INERTIX

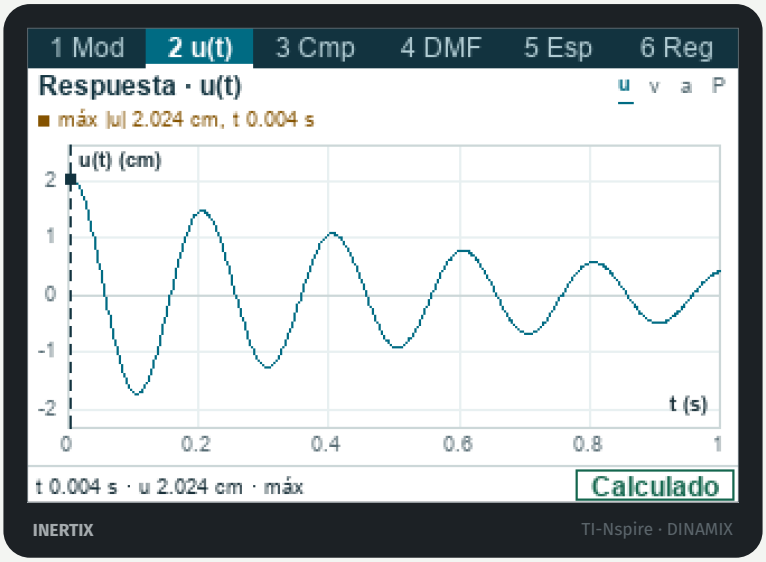
Programas de ingeniería civil para TI-Nspire

GUÍA DE USO

DINAMIX

Dinámica de osciladores de 1 GDL: respuesta, métodos y espectro

Versión 1.0.0 **TI-Nspire** Dinámica estructural · 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 **4**

1.1. Qué calcula . . . 4

1.2. Unidades y convenciones . . . 4

1.3. Límites y fuera de alcance . . . 5

2. Instalación **6**

2.1. Abrir en la computadora . . . 6

2.2. Transferir a la calculadora . . . 6

3. Licencia de uso **6**

3.1. Cómo funciona . . . 6

3.2. Activar en la calculadora . . . 7

3.3. Mensajes de la pantalla Licencia . . . 7

3.4. La licencia en DINAMIX . . . 8

4. La interfaz **9**

4.1. Zonas de la pantalla . . . 9

4.2. Menú . . . 10

4.3. Teclas . . . 11

4.4. Formularios y resultados pendientes . . . 11

4.5. Ayuda integrada . . . 12

5. Ejemplo guiado **13**

5.1. Enunciado . . . 13

5.2. Datos . . . 13

5.3. Paso a paso . . . 14

5.4. Resultados . . . 19

5.5. Opciones importantes . . . 21

6. Referencia de menús y opciones **30**

6.1. Archivo . . . 30

6.2. Oscilador . . . 30

6.3. Excitac. . . . 31

6.4. Calcular . . . 33

6.5. Result. . . . 33

7. Fundamento teórico breve **34**

8. Errores, avisos y preguntas frecuentes **36**

8.1. Caso de control: dato no válido, error común, pendientes y guardado 36

8.2. Mensajes 37

8.3. Preguntas frecuentes 38

1 Presentación y alcance

DINAMIX resuelve el **oscilador lineal de un grado de libertad** en las TI-Nspire CX y CX II: vibración libre (con amortiguamiento viscoso o con fricción de Coulomb), cargas armónicas, pulsos, registros sísmicos y cargas periódicas. Un motor exacto da la respuesta de referencia y, a la vez, el programa aplica los métodos numéricos de los cursos de dinámica (Duhamel, Newmark, diferencia central, Fourier) con el paso que usted elija y muestra el error de cada uno. Está pensado para estudiantes y profesionales que necesitan comprobar un ejercicio y ver el procedimiento completo. Es el mismo motor de la versión HP Prime, traducido sin cambios.

1.1 Qué calcula

- Propiedades del oscilador: ω_n, T_n, f_n, c, c_{cr}, ω_d, T_d, decremento logarítmico y régimen (sin amortiguar, sub-, crítico o sobreamortiguado).
- Respuesta $u(t)$, $v(t)$ y $a(t)$ (absoluta si hay movimiento del suelo) con sus máximos.
- Excitaciones: vibración libre; armónica de fuerza o de base (incluida la resonancia); pulsos rectangular, medio seno, triangular y escalón; registro tabulado (editable, generado por el programa o importado); carga periódica (cuadrada, triangular o tren de pulsos) en régimen permanente.
- Comparación del motor con siete métodos: analítico, interpolación exacta, Duhamel, Newmark ($\beta = 1/4$ y $1/6$), diferencia central y serie de Fourier.
- Factor de amplificación dinámica R_d, R_v, R_a, fase θ y transmisibilidad TR frente a r.
- Espectro de respuesta elástico S_d, PS_v, PS_a y S_a absoluta de una excitación en la base.
- Asistentes: rigidez lateral de 8 sistemas típicos y amortiguamiento a partir del decremento logarítmico medido.
- Procedimiento paso a paso de cada método, con sus fórmulas, tablas de pasos y gráficas.

1.2 Unidades y convenciones

El motor trabaja internamente en SI. menu **Archivo** → `Unidades` solo cambia la presentación.

Magnitud	SI	MKS
Masa	t	t·s²/m (o peso en tf)
Fuerza	kN	tf
Rigidez	kN/m	tf/m
Desplazamiento	mm	cm
Velocidad	mm/s	cm/s
Aceleración	m/s²	cm/s²
Tiempo, frecuencia	s, Hz	s, Hz

- u es positivo hacia la derecha. Con movimiento del suelo, la carga equivalente es $p(t) = -m\,a_g(t)$, u es el desplazamiento **relativo** al suelo y la aceleración que se informa es la **absoluta**, $\ddot{u} + a_g$.
- ζ se introduce en **porcentaje** del amortiguamiento crítico: 5 significa 5 %, no 0.05 (ver el caso de control de la sección «Errores»).

1.3 Límites y fuera de alcance

Fuera de alcance

- Solo un grado de libertad y comportamiento **lineal elástico**; no hay respuesta inelástica ni sistemas de varios grados de libertad.
- La fricción de Coulomb solo se resuelve en vibración libre. La serie de Fourier solo se aplica a cargas periódicas (1 a 60 armónicos).
- Registros de hasta 3000 filas; hasta 2000 pasos de salida; amortiguamiento menor que 300 %.
- El espectro exige una excitación en la base (a_g), entre 5 y 100 períodos y $\zeta < 100\,\%$.

2 Instalación

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

Archivo	Uso
`DINAMIX.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

DINAMIX 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
`DINAMIX.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 `DINAMIX.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, DINAMIX 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 `DINAMIX.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 `DINAMIX.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.

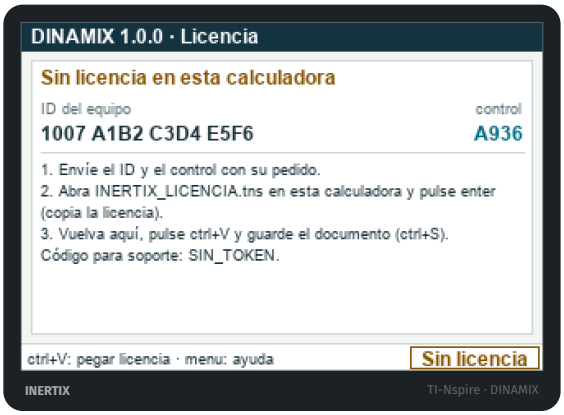
3.3 Mensajes de la pantalla Licencia

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 DINAMIX

Sin licencia válida, al abrir `DINAMIX.tns` solo aparece la pantalla `Licencia`: no hay pestañas, menú del programa ni cálculo, y el caso guardado se conserva intacto. Con la licencia activa, menu **Archivo** → `Licencia` la muestra sobre el caso y esc vuelve sin cambiarlo. menu **Archivo** → `Ayuda` termina con los apartados `LICENCIA` y `ACERCA DE`. En las capturas, el ID es de ejemplo.



Documento sin licencia: solo la pantalla Licencia (ID de ejemplo).

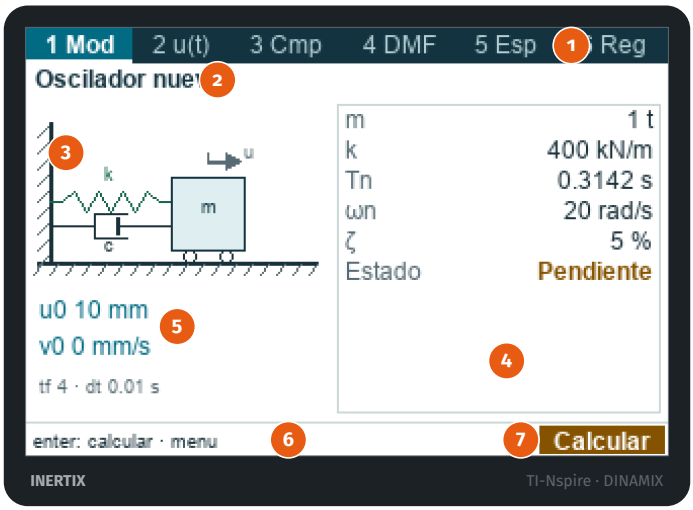


menu **Archivo** → `Licencia` con la licencia activa (ID de ejemplo).

4 La interfaz

4.1 Zonas de la pantalla

La primera vez que se abre, DINAMIX carga un **oscilador nuevo**: 1 t, 400 kN/m, $\zeta = 5\,\%$, $u_0 = 10$ mm, en vibración libre y con los resultados pendientes. Las veces siguientes abre el caso guardado en el documento.



Zona	Uso
1 Pestañas	`1 Mod`, `2 u(t)`, `3 Cmp`, `4 DMF`, `5 Esp`, `6 Reg`: vistas del mismo caso. Se eligen con la cifra, con tab o con un clic.
2 Rótulo	Nombre del caso.
3 Croquis	Masa, resorte, amortiguador y excitación. Los elementos se seleccionan con las flechas.
4 Panel	m, k, T_n, ω_n, ζ (o μ) y, tras calcular, $u_{máx}$, instante del pico, $v_{máx}$ y $a_{máx}$.
5 Datos de la excitación	u_0, v_0, t_f y dt en vibración libre, o la gráfica de la carga en los demás casos.
6 Barra inferior	Ayuda de teclas, mensajes y lecturas del cursor.
7 Insignia	`Calcular` (resultados pendientes; un clic resuelve) o `Calculado`.
Menú	menu abre Archivo, Oscilador, Excitac., Calcular y Result., las mismas categorías de la HP Prime. No hay `Salir`: el documento se cierra desde el sistema.

En el software TI-Nspire de computadora el programa no se activa: solo muestra la pantalla `Licencia` (ver «Preguntas frecuentes»).

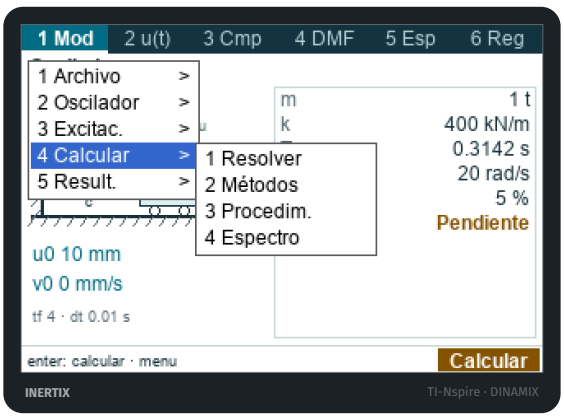
4.2 Menú



menu: Oscilador.



menu: Excitac.



menu: Calcular.

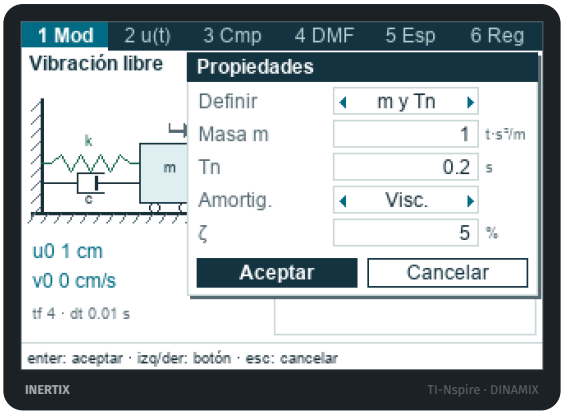


menu: Result.

4.3 Teclas

Control	Dónde	Acción
menu	Siempre	Abre las órdenes.
1 a 6, tab	Vista principal	Cambian de pestaña. Con resultados pendientes, `u(t)` y `Cmp` preguntan si se calcula; `Esp` pregunta si se define el espectro.
flechas	Mod	Recorren masa, resorte, amortiguador y excitación.
enter / clic	Mod	Con un elemento elegido, abre sus datos; sin selección, calcula. Un clic elige y un segundo clic edita. Un clic en el panel abre Propiedades.
◀ ▶, clic	Gráficas	Mueven el cursor; en `u(t)`, `Cmp` y `DMF`, + y - dan saltos largos.
▲ ▼	Gráficas	Cambian de serie (u, v, a, carga), de método, de factor DMF o de espectro.
enter	Gráficas	Va al máximo (`u(t)`), abre el procedimiento del método (`Cmp`), va a la r de la carga (`DMF`) o a T_n (`Esp`).
▲ ▼	Reg	Fila anterior o siguiente; ◀ ▶ saltan 10 filas.
enter, +, del	Reg	Editar la fila, insertar una después o borrarla (con confirmación).
◀ ▶	Procedimiento	Sección anterior o siguiente; ▲ ▼ desplazan; (y) mueven una tabla ancha.
esc	—	Cierra formularios, listas, avisos, documentos y procedimientos; en Mod quita la selección; en otra vista vuelve a Mod.

4.4 Formularios y resultados pendientes



Formulario «Propiedades» con el foco en `Aceptar`.



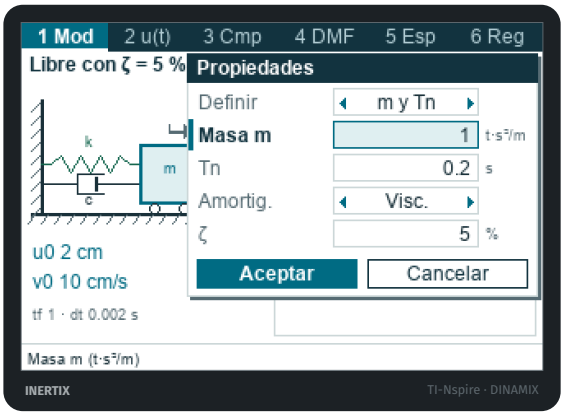
Dato rechazado: el aviso explica el motivo.

- **Formularios.** ▲ ▼ cambian de campo y ◀ ▶ la opción de una lista. Escribir un número **reemplaza** el valor (se admiten + − × ÷ ( ) y potencias); enter confirma y pasa al campo siguiente; tras el último campo el foco queda en `Aceptar`. tab lleva a `Aceptar` desde cualquier campo. esc deshace la edición de la celda; otro esc cancela sin cambios.
- **Selección en el croquis.** En `Mod`, las flechas eligen un elemento y enter abre su formulario con el foco en ese dato.

- **Validación.** Un dato no válido muestra el motivo; al cerrar el aviso el formulario sigue abierto y el caso **no** cambia.
- **Resultados pendientes.** Cualquier cambio de datos deja la insignia en `Calcular` y el panel muestra `Estado: Pendiente`: DINAMIX no enseña valores de otro caso. Recorrer una gráfica no recalcula ni cambia el caso.



Masa seleccionada con las flechas.



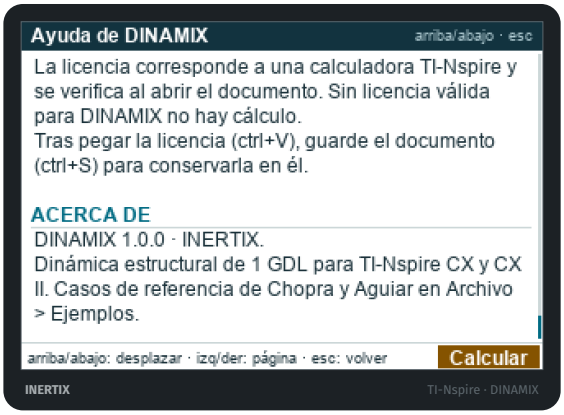
enter: formulario con el foco en la masa.

4.5 Ayuda integrada

menu **Archivo** → `Ayuda` explica el inicio rápido, la navegación, cada categoría del menú, las gráficas, los formularios, el registro, los procedimientos, los avisos y los convenios; al final, `LICENCIA` y `ACERCA DE`. ▲ ▼ desplazan y esc vuelve al caso.



Primera página de la Ayuda.

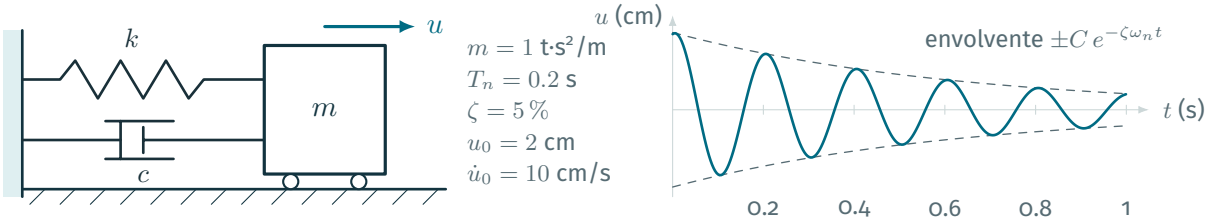


Licencia y Acerca de.

5 Ejemplo guiado

5.1 Enunciado

Un oscilador lineal de un grado de libertad tiene una masa $m = 1$ t·s²/m, un período natural $T_n = 0.2$ s y un amortiguamiento viscoso del 5 % del crítico. Se suelta con un desplazamiento inicial de 2 cm y una velocidad inicial de 10 cm/s, sin fuerza exterior. Se pide la **respuesta en vibración libre** durante 1 s: la frecuencia y el período amortiguados, los coeficientes A y B de la solución, la amplitud C y el **decremento logarítmico** δ. Se trabaja en unidades MKS.



5.2 Datos

Dato	Valor	Dónde se introduce
Masa m	1 t·s²/m	`Oscilador > Propied.`, Definir = m y Tn
Período natural T_n	0.2 s	Mismo formulario
Amortiguamiento viscoso ζ	5 %	Mismo formulario
Desplazamiento inicial u_0	2 cm	`Oscilador > C. inic.`
Velocidad inicial $\dot{u}_0$	10 cm/s	Mismo formulario
Tiempo de análisis y paso de salida	1 s; $\Delta t = 0.002$ s	`Excitac. > Tiempo`

Fuente: R. Aguiar, *Dinámica de Estructuras*, ejemplo 2, págs. 6-7 (vibración libre subamortiguada). El valor exacto del decremento logarítmico es $\delta = 0.31455$: la fuente lo da truncado (0.3145) y el programa lo muestra redondeado (0.3146).

Nota

Es el mismo ejemplo de la guía HP Prime, con el mismo orden de pasos. Se construye desde un caso nuevo y solo con el teclado. En cada paso, *Teclas* es la secuencia exacta desde el final del paso anterior; ▶ ×2 significa pulsar la tecla dos veces.

5.3 Paso a paso

1 Nuevo caso de vibración libre



TECLAS

menu **Archivo** → `Nuevo` enter

menu **Archivo** → `Nuevo` abre la lista de plantillas y enter elige `Vibración libre`. El oscilador vuelve a los valores por defecto, sin excitación exterior: solo responde a las condiciones iniciales.

✔ **Debe verse:** Rótulo «Vibración libre», insignia Calcular

2 Elegir las unidades MKS



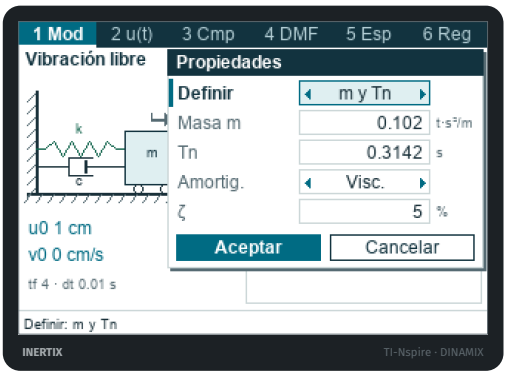
TECLAS

menu **Archivo** → `Unidades` ▼ enter

menu **Archivo** → `Unidades`: ▼ elige `MKS` y enter lo aplica. Los datos del ejemplo están en t·s²/m, cm y cm/s. El cálculo no cambia: el motor siempre trabaja en SI.

✔ **Debe verse:** Panel en t·s²/m, tf/m y cm

3 Abrir Propiedades: definir por masa y período



TECLAS

menu **Oscilador** → `Propied.` ▶ ×2

menu **Oscilador** → `Propied.` abre el formulario. En `Definir`, ▶ cambia la opción hasta `m y Tn`: así se da el período y el programa calcula la rigidez $k = m\,\omega_n^2$.

✔ **Debe verse:** Definir = m y Tn; aparece el campo Tn

4 Masa, período y amortiguamiento



TECLAS

▼ 1 enter 0 . 2 enter ▼ 5 enter

Baje a `Masa m` y escriba 1; enter pasa a `Tn`, donde se escribe 0.2. El amortiguamiento ya es `Visc.`: ▼ baja a ζ, donde se escribe 5 (en %). El foco queda en `Aceptar`.

✔ **Debe verse:** m = 1, Tn = 0.2 s, Viscoso, ζ = 5 %; foco en Aceptar

5 Aceptar las propiedades



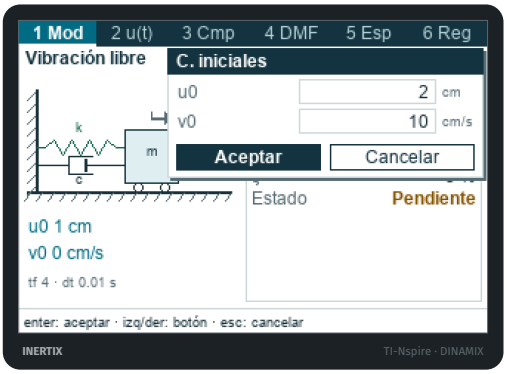
TECLAS

enter

enter acepta. El panel muestra ya $k = 986.96$ tf/m ($k = m\,\omega_n^2$), $\omega_n = 31.416$ rad/s y $T_n = 0.2$ s. El estado sigue `Pendiente`.

✔ **Debe verse:** k = 986.96 tf/m, ωn = 31.416 rad/s, Tn = 0.2 s, ζ = 5 %

6 Condiciones iniciales



TECLAS

menu **Oscilador** → `C. inic.` 2 enter 1 0 enter

menu **Oscilador** → `C. inic.`: $u_0 = 2$ cm y $v_0 = 10$ cm/s. Son las únicas «cargas» de la vibración libre.

✔ **Debe verse:** u0 = 2 cm, v0 = 10 cm/s; foco en Aceptar

7 Aceptar las condiciones iniciales



TECLAS

enter

enter acepta. Bajo el croquis se leen las condiciones iniciales del caso.

✔ **Debe verse:** u0 2 cm y v0 10 cm/s bajo el croquis

8 Tiempo de análisis



TECLAS

menu **Excitac.** → `Tiempo` 1 enter 0 . 0 ×2 2 enter

menu **Excitac.** → `Tiempo`: 1 s de análisis con salida cada 0.002 s. El paso de salida es también el paso que usan los métodos numéricos que se comparan después.

✔ **Debe verse:** t final = 1 s, Paso dt = 0.002 s; foco en Aceptar

9 Aceptar el tiempo de análisis



TECLAS

enter

enter acepta. Bajo el croquis se lee `tf 1 · dt 0.002 s`. La insignia sigue en `Calcular`: hay cambios sin resolver.

✔ **Debe verse:** tf 1 · dt 0.002 s; insignia Calcular

10 Resolver



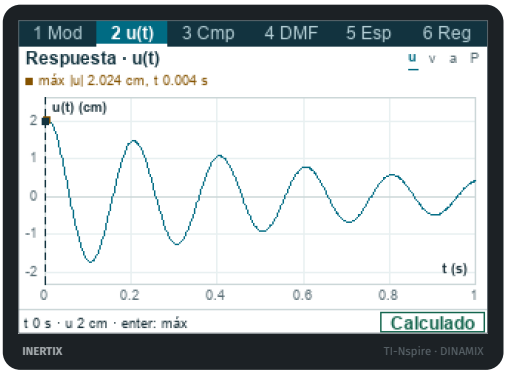
TECLAS

menu **Calcular** → `Resolver`

menu **Calcular** → `Resolver` calcula con el motor analítico (forma cerrada) y con todos los métodos aplicables. La insignia pasa a `Calculado` y el panel da $u_{máx} = 2.025$ cm en $t = 0.004$ s, $v_{máx} = 58.942$ cm/s y $a_{máx} = 2008.5$ cm/s².

✔ **Debe verse:** u máx = 2.025 cm, t pico = 0.004 s, v máx = 58.942 cm/s; insignia Calculado

11 Ver la respuesta u(t)



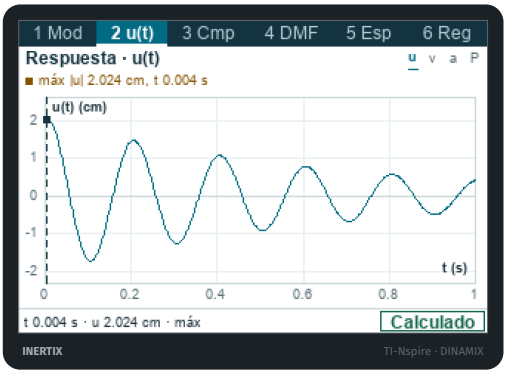
TECLAS

menu **Result.** → `Respuesta`

menu **Result.** → `Respuesta` dibuja $u(t)$: una oscilación de período $T_d \approx 0.2$ s que decrece con el amortiguamiento. El cuadro ámbar marca el máximo y la barra lee el cursor, que empieza en $t = 0$.

✔ **Debe verse:** Curva que decrece; máximo marcado

12 Ir al desplazamiento máximo



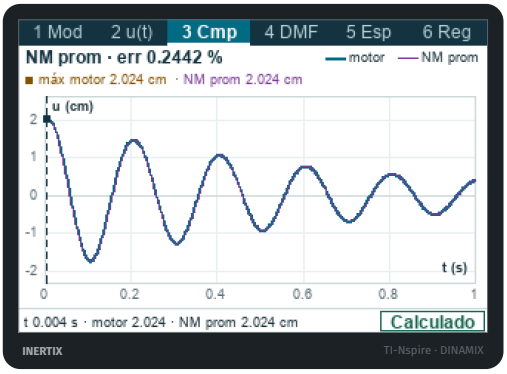
TECLAS

enter

enter lleva el cursor al máximo de la serie: $u = 2.024$ cm en $t = 0.004$ s. Es el mayor valor en los instantes de salida; el panel da 2.025 cm porque refina el pico entre muestras. Con ▲ ▼ se cambiaría a $v(t)$ o $a(t)$ sin recalcular.

✔ **Debe verse:** Barra: t 0.004 s · u 2.024 cm · máx

13 Comparar con el método de Newmark



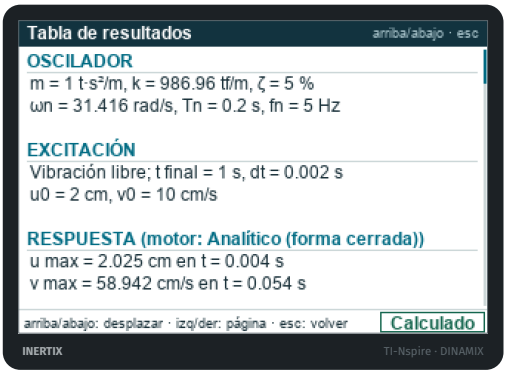
TECLAS

menu **Result.** → `Comparar`

menu **Result.** → `Comparar` superpone el motor y el método elegido, aquí Newmark de aceleración promedio con $h = 0.002$ s ($h/T_n = 0.01$): el error máximo es 0.2442 %. ▲ ▼ cambian de método.

✔ **Debe verse:** NM prom · err 0.2442 %

14 Tabla de resultados



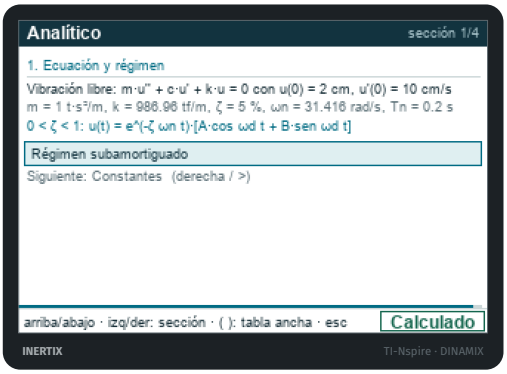
TECLAS

menu **Result.** → `Tabla`

menu **Result.** → `Tabla` reúne en un documento los datos, las propiedades, los máximos, el resumen de los métodos y la historia t, u, v, a. Las flechas lo desplazan.

✔ **Debe verse:** OSCILADOR, EXCITACIÓN, RESPUESTA, MÉTODOS e HISTORIA

15 Procedimiento analítico



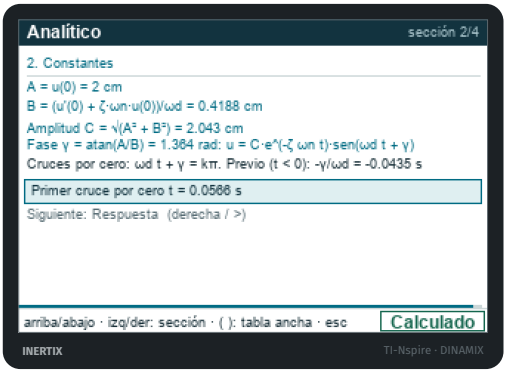
TECLAS

esc menu **Calcular** → `Procedim.`

esc cierra la tabla. menu **Calcular** → `Procedim.` abre el procedimiento del motor. La sección 1 plantea la ecuación de movimiento con los datos y decide el régimen: $0 < \zeta < 1$, subamortiguado.

✔ **Debe verse:** Analítico, sección 1: régimen subamortiguado

16 Constantes de la solución



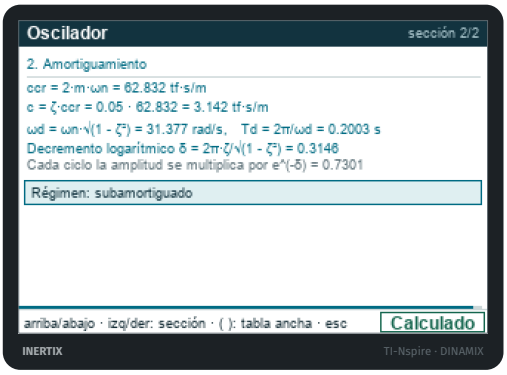
TECLAS

▶

▶ pasa a la sección 2: $A = u_0 = 2$ cm, $B = 0.4188$ cm, la amplitud $C = 2.043$ cm, la fase $\gamma = 1.364$ rad y el primer cruce por cero en $t = 0.0566$ s.

✔ **Debe verse:** Sección 2: A = 2, B = 0.4188, C = 2.043 cm

17 Amortiguamiento: ωd, Td y δ



TECLAS

esc menu **Calcular** → Métodos ▼×7 enter ▶

esc cierra el visor. menu **Calcular** → Métodos lista los métodos con su error; la línea 8, Oscilador, abre el procedimiento del oscilador. Su sección 2 da $c_{cr} = 62.832$ tf·s/m, $c = 3.142$ tf·s/m, $\omega_d = 31.377$ rad/s, $T_d = 0.2003$ s y $\delta = 0.3146$.

✔ **Debe verse:** Oscilador, sección 2: ωd = 31.377 rad/s, Td = 0.2003 s, δ = 0.3146

5.4 Resultados

DINAMIX coincide con la referencia

Las frecuencias, los coeficientes de la solución y el decremento logarítmico coinciden con la solución de referencia en todas las cifras que muestra la pantalla. El método de Newmark con $h/T_n = 0.01$ difiere del motor en un 0.2442 %.

Magnitud	Referencia	DINAMIX	Estado
Frecuencia natural ω_n	31.4159 rad/s	31.416 rad/s	Coincide
Rigidez $k = m\,\omega_n^2$	986.96 tf/m	986.96 tf/m	Coincide
Frecuencia amortiguada ω_d	31.3767 rad/s	31.377 rad/s	Coincide
Período amortiguado T_d	0.20025 s	0.2003 s	Coincide
Coeficiente $A = u_0$	2.0000 cm	2 cm	Coincide
Coeficiente B	0.4188 cm	0.4188 cm	Coincide
Amplitud $C = \sqrt{A^2 + B^2}$	2.0434 cm	2.043 cm	Coincide
Decremento logarítmico δ	0.31455	0.3146	Coincide (redondeo)
Desplazamiento máximo $u_{\text{máx}}$	—	2.025 cm en $t = 0.004$ s	Dato del motor

La amplitud C es el coeficiente de la envolvente $C\,e^{-\zeta\omega_n t}$; el máximo real de $u(t)$ (2.025 cm) es algo menor porque la envolvente ya decae cuando la respuesta alcanza su pico.

Comprobación a mano

$$\omega_n = 2\pi/T_n = 2\pi/0.2 = 31.4159 \text{ rad/s}$$

$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2} = 31.4159\sqrt{1-0.05^2} = 31.3767 \text{ rad/s}, \qquad T_d = 2\pi/\omega_d = 0.20025 \text{ s}$$

$$B = \frac{\dot{u}_0 + \zeta\,\omega_n\,u_0}{\omega_d} = \frac{10 + 0.05\cdot 31.4159\cdot 2}{31.3767} = 0.4188 \text{ cm}$$

$$C = \sqrt{A^2+B^2} = \sqrt{2^2+0.4188^2} = 2.0434 \text{ cm}$$

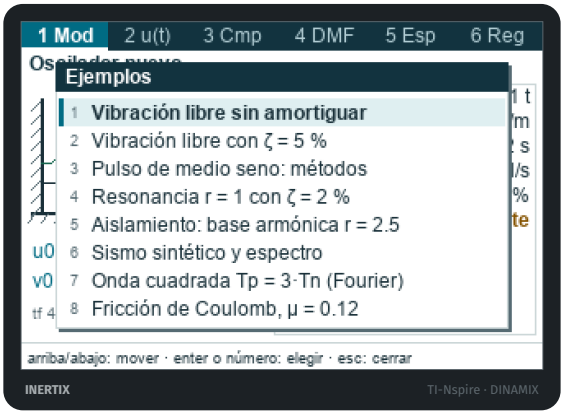
$$\delta = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}} = \frac{2\pi\cdot 0.05}{\sqrt{0.9975}} = 0.31455$$

Guardar el ejemplo

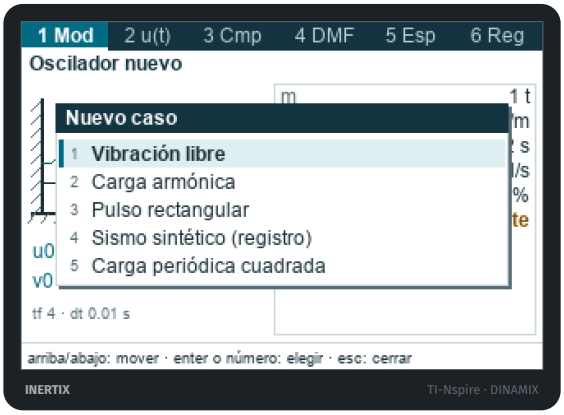
ctrl + S guarda el documento con los datos, el registro y las unidades. Al abrirlo de nuevo, el caso vuelve con los resultados pendientes: pulse enter en `Mod` (ver la sección «Errores»).

5.5 Opciones importantes

Seis casos cortos para lo que el ejemplo guiado no toca. menu **Archivo** → `Ejemplos` carga cada ejemplo y **sustituye el caso**. Se muestran en unidades SI: el ejemplo 3 ya las activa y los ejemplos 4 a 8 conservan las unidades activas (si viene del ejemplo guiado, use menu **Archivo** → `Unidades`, `SI`).



Los 8 ejemplos incluidos.



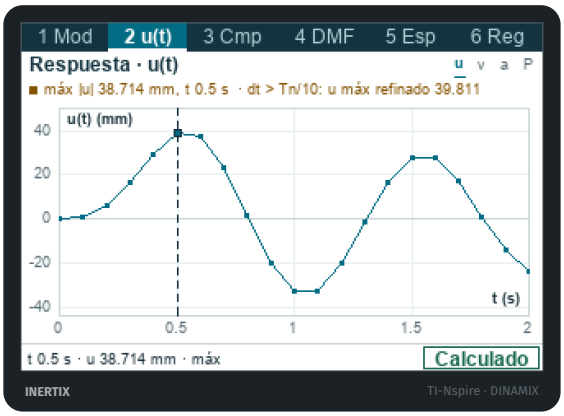
Las 5 plantillas de menu **Archivo** → `Nuevo`.

5.5.1 OI-1 · Pulso de medio seno: métodos, paso y estabilidad

Objetivo. Ver cuánto se separa cada método numérico del motor y cómo influye el paso dt.

Datos. Ejemplo 3: $m = 0.2533$ kip·s²/in, $k = 10$ kip/in ($T_n = 1$ s) y $\zeta = 5\,\%$, con un pulso de medio seno de 10 kips y $t_d = 0.6$ s, convertidos a SI (44.36 t y 1751.3 kN/m); $dt = 0.1$ s. Son los datos de los ejemplos 5.1 a 5.3 de Chopra, *Dynamics of Structures*.

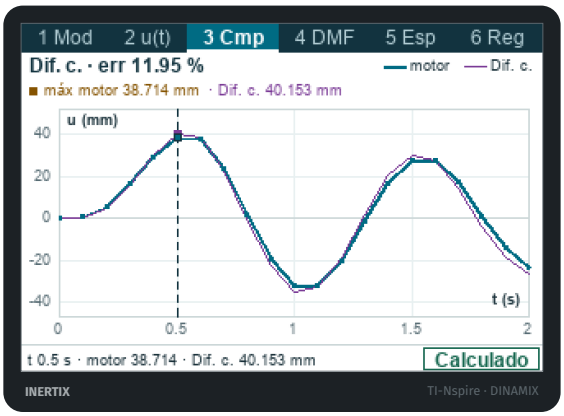
1. **Cargar el ejemplo 3.** La cifra 3 elige el ejemplo; el croquis añade la gráfica de la carga.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 3
2. **Resolver desde Mod.** enter en `Mod` calcula.
   enter
3. **Respuesta: máximo muestreado y refinado.** `u(t)` muestra puntos en los instantes calculados y avisa que $dt > T_n/10$.
   2 enter
4. **Lista de métodos con su error.** La lista da el error de cada método frente al motor.
   menu **Calcular** → `Métodos`
5. **Comparar diferencia central con el motor.** En `Cmp`, ▼ cambia de método.
   esc 3 ▼×2
6. **Abrir el procedimiento del método.** enter abre el procedimiento del método; ▶ llega a la tabla de pasos.
   enter ▶×2
7. **Afinar el paso: dt = 0.02 s.** Con un paso cinco veces menor el error de la diferencia central baja de 11.95 % a 0.4554 %.
   esc menu **Excitac.** → `Tiempo` ▼ 0 . 0 2 enter×2 menu **Calcular** → `Resolver`
8. **Paso excesivo: dt = 0.4 s.** Con $dt/T_n = 0.4$ se supera el límite de estabilidad de la diferencia central, 0.318.
   menu **Excitac.** → `Tiempo` ▼ 0 . 4 enter×2 menu **Calcular** → `Resolver`



Máximo en las muestras y máximo refinado.



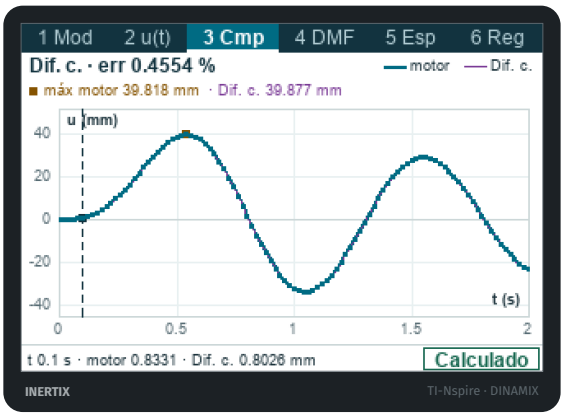
Error de cada método con $dt = 0.1$ s.



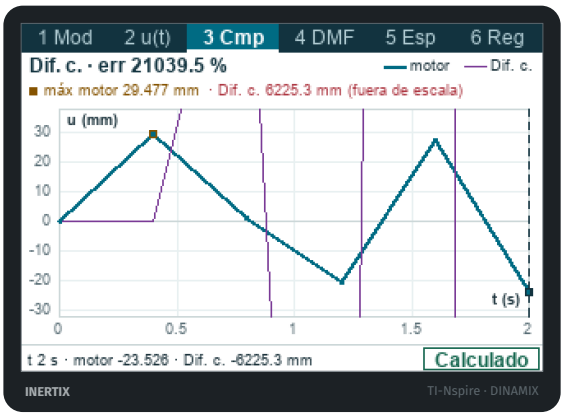
Motor frente a diferencia central.



Tabla del método.



$dt = 0.02$ s: err 0.4554 %.



$dt = 0.4$ s: la diferencia central diverge.

Método	Error con $dt = 0.1$ s	Comentario
Interpolación exacta	2.269 %	Solo pierde la forma senoidal entre muestras
Duhamel (trapecios)	3.802 %	
Newmark promedio ($\beta = 1/4$)	19.26 %	Incondicionalmente estable
Newmark lineal ($\beta = 1/6$)	10.053 %	Estable si $h/T_n \leq 0.551$
Diferencia central	11.95 %	Estable si $h/T_n < 0.318$

Lectura. $u_{\text{máx}} = 39.811$ mm en $t = 0.5$ s (el panel refina el pico; en las muestras es 38.714 mm). El error es la mayor diferencia con el motor en toda la historia, referida al máximo de $|u|$; por eso no

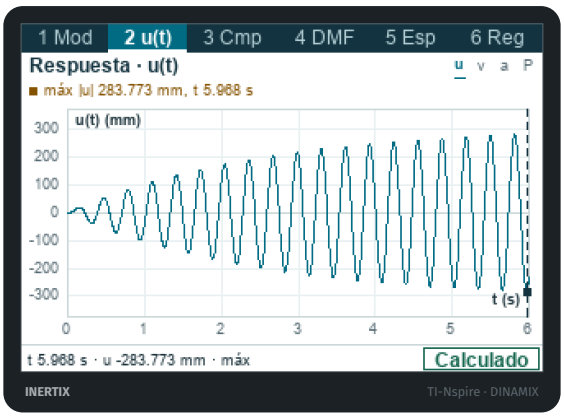
se lee comparando solo los picos. Con $dt = 0.4$ s el método da un pico de 6225.3 mm (err 21039.5 %, `fuera de escala`). La curva del motor también se ve quebrada, porque une muy pocas muestras: el motor es exacto en cada instante de salida, pero el pico que se lee depende de cuántos instantes haya (29.477 mm con $dt = 0.4$ s; 39.818 mm con $dt = 0.02$ s). Para un diagnóstico fino use $dt \leq T_n/10$.

5.5.2 OI-2 · Resonancia, aislamiento de base y transmisibilidad

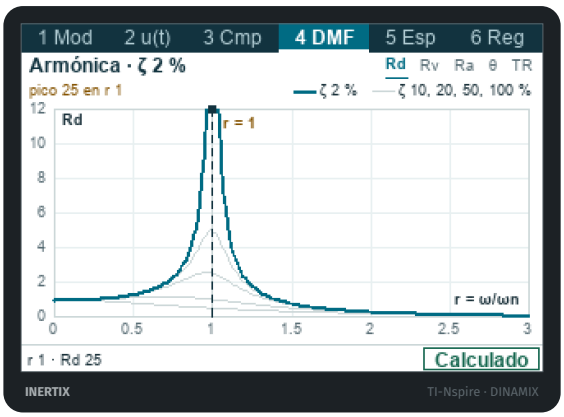
Objetivo. Leer los factores dinámicos y distinguir el régimen transitorio del permanente.

Datos. Ejemplo 4: 1 t, 400 kN/m ($T_n = 0.3142$ s), $\zeta = 2$ %, fuerza armónica de 5 kN con $r = 1$, desde el reposo, 6 s. Ejemplo 5: mismo oscilador con $\zeta = 10$ % y aceleración de base de 2 m/s² con $r = 2.5$, 4 s.

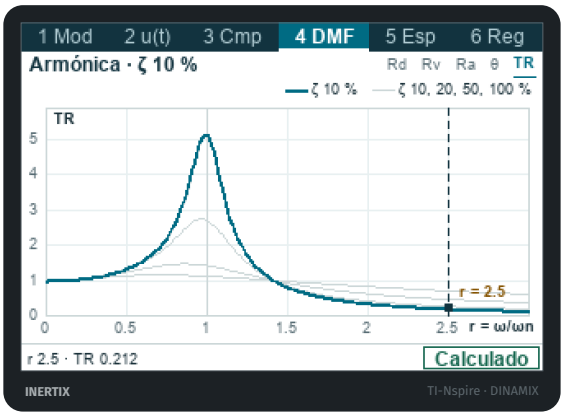
1. **Resonancia: ejemplo 4 y resolver.** La cifra 4 elige el ejemplo y enter calcula.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 4 enter
2. **La respuesta crece hacia el permanente.** La amplitud aumenta durante todo el análisis.
   2 enter
3. **DMF en la r de la carga.** En `DMF`, enter lleva el cursor a la r de la carga.
   4 enter
4. **Aislamiento: ejemplo 5 y resolver.** La cifra 5 elige el ejemplo y enter calcula; la carga es ahora $a_g(t)$.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 5 enter
5. **Transmisibilidad TR en r = 2.5.** ▼ recorre R_d, R_v, R_a, θ y TR.
   4 enter ▼×4
6. **Aceleración absoluta: máximo del transitorio.** ▼ pasa a la aceleración absoluta y enter va a su máximo.
   2 ▼×2 enter
7. **Aceleración absoluta en régimen permanente.** + salta 50 instantes y ▶ uno: el cursor llega a un pico del último segundo.
   +×29 ▶×29



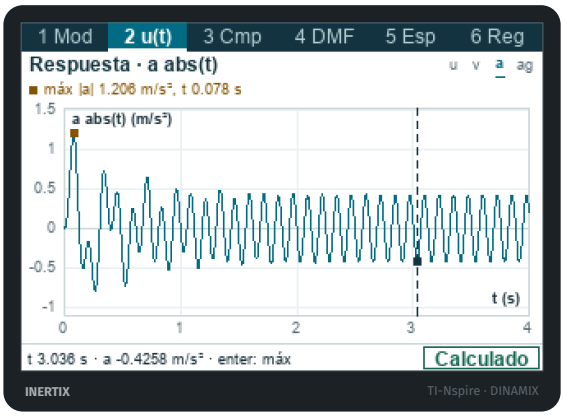
Resonancia: crece hacia el permanente.



$R_d = 25$ en $r = 1$.



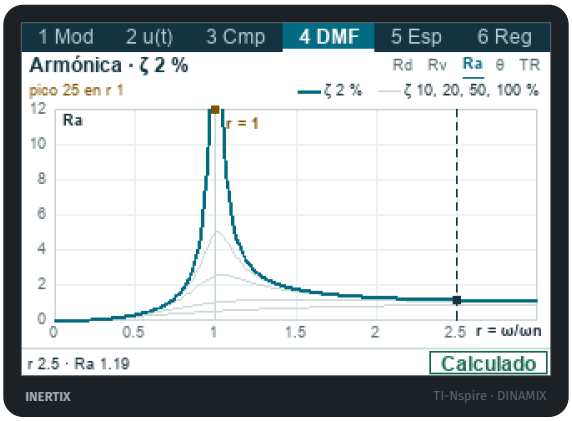
$TR = 0.212$ en $r = 2.5$.



Aceleración absoluta en el último segundo.

Magnitud	DINAMIX	Comprobación
Resonancia: $u_{máx}$ en $t = 5.968$ s	283.82 mm	Permanente: $R_d\, u_{st} = 25 \times 12.5 = 312.5$ mm
Aislamiento: TR en $r = 2.5$	0.212	$\sqrt{1 + 0.25}\,/\sqrt{5.25^2 + 0.25}$
Aislamiento: $a_{máx}$ en $t = 0.078$ s	1.206 m/s²	Incluye el transitorio
Aislamiento: a en $t = 3.036$ s	-0.4258 m/s²	$TR \times 2 = 0.424$ m/s²

Lectura. En resonancia, a los 6 s la respuesta sigue por debajo del permanente $R_d\, u_{st}$: con ζ bajo el régimen tarda en establecerse. En el aislamiento, el máximo del panel (1.206 m/s²) pertenece al arranque desde el reposo; el factor TR describe el régimen permanente, y por eso se compara con la aceleración al final del análisis, no con ese máximo. La vista `DMF` dibuja además la familia de $\zeta = 10$, 20, 50 y 100 % en gris, y si el pico del ζ activo sale de la escala lo rotula (`pico 25 en r 1`).



Serie R_a con el cursor en $r = 2.5$.

5.5.3 OI-3 · Sismo en la base y espectro de respuesta

Objetivo. Resolver un registro en la base y obtener su espectro elástico.

Datos. Ejemplo 6: 1 t, 400 kN/m, $\zeta = 5$ %; registro de 10 s con PGA = 3 m/s², muestreado cada 0.01 s (1001 filas); análisis de 12 s. Espectro entre 0.05 y 3 s, 30 períodos, $\zeta = 5$ %.

1. **Cargar el ejemplo 6.** La cifra 6 elige el ejemplo.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 6

2. **Ver el registro.** La pestaña `Reg` muestra la tabla y la gráfica del registro.

   `6`

3. **Resolver y ver el máximo.** Calcule y lleve el cursor al máximo.

   `menu` **Calcular** → `Resolver` `2` `enter`

4. **Aceleración absoluta.** `▼` hasta a y `enter`: máximo de la aceleración absoluta.

   `▼` ×2 `enter`

5. **Definir el espectro.** El formulario propone el intervalo del caso.

   `menu` **Calcular** → `Espectro`

6. **Calcular el espectro.** `Aceptar` calcula y abre la pestaña `Esp`.

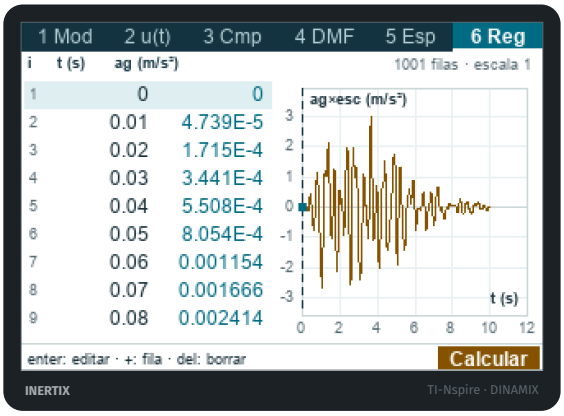
   `tab` `enter`

7. **Leer el espectro en Tn.** `enter` lleva el cursor al período más cercano a T_n; `▲` cambia de espectro.

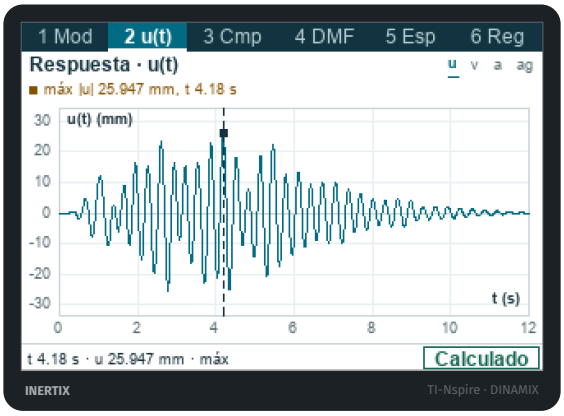
   `enter` `▲` ×2

8. **Procedimiento del espectro.** Resuelva de nuevo y, en la lista de métodos, la cifra 9 abre `Espectro`.

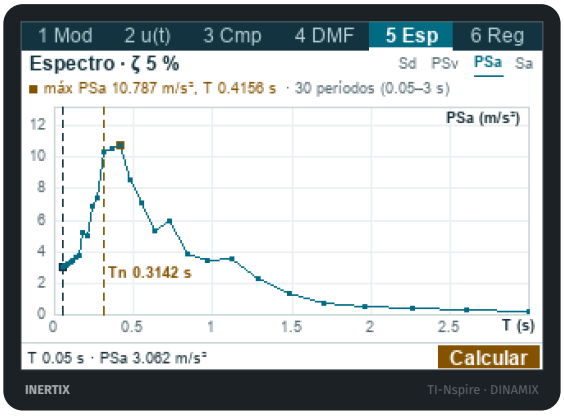
   `menu` **Calcular** → `Resolver` `menu` **Calcular** → `Métodos` `9`



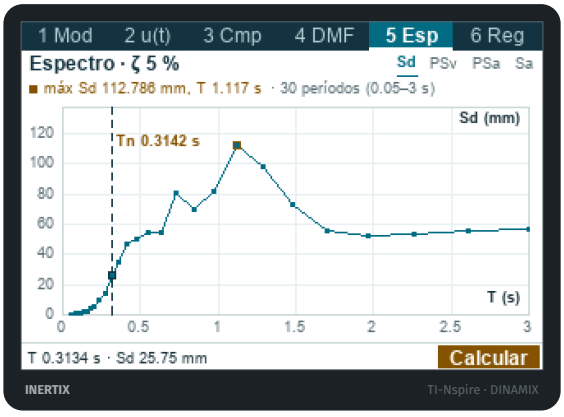
Registro: 1001 filas, escala 1.



Respuesta relativa: máximo 25.947 mm.



PSa: máximo 10.787 m/s² en $T = 0.4156$ s; T_n a trazos.



Sd en el período más cercano a T_n.

Magnitud	DINAMIX	Comentario
$u_{\text{máx}}$ relativo (panel)	26.04 mm	En $t = 4.18$ s; en las muestras, 25.947 mm
$a_{\text{máx}}$ absoluta	10.464 m/s²	$\ddot{u} + a_g$, frente a PGA = 3 m/s²
S_d en $T = 0.3134$ s	25.75 mm	Período de la malla más cercano a $T_n = 0.3142$ s
PS_a máximo	10.787 m/s²	En $T = 0.4156$ s
S_d máximo	112.786 mm	En $T = 1.117$ s

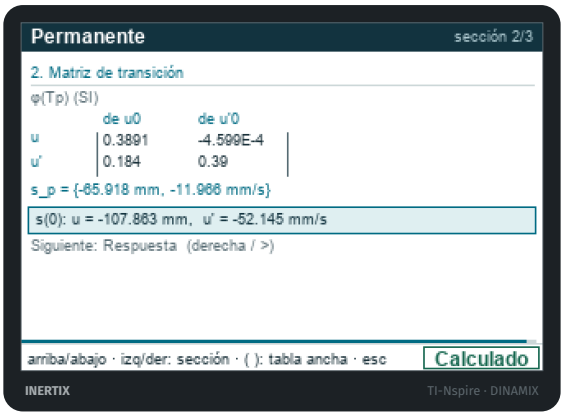
Lectura. S_d cerca de T_n (25.75 mm) concuerda con el $u_{\text{máx}}$ de la respuesta (26.04 mm); no es idéntico porque el período de la malla no es exactamente T_n. Los 30 períodos van en progresión geométrica: para más detalle aumente el número de períodos (5 a 100). Al aceptar el formulario del espectro, la insignia pasa a `Calcular`: la respuesta queda pendiente, pero el espectro ya está calculado y sigue disponible tras menu **Calcular** → `Resolver`. El espectro exige una excitación en la base.

5.5.4 OI-4 · Onda cuadrada: permanente exacto y serie de Fourier

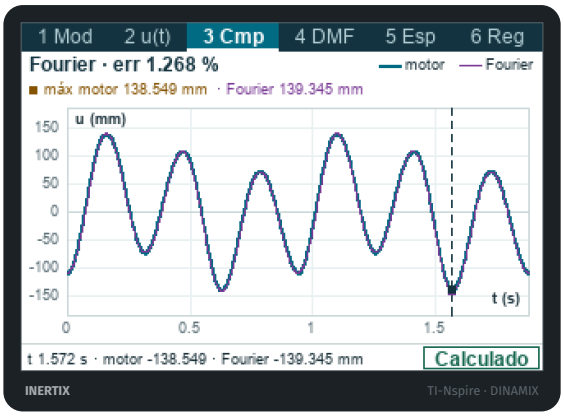
Objetivo. Resolver una carga periódica en régimen permanente y ver la convergencia de Fourier.

Datos. Ejemplo 7: 1 t, 400 kN/m, $\zeta = 5\,\%$; onda cuadrada de 10 kN con $T_p = 3\,T_n = 0.9425$ s, 21 armónicos, $dt = 0.002$ s.

1. **Ejemplo 7 y resolver.** La cifra 7 elige el ejemplo y enter calcula.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 7 enter
2. **Respuesta periódica.** `u(t)` se repite desde el primer instante: no hay transitorio.
   2 enter
3. **Procedimiento: periodicidad.** El motor impone que el estado se repita en cada período.
   menu **Calcular** → `Procedim.`
4. **Matriz de transición.** ▶ muestra $\varphi(T_p)$ y el estado inicial periódico $s(0)$.
   ▶
5. **Error de la serie de Fourier.** Con carga periódica, Fourier sí aplica y aquí tiene el menor error.
   esc menu **Calcular** → `Métodos`
6. **Menos armónicos: N = 5.** Baje hasta `N armón.`, escriba 5, acepte, resuelva; en `Cmp`, ▼ hasta Fourier.
   esc menu **Excitac.** → `Tiempo` ▼×2 5 enter×2 menu **Calcular** → `Resolver` 3 ▼×3



Matriz de transición y $s(0)$.



Con 5 armónicos: err 1.268 %.

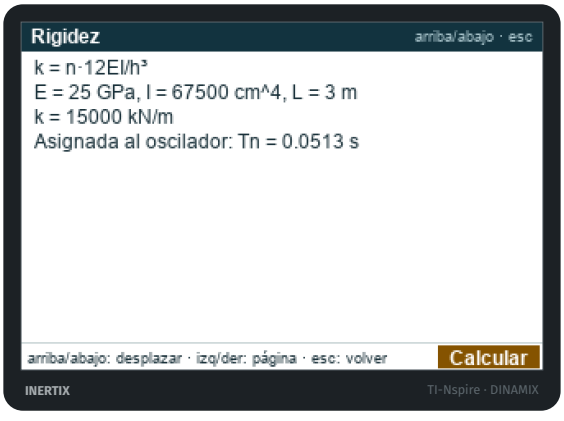
Lectura. $u_{máx} = 138.549$ mm en $t = 1.572$ s. Este motor no usa u_0 ni v_0: el transitorio ya se extinguió. El error de Fourier pasa de 0.083 % con 21 armónicos a 1.268 % con 5 (pico 139.345 mm), y el motor no cambia: el número de armónicos solo afecta al método de Fourier. El campo `N armón.` admite de 1 a 60 y solo aparece con carga periódica.

5.5.5 OI-5 · Asistentes: rigidez de un pórtico y amortiguamiento desde dos picos

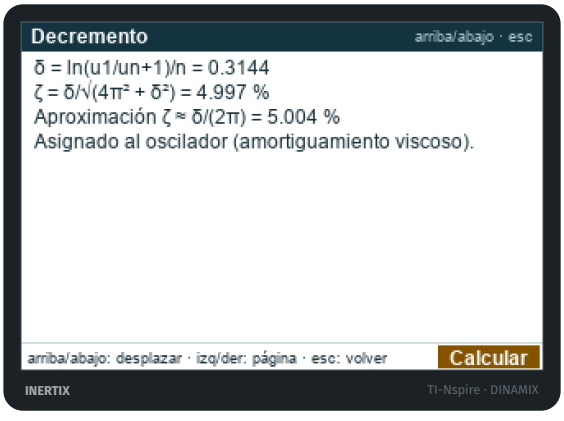
Objetivo. Obtener k de un sistema estructural y ζ de un registro medido, en vez de suponerlos.

Datos. Pórtico empotrado de 2 columnas con $E = 25$ GPa, $I = 67500$ cm⁴ y $h = 3$ m; peso $W = 98.0665$ kN; picos $u_1 = 20.24$ mm y $u_{n+1} = 14.78$ mm separados 1 ciclo.

1. **Caso nuevo en SI.** La cifra 1 de la lista de unidades elige SI.
   menu **Archivo** → `Nuevo` enter menu **Archivo** → `Unidades` 1
2. **Asistente de rigidez: pórtico empotrado.** ▶ cambia el sistema; los demás datos ya son los del enunciado.
   menu **Oscilador** → `Rigidez` ▶
3. **Aceptar: informe de rigidez.** `Aceptar` asigna k y muestra el cálculo.
   tab enter
4. **Definir la masa por su peso.** esc cierra el informe. En `Definir`, ▶ elige `W y k`; escriba el peso.
   esc menu **Oscilador** → `Propied.` ▶ ▼ 9 8 . 0 6 ×2 5 enter
5. **Aceptar el peso.** El programa deduce la masa: $m = W/g$.
   tab enter
6. **Decremento: dos picos medidos.** Escriba los dos picos y los ciclos que los separan.
   menu **Oscilador** → `Decrem.` 2 0 . 2 4 enter 1 4 . 7 8 enter 1 enter
7. **Aceptar: informe de amortiguamiento.** `Aceptar` asigna ζ y muestra el cálculo.
   enter
8. **Volver al modelo.** esc vuelve al modelo.
   esc



$k = n \cdot 12EI/h^3 = 15000$ kN/m.



$\delta = 0.3144$, $\zeta = 4.997$ %.

Sistema	Fórmula de la rigidez lateral
Voladizo · Biempotrado	$3EI/L^3 \cdot 12EI/L^3$
Pórtico empotrado · articulado	$n \cdot 12EI/h^3 \cdot n \cdot 3EI/h^3$
Viga simple · biempotrada	$48EI/L^3 \cdot 192EI/L^3$
Paralelo · Serie	$k_1 + k_2 \cdot k_1 k_2/(k_1 + k_2)$

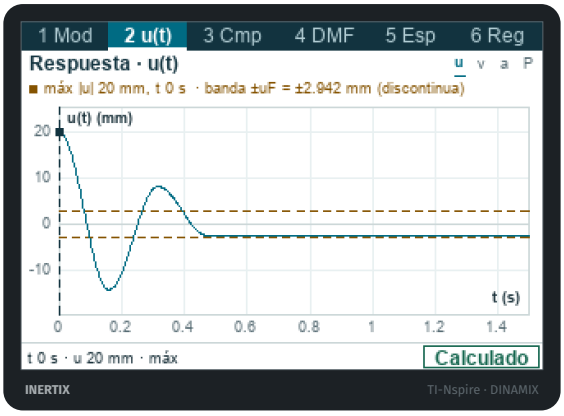
Lectura. $k = 2 \cdot 12 \cdot 25 \times 10^6 \cdot 6.75 \times 10^{-4}/3^3 = 15000$ kN/m; con $m = 10$ t resulta $T_n = 0.1622$ s. Los picos del ejemplo guiado (20.24 y 14.78 mm, un ciclo aparte) devuelven $\zeta = 4.997$ % frente al 5 % de partida; la aproximación $\delta/(2\pi)$ da 5.004 %. Los picos deben ser del mismo signo, con $u_1 > u_{n+1} > 0$. Ambos asistentes **sustituyen** el dato del oscilador y dejan los resultados pendientes.

5.5.6 OI-6 · Fricción de Coulomb

Objetivo. Resolver la vibración libre con fricción seca, cuya amplitud decrece en línea recta.

Datos. Ejemplo 8: 1 t, 400 kN/m, $\mu = 0.12$, $u_0 = 20$ mm, en reposo. Para un caso propio: menu **Oscilador** → `Propied.`, `Amortig.` = `Coulomb`.

1. **Ejemplo 8 y resolver.** La cifra 8 elige el ejemplo y enter calcula.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 8 enter
2. **Respuesta con banda ±uF.** Las líneas a trazos son $\pm u_F$.
   2
3. **Procedimiento: fricción seca.** La sección 1 da $u_F = \mu g/\omega_n^2$ y la caída por ciclo.
   menu **Calcular** → `Procedim.`
4. **Procedimiento: medios ciclos.** La tabla lista el inicio de cada medio ciclo.
   ▶
5. **Una carga no es compatible.** Elija `Armón.` en `Tipo` y acepte: el programa lo rechaza.
   esc menu **Excitac.** → `Tipo` ▶ tab enter
6. **Cerrar el aviso y cancelar.** Cierre el aviso y cancele.
   enter esc



Respuesta y banda ± 2.942 mm.



Medios ciclos hasta el reposo.

Medio ciclo	t inicio (s)	u inicio (mm)	Sentido
1	0	20	$\dot{u} < 0$
2	0.1571	-14.116	$\dot{u} > 0$
3	0.3142	8.232	$\dot{u} < 0$
4	0.4712	-2.348	Reposo

Lectura. $u_F = 0.12 \cdot 9.80665/20^2 = 2.942$ mm. Cada medio ciclo pierde $2u_F$ (11.768 mm por ciclo) y el período no cambia. La masa se detiene en -2.348 mm porque, al anularse la velocidad, $|u| \leq u_F$ y la fricción estática equilibra al resorte: queda desplazada, no vuelve a cero. Con Coulomb no hay métodos comparativos (`no aplica`) ni cargas: para aplicar una, cambie antes a amortiguamiento viscoso.

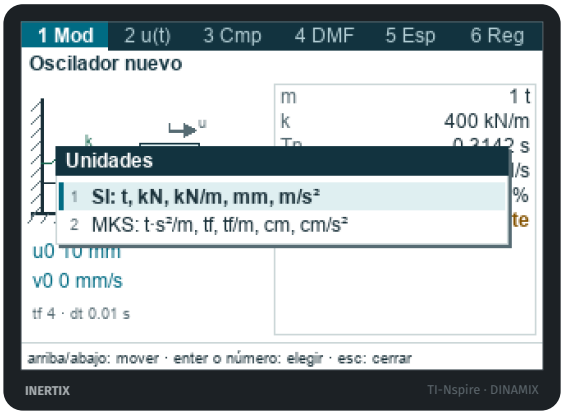
6 Referencia de menús y opciones

6.1 Archivo

Orden	Qué hace
Nuevo	Plantillas listas para calcular: `Vibración libre`, `Carga armónica`, `Pulso rectangular`, la de sismo con registro y `Carga periódica cuadrada`. Sustituye el caso sin preguntar y conserva las unidades activas.
Ejemplos	Carga uno de los 8 ejemplos y **sustituye el caso**: vibración libre sin amortiguar y con $\zeta = 5\,\%$ (activan MKS), pulso de medio seno (activa SI), resonancia, aislamiento de base, sismo y espectro, onda cuadrada (Fourier) y fricción de Coulomb (conservan las unidades). Quedan con resultados pendientes.
Unidades	SI (t, kN, kN/m, mm, m/s²) o MKS (t·s²/m, tf, tf/m, cm, cm/s²). Solo cambia la presentación: no deja resultados pendientes.
Ayuda	Documento desplazable con el resumen de menús, teclas y convenios.
Licencia	Pantalla Licencia sobre el caso.



menu: Archivo.



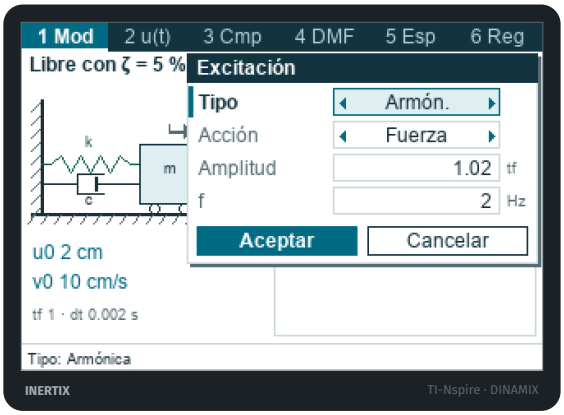
menu **Archivo** → `Unidades`.

6.2 Oscilador

Orden	Qué hace
Modelo	Pestaña `Mod`: croquis con masa, resorte, amortiguador y excitación.
Propied.	Campo `Definir`: m y k, W y k (peso) o m y Tn. Campo `Amortig.`: `Visc.` (ζ en %, de 0 a 299) o `Coulomb` (coeficiente de fricción μ, hasta 2).
C. inic.	Desplazamiento u_0 y velocidad v_0 iniciales.
Rigidez	Asistente de rigidez lateral (caso OI-5): voladizo, biempotrado, pórtico empotrado o articulado, viga simple, viga biempotrada, resortes en paralelo y en serie.
Decrem.	Amortiguamiento a partir de dos picos medidos u_1 y u_{n+1} separados n ciclos (caso OI-5).

6.3 Excitac.

Orden	Qué hace
Tipo	`Libre`, `Armón.`, `Pulso`, `Registro` o `Periód.` `Acción`: fuerza $P(t)$ o movimiento de la base $a_g(t)$. Según el tipo pide amplitud, frecuencia (Hz), forma del pulso (rectangular, medio seno, triangular, escalón) y su duración t_d, forma periódica (cuadrada, triangular, tren de pulsos), período T_p y ancho t_1, o el factor de escala del registro.
Tiempo	Tiempo final y paso de salida dt (es también el paso de los métodos numéricos); en cargas periódicas, número de armónicos de Fourier.
Tabla	Pestaña `Reg`: tabla editable (t, valor) y gráfica del registro.
Sismo	Genera un registro con PGA, duración, paso y contenido de frecuencias (corto, medio, largo). Lo asigna como aceleración de base y abre `Reg`.
Importar	Lee una matriz `m1` … `m9` o `m0` del documento, con columnas t (s) y valor en las unidades y la acción activas.
Ver carga	Pestaña `Mod`, con la gráfica de la excitación.



Tipo `Armón.`



Tipo `Pulso`.

6.3.1 Práctica: un registro propio

Objetivo. Generar un registro a medida, corregir una fila e importar uno medido. En una página Calculadora del mismo problema, guarde antes la matriz $m1$ con las filas $(0, 0)$, $(0.1, 1.5)$, $(0.2, 0)$, $(0.3, -1)$ y $(0.4, 0)$: tiempo en s y aceleración en m/s².

1. **Plantilla de sismo y formulario Sismo.** Plantilla 4, unidades SI y formulario de `Sismo`: PGA 2, duración 5 s; ▼ hasta `Contenido` y ◀ elige `Corto`.

   menu **Archivo** → `Nuevo` 4 menu **Archivo** → `Unidades` 1 menu **Excitac.** → `Sismo` 2 enter 5 enter ▼ ◀

2. **Aceptar: tabla del registro.** `Aceptar` sustituye el registro y abre `Reg`.

   tab enter

3. **Editar una fila.** ▼ hasta la fila 4, enter, baje a `Valor` y escriba 0.5.

   ▼ ×3 enter ▼ 0 . 5 enter

4. **Aceptar la fila.** enter acepta; la gráfica marca la fila.

   enter

5. **Insertar y pedir borrar.** + inserta una fila a mitad de camino; del pide confirmar.

   + del

6. **Confirmar el borrado.** enter confirma; esc habría conservado la fila.

   enter

7. **Importar una matriz del documento.** La cifra 1 elige `m1`. El programa fija t_f y dt a partir del registro.

   (antes: matriz m1 de 5 filas guardada en el documento) menu **Excitac.** → `Importar` 1

8. **Tiempo y resolver.** Amplíe el tiempo para ver la vibración libre posterior; resuelva y vaya al máximo: 7.001 mm en $t = 0.35$ s.

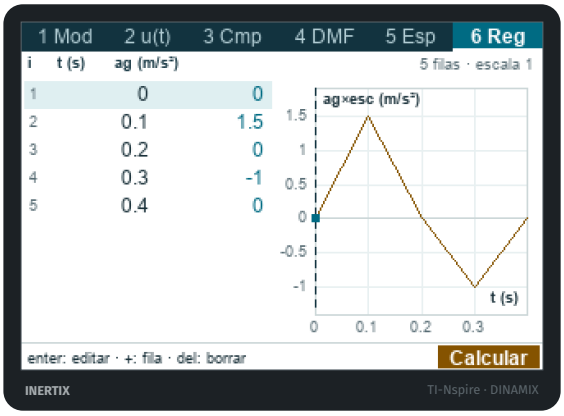
   menu **Excitac.** → `Tiempo` 2 enter 0 . 0 1 enter×2 menu **Calcular** → `Resolver` 2 enter

9. **Matriz con tiempo no creciente.** Una matriz con tiempos desordenados se rechaza y el registro actual se conserva.

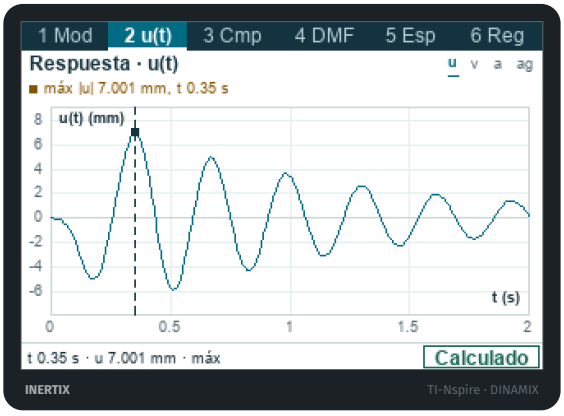
   (antes: matriz m2 con el tiempo desordenado) menu **Excitac.** → `Importar` 2



Editar una fila.



Matriz importada: 5 filas.



Respuesta al registro importado.



Importación rechazada.

Lectura. La tabla admite de 2 a 3000 filas, con tiempos crecientes desde $t \geq 0$. La `Escala` del registro se cambia en menu **Excitac.** → `Tipo` y multiplica todos los valores sin alterar la tabla. Al editar una fila, los resultados quedan pendientes.

6.4 Calcular

Orden	Qué hace
Resolver	Calcula el motor y todos los métodos aplicables.
Métodos	Lista de los siete métodos con su error frente al motor (o `no aplica`) y el procedimiento del oscilador; si hay espectro, también el suyo. enter o la cifra abre el procedimiento elegido.
Procedim.	Procedimiento del motor: analítico (libre, armónica, medio seno, Coulomb), interpolación exacta o permanente periódico.
Espectro	Solo con excitación en la base: $T_{\text{mín}}$, $T_{\text{máx}}$, número de períodos y ζ; calcula el espectro.

6.5 Result.

Orden	Qué hace
Respuesta	Pestaña `u(t)`: u, v, a y la carga frente a t, con cursor y salto al máximo.
Comparar	Pestaña `Cmp`: motor (trazo grueso) frente al método elegido (trazo fino).
DMF	Pestaña `DMF`: R_d, R_v, R_a, fase θ y TR frente a r, con la familia de ζ y la r de la carga marcada.
Espectro	Pestaña `Esp`: S_d, PS_v, PS_a y S_a con el T_n del oscilador a trazos.
Tabla	Documento con los datos, los máximos, los métodos y la historia t, u, v, a (hasta unas 60 filas).

Diferencias con la versión HP Prime

La vista de respuesta no tiene la tira con la masa en movimiento de la HP Prime. Las cifras cambian pestañas, no categorías; los comandos están en menu. Las matrices se llaman `m0` … `m9` y son variables del documento. Hay licencia propia de TI-Nspire, y no existe el corte con la tecla ON.

7 Fundamento teórico breve

Oscilador. Ecuación de movimiento con $p(t)$ la fuerza exterior, o $p(t) = -m\,a_g(t)$ si se mueve la base:

$$m\,\ddot{u} + c\,\dot{u} + k\,u = p(t) \tag{1}$$

$$\omega_n = \sqrt{k/m}, \qquad T_n = 2\pi/\omega_n, \qquad f_n = 1/T_n$$
$$c_{cr} = 2\,m\,\omega_n, \qquad c = \zeta\,c_{cr}$$
$$\omega_d = \omega_n\sqrt{1-\zeta^2}, \qquad T_d = 2\pi/\omega_d, \qquad \delta = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}, \qquad \delta_{\text{medido}} = \frac{1}{n}\ln\frac{u_1}{u_{n+1}}$$

Vibración libre subamortiguada. Con $0 < \zeta < 1$ y las condiciones iniciales u_0, $\dot{u}_0$:

$$u(t) = e^{-\zeta\omega_n t}\,(A\cos\omega_d t + B\,\mathrm{sen}\,\omega_d t) = C\,e^{-\zeta\omega_n t}\,\mathrm{sen}(\omega_d t + \gamma)$$
$$A = u_0, \qquad B = \frac{\dot{u}_0 + \zeta\,\omega_n\,u_0}{\omega_d}, \qquad C = \sqrt{A^2+B^2}, \qquad \gamma = \arctan(A/B)$$

Donde: con fricción de Coulomb cada medio ciclo es armónico alrededor de $\mp u_F$, con $u_F = \mu\,g/\omega_n^2$; la amplitud baja $4u_F$ por ciclo y el movimiento se detiene cuando $|u| \le u_F$ con velocidad nula.

Carga armónica. Con $p(t) = p_0\,\mathrm{sen}\,\omega t$, $r = \omega/\omega_n$ y $u_{st} = p_0/k$:

$$R_d = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + (2\zeta r)^2}}, \qquad u_p(t) = u_{st}\,R_d\,\mathrm{sen}(\omega t - \theta)$$
$$TR = R_d\sqrt{1+(2\zeta r)^2}$$

Métodos paso a paso. Con paso h:

- **Interpolación exacta** (carga lineal entre muestras): $u_{i+1} = A\,u_i + B\,\dot{u}_i + C\,p_i + D\,p_{i+1}$, y análogo para $\dot{u}_{i+1}$ con $A'\ldots D'$.
- **Newmark** con $\gamma = 1/2$: aceleración promedio ($\beta = 1/4$), incondicionalmente estable; aceleración lineal ($\beta = 1/6$), estable si $h/T_n \le 0.551$.
- **Diferencia central**: estable si $h/T_n < 1/\pi = 0.318$.
- **Duhamel**: suma recursiva por trapecios de la integral de convolución ($\zeta < 1$).

El **error** de cada método es la diferencia máxima con el motor, referida al máximo $|u|$ del motor.

Carga periódica. El motor impone periodicidad sobre el estado $s = \{u, \dot{u}\}$: $(I - \varphi(T_p))\,s(0) = s_p$, con φ la matriz de transición de un período y s_p la respuesta en un período desde el reposo. La serie de Fourier, con $\omega_0 = 2\pi/T_p$, es:

$$u(t) = \frac{a_0}{k} + \sum_n \frac{R_{d,n}}{k}\,[a_n\cos(n\omega_0 t - \theta_n) + b_n\,\mathrm{sen}(n\omega_0 t - \theta_n)]$$

Espectro de respuesta. Para cada período T_n del intervalo se resuelve el oscilador bajo $a_g(t)$ y:

$$S_d = \max|u|, \qquad PS_v = \omega_n\, S_d, \qquad PS_a = \omega_n^2\, S_d, \qquad S_a = \max|\ddot{u} + a_g|$$

Motor exacto

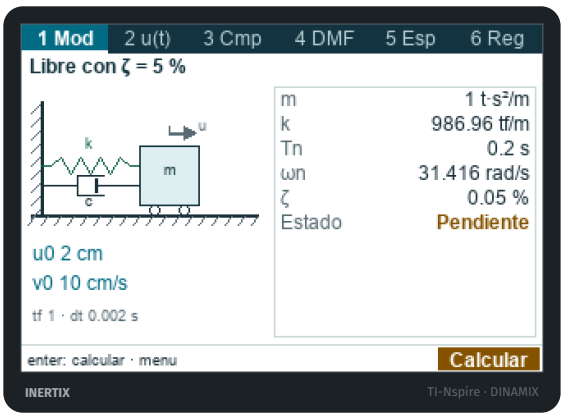
El motor usa las formas cerradas o la solución exacta de cada tramo lineal de la carga (con subpasos de, como máximo, $T/20$ en el espectro). Por eso sirve de referencia para medir el error de los métodos numéricos con el paso que usted elija. Es exacto en los instantes de salida; el $u_{\text{máx}}$ del panel se refina entre muestras por interpolación de Hermite. Referencias: A. K. Chopra, *Dynamics of Structures*; R. Aguiar, *Dinámica de Estructuras*.

8 Errores, avisos y preguntas frecuentes

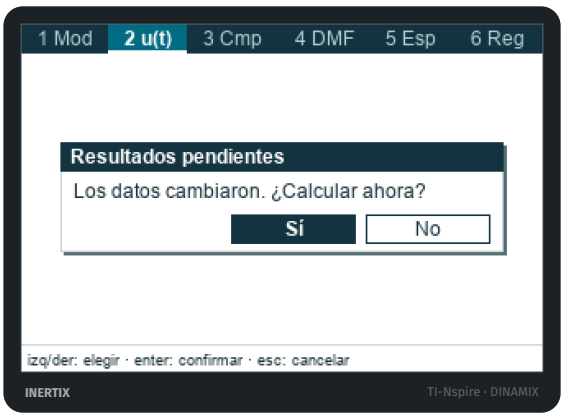
8.1 Caso de control: dato no válido, error común, pendientes y guardado

Objetivo. Ver qué ocurre con un dato rechazado, con un dato válido pero equivocado, con un cambio sin recalcular y al guardar. Se parte del ejemplo 2, que es el ejemplo guiado ya cargado.

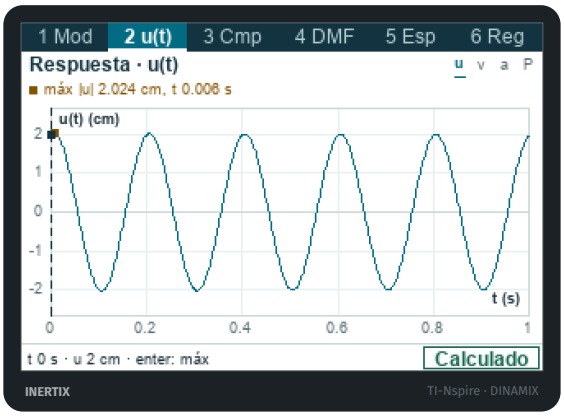
1. **Ejemplo 2 calculado.** La cifra 2 elige el ejemplo y enter calcula.
   menu **Archivo** → `Ejemplos` 2 enter
2. **Masa negativa.** Escriba -1 en `Masa m` y acepte: el aviso explica el motivo.
   menu **Oscilador** → `Propied.` ▼ - 1 enter tab enter
3. **Cerrar el aviso y cancelar.** Cierre el aviso; esc deshace la celda y otro esc cancela. El caso no cambió.
   enter esc×2
4. **Error común: ζ como fracción.** Escriba 0.05 en ζ y acepte. El dato es válido, así que no hay aviso, pero significa 0.05 %.
   menu **Oscilador** → `Propied.` ▼×4 0 . 0 5 enter×2
5. **Pedir la respuesta con resultados pendientes.** Una gráfica de resultados pregunta si se calcula.
   2
6. **Calcular desde la pregunta.** `Sí` calcula y abre la gráfica: la curva casi no decae.
   enter
7. **El panel delata el error.** El panel lo confirma: $\zeta = 0.05$ %, $v_{máx} = 63.542$ cm/s.
   1
8. **Corregir ζ y recalcular.** Corrija $\zeta = 5$ y resuelva: $v_{máx} = 58.942$ cm/s.
   menu **Oscilador** → `Propied.` ▼×4 5 enter×2 menu **Calcular** → `Resolver`
9. **Guardar y volver a abrir.** Al abrir de nuevo, vuelven el caso y las unidades; la licencia se verifica otra vez.
   (ctrl S, cierre el documento y vuelva a abrirlo)
10. **Recalcular.** enter recalcula: 2.025 cm, como antes de guardar.
    enter



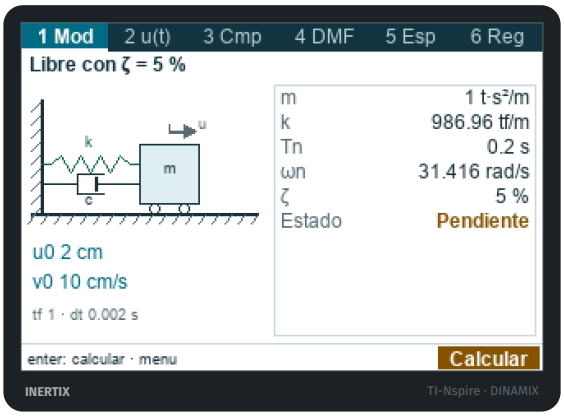
$\zeta = 0.05$ %: dato válido, resultados pendientes.



Pregunta al pedir una gráfica.



La curva casi no decae: señal de un ζ mal escrito.

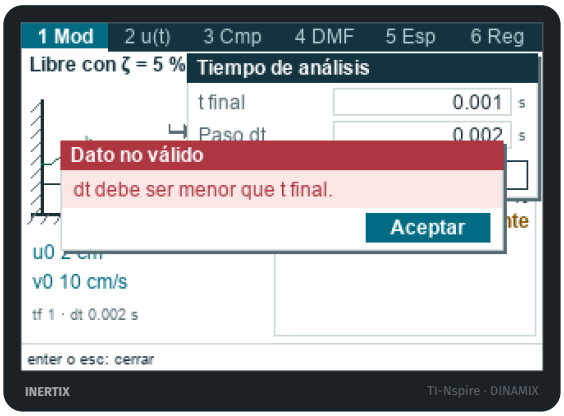


Documento reabierto: resultados pendientes.

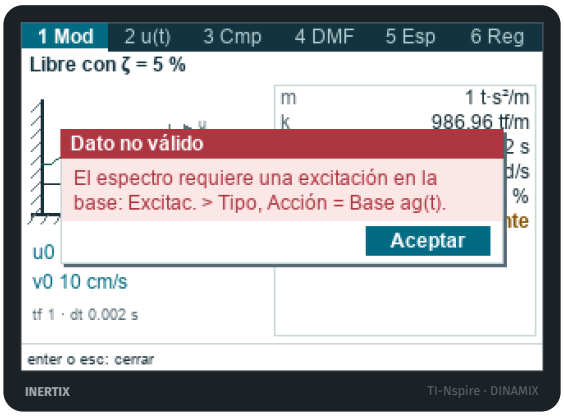
Lectura. Un dato rechazado nunca llega al caso. Al reabrir, DINAMIX no muestra resultados viejos, y el espectro también queda pendiente. En la TI-Nspire no existe el corte con la tecla ON de la HP Prime.

8.2 Mensajes

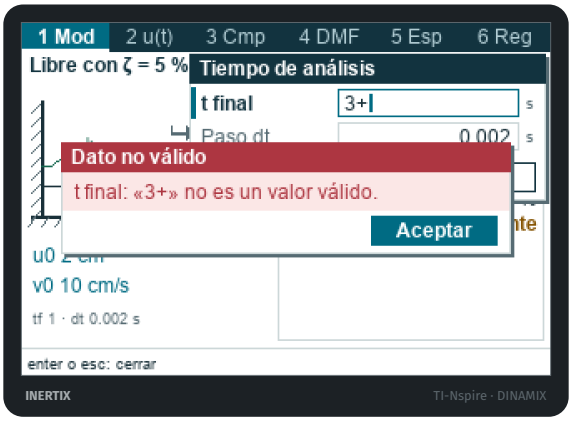
Mensaje	Qué hacer
La masa (o el peso) debe ser mayor que cero · El período Tn debe ser mayor que cero · La rigidez k debe ser mayor que cero	Corrija el dato; el formulario sigue abierto.
ζ fuera de rango: use 0 a 299 %	En estructuras, lo típico es de 2 a 10 %.
Coeficiente de fricción μ fuera de rango	$0 < \mu \leq 2$; típico de 0.1 a 0.6.
La fricción de Coulomb solo se resuelve en vibración libre	Cambie antes menu **Excitac.** → `Tipo` a `Libre`.
Con fricción de Coulomb solo hay vibración libre	Cambie a amortiguamiento viscoso en `Propied.`
dt debe ser menor que t final · t final y dt deben ser positivos · Más de 2000 pasos	Corrija el tiempo; el mensaje de los 2000 pasos indica el dt mínimo.
N de armónicos: entero entre 1 y 60	Corrija `N armón.`
El espectro requiere una excitación en la base	menu **Excitac.** → `Tipo`, `Acción` = `Base`.
Períodos: se requiere 0 < Tmin < Tmax · Número de períodos: entero entre 5 y 100	Corrija el formulario del espectro.
t debe ser mayor que el de la fila anterior (o menor que el de la siguiente)	Los tiempos del registro deben crecer.
m1: tiempo no creciente en las filas…· debe contener al menos 2 filas y 2 columnas · valores numéricos finitos requeridos	Corrija la matriz. El registro actual no cambia.
«3+» no es un valor válido	La expresión está incompleta: termínela o bórrela.
Licencia no verificada en esta calculadora	La licencia dejó de valer (por ejemplo, otro equipo): menu **Archivo** → `Licencia`.



dt mayor que t_f.



Espectro sin excitación en la base.



Expresión incompleta.

8.3 Preguntas frecuentes

¿Por qué el máximo de u(t) no coincide con la amplitud C?

C es el coeficiente de la envolvente $C\,e^{-\zeta\omega_n t}$. Cuando la respuesta alcanza su pico, la envolvente ya ha decaído algo; por eso $u_{\text{máx}}$ (2.025 cm en el ejemplo) es menor que C (2.043 cm).

¿Por qué el panel y el cursor dan máximos distintos?

El cursor lee los instantes de salida (2.024 cm); el panel refina el pico entre muestras (2.025 cm). Con $dt > T_n/10$ la gráfica lo avisa y dibuja los instantes calculados.

¿El paso dt cambia la respuesta del motor?

No en los instantes de salida: el motor es exacto con cualquier dt. Sí cambian qué instantes se ven, el pico leído y el paso de los métodos numéricos que se comparan.

Un método aparece como «no aplica» o «inestable».

«No aplica» indica el motivo (por ejemplo, Fourier solo para cargas periódicas). «Inestable» o «fuera de escala» significa que el método crece sin control con ese paso: reduzca dt por debajo del límite de estabilidad.

¿Cómo calculo un espectro?

Elija menu **Excitac.** → `Tipo` con `Acción` = `Base` y un registro o pulso, y luego menu **Calcular** → `Espectro` (caso OI-3).

¿Cómo uso un registro propio?

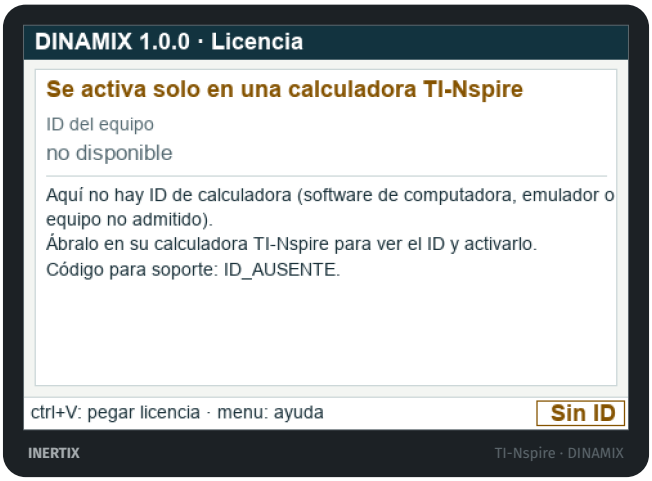
Guárdelo en una matriz `m0` … `m9` del documento, de dos columnas (t en s y el valor en las unidades activas), y use menu **Excitac.** → `Importar`.

¿Cómo conservo el caso?

Guarde el documento con ctrl + S. El caso, el registro, las unidades y la licencia pegada quedan en el documento; al abrirlo, los resultados se recalculan con enter. Para varios casos, guarde copias del documento con otro nombre.

¿Funciona en el software de computadora?

Esta edición se activa solo en una calculadora TI-Nspire (CX y CX II); en la computadora muestra la pantalla Licencia y no calcula.



Software de computadora (sin ID de calculadora), tamaño PC.

Información para soporte

Indique el programa, la versión del documento, el modelo, los datos del caso, el mensaje recibido y los pasos para reproducirlo.