



Universidad Politécnica de Aguascalientes

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Matemáticas para Ingeniería II

Parcial 3

Proyecto: Newton-Rhapson, Método de los trapecios.

Diego Emilio Rodríguez Rodríguez – UP230118

Santiago Alonso Silva Pedroza – UP230085

Kevin Enrique Avalos Rodríguez – UP230808

María Alejandra Farráez Reyes – UP230249

Edward Bejar Mateos - UP230430

ISC06A

Isaac Vázquez Mendoza

18/11/2025

main_launcher.py

Este programa sirve como lanzador (launcher) para abrir otros dos programas independientes:

- Metodo_Trapecios.py
- metodonewton.py

El usuario puede abrir cualquiera de los dos, o abrir ambos a la vez.

Manual de código:

Librerías utilizadas:

- os, sys: Permiten obtener rutas y datos del sistema operativo.
- subprocess: Permite abrir otros programas o scripts.
- tkinter: Usado para crear la interfaz gráfica.
- messagebox: Ventanas emergentes para errores.

(PY = sys.executable): Esta variable obtiene la ruta del intérprete Python que está ejecutando este launcher.

```
TRAP_FILE = "Metodo_Trapecios.py"
NEWTON_FILE = "metodonewton.py"
EQUA_FILE = "ecuacionewton.py"
```

run_script(filename):

Calcula la ruta absoluta del archivo, comprueba que el archivo realmente existe.

```
path = os.path.join(os.path.dirname(os.path.abspath(__file__)), filename)
if not os.path.exists(path):
    messagebox.showerror("Error", f"No se encontró {filename}\nRuta esperada: {path}")
    return
```

Si no existe: Muestra un error. Pero, si existe: Lo abre en un proceso separado usando:

```
subprocess.Popen([PY, path], stdout=subprocess.PIPE, stderr=subprocess.PIPE)
```

No bloquea el launcher y cada script abre su propia ventana independiente.

```

def abrir_trapezios():
    run_script(TRAP_FILE)

def abrir_newton():
    run_script(NEWTON_FILE)

def abrir_ecua():
    run_script(ECUA_FILE)

crear_ventana():

```

Crea una interfaz.

```

root = tk.Tk()
root.title("Launcher - Trapecios & Newton")
root.geometry("360x180")
tk.Label(root, text="Selecciona un programa para abrir:", font=("Segoe UI", 11)).pack(pady=10)

btn_frame = tk.Frame(root)
btn_frame.pack(pady=5)

tk.Button(btn_frame, text="Método del Trapecio", width=22, command=abrir_trapezios, bg="#b3e6b3").grid(row=0, column=0, padx=5,
tk.Button(btn_frame, text="Newton-Raphson", width=22, command=abrir_newton, bg="#cfe8ff").grid(row=1, column=0, padx=5, pady=5)
tk.Button(btn_frame, text="Newton-solución ecuaciones", width=22, command=abrir_ecua, bg="#ffd9b3").grid(row=2, column=0, padx=5)

tk.Label(root, text="(Se abrirán en ventanas separadas)", font=("Segoe UI", 8)).pack(pady=6)
root.mainloop()

```

Hay tres botones:

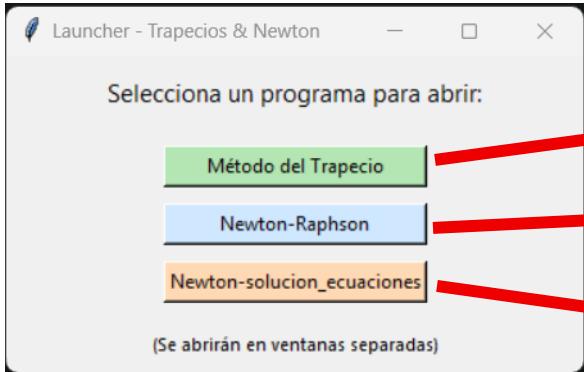
1. Método del Trapecio
2. Newton-Raphson
3. Newton-solución ecuaciones

Cada botón ejecuta su función correspondiente.

El root.mainloop() mantiene la ventana viva.

Funciones que abren los diferentes archivos.

Manual de uso:



1. Se ejecuta el archivo launcher.py.
2. Abrirá una ventana con tres botones.
3. Selecciona uno:
 - a. Método del Trapecio: abre el programa para áreas numéricas.
 - b. Newton-Raphson: abre el programa para resolver raíces.
 - c. Newton-solución ecuaciones: abre el programa para encontrar dos raíces de una función.

Cada programa se abrirá en su propia ventana.

Si alguno de los archivos no existe, se mostrará un mensaje de error.

Seudocódigo:

Obtener la ruta del intérprete de Python en uso (PY)

Definir TRAP_FILE como "Metodo_Trapecios.py"

Definir NEWTON_FILE como "metodonewton.py"

Definir ECUA_FILE como "ecuacionnewton.py"

FUNCIÓN run_script():

Construir la ruta completa del archivo usando el directorio actual y filename

SI el archivo NO existe

Mostrar mensaje de error indicando que no se encontró filename

TERMINAR FUNCIÓN

INTENTAR

Lanzar el archivo Python en un proceso nuevo usando:

`subprocess.Popen([PY, path])`

SI ocurre algún error

Mostrar mensaje de error con detalles del fallo

FUNCIÓN abrir_trapecios()

Llamar run_script(TRAP_FILE)

FUNCIÓN abrir_newton():

Llamar run_script(NEWTON_FILE)

FUNCIÓN abrir_ecua():

Llamar run_script(ECUA_FILE)

FUNCIÓN crear_ventana():

Crear ventana principal (root)

Configurar título: "Launcher - Trapecios & Newton"

Configurar tamaño: 360 x 180

Mostrar texto: "Selecciona un programa para abrir:"

Crear un contenedor btn_frame para los botones

Crear botón "Método del Trapecio"

- Tamaño 22 caracteres
- Ejecuta abrir_trapezios()
- Color de fondo verde claro

Crear botón "Newton-Raphson"

- Tamaño 22
- Ejecuta abrir_newton()
- Color azul claro

Crear botón "Newton-solucion_ecuaciones"

- Tamaño 22
- Ejecuta abrir_ecua()
- Color naranja claro

Mostrar texto: "(Se abrirán en ventanas separadas)"

Iniciar el ciclo principal de Tkinter

Metodo_Trapecios.py

Manual de código:

Librerías utilizadas:

- NumPy: Genera arreglos numéricos y manejar valores de x.
- Matplotlib: Grafica la función y los trapecios.
- Tkinter: Crea la ventana gráfica donde el usuario introduce los datos.
- Messagebox: Para mostrar errores emergentes.
- SymPy: Convierte la función ingresada por el usuario en una función matemática evaluable.

integral_trapezios():

Implementa el método del trapecio compuesto, dividiendo la integral en n trapecios.

1. Divide el intervalo (linspace): genera n+1 puntos entre a y b.
2. Evalúa la función: y_vals = f(x_vals).
3. Calcula el ancho de cada trapecio: h = (b - a) / n.

Fórmula del método del trapecio:

$$A \approx \frac{h}{2} \left[f(x_0) + 2 \sum f(x_i) + f(x_n) \right]$$

=

$$(h / 2) * (y_vals[0] + 2 * sum(y_vals[1:-1]) + y_vals[-1])$$

Devuelve: área aproximada, valores de 'x', y valores de 'y'.

graficar():

Crea una figura grande para la gráfica:

```
plt.figure(figsize=(9, 6))
```

Dibuja la función suavizada: Se grafica con muchos puntos para que se vea bien.

```
x_smooth = np.linspace(a, b, 400)
plt.plot(x_smooth, f(x_smooth), label='f(x)', color='blue', linewidth=2)
```

Dibujo de trapecios: Cada trapecio se rellena en color rojo transparente.

Se dibujan como un polígono de 4 vértices:

- base izquierda
- punto arriba izquierdo
- punto arriba derecho
- base derecha

```
for i in range(len(x_vals)-1):
    xs = [x_vals[i], x_vals[i], x_vals[i+1], x_vals[i+1]]
    ys = [0, y_vals[i], y_vals[i+1], 0]
    plt.fill(xs, ys, color='red', alpha=0.4)
```

Mostrando el valor del área: Se coloca un recuadro en la esquina de la gráfica con el área calculada.

```
plt.text(
    0.05, 0.95,
    f"Área aproximada = {area:.6f}",
    transform=plt.gca().transAxes,
    fontsize=12,
    verticalalignment='top',
    bbox=dict(boxstyle="round", fc="white", ec="black")
)
```

transAxes: Coloca texto en coordenadas relativas del gráfico (0 a 1).

ejecutar():

Convierte el texto ingresado por el usuario en una función real de Python.

Ejemplo: Escribe: *ejemplo de función*, sympy lo convierte en una expresión simbólica, y lambdify lo convierte en una función numpy que se puede evaluar.

```
x = symbols('x')
f_expr = sympify(entry_funcion.get())
f = lambdify(x, f_expr, 'numpy')
```

Obtiene valores de la interfaz gráfica: Toma los límites y número de trapecios que escribió el usuario.

```
a = float(entry_a.get())
b = float(entry_b.get())
n = int(entry_n.get())
```

Calcula el área y manda a graficar: Muestra el resultado en pantalla (caja de texto) y luego genera la gráfica.

```
area, x_vals, y_vals = integral_trapezios(f, a, b, n)

text_output.delete("1.0", tk.END)
text_output.insert(tk.END, f"Área aproximada: {area:.6f}\n")

graficar(f, a, b, x_vals, y_vals, area)
```

Si ocurre un error salta el siguiente exception:

```
except Exception as e:
    messagebox.showerror("Error", f"Ocurrió un error: {str(e)}")
```

Interfaz gráfica en Tkinter:

```
ventana = tk.TK()
ventana.title("Integral por método del trapecio")
ventana.geometry("600x550")

tk.Label(ventana, text="Función f(x):").pack()
entry_funcion = tk.Entry(ventana, width=40)
entry_funcion.insert(0, "sin(x)")
entry_funcion.pack()

tk.Label(ventana, text="Límite inferior a:").pack()
entry_a = tk.Entry(ventana)
entry_a.insert(0, "0")
entry_a.pack()

tk.Label(ventana, text="Límite superior b:").pack()
entry_b = tk.Entry(ventana)
entry_b.insert(0, "3.1416")
entry_b.pack()

tk.Label(ventana, text="Número de trapecios:").pack()
entry_n = tk.Entry(ventana)
entry_n.insert(0, "10")
entry_n.pack()

tk.Button(ventana, text="Calcular integral", command=ejecutar, bg="lightgreen").pack(pady=10)

tk.Label(ventana, text="Resultados:").pack()
text_output = tk.Text(ventana, height=10, width=70)
text_output.pack()
```

`tk.Label (*donde va a estar la etiqueta* (ventana), *texto que tendrá* (text =)).pack()`

`= tk.Entry(ventana): Lo hace input.`

`.insert(0,"0"):` Le da un valor dentro por default.

`tk.Text (*donde va a estar* (ventana), *altura*, *anchura*)`

`ventana:` Crear la ventana principal, donde todos los inputs y outputs se colocan.

`entry_funcion:` Campo donde el usuario escribe $f(x)$.

`entry_a:` Límite inferior.

`entry_b:` Límite superior.

`entry_n:` Número de trapecios.

`Button:` Acciona todo el código (ejecutar()).

`text_output:` Área aproximada en texto.

La ventana usa “`.pack()`” para colocar todo verticalmente.

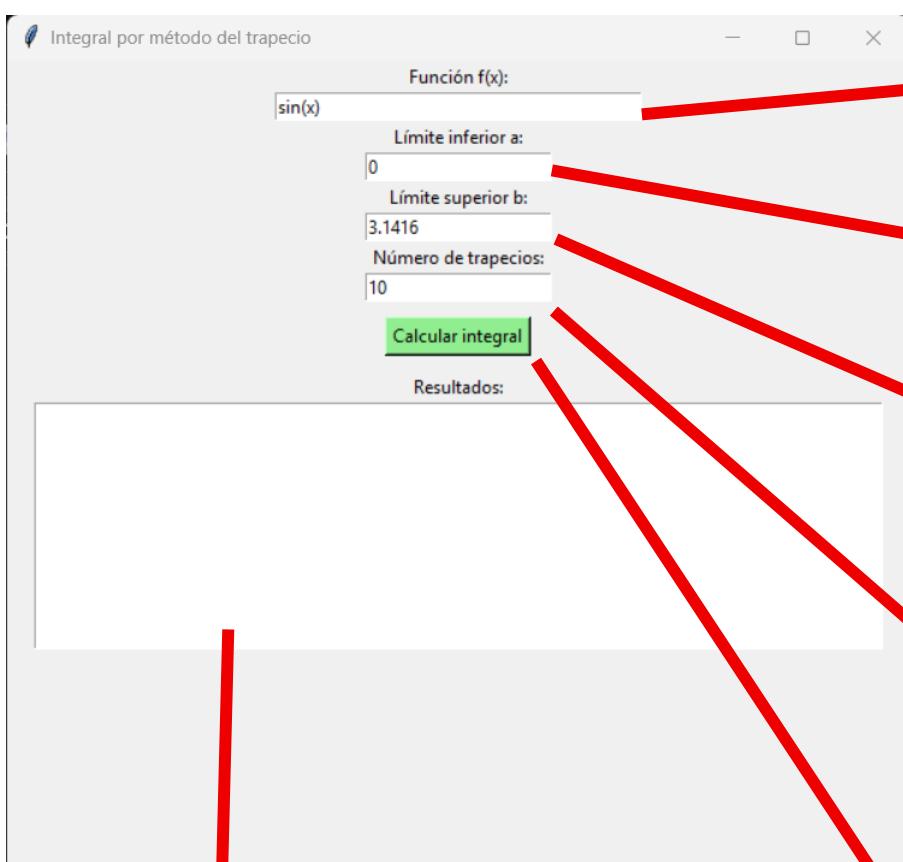
`mainloop():` Es el bucle infinito que mantiene la ventana abierta.

Manual de uso:

Tras ejecutar el archivo .py, aparecerá una ventana llamada: “Integral por método del trapecio”

Esta ventana contiene:

- Entradas para definir función y límites
- Botón para calcular
- Área para mostrar resultados numéricos



entry_function: Escribir la función que se desea integrar. La variable siempre debe llamarse “x”

entry_a: Aquí escribe el valor inicial del intervalo de integración.

entry_b: Aquí escribe el valor final del intervalo. Debe ser mayor que “a”.

entry_n: Aquí escribe cuántos trapecios usará el método para aproximar el área.

Debe ser un número entero positivo.

text_output: Los resultados se muestran en la sección “Resultados:”

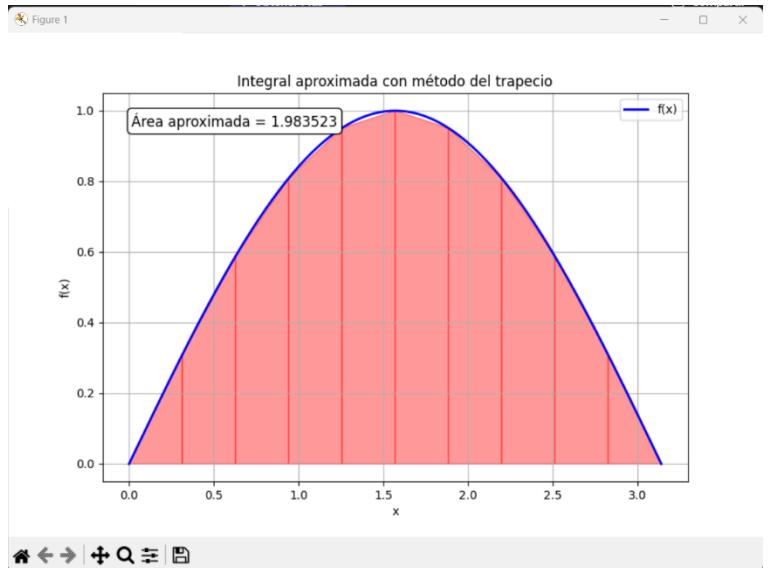
button:

- Se procesa la función ingresada.
- Se calcula el área usando el método del trapecio.
- Se imprimen los resultados numéricos en la caja inferior.
- Se abre una gráfica.

Al finalizar el cálculo aparece una gráfica con:

- La curva de $f(x)$ (línea azul).
- Los trapecios (áreas rojas)
- Eje 'X' y 'Y' marcados.
- Cuadro en la esquina superior mostrando el área aproximada.

Esta representación permite visualizar cómo se aproxima la integral mediante figuras geométricas.



Mensajes de error comunes:

Problema:	Causa:
“Función inválida”	La función está mal escrita.
“No se puede convertir a número”	‘a’, ‘b’ o ‘n’ no son valores numéricos.
“n debe ser positivo”	Se ingresó valor negativo o cero.
Gráfica vacía	func = constante 0.

Seudocódigo:

FUNCIÓN integral_trapezios():

 Crear un arreglo x_vals con n+1 puntos equidistantes entre a y b

 Crear un arreglo y_vals con la evaluación de f en cada punto de x_vals

$h \leftarrow (b - a) / n$ // tamaño del subintervalo

 area $\leftarrow (h / 2) * (y_vals[0]$

 + 2 * suma de los valores y_vals desde el índice 1 hasta n-1

 + y_vals[n])

 REGRESAR (area, x_vals, y_vals)

FUNCIÓN graficar():

 Crear una figura para graficar

 Crear x_smooth con 400 puntos entre a y b

 Graficar la curva suave de f(x_smooth)

 PARA i desde 0 hasta longitud(x_vals) - 2 HACER

 Crear xs = [x_i, x_i, x_(i+1), x_(i+1)]

 Crear ys = [0, y_i, y_(i+1), 0]

 Dibujar el trapecio usando xs y ys en color rojo

 FIN PARA

 Mostrar en la gráfica el texto: "Área aproximada = area"

 Agregar título, etiquetas y cuadrícula

 Mostrar la gráfica

FUNCIÓN ejecutar():

INTENTAR

 Crear símbolo x para SymPy

 Leer texto de entrada y convertirlo a expresión matemática f_expr

Convertir f_{expr} a una función evaluable f
Leer valores a, b, n desde los campos de entrada
 $(area, x_vals, y_vals) \leftarrow integral_trapecios(f, a, b, n)$
Limpiar el cuadro de texto de resultados
Escribir "Área aproximada: $area$ " en el cuadro de texto
Llamar a graficar($f, a, b, x_vals, y_vals, area$)
SI OCURRE ERROR
Mostrar ventana emergente con el mensaje de error

INTERFAZ TKINTER:

Crear ventana principal
Configurar título y tamaño
Crear etiqueta "Función $f(x)$ "
Crear campo de texto para función con valor por defecto " $\sin(x)$ "
Crear etiqueta "Límite inferior"
Crear campo entry_a con valor "0"
Crear etiqueta "Límite superior"
Crear campo entry_b con valor "3.1416"
Crear etiqueta "Número de trapecios"
Crear campo entry_n con valor "10"
Crear botón "Calcular integral" que llama a ejecutar()
Crear etiqueta "Resultados"
Crear cuadro de texto para mostrar resultados
Iniciar el ciclo principal de la ventana

metodonewton.py

Este programa permite aproximar raíces de funciones utilizando el método de Newton-Raphson con una interfaz gráfica amigable y fácil de usar, el usuario puede ingresar la función, su derivada y un valor inicial y este genera una gráfica ilustrando la convergencia.

El programa calcula cada iteración, muestra los resultados en pantalla y genera una gráfica que incluye:

- La función
- Su derivada
- Los puntos generados por cada iteración
- La raíz aproximada

Manual de código:

1. Librerías: Tkinter, numpy, matplotlib.pyplot
2. Función principal: Es la encargada de ejecutar el método de Newton-Raphson y de controlar su proceso.

2.1. Lectura de entradas del usuario:

```
# Leer entradas del usuario
funcion_str = entry_funcion.get()
derivada_str = entry_derivada.get()
x0 = float(entry_x0.get())
iter_user = int(entry_iter.get()) # Iteraciones que solicita el usuario
```

2.2. Definición de la función y derivada: Se utiliza eval() para convertir el texto ingresado en una función ejecutable.

```
def f(x):
    return eval(funcion_str, {"x": x, "np": np,
                             "sin": np.sin, "cos": np.cos, "exp": np.exp,
                             "log": np.log, "sqrt": np.sqrt})
```

2.3. Ciclo iterativo del método: Cada iteración se almacena en una lista y se imprime en la pantalla.

```
x1 = x0 - fx / dfx
iteraciones.append(x1)
```

2.4. Condición de detención: Se detendrá si la función se acerca suficientemente a cero.

```
# Si la función llega cerca de 0, detener
if abs(f(x1)) < 1e-6:
    convergio_en = i + 1
    texto_resultados.insert(tk.END, "\nRaíz encontrada antes de las iteraciones solicitadas.\n")
    break
```

2.5. Manejo de errores: Se mostrará un mensaje de “Error, la derivada es cero, no se puede continuar.”

```
if dfx == 0:
    messagebox.showerror("Error", "La derivada es cero. No se puede continuar.")
    return
```

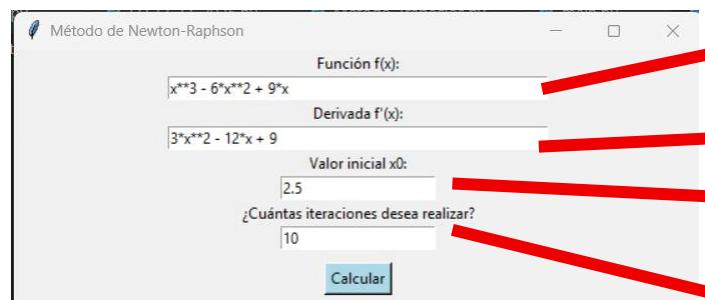
3. Generación de graficas: Al finalizar el cálculo, el programa grafica la función, la derivada, marca los puntos de iteración, señala la raíz encontrada.

```
plt.plot(x_vals, y_vals, label=f'f(x) = {funcion_str}', color='blue')
plt.plot(x_vals, y_deriv, label="f'(x)", color='orange', linestyle='--')
plt.scatter(iteraciones, [f(x) for x in iteraciones], color='red', label='Iteraciones')
```

4. Interfaz gráfica: la ventana principal contiene función, derivada, valor inicial, número de iteraciones.

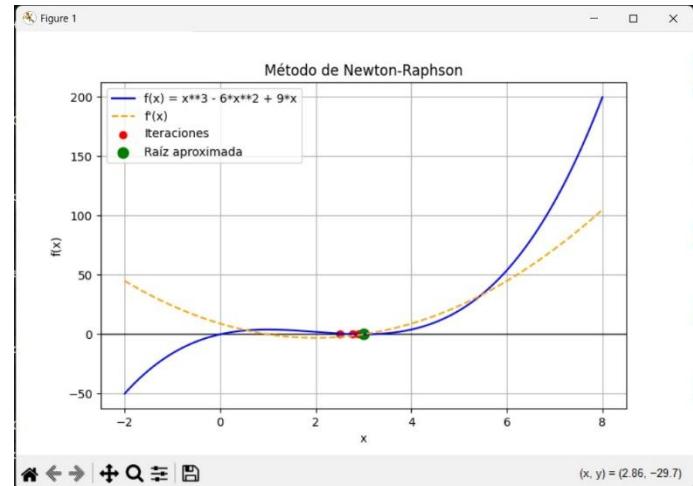
```
116     tk.Button(ventana, text="Calcular", command=newton_raphson, bg="lightblue").pack(pady=10)
117
```

Manual de uso:



- Primer campo función: Se ingresa la función matemática
- Segundo campo derivada: Se ingresa la derivada correspondiente
- Tercer campo valor inicial: Se ingresa el punto donde iniciara el método
- Cuarto campo iteraciones: Se ingresa el número de iteraciones que se desea realizar.

Área de resultados: Aparece la gráfica que contiene la función en línea azul, la derivada que es la línea naranja discontinua, punto rojo que simbolizan las iteraciones, punto verde que marca la raíz aproximada.



Iteraciones del método de Newton-Raphson:

```

Iteración 1: x = 2.777778, f(x) = 0.625000, f'(x) = -2.250000
Iteración 2: x = 2.893519, f(x) = 0.137174, f'(x) = -1.185185
Iteración 3: x = 2.947757, f(x) = 0.032808, f'(x) = -0.604874
Iteración 4: x = 2.974112, f(x) = 0.008045, f'(x) = -0.305269
Iteración 5: x = 2.987113, f(x) = 0.001993, f'(x) = -0.153316
Iteración 6: x = 2.993570, f(x) = 0.000496, f'(x) = -0.076826
Iteración 7: x = 2.996789, f(x) = 0.000124, f'(x) = -0.038454
Iteración 8: x = 2.998395, f(x) = 0.000031, f'(x) = -0.019238
Iteración 9: x = 2.999198, f(x) = 0.000008, f'(x) = -0.009621
Iteración 10: x = 2.999599, f(x) = 0.000002, f'(x) = -0.004811
  
```

Raiz encontrada antes de las iteraciones solicitadas.

Y te muestra el número de iteraciones (con su x, función de x, y la derivada de dicha función), dependiendo de lo ingresado, y avisa si se encontró la raíz en una iteración previa a la ingresada.

Seudocódigo:

FUNCIÓN newton_raphson():

INTENTAR

 Leer la función ingresada como texto (funcion_str)

 Leer la derivada ingresada como texto (derivada_str)

 Leer valor inicial x0

 Leer número de iteraciones solicitadas

 Definir función f(x):

 Evaluar funcion_str usando eval con funciones matemáticas permitidas

 Definir función fprima(x):

 Evaluar derivada_str usando eval con funciones matemáticas permitidas

 Limpiar el cuadro de texto donde se mostrarán resultados

 Escribir encabezado "Iteraciones del método..."

 Crear lista iteraciones con el valor inicial x0

 Definir convergio_en = NULO

PARA i desde 0 hasta iter_user - 1 HACER

 Calcular fx = f(x0)

 Calcular dfx = fprima(x0)

 SI la derivada es cero

 Mostrar error "No se puede continuar"

TERMINAR FUNCIÓN

 Calcular x1 = x0 - fx / dfx

 Agregar x1 a lista iteraciones

 Mostrar en texto:

 Número de iteración, valor de x1, f(x0), f'(x0)

 SI |f(x1)| < 1e-6

```
convergio_en = i + 1  
Mostrar "Raíz encontrada antes de las iteraciones"  
SALIR del bucle  
Actualizar x0 = x1  
FIN PARA  
SI convergio_en existe Y convergio_en < iter_user  
    Mostrar que se necesitaron menos iteraciones  
SINO  
    Mostrar que se hicieron todas las iteraciones solicitadas  
Mostrar en pantalla "Raíz aproximada: x1"
```

GRAFICAR:

```
Crear un rango de valores x_vals alrededor de x1  
Calcular y_vals = f(x) para cada punto  
Calcular y_deriv = f'(x) para cada punto  
Crear figura  
Dibujar eje horizontal en 0  
Dibujar curva de f(x)  
Dibujar curva de f'(x) con línea punteada  
Dibujar puntos de las iteraciones  
Dibujar punto especial para la raíz aproximada  
Aregar título, etiquetas, cuadrícula y leyenda  
Mostrar gráfica  
SI ocurre cualquier error  
    Mostrar ventana de error
```

INTERFAZ GRÁFICA ():

Crear ventana principal

Establecer título "Método de Newton-Raphson"

Establecer tamaño 550x600

Crear etiqueta "Función f(x)"

Crear campo de texto entry_funcion

Insertar ejemplo por defecto

Crear etiqueta "Derivada f'(x)"

Crear campo entry_derivada

Insertar ejemplo por defecto

Crear etiqueta "Valor inicial x0"

Crear campo entry_x0

Insertar valor por defecto

Crear etiqueta "¿Cuántas iteraciones desea realizar?"

Crear campo entry_iter

Insertar valor por defecto

Crear botón "Calcular"

Al presionarlo ejecuta newton_raphson()

Crear cuadro de texto con scroll (scrolledtext) para mostrar resultados

Iniciar mainloop de Tkinter

ecuacionnewton.py

Este programa implementa:

- El método de Newton-Raphson para encontrar dos raíces de una función.
- La reconstrucción de la ecuación diferencial lineal asociada.
- Gráficas:
 - De la función característica.
 - De las iteraciones del método de Newton.
 - De la solución $x(t)$.

Manual de código:

Librerías utilizadas:

- tkinter: crear la interfaz gráfica.
- numpy: manejar arreglos numéricos.
- matplotlib: generar gráficas.
- sympy: manipular expresiones matemáticas y obtener coeficientes.

newton_all_steps():

```
def newton_all_steps(func_str, deriv_str, x0, iters):
    """Devuelve la raíz y todas las iteraciones para graficar."""
    def f(x):
        return eval(func_str, {"x": x, "np": np})

    def fprima(x):
        return eval(deriv_str, {"x": x, "np": np})

    xs = [x0]

    for _ in range(iters):
        fx = f(x0)
        dfx = fprima(x0)

        if dfx == 0:
            raise ValueError("La derivada se hizo cero. No se puede continuar.")

        x1 = x0 - fx / dfx
        xs.append(x1)

        if abs(f(x1)) < 1e-8:
            return x1, xs

        x0 = x1

    return x1, xs
```

- func_str: La función $f(x)$.
- deriv_str: La derivada $f'(x)$.
- x0: Valor inicial.
- iters: Número de iteraciones.

Convierte los textos (inputs) en funciones ejecutables usando eval.

Guarda la secuencia de valores que Newton va generando.

Aplica la fórmula:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)}$$

=

$$x_1 = x_0 - f(x_0) / f'(x_0)$$

Se detiene si la derivada es cero (**error**), o si la función se acerca a cero (**raíz encontrada**).

Devuelve: La raíz encontrada, La lista completa de iteraciones (para graficar).

calcular_todo():

```
funcion_str = entry_funcion.get()
derivada_str = entry_derivada.get()
x0_1 = float(entry_x0_1.get())
x0_2 = float(entry_x0_2.get())
iter_user = int(entry_iter.get())
```

Obtiene los datos desde la interfaz.

- Función.
- Derivada.
- Dos valores iniciales.
- Iteraciones

Limpia el cuadro de texto y muestra el título.

```
texto_resultados.delete(1.0, tk.END)
texto_resultados.insert(tk.END, "==== MÉTODO DE NEWTON PARA LAS DOS RAÍCES ===\n\n")
```

Obtención automática de coeficientes a, b, y c.

```
x = sp.Symbol("x")
pol = sp.sympify(funcion_str)
pol = sp.expand(pol)

a = float(pol.coeff(x, 2))
b = float(pol.coeff(x, 1))
c = float(pol.coeff(x, 0))
```

Sympy convierte la función en polinomio e identifica los coeficientes, para reconstruir la ecuación diferencial.

$$ax'' + bx' + cx = 0$$

Aplica Newton para obtener las dos raíces, m1 es la primera raíz, m2 es la segunda, its1 y its2 son las listas de iteraciones.

```
m1, its1 = newton_all_steps(funcion_str, derivada_str, x0_1, iter_user)
texto_resultados.insert(tk.END, f"Raíz 1 (m1) usando x0 = {x0_1} → {m1}\n")

# Newton para m2
m2, its2 = newton_all_steps(funcion_str, derivada_str, x0_2, iter_user)
texto_resultados.insert(tk.END, f"Raíz 2 (m2) usando x0 = {x0_2} → {m2}\n\n")
```

Determina si las raíces son iguales o distintas. Si son casi iguales es una raíz doble.

```
if abs(m1 - m2) < 1e-6:
    caso = "Caso I (Raíz doble)"
    texto_resultados.insert(tk.END, "-> CASO I: Raíz doble\n")
    texto_resultados.insert(
        tk.END,
        f"x(t) = k1 · e^{({m1:.6f})·t} + t · k2 · e^{({m1:.6f})·t}\n"
    )
else:
    caso = "Caso II (Raíces distintas)"
    texto_resultados.insert(tk.END, "-> CASO II: Raíces distintas\n")
    texto_resultados.insert(
        tk.END,
        f"x(t) = k1 · e^{({m1:.6f})·t} + k2 · e^{({m2:.6f})·t}\n"
    )
```

Caso 1: Raíz Doble.

$$x(t) = k_1 e^{mt} + t k_2 e^{mt}$$

Caso 2: Raíces Distintas.

$$x(t) = k_1 e^{m_1 t} + k_2 e^{m_2 t}$$

Muestra la ecuación diferencial original.

```
texto_resultados.insert(tk.END, f"\n{a}x' + {b}x' + {c}x = 0\n\n")
```

```
xs = np.linspace(-10, 10, 400)
f_vals = [eval(funcion_str, {"x": x, "np": np}) for x in xs]

plt.figure(figsize=(8,5))
plt.axhline(0, color="black")
plt.plot(xs, f_vals, label=f(m))
plt.scatter([m1, m2], [0, 0], color="red", s=80, label="Raíces encontradas")
plt.title("Función Característica")
plt.xlabel("m")
plt.ylabel(f(m))
plt.grid(True)
plt.legend()
plt.show()

# Gráfica de iteraciones de Newton para m1
plt.figure(figsize=(8,5))
its_f = [eval(funcion_str, {"x": x, "np": np}) for x in its1]
plt.plot(its1, its_f, marker="o")
plt.axhline(0, color="black")
plt.title("Iteraciones Newton - Raíz m1")
plt.xlabel("x")
plt.ylabel(f(x))
plt.grid(True)
plt.show()

# Gráfica de iteraciones de Newton para m2
plt.figure(figsize=(8,5))
its_f2 = [eval(funcion_str, {"x": x, "np": np}) for x in its2]
plt.plot(its2, its_f2, marker="o")
plt.axhline(0, color="black")
plt.title("Iteraciones Newton - Raíz m2")
plt.xlabel("x")
plt.ylabel(f(x))
plt.grid(True)
plt.show()
```

1) Gráfica de la función característica

Muestra el polinomio $f(m)$ y marca las raíces encontradas.

2) Iteraciones de Newton para cada raíz

Se dibuja cómo Newton va bajando hacia la raíz en cada paso.

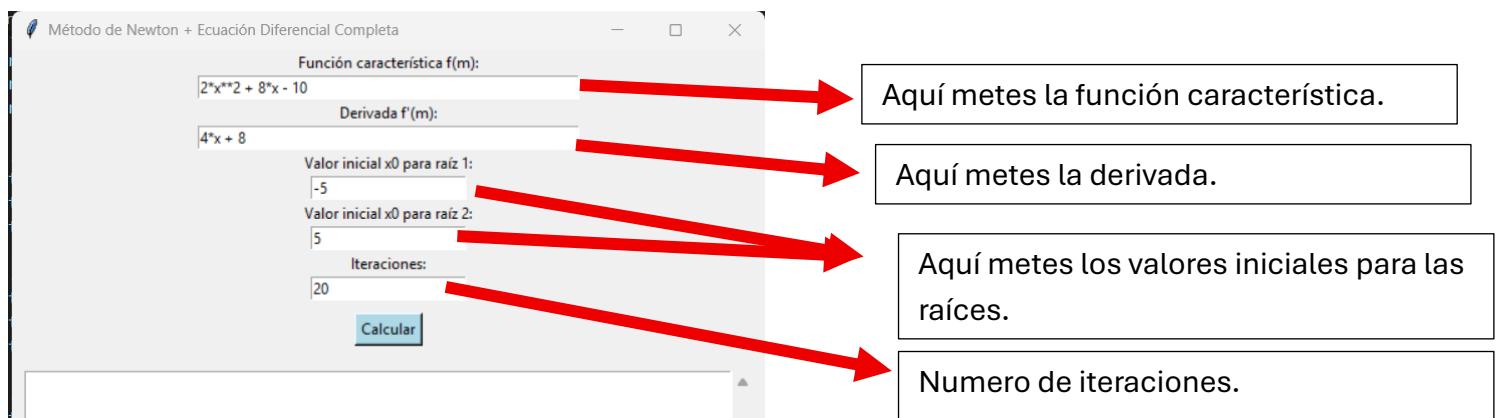
3) Gráfica de la solución diferencial $x(t)$

Dependiendo del caso:

- Raíz doble
- Raíces distintas

Se grafica la solución correspondiente.

Manual de Usuario:



Ecuación característica:

$$2.0m^2 + 8.0m + -10.0 = 0$$

Raiz 1 (m1) usando $x_0 = -5.0 \rightarrow -5.0$

Raiz 2 (m2) usando $x_0 = 5.0 \rightarrow 1.0000000000001107$

-> CASO II: Raíces distintas

$$x(t) = k_1 \cdot e^{(-5.000000 \cdot t)} + k_2 \cdot e^{(1.000000 \cdot t)}$$

== ECUACIÓN DIFERENCIAL ORIGINAL ==

$$2.0x'' + 8.0x' + -10.0x = 0$$

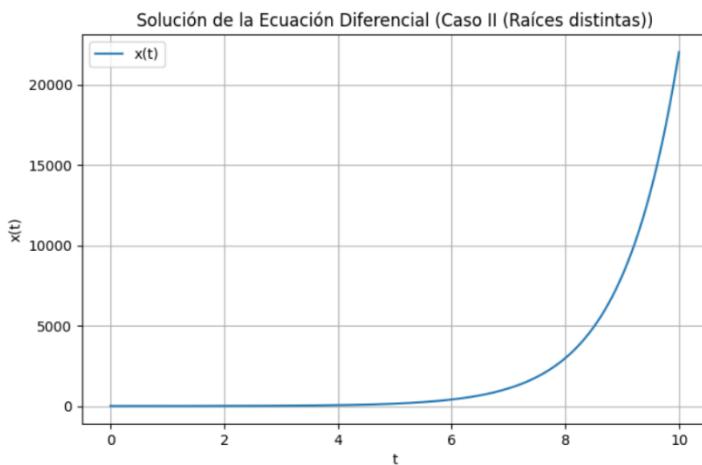
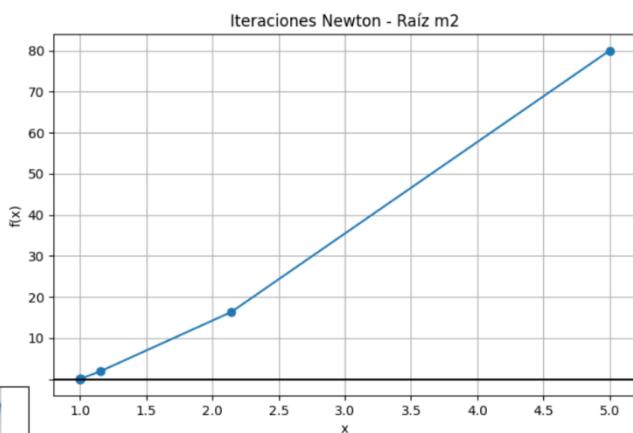
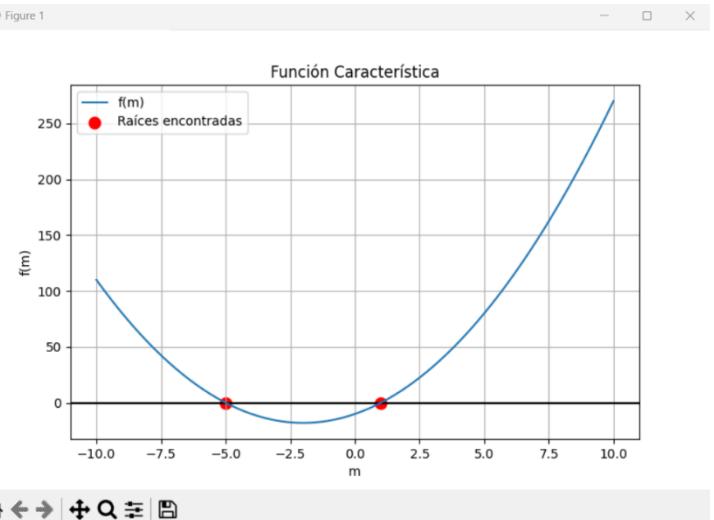
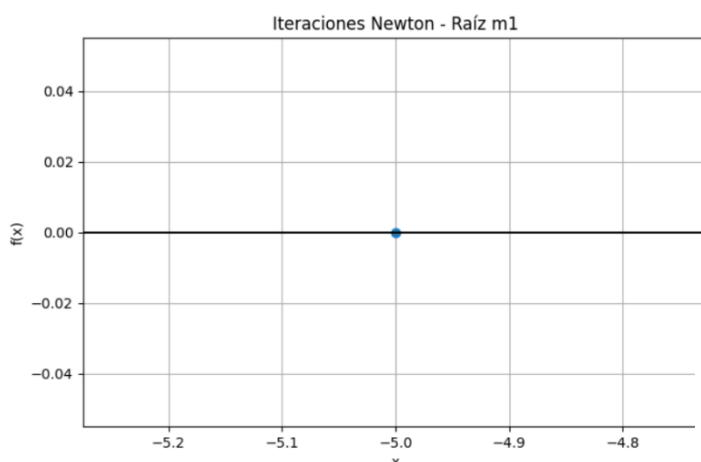
Ecuación característica.

Aplica Newton dos veces para los valores de las raíces.

Te dice el tipo de caso, y la solución de $x(t)$.

Ecuación original.

Saldrá una gráfica, una vez cierres una saldrá otras consecutivamente.



Seudocódigo:

FUNCIÓN newton_all_steps():

Definir función $f(x)$:

Evaluar $func_str$ usando eval

Definir función $f'(\mathbf{x})$:

Evaluar $deriv_str$ usando eval

Crear lista xs con el valor inicial x_0

PARA cada iteración desde 1 hasta $iters$ HACER

Calcular $fx = f(x_0)$

Calcular $dfx = f'(\mathbf{x}_0)$

SI $dfx = 0$

Lanzar error: "La derivada se hizo cero"

Calcular $x_1 = x_0 - fx / dfx$

Agregar x_1 a xs

SI $|f(x_1)| < 1e-8$

REGRESAR (x_1, xs)

Actualizar $x_0 = x_1$

FIN PARA

REGRESAR (x_1, xs) , aunque no haya convergido antes de tiempo

FUNCIÓN calcular_todo():

INTENTAR

Leer textos:

$funcion_str$

$derivada_str$

$x0_1$

$x0_2$

iter_user

Limpiar zona de resultados

Escribir encabezado

--- EXTRAER A, B, C ---

Definir variable simbólica x

Convertir funcion_str a expresión SymPy

Expandir el polinomio

Obtener coeficientes:

a = coeficiente de x^2

b = coeficiente de x^1

c = coeficiente de x^0

Mostrar la ecuación característica: $a m^2 + b m + c = 0$

--- NEWTON PARA M1 ---

Llamar newton_all_steps(func_str, deriv_str, x0_1, iter_user)

Guardar raíz m1 y lista its1

Mostrar m1

--- NEWTON PARA M2 ---

Llamar newton_all_steps(func_str, deriv_str, x0_2, iter_user)

Guardar raíz m2 y lista its2

Mostrar m2

--- CLASIFICACIÓN DEL SISTEMA DIFERENCIAL ---

SI $|m1 - m2| < \text{tolerancia}$

CASO: Raíz doble

Mostrar:

$$x(t) = k1 e^{(m t)} + t k2 e^{(m t)}$$

SINO

CASO: Raíces distintas

Mostrar:

$$x(t) = k_1 e^{(m_1 t)} + k_2 e^{(m_2 t)}$$

Mostrar ecuación diferencial:

$$a x'' + b x' + c x = 0$$

--- GRAFICAR FUNCIÓN CARACTERÍSTICA ---

Crear valores xs en [-10 , 10]

Calcular f(xs)

Dibujar la función

Dibujar puntos (m1, 0) y (m2, 0)

Mostrar gráfica

--- GRAFICAR ITERACIONES M1 ---

Calcular f(x) para cada valor en its1

Dibujar curva de iteraciones con puntos

Mostrar gráfica

--- GRAFICAR ITERACIONES M2 ---

Igual procedimiento con its2

Mostrar gráfica

--- GRAFICAR SOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL ---

Crear vector t desde 0 a 10

SI raíz doble

$$x(t) = e^{(m t)} + t e^{(m t)}$$

SINO

$$x(t) = e^{(m_1 t)} + e^{(m_2 t)}$$

Dibujar la solución x(t)

Mostrar gráfica

SI ocurre cualquier error

Mostrar ventana de error

INTERFAZ GRÁFICA:

Crear ventana principal

Configurar título y tamaño

Crear etiqueta y entrada para función característica

Colocar valor por defecto

Crear etiqueta y entrada para derivada

Colocar valor por defecto

Crear etiqueta y entrada para x_0 de raíz 1

Crear etiqueta y entrada para x_0 de raíz 2

Crear etiqueta y entrada para iteraciones

Crear botón "Calcular" que ejecuta calcular_todo()

Crear cuadro de texto con scroll para mostrar resultados

Iniciar ventana principal