistas	Cambian de pestaña.
◀ ▶ ▲ ▼	Red	Recorren las actividades.
enter	Red	Abre las propiedades de la actividad; con la red vacía crea una.
del	Red	Elimina la actividad elegida y sus enlaces (pide confirmar).
+ − 0	Red	Acercan, alejan y encuadran.
Flechas, enter, clear	tablas	Eligen celda, editan o aceptan, reemplazan; esc deshace.
Flechas, tab, enter	formularios	Recorren campos y opciones; tab lleva a Aceptar.
Flechas y enter	gráficas	Mueven el cursor; enter lo lleva al valor notable (T_s, óptimo).
esc	siempre	Cierra la ventana o el formulario sin cambiar el caso; en una vista vuelve a la red.
Touchpad	red y gráficas	Un clic elige una actividad (otro clic abre sus propiedades) o mueve el cursor.

Diferencias con la HP Prime

En la TI-Nspire todo se hace con el teclado: menu **Red** → `+Activ.` crea la actividad sin tocar la pantalla, menu **Red** → `Enlazar` pide predecesora y sucesora en listas, y menu **Red** → `Mover` usa un formulario de columna y fila. Hay además dos tablas editables (`Activ.` y `Enlaces`) y un `Panel` de resultados. No hay orden Salir: el documento se guarda con ctrl S.

4.3 Tablas

En `Activ.` cada fila es una actividad: código, nombre, duración (d, o a, m, b en PERT), predecesoras y costos. En `Enlaces`, cada relación con su desfase g. enter edita la celda; en las numéricas se admiten operaciones (`(3+1)*2`). + agrega una fila y del pide confirmar la baja. Nombre y predecesoras largos se abrevian con «..»: la barra inferior los muestra completos. La tabla `Nombre y código` de las propiedades se abre encima de la vista ya en edición: el primer esc deshace, el segundo la cierra (también se cierra con un clic en su título).



Propiedades de una actividad.

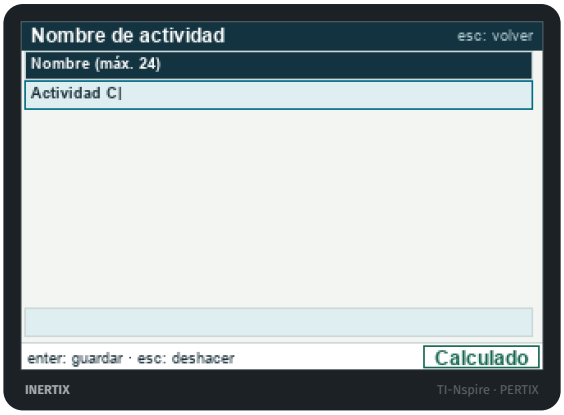


Tabla «Nombre de actividad» con su título.

4.4 Resultados pendientes y errores

Cualquier cambio deja los resultados **pendientes**: PERTIX no muestra cifras de una solución anterior. Una vista que los necesita pregunta `Resultados pendientes. ¿Calcular ahora?`. Un dato fuera de rango no cierra el formulario ni cambia el caso; el aviso dice qué corregir.

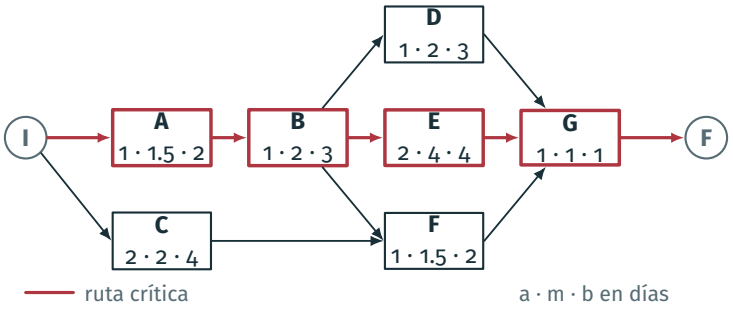
Mensaje	Causa
`A: el tiempo optimista a no puede ser negativo.`	Dato fuera de rango (igual con d, C_n, d_c, C_c).
`Ciclo: A ya precede (directa o indirectamente) a G.`	El enlace cerraría un ciclo; no se crea.
`Método no disponible`	El método no aplica; el texto dice qué falta.
`Máximo 40 actividades.` · `Máximo 90 enlaces.`	Límites del programa.
`Corridas Monte Carlo entre 20 y 5000.`	N fuera de rango.

La versión HP tiene un aviso más, `Cálculo interrumpido`, por el corte con la tecla [On]; en la TI-Nspire no existe ese corte.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado y datos

La instalación eléctrica de una obra se divide en 7 actividades con tiempos optimista (a), más probable (m) y pesimista (b) en días, unidas por relaciones Fin-Comienzo sin desfase. Calcular el **tiempo esperado** del proyecto, la **ruta crítica** y las **holguras**, la **probabilidad de terminar en 9 días** o menos y contrastarla con una **simulación Monte Carlo** de 300 corridas.



Act.	Descripción	a (d)	m (d)	b (d)	Predecesoras
A	Conductos	1	1.5	2	—
B	Cables	1	2	3	A
C	Centro de carga	2	2	4	—
D	Lámparas	1	2	3	B
E	Contactos	2	4	4	B
F	Conexión centro	1	1.5	2	B, C
G	Alimentación	1	1	1	F, D, E

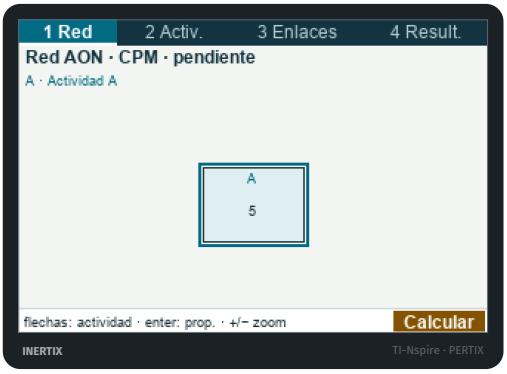
Proyecto	Valor	Observación
Modo	PERT (a, m, b)	Unidad: días
Plazo T_s	9 d	Para $P(T \leq T_s)$
Monte Carlo	$N = 300$, semilla 12345	Valores por defecto

Fuente: Caso de validación oficial de INERTIX para redes de programación y control de proyectos CPM/PERT (`Archivo > Ejemplos`). La red de 7 actividades permite verificar analíticamente los tiempos esperados (t_e), varianzas, identificación de la ruta crítica y cálculo de la probabilidad de cumplimiento temporal.

5.2 Paso a paso

Se construye el caso **desde cero** en 17 pasos, en el mismo orden que en la guía HP. La fila *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; menu **Red** → `+Activ.` crea las actividades en orden, por eso sus códigos son B a G.

1 Nuevo: proyecto en blanco



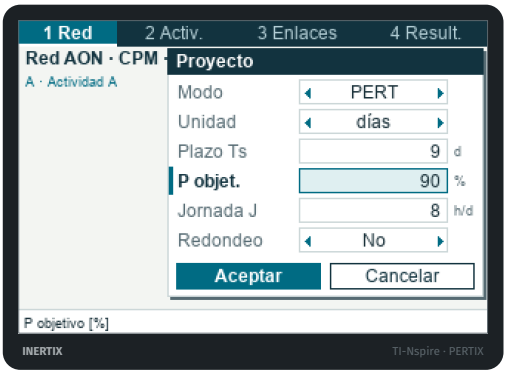
TECLAS

menu **Archivo** → Nuevo 1 enter

menu **Archivo** → Nuevo lista las plantillas; 1 elige En blanco (1 actividad) y enter confirma que se reemplaza el proyecto. Queda A con $d = 5$ d en CPM.

✔ **Debe verse:** Red con la actividad A sola, «Red AON · CPM · pendiente»

2 Proyecto: modo PERT y plazo Ts = 9 d



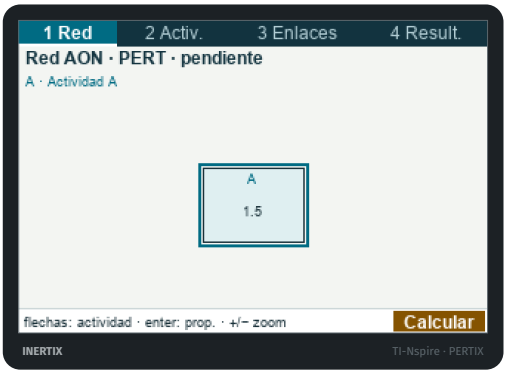
TECLAS

menu **Datos** → Proyecto ▶ ▼ ×2 clear 9 enter

menu **Datos** → Proyecto: con ▶ el campo Modo pasa a PERT y aparecen Plazo Ts y P objet.. Escriba 9 en el plazo.

✔ **Debe verse:** Formulario «Proyecto»: Modo PERT, Unidad días, Plazo Ts 9, P objetivo 90

3 Tiempos de A: 1 / 1.5 / 2 d



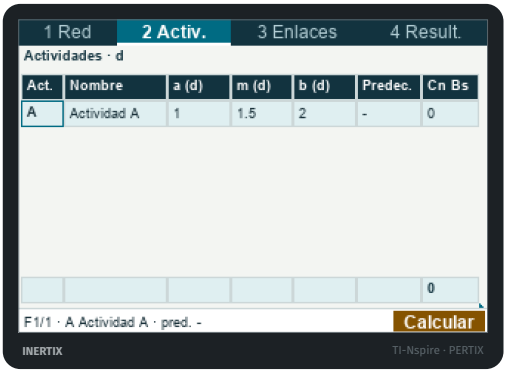
TECLAS

tab enter menu **Datos** → Activ. 1 ▼ clear 1 enter clear 1 . 5 enter clear 2 enter ×2

Acepte. menu **Datos** → Activ. abre las propiedades de A; 1 (Duración) abre el formulario: a, m y b.

✔ **Debe verse:** La caja A muestra te = 1.5; resultados pendientes

4 Abrir la pestaña Activ.



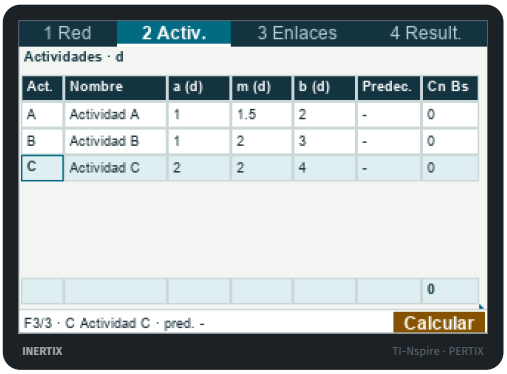
TECLAS

2

2 abre la pestaña `Activ.`: en ella se verán aparecer las actividades. (En la HP este paso aleja la vista para dejar sitio en el lienzo; aquí no hace falta.)

✔ **Debe verse:** Tabla de actividades con las columnas a, m, b (d), Predec., te y Tipo; la fila A

5 Crear B (1/2/3) y C (2/2/4)



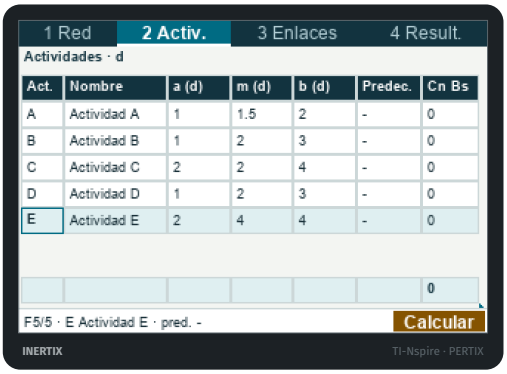
TECLAS

menu **Red** → `+Activ.` ▼ clear 1 enter clear 2 enter clear 3 enter ×2 menu **Red** → `+Activ.` ▼ clear 2 enter clear 2 enter clear 4 enter ×2

menu **Red** → `+Activ.` crea B y abre su duración con el foco en a. Repita para C.

✔ **Debe verse:** Filas A, B y C; todavía sin predecesoras

6 Crear D (1/2/3) y E (2/4/4)



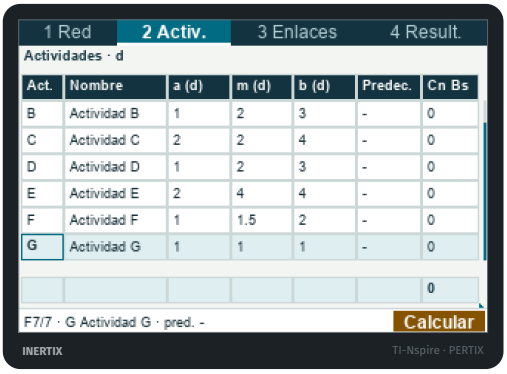
TECLAS

menu **Red** → `+Activ.` ▼ clear 1 enter clear 2 enter clear 3 enter ×2 menu **Red** → `+Activ.` ▼ clear 2 enter clear 4 enter clear 4 enter ×2

Igual para D y E.

✔ **Debe verse:** Filas D y E

7 Crear F (1/1.5/2) y G (1/1/1)



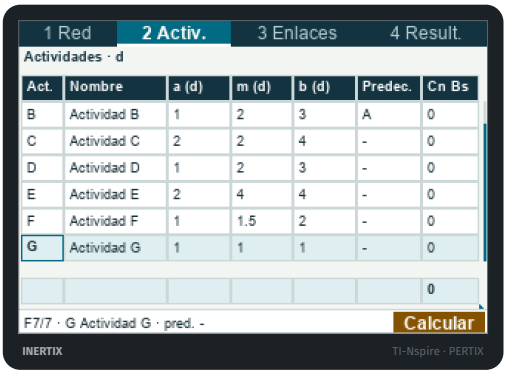
TECLAS

menu **Red** → `+Activ.` ▼ clear 1 enter clear 1 . 5 enter clear 2 enter ×2 menu **Red** → `+Activ.` ▼ clear 1 enter clear 1 enter clear 1 enter ×2

Igual para F y G. Ya están las siete actividades con sus tiempos, sin ningún enlace.

✔ **Debe verse:** Siete actividades sin enlaces

8 Predecesora de B: A



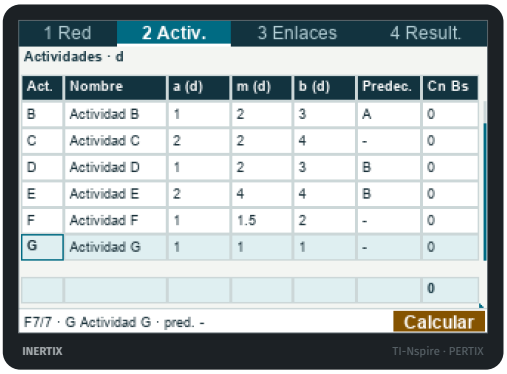
TECLAS

menu **Red** → `Enlazar` 1 2 tab enter

menu **Red** → `Enlazar` pide la predecesora (1, A) y la sucesora (2, B) y abre el desfase $g = 0$; acéptelo.

✔ **Debe verse:** Enlace A → B con g = 0

9 Predecesora de D y de E: B



TECLAS

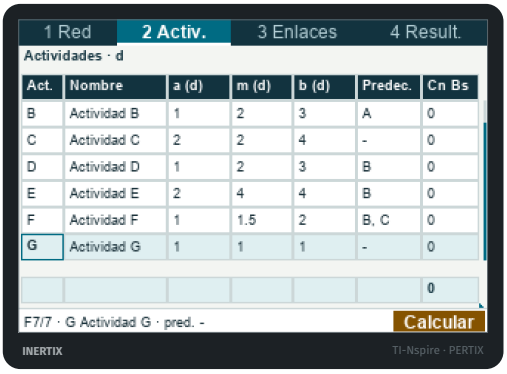
menu **Red** → `Enlazar` 2 4 tab enter

menu **Red** → `Enlazar` 2 5 tab enter

Con el mismo procedimiento, B precede a D y a E.

✔ **Debe verse:** Enlaces B → D y B → E

10 Predecesoras de F: B y C



TECLAS

menu **Red** → Enlazar 2 6 tab enter

menu **Red** → Enlazar 3 6 tab enter

F tiene dos predecesoras: B y C. Una actividad admite tantas como haga falta.

✔ **Debe verse:** Enlaces B → F y C → F

11 Predecesoras de G: F, D y E



TECLAS

menu **Red** → Enlazar 6 7 tab enter

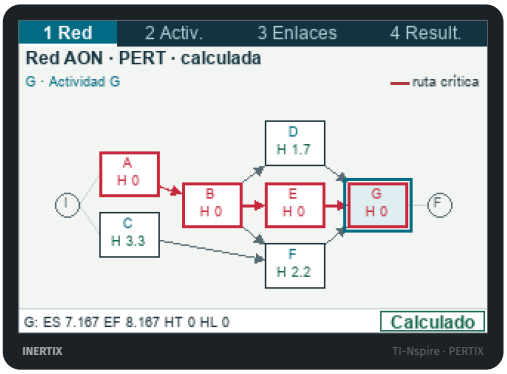
menu **Red** → Enlazar 4 7 tab enter

menu **Red** → Enlazar 5 7 tab enter 3

G cierra la red con tres predecesoras. 3 muestra la pestaña Enlaces con las 8 relaciones.

✔ **Debe verse:** Pestaña Enlaces: 8 relaciones con g = 0

12 Ordenar y resolver



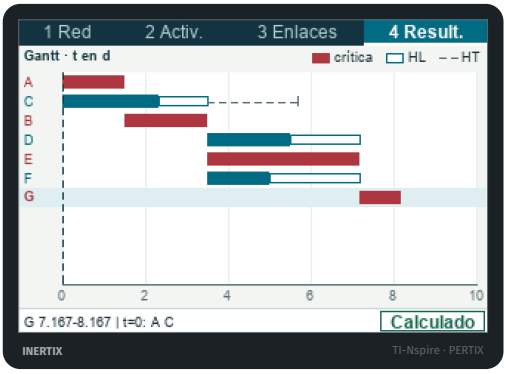
TECLAS

menu **Red** → Ordenar menu **Calcular** → Resolver

menu **Red** → Ordenar dispone la red por niveles y menu **Calcular** → Resolver la calcula: ruta crítica A-B-E-G en rojo, $T_e = 8.167$ d y botón Calculado.

✔ **Debe verse:** Red con la ruta A-B-E-G en rojo; barra inferior con ES, EF, HT y HL de la actividad elegida; «Calculado»

13 Diagrama de Gantt



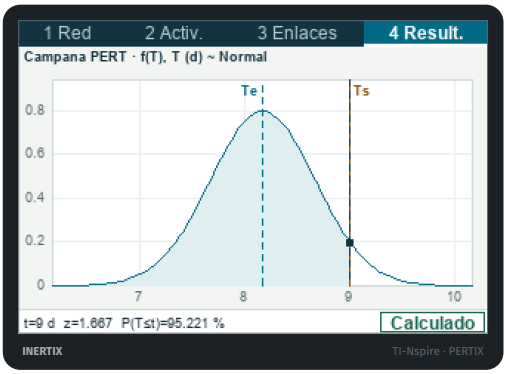
TECLAS

menu **Result.** → `Gantt`

menu **Result.** → `Gantt`: barras por ES; críticas en rojo, holgura libre como caja y total como trazos. ▲ ▼ eligen la actividad; ◄ ► mueven el tiempo y la barra inferior lista las actividades en curso.

✔ **Debe verse:** Barras por ES; críticas en rojo, holgura libre (caja) y total (trazos) en C, D y F

14 Campana PERT con el cursor en Ts



TECLAS

menu **Result.** → `PERT` enter

menu **Result.** → `PERT` dibuja la campana con T_e y T_s; enter lleva el cursor a $T_s = 9$ d: $z = 1.667$ y $P(T \leq 9) = 95.221\,\%$.

✔ **Debe verse:** Campana con Te y Ts; barra inferior «t=9 d z=1.667 P(T≤t)=95.221 %»

15 Tabla de resultados



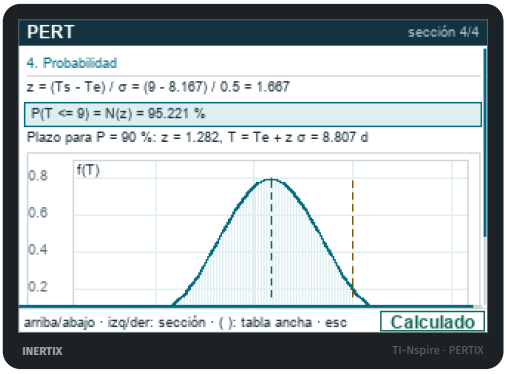
TECLAS

menu **Result.** → `Tabla`

menu **Result.** → `Tabla` reúne $d = t_e$, ES, EF, LS, LF, HT, HL y HI; las críticas llevan asterisco.

✔ **Debe verse:** Sección «Tiempos y holguras»: d = te, ES, EF, LS, LF, HT, HL y HI de las 7 actividades

16 Procedimiento PERT: probabilidad



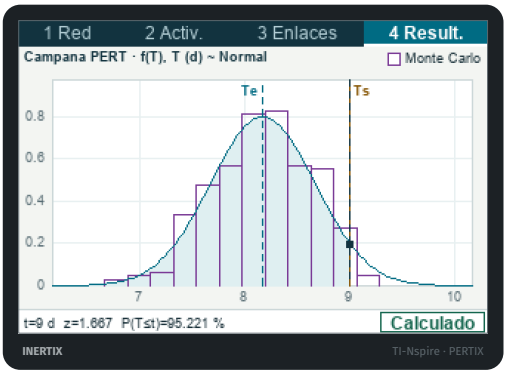
TECLAS

esc menu **Métodos** → PERT ▶ ×3

menu **Métodos** → PERT desarrolla el método en cuatro secciones; ▶ ×3 lleva a la 4, Probabilidad, con el plazo para el 90 %: 8.807 d.

✔ **Debe verse:** Sección 4/4 «Probabilidad»: z = (9 − 8.167)/0.5 = 1.667, P = 95.221 % y plazo para 90 %: 8.807 d

17 Monte Carlo con 300 corridas



TECLAS

esc menu **Calcular** → Monte C. tab enter

menu **Calcular** → Monte C. abre el formulario con $N = 300$ y semilla 12345; acéptelo. El histograma se superpone a la campana: media 8.168 d y $P(T \leq 9) = 97.333\,\%$.

✔ **Debe verse:** Campana con el histograma superpuesto; Monte Carlo: media 8.168 d, P(T ≤ 9) = 97.333 %

5.3 Resultados y comprobación

Magnitud	Referencia	PERTIX	Estado
Tiempo esperado T_e	8.17 d	8.1667 d	Coincide
Ruta crítica	A-B-E-G	A-B-E-G	Coincide
Holgura total de C	3.33 d	3.333 d	Coincide
Holgura total de D y de F	—	1.667 d · 2.167 d	—
Holgura libre de C	—	1.167 d	—
Desviación de la ruta, σ	0.5 d	0.5 d	Coincide
$z = (T_s - T_e)/\sigma$	1.667	1.667	Coincide
$P(T \leq 9$ d)	95.22 %	95.221 %	Coincide
Plazo para $P = 90\,\%$	—	8.807 d	—
Monte Carlo: media · $P(T \leq 9)$	—	8.168 d · 97.333 %	Contraste

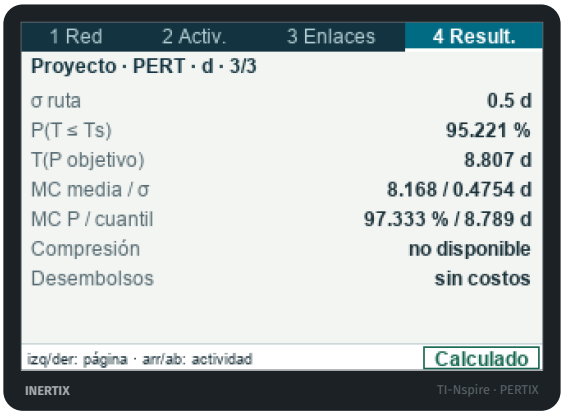
Te = 1.5 + 2 + 3.6667 + 1 (A-B-E-G). Las actividades críticas tienen holgura total nula. Monte Carlo usa la distribución Beta-PERT y la semilla 12345: con otra semilla cambia la tercera cifra.

Comprobación a mano

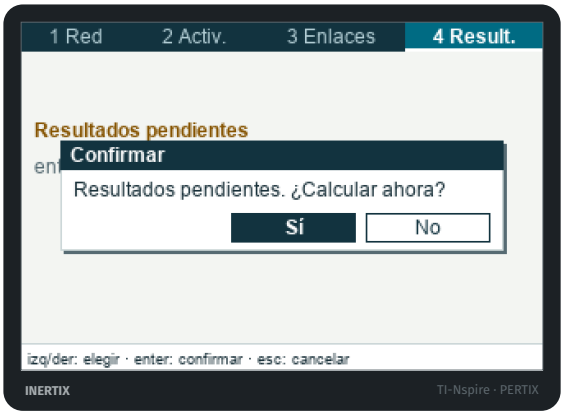
$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}: \quad t_{e,A} = 1.5,\ t_{e,B} = 2,\ t_{e,E} = \frac{2 + 16 + 4}{6} = 3.667,\ t_{e,G} = 1$$

$$T_e = 1.5 + 2 + 3.667 + 1 = 8.167 \text{ d} \qquad \sigma^2 = \sum \left(\tfrac{b-a}{6}\right)^2 = \tfrac{1+4+4+0}{36} = 0.25$$

$$z = \frac{9 - 8.167}{0.5} = 1.667 \ \Rightarrow\ P(T \le 9) = \Phi(1.667) = 0.9522$$



menu **Result.** → `Panel`, página 3: PERT y Monte Carlo.



Tras cambiar un dato: resultados pendientes.

Guardado del ejemplo

ctrl S guarda el documento con el proyecto y las cinco ranuras, no los resultados. Al reabrirlo, el caso vuelve igual con los resultados pendientes (OI-6, paso 8).

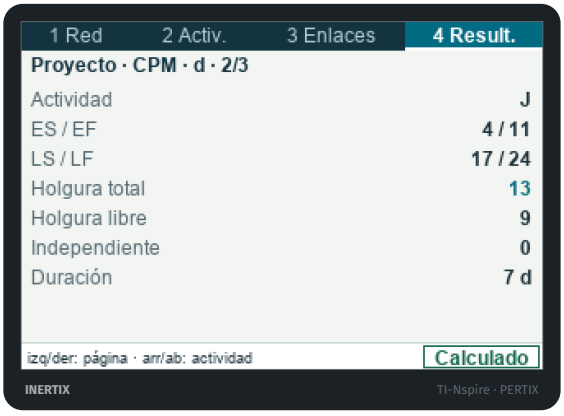
6 Opciones importantes

Seis casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca; son los mismos OI-1 a OI-6 de la guía HP. menu **Archivo** → `Ejemplos` **sustituye el proyecto** (guarde antes el suyo en una ranura) y lo deja sin calcular.

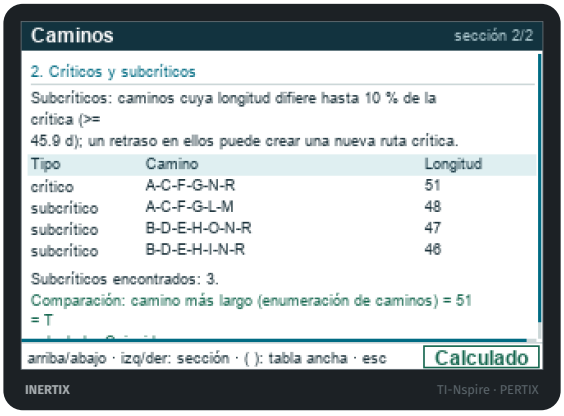
OI-1 · CPM: red de 18 actividades (caminos y holgura libre)

Red determinista de 18 actividades (A a R, días, Fin-Comienzo sin desfase). Caso de referencia 1 del programa.

1. **Cargar el ejemplo.** menu **Archivo** → `Ejemplos`, opción 1.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 1
2. **Resolver.** Ruta A-C-F-G-N-R en rojo; $T = 51$ d.
   menu **Calcular** → `Resolver`
3. **Panel del proyecto.** Página 1/3 del Panel: duración, actividades, enlaces, críticas y caminos.
   menu **Result.** → `Panel` ▶
4. **Holguras de J.** ▼ hasta J y ▶: página 2 con las holguras de J.
   ▼ ×9 ▶
5. **Enumeración de caminos.** Sección «Críticos y subcríticos».
   menu **Métodos** → `Caminos` ▶



Panel, página 2: holguras de J.



menu **Métodos** → `Caminos`: crítico y subcríticos.

Resultado	TI-Nspire (= HP)
Duración y ruta crítica	$T = 51$ d · A-C-F-G-N-R
Holgura total	B, D, E, H y O: 4 d; I: 5 d; J y K: 13 d; L y M: 3 d; P y Q: 6 d
Holgura libre	J: 9 d; Q: 6 d; I: 5 d; M: 3 d; resto 0
Caminos	12; el segundo más largo, A-C-F-G-L-M = 48 d

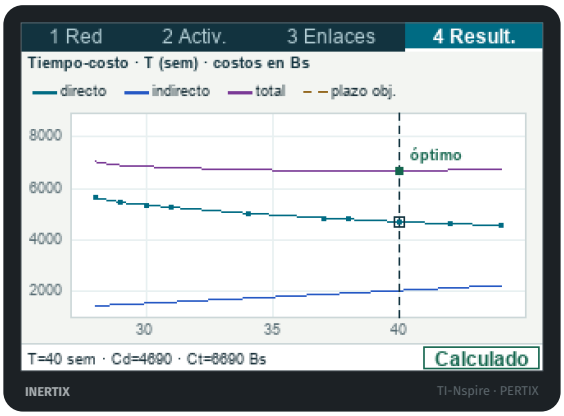
Cómo leerlo. J puede retrasarse 9 d sin mover a ninguna sucesora y 13 d sin retrasar el proyecto. El camino de 48 d es subcrítico: un retraso de más de 3 d en él lo convierte en crítico.

OI-2 · Compresión tiempo-costo (CPM)

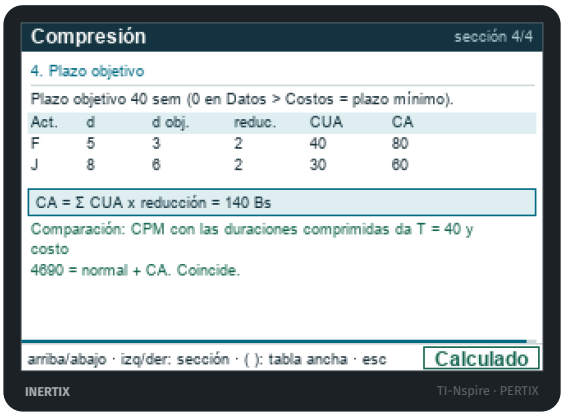
Red de un edificio (14 actividades, semanas) en CPM con d, d_c, C_n y C_c (miles), costo indirecto 50 por semana y plazo objetivo de 40 semanas. Fuente: red Reliable Construction de Hillier y Lieberman

con costos ilustrativos.

1. **Cargar el ejemplo.** menu **Archivo** → `Ejemplos`, opción 4.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 4
2. **Costos del proyecto.** menu **Datos** → `Costos`: indirecto, plazo objetivo y periodo de corte.
   menu **Datos** → `Costos`
3. **Resolver.** esc sin cambios y menu **Calcular** → `Resolver`: $T = 44$ sem.
   esc menu **Calcular** → `Resolver`
4. **Curva tiempo-costo y óptimo.** menu **Result.** → `T-Costo` y enter: cursor en el óptimo.
   menu **Result.** → `T-Costo` enter
5. **Recorrer los quiebres.** ▶ recorre los quiebres; la barra inferior da T, C_d y C_t.
   ▶
6. **Procedimiento: plazo objetivo.** menu **Métodos** → `Compr.`, sección 4 «Plazo objetivo».
   menu **Métodos** → `Compr.` ▶×3



Curvas directo, indirecto y total; óptimo en 40 sem.



Procedimiento: plazo objetivo.

Resultado	TI-Nspire (= HP)
Plazo y costo normales	44 sem · costo directo 4550
Comprimir a 40 sem	+140 · costo directo 4690
Óptimo con costo indirecto	$T = 40$ sem · costo total 6690
Plazo mínimo	28 sem · costo directo 5640

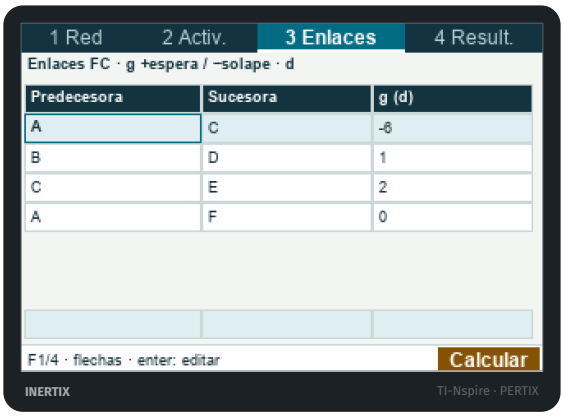
Cómo leerlo. Acortar de 44 a 40 sem cuesta 140 y ahorra $4 \times 50 = 200$ de indirectos: el óptimo está en 40 sem. Más allá, el total sube aunque el plazo mínimo llegue a 28 sem.

OI-3 · Desembolsos y curva S

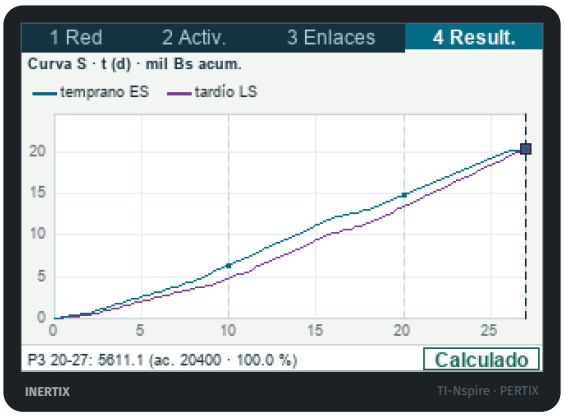
Seis actividades (A a F) con duraciones de 8, 5, 14, 10, 9 y 18 d, desfases A → C -6 d, B → D $+1$ d, C → E $+2$ d y costos de 1700, 600, 4500, 1300, 3400 y 8900 Bs. Cortes cada 10 días.

1. **Cargar el ejemplo.** menu **Archivo** → `Ejemplos`, opción 5.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 5
2. **Leer los desfases.** Pestaña `Enlaces`: $g = -6$ es solape, $+1$ y $+2$ son espera.
   3
3. **Resolver.** $T = 27$ d, ruta A-C-E.
   menu **Calcular** → `Resolver`

4. **Curva S.** menu **Result.** → `Curva S`: curvas temprana (ES) y tardía (LS).
   menu **Result.** → `Curva S`
5. **Recorrer los periodos.** ▶ ×2: periodo 3, con su desembolso y el acumulado.
   ▶ ×2
6. **Procedimiento de desembolsos.** menu **Métodos** → `Desemb.`, sección 3.
   menu **Métodos** → `Desemb.` ▶ ×2



Enlaces con desfases positivos y negativos.



Curva S en el periodo 3.

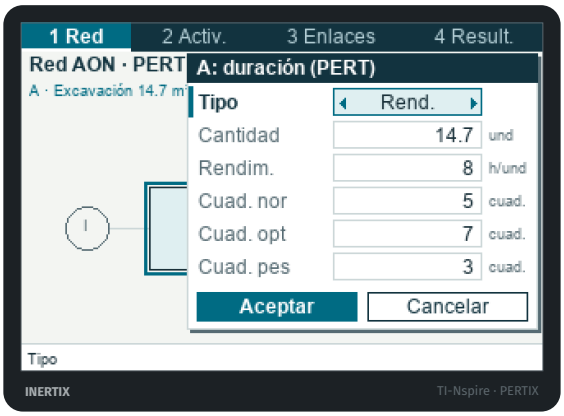
Resultado	TI-Nspire (= HP)
Duración	27 d · ruta A-C-E
Desembolsos (programa temprano)	6380.32 · 8408.57 · 5611.11 Bs
Total	20 400 Bs

Cómo leerlo. La separación entre las curvas es el margen financiero: con inicio tardío se aplaza gasto sin retrasar el proyecto.

OI-4 · PERT: duración por rendimiento

Excavación de 14.7 m³ y viga de 20 m³: a, m, b salen de la cantidad, el rendimiento (h/und), la jornada de 8 h/d y las cuadrillas optimista, normal y pesimista, redondeados al entero.

1. **Cargar el ejemplo.** menu **Archivo** → `Ejemplos`, opción 6.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 6
2. **Duración de A por rendimiento.** Propiedades de A > `Duración`: tipo `Rend.` con sus campos.
   menu **Datos** → `Activ.` 1
3. **Cerrar sin cambios.** esc: el caso no cambia.
   esc
4. **Resolver.** $T_e = 19.83$ d.
   menu **Calcular** → `Resolver`
5. **Tabla de actividades.** Pestaña `Activ.`: $a/m/b$ calculados y tipo `Rendim.`
   2



Formulario de duración por rendimiento.

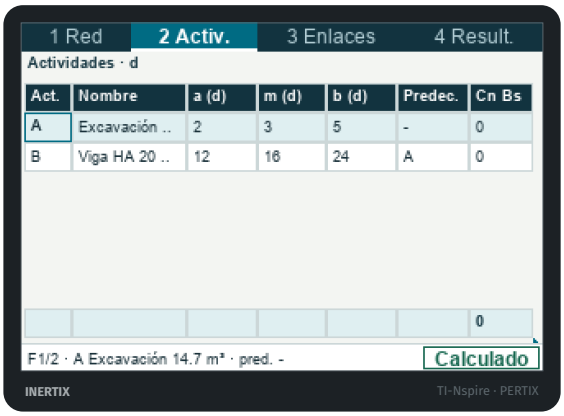


Tabla con los tiempos calculados.

Resultado	TI-Nspire (= HP)
Excavación (A)	$a/m/b = 2/3/5$ d · $t_e = 3.17$ d
Viga (B)	$a/m/b = 12/16/24$ d · $t_e = 16.67$ d
Proyecto	$T_e = 19.83$ d

Cómo leerlo. En la tabla, las celdas de tiempo de una actividad por rendimiento no se editan: se cambian en su formulario de duración.

OI-5 · PERT: edificio de 14 actividades (semanas, plazo para una probabilidad y criticidad)

Red PERT en semanas con $T_s = 47$ sem y probabilidad objetivo del 99 %. Fuente: Hillier y Lieberman, Reliable Construction ($T_e = 44$ sem, $\sigma^2 = 9$, $P \approx 0.84$).

1. **Cargar el ejemplo.** menu **Archivo** → `Ejemplos`, opción 3.

   menu **Archivo** → `Ejemplos` 3
2. **Resolver.** $T_e = 44$ sem.

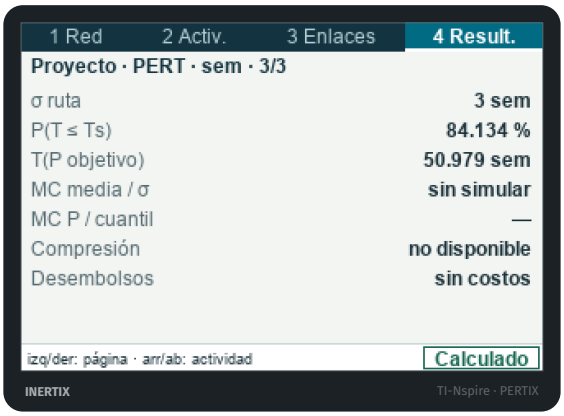
   menu **Calcular** → `Resolver`
3. **Panel: probabilidad y plazo para 99 %.** Panel, página 3: σ, $P(T \le T_s)$ y T(P objetivo).

   menu **Result.** → `Panel` ▶
4. **Campana en Ts.** Cursor en $T_s = 47$ sem: $z = 1$.

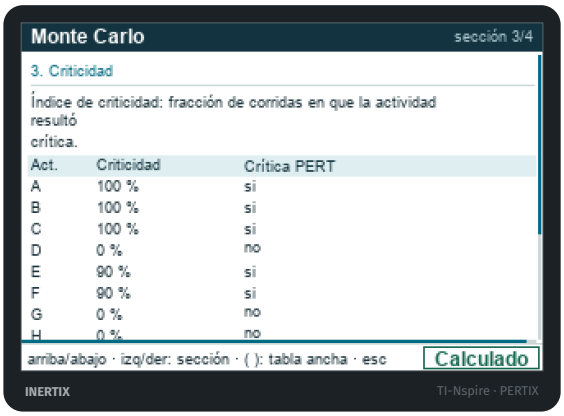
   menu **Result.** → `PERT` enter
5. **Monte Carlo.** 300 corridas, semilla 12345.

   menu **Calcular** → `Monte C.` tab enter
6. **Criticidad.** menu **Métodos** → `M.Carlo`, sección 3 «Criticidad».

   menu **Métodos** → `M.Carlo` ▶ ×2



Panel: probabilidad y plazo para el 99 %.



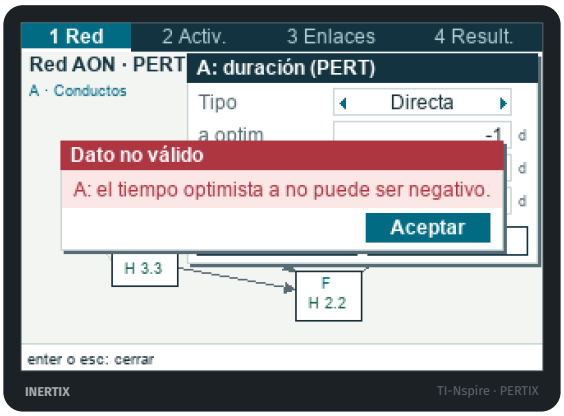
Índice de criticidad.

Resultado	TI-Nspire (= HP)
Tiempo esperado y ruta	$T_e = 44$ sem · A-B-C-E-F-J-L-N
Desviación y z	$\sigma = 3$ sem · $z = (47 - 44)/3 = 1$
$P(T \le 47)$	84.134 %
Plazo para $P = 99$ %	$44 + 2.326 \cdot 3 = 50.979$ sem
Monte Carlo (300, semilla 12345)	media 44.375 sem · σ 2.871 · $P(T \le 47) = 83$ %
Criticidad	A, B, C, J, N: 100 %; E, F: 90 %; L: 82.7 %; K: 17.3 %; I: 10 %

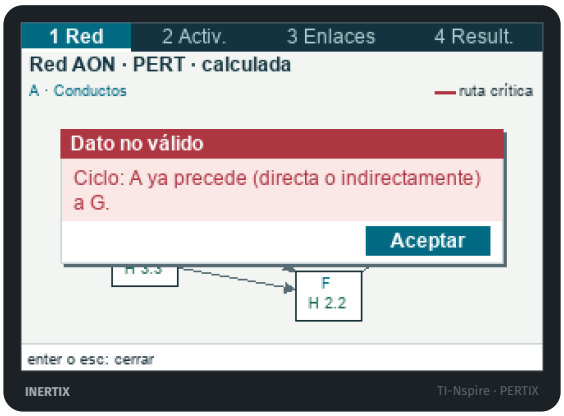
Cómo leerlo. PERT supone que manda siempre la misma ruta; la simulación muestra que en un 10 a 17 % de las corridas manda otra rama (I o K), por eso su probabilidad es algo menor. Para comprometer el 99 % hay que ofrecer unas 51 semanas.

OI-6 · Ranuras, dato no válido, método no disponible y resultados pendientes

1. **Guardar el caso en la ranura 1.** Ejemplo 2 calculado y menu **Archivo** → `Guardar`, ranura 1.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 2 menu **Calcular** → `Resolver` menu **Archivo** → `Guardar` 1
2. **Dato no válido.** $a = -1$ en la duración de A: el aviso no cierra el formulario.
   menu **Datos** → `Activ.` 1 ▼ clear - 1 enter tab enter
3. **Cancelar.** enter cierra el aviso y esc el formulario: el caso sigue igual y calculado.
   enter esc
4. **Método no disponible.** menu **Métodos** → `Compr.` en modo PERT: aviso con el motivo.
   menu **Métodos** → `Compr.`
5. **Ciclo rechazado.** menu **Red** → `Enlazar` G → A: el ciclo se rechaza.
   enter menu **Red** → `Enlazar` 7 1
6. **Cambiar un dato deja pendiente.** b de A = 3 y menu **Result.** → `Panel`: la vista pregunta si calcular; esc responde No.
   enter menu **Datos** → `Activ.` 1 ▼×3 clear 3 enter×2 menu **Result.** → `Panel`
7. **Abrir la ranura 1.** menu **Archivo** → `Abrir`, ranura 1: vuelve el caso guardado, con los resultados pendientes.
   esc menu **Archivo** → `Abrir` 1
8. **Guardar el documento y reabrirlo (ctrl+S).** ctrl S y reabrir el documento: mismo caso y ranuras; resultados pendientes.
   (abrir el documento)



Dato no válido sobre el formulario.



Ciclo rechazado.

7 Referencia de menús y opciones

7.1 Archivo

Orden	Qué hace	Condición o efecto
Nuevo	Plantillas: en blanco (1 actividad), cadena de 4, obra típica de 9, ramas en paralelo (PERT)	pide confirmar; sustituye el proyecto
Ejemplos	Seis casos: CPM 18 act., PERT instalación eléctrica, PERT edificio, compresión, desembolsos, rendimiento	sustituye el proyecto, sin calcular
Guardar / Abrir	Cinco ranuras dentro del documento	reemplazar pide confirmar; abrir deja pendiente
Ayuda	Flujo, vistas, red, tablas, formularios, cálculo, gráficas, métodos, convenios, límites, guardado; licencia y versión	esc vuelve
Licencia	Pantalla Licencia: estado, ID y control	esc vuelve con el caso intacto

7.2 Red y Datos

Orden	Qué hace	Condición o efecto
Selec.	Elige una actividad de la lista	vuelve a la red
+Activ.	Crea la actividad siguiente y abre su duración	cambia el caso
Enlazar	Predecesora, sucesora y desfase g	rechaza ciclos y duplicados
Mover	Columna y fila de la actividad en el dibujo	no cambia resultados
Borrar	Elimina la actividad elegida y sus enlaces	pide confirmar
Ordenar	Dispone la red por niveles	no cambia resultados
Activ.	Propiedades: duración, costos, predecesoras, agregar predecesora, nombre y código, eliminar	
Proyecto	Modo, unidad, T_s, P objetivo, jornada J, redondeo	los campos dependen del modo
Costos	Costo indirecto, plazo objetivo y periodo de corte	
Tabla	Abre la pestaña `Activ.`	

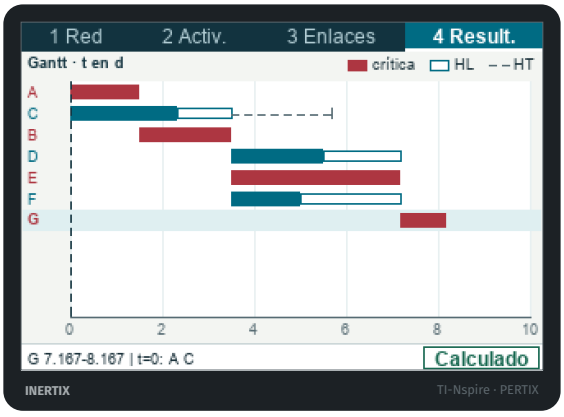
7.3 Calcular, Result. y Métodos

Orden	Qué hace	Condición o efecto
Resolver	CPM o PERT, holguras, caminos, compresión y desembolsos si hay datos	
Monte C.	Corridas N (20 a 5000) y semilla	requiere PERT; calcula antes si hace falta
Diagnóst.	Actividades, enlaces, inicios, finales, aisladas, hitos, ciclos, datos de compresión	
Red · Gantt · PERT · T-Costo · Curva S	Vistas y gráficas con cursor	piden calcular si están pendientes
Tabla	Tiempos y holguras; resumen	
Panel	Tres páginas: proyecto, actividad elegida, PERT/Monte Carlo/costos	solo TI-Nspire
Pases · Holgura · Caminos · PERT · M.Carlo · Compr. · Desemb.	Procedimiento del caso por secciones	si no aplica, dice el motivo

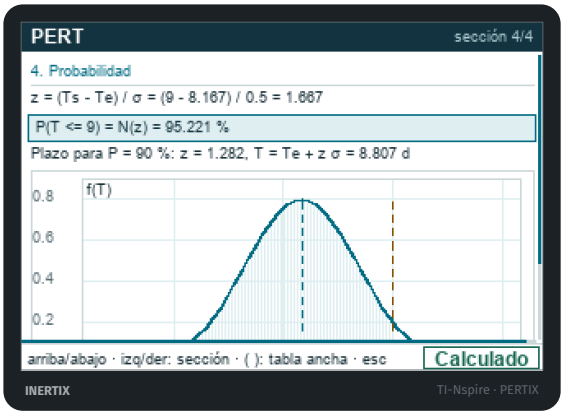
Métodos no disponibles

PERT y Monte Carlo requieren modo PERT; la compresión, modo CPM y alguna actividad con $d_c < d$; los desembolsos, costos $C_n > 0$.

7.4 Vistas de resultados y gráficas



Gantt: crítica, holgura libre y total.



Procedimiento PERT del mismo caso.

Vista	Ejes, lectura y teclas
Gantt	Tiempo en la unidad del proyecto; filas ordenadas por ES. ▲ ▼ actividad, ◀ ▶ tiempo; la barra lista las actividades en curso.
PERT	$f(T)$ normal con T_e y T_s; área sombreada $P(T \leq t)$; histograma Monte Carlo. Flechas mueven t; enter va a T_s.
T-Costo	Costos frente a T (directo, indirecto, total); puntos en los quiebres. enter va al óptimo.
Curva S	Costo acumulado frente a t con ES y LS; cortes de periodo. Flechas recorren los periodos.

Ninguna gráfica recalcula ni cambia los datos: recorrerlas conserva el caso.

8 Fundamento teórico breve

8.1 Pases y holguras (CPM)

$$ES_j = \max(0;\ EF_i + g) \qquad EF_j = ES_j + d_j$$
$$LF_i = \min(T;\ LS_j - g) \qquad LS_i = LF_i - d_i$$
$$HT = LS - ES \qquad HL_i = \min(ES_j - g) - EF_i$$
$$HI_i = \max[0;\ \min(ES_j - g) - \max(LF_k + g) - d_i]$$

Donde: i predecesora, j sucesora, k predecesoras de i, g desfase del enlace, T duración del proyecto (mayor EF). Una actividad es crítica si $HT = 0$; siempre $0 \le HI \le HL \le HT$.

8.2 PERT y Monte Carlo

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \qquad \sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$$
$$z = \frac{T_s - T_e}{\sigma_T} \qquad P(T \le T_s) = \Phi(z) \qquad T_P = T_e + z_P\,\sigma_T$$

Donde: T_e duración con t_e; σ_T^2 suma de varianzas de la ruta crítica de mayor varianza; Φ distribución normal estándar; z_P el valor de z para la probabilidad objetivo.

$$\alpha = 1 + 4\,\frac{m-a}{b-a} \qquad \beta = 1 + 4\,\frac{b-m}{b-a}$$

Donde: Cada corrida sortea la duración de cada actividad con una Beta(α, β) escalada a $[a, b]$, cuya media es t_e, y repite el pase hacia adelante. El índice de criticidad es la fracción de corridas en que la actividad resulta crítica.

8.3 Compresión, desembolsos y rendimiento

$$CUA = \frac{C_c - C_n}{d - d_c} \qquad C_{total} = C_{directo} + C_{ind} \cdot T$$
$$C'_{periodo} = C_n\,\frac{\text{días de la actividad en el periodo}}{d} \qquad t = \frac{\text{cantidad} \cdot \text{rendimiento}}{J \cdot \text{cuadrillas}}$$

Donde: En cada paso de la compresión se acorta el corte de costo mínimo de la red crítica y, si conviene, se alarga alguna actividad ya comprimida (Phillips–Dessouky). El óptimo con costo indirecto está en un quiebre de la curva.

Bibliografía

- Hillier, F. S. y Lieberman, G. J. *Introducción a la investigación de operaciones*. McGraw-Hill (ejemplo Reliable Construction Co.).
- Phillips, S. y Dessouky, M. I. (1977). Solving the project time/cost tradeoff problem using the minimal cut concept. *Management Science*, 24(4).

- Project Management Institute (PMI). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*.
- Moder, J. J., Phillips, C. R., Davis, E. W. *Project Management with CPM, PERT and Precedence Diagramming*.

9 Preguntas frecuentes

¿Qué archivo debo abrir?

`PERTIX.tns` de la versión indicada en esta guía (1.0.0).

¿Por qué aparece «Resultados pendientes»?

El proyecto cambió después del último cálculo. Pulse menu **Calcular** → `Resolver`, el botón `Calcular` o enter en la vista de resultados.

¿Cómo pongo un solape o una espera?

En la pestaña `Enlaces`, cambie g: positivo es espera, negativo es solape.

¿Qué plazo debo ofrecer para cumplir con un 95 o 99 %?

Ponga la probabilidad en menu **Datos** → `Proyecto` > `P objet.` y calcule: el Panel (página 3) y menu **Métodos** → `PERT`, sección 4, dan $T = T_e + z_P\,\sigma$.

¿Por qué Monte Carlo da otra probabilidad que PERT?

PERT usa la normal sobre una sola ruta; la simulación recorre la red completa con la Beta de cada actividad. Con otra semilla cambia la tercera cifra.

¿Cómo conservo varios proyectos?

Con las cinco ranuras de menu **Archivo** → `Guardar`, dentro del documento. Para conservarlas al cerrar, guarde el documento con ctrl S.

Información para soporte

Indique programa y versión del documento, modelo y sistema, ID y control de menu **Archivo** → `Licencia`, datos del caso, mensaje recibido y pasos para reproducirlo.