



Universidad Nacional  
de General Sarmiento

**VISUALIZACION DE**  
Algoritmos de Ordenamiento  
**INFORME**

**MATERIA:**

Introduccion a la Programacion (COM II)

**DOCENTES:**

Omar Argañaras – Luca Velazquez

**PRESENTADO POR:**

Sanchez, Rocio  
Micaela

**FECHA DE ENTREGA**

17- Noviembre- 2025

## Introducción

El presente Trabajo Práctico tiene como objetivo principal la implementación de, al menos, tres algoritmos de ordenamiento fundamentales basados en comparación (como Bubble Sort, Selection Sort e Insertion Sort, entre otras estrategias). El desarrollo se realiza en el lenguaje de programación Python con el fin de asimilar la lógica algorítmica y observar su ejecución en un entorno visual web.

La consigna central de este trabajo consistió en adaptar la lógica iterativa de estos algoritmos para que funcionen bajo un sistema de micro-pasos. Esto implica que, en lugar de ordenar la lista completa en una única operación, cada llamada a la función `step()` solo realiza la comparación y/o el intercambio de un único par de elementos. Esta aproximación permite la visualización animada del proceso de ordenamiento en un entorno web interactivo.

## Tecnologías utilizadas

Para la realización del proyecto se utilizaron varias tecnologías clave. Por un lado, se empleó la plataforma **GitHub** para la gestión y control de versiones del repositorio, lo que facilitó la clonación del proyecto original y la posterior contribución de los cambios realizados. En sintonía con ello, se utilizó **Git** con el afán de registrar cada cambio, asegurando un historial de desarrollo ordenado y permitiendo revertir errores. A su vez, se utilizó el entorno de desarrollo **Visual Studio Code (VS Code)**, específicamente con la extensión **Live Server** para gestionar la visualización de manera ágil y eficiente. Finalmente, el resultado se visualiza en un **visualizador web externo** que interactúa con el código Python a través de un contrato de funciones específico (`init` y `step`), cumpliendo con el objetivo de presentar el proceso de ordenamiento de forma animada.

## Desarrollo

### Implementación y documentación de algoritmos

El núcleo de la implementación reside en replicar la lógica secuencial de los bucles de ordenamiento utilizando variables globales (o "punteros") para mantener el estado entre las llamadas a la función `step()`. El contrato (`init/step`) exige que `step()` devuelva un diccionario con los índices resaltados (`a`, `b`), si se realizó un intercambio (`swap`) y si el algoritmo finalizó (`done`).

A continuación, se detalla el funcionamiento, la implementación y las decisiones tomadas para cada algoritmo.

## 1) Algoritmo Bubble Sort (sort\_bubble.py)

Este algoritmo recorre repetidamente la lista, comparando elementos adyacentes y cambiándolos de lugar si están en el orden incorrecto. El elemento más grande "sube" (hace burbuja) al final de la lista en cada pasada completa. El algoritmo se optimiza al reducir el rango de comparación en cada nueva pasada, ya que los últimos elementos ya están en su posición final.

El Bubble Sort se implementó basándose en dos índices principales (i y j) que deben ser accedidos y modificados globalmente. El puntero i simula el bucle externo, marcando la región de la lista que ya está ordenada (desde la derecha hacia el centro). El puntero j simula el bucle interno, que avanza a través de la sublista no ordenada en cada pasada.

```
items = []
n = 0
i = 0 # número de pasadas completas
j = 0 # índice dentro de la pasada

def init(vals):
    global items, n, i, j
    items = list(vals)
    n = len(items)
    i = 0
    j = 0
```

En cada llamada a step(), se ejecuta la comparación entre items[j] y items[j+1].

Se decidió que el avance se gestionaría por el incremento continuo de j. La transición de pasada ocurre cuando j alcanza el límite dictado por i (el fin de la sublista no ordenada): en ese momento, j se reinicia a cero e i avanza a la siguiente posición, marcando un nuevo elemento como ya ordenado.

```
def step():
    global items, n, i, j
    # Si ya terminó (pasadas ≥ n-1)
    if i ≥ n-1:
        return {"done": True}

    a = j
    b = j+1

    # comparar y swap si corresponde
    if items[a] > items[b]:
        items[a], items[b] = items[b], items[a]
        swapped = True
    else:
        swapped = False

    # avanzar j; si llegamos al final de la pasada, reiniciar j y aumentar i
    j += 1
    if j+1 > n - i - 1:
        j = 0
        i += 1

    return {"a": a, "b": b, "swap": swapped, "done": False}
```

## 2) Algoritmo Insertion Sort (sort\_insertion.py)

El Insertion Sort divide la lista en una porción ordenada (izquierda) y no ordenada (derecha). En cada iteración, toma el primer elemento de la porción no ordenada y lo "inserta" en su lugar correcto dentro de la porción ordenada, desplazando los elementos mayores hacia la derecha.

La clave es que cada "pasada" (determinada por i) puede requerir múltiples micropasos de swap hacia atrás (determinados por j).

- **i:** Posición del elemento actual que se intenta insertar.
- **j:** Índice de desplazamiento hacia la izquierda dentro de la porción ordenada.

**def step():**

- **Condición de fin:** Si **i** (la cabeza de la porción no ordenada) es mayor o igual a **n**, finaliza.
- **Caso base de avance (j es None o 0):** Cuando **j** es None o ha llegado al inicio de la lista (o sea, el elemento **i** ya está en su lugar), se avanza **i** y se reinicia el proceso de inserción para el siguiente elemento.

```
items = []
n = 0
i = 1 # elemento que vamos a insertar en la parte ordenada 0..i-1
j = 1 # índice que usamos para comparar hacia atrás

def init(vals):
    global items, n, i, j
    items = list(vals)
    n = len(items)
    i = 1
    j = 1

def step():
    global items, n, i, j
    if i >= n:
        return {"done": True}

    # Si j > 0 y items[j-1] > items[j], swap adyacente
    if j > 0 and items[j-1] > items[j]:
        a = j-1
        b = j
        items[a], items[b] = items[b], items[a]
        j -= 1
        return {"a": a, "b": b, "swap": True, "done": False}
    else:
        # si no se puede intercambiar más, avanzamos i (nueva inserción)
        i += 1
        j = i
        return {"a": max(0, j-1), "b": j if j < n else j-1, "swap": False, "done": False}
```

- **Desplazamiento (j > 0):** Compara el elemento en **j** con el elemento en **j-1**. Si **items[j] < items[j-1]**, realiza el swap de **items[j]** y **items[j-1]**. Decrementa **j** (**j = j - 1**) para seguir comparando hacia la izquierda. Devuelve **swap=True**.
- **Elemento en posición:** Si **items[j] >= items[j-1]**, el elemento **i** ya está en su posición correcta dentro de la parte ordenada. Se detiene el desplazamiento y se prepara para el Caso Base de Avance (paso 2).

Se decidió que la variable **j** controlara los swaps hacia atrás. Cada llamada a **step()** realiza una comparación y, si es necesario, un swap en **j** y **j-1**, y luego **j** retrocede. Esto simula el "desplazamiento" de un solo elemento por vez.

El algoritmo debe detener el desplazamiento cuando el elemento ya no necesita moverse hacia la izquierda (**items[j] >= items[j-1]**). Esto se maneja en el **else** del código de la función.

### 3) Algoritmo Selection Sort (sort\_selection.py)

El Selection Sort divide la lista en una porción ordenada (a la izquierda) y una no ordenada (a la derecha). En cada pasada, recorre la porción no ordenada, encuentra el elemento más pequeño, y lo intercambia con el primer elemento de la porción no ordenada. El índice de la porción ordenada avanza en uno con cada intercambio.

```
items = []
n = 0
i = 0 # posición donde pondremos el mínimo
j = 0 # índice que explora la porción i..n-1
min_idx = 0 # índice del mínimo encontrado

def init(vals):
    global items, n, i, j, min_idx
    items = list(vals)
    n = len(items)
    i = 0
    j = 1 if n > 1 else 0
    min_idx = 0

def step():
    global items, n, i, j, min_idx
    # terminado
    if i >= n-1:
        return {"done": True}

    # Si j está en la primera posición de la exploración, inicializo min_idx
    if j == i + 1:
        min_idx = i

    # comparo j con min_idx (si j < n)
    if j < n:
        a = j
        b = min_idx
        # actualizo min_idx si encuentro uno más chico
        if items[j] < items[min_idx]:
            min_idx = j
            # mostramos comparación, sin swap aún
            j += 1
            return {"a": a, "b": b, "swap": False, "done": False}
        else:
            j += 1
            return {"a": a, "b": b, "swap": False, "done": False}

    # si j >= n entonces terminó la exploración: hago swap entre i y min_idx si hace falta
```

```
# si j >= n entonces terminó la exploración: hago swap entre i y min_idx si hace falta
if min_idx != i:
    items[i], items[min_idx] = items[min_idx], items[i]
    did_swap = True
else:
    did_swap = False

# preparo la siguiente pasada
i += 1
j = i + 1 if i + 1 < n else i
return {"a": i-1, "b": min_idx, "swap": did_swap, "done": False}
```

La implementación requiere un manejo de estado más complejo, especialmente para guardar el índice del elemento mínimo encontrado durante la búsqueda:

- **i:** Cabeza de la porción no ordenada (el índice donde se colocará el elemento mínimo).
- **j:** Cursor que recorre la porción no ordenada (i hasta n-1) buscando el mínimo.
- **min\_idx:** Índice del elemento mínimo encontrado hasta ahora en la pasada actual.
- **phase (Decisión de Diseño):** Variable de estado clave para alternar entre la fase de BÚSQUEDA y la fase de SWAP (intercambio) con el fin de cumplir con el contrato de micro-pasos.

**def step():**

- **Condición de Fin:** Si i (cabeza de la porción no ordenada) llega al final de la lista, devuelve {"done": True}.



- **Fase de Búsqueda:** Si  $j$  está dentro de los límites y  $\text{items}[j] < \text{items}[\text{min\_idx}]$ , actualiza  $\text{min\_idx} = j$ . Avanza  $j$ . Devuelve la comparación resaltando  $j$  y  $\text{min\_idx}$ .
- **Fin de Pasada / Fase de Intercambio:** Cuando  $j$  llega al final de la lista, la búsqueda ha terminado. Si  $i$  no es igual a  $\text{min\_idx}$ , se realiza el swap de  $\text{items}[i]$  con  $\text{items}[\text{min\_idx}]$  en la lista. Se devuelve  $\text{swap} = \text{True}$ .
- **Preparación para la siguiente pasada:** Incrementa  $i$  y reinicia  $j = i$  y  $\text{min\_idx} = i$  para la siguiente pasada, volviendo a la fase de BÚSQUEDA

## Implementación de algoritmos extras (Quick y Shell)

En esta sección se detallará de manera general la lógica de implementación para los algoritmos Quick Sort y Shell Sort.

### 4) Algoritmo Quick Sort (sort\_quick.py)

Quick Sort es un algoritmo de división y conquista que selecciona un pivote y particiona el arreglo en dos subarreglos: elementos menores al pivote y elementos mayores al pivote.

- **Adaptación de la Recursividad (Uso de Stack Explícito)**

La recursividad natural de Quick Sort se elimina y se reemplaza con una pila de control (stack).

Esta pila almacena las subtareas pendientes, es decir, los rangos (low, high) que aún necesitan ser particionados.

- La ejecución se divide en tres fases controladas por la variable fase: 'check', 'partition' y 'swap\_pivot'.
- **Lógica del step() y las Fases**

```
# Variables Globales de Estado
items = []
n = 0
# Stack: Almacena las tareas pendientes de QuickSort como tuplas (low, high)
stack = []
# Punteros de la Partición Actual (La que se está trabajando en step())
low = 0
high = 0
# i es el puntero que rastrea la posición para el siguiente elemento menor al pivote
i = 0
# j es el cursor que explora el sub-array
j = 0
# pivot_val es el valor del pivote (tomado de items[high])
pivot_val = 0
# fase: Controla qué parte del algoritmo QuickSort se ejecuta en este step()
# 'partition': Fase de barrido (j avanza comparando con el pivote)
# 'swap_pivot': Fase donde se coloca el pivote en su posición final
# 'check': Fase de chequeo, donde se finaliza la tarea y se añaden nuevas subtareas a la pila
fase = 'check'

def init(vals):
    """
    Inicializa el estado del algoritmo Quick Sort.
    """
    global items, n, low, high, i, j, stack, fase
    items = list(vals)
    n = len(items)

    # Inicializa la pila con la tarea de ordenar el array completo
    stack = [(0, n - 1)]
    # La fase inicial debe ser 'check' para que el primer step() saque la primera tarea de la pila
    fase = 'check'
    low = 0
    high = n - 1
    i = -1
    j = 0
```

- **Fase 'check' (Gestor de Tareas):** Cada vez que se llama a step() en esta fase, se saca un rango (low, high) de la pila. Si el rango es válido, se inicializa la Fase 'partition'.

```
def step():
    """
    Ejecuta un micro-paso del algoritmo Quick Sort.
    """
    global items, n, low, high, i, j, stack, fase, pivot_val

    # 1. Chequeo de Terminación Global
    if not stack and fase == 'check':
        return {"done": True}

    # 2. Gestión de Tareas (Simulación de Recursión)
    # Si la fase actual ha terminado, sacamos la siguiente tarea de la pila
    if fase == 'check':
        # Si la pila está vacía, ya terminamos.
        if not stack:
            return {"done": True}

        # Extrae la próxima tarea de la pila
        low, high = stack.pop()

        # Si el sub-array tiene 0 o 1 elemento, ya está ordenado. Pasamos a la siguiente tarea.
        if low >= high:
            fase = 'check'
            # Punteros para la visualización del rango activo (opcional)
            return {"a": low, "b": high, "swap": False, "done": False}

        # Inicializa la partición para el rango (low, high)
        fase = 'partition'
        pivot_val = items[high]
        i = low - 1 # i rastrea el índice del último elemento menor (o igual)
        j = low    # j es el cursor de barrido
```

- **Fase 'partition' (Barrido):**  
Los punteros i y j recorren el sub-arreglo [low, high-1]. Si items[j] es menor al pivote, se incrementa i y se realiza un intercambio (swap: True) con items[i], moviendo el elemento pequeño a la izquierda.

- Si items[j] es mayor o igual, solo avanza el cursor de barrido j (swap: False).

- **Fase 'swap\_pivot' (Finalización):** Una vez que j ha barrido todo, esta fase se ejecuta una sola vez. Coloca el pivote (items[high]) en su posición final (i + 1) mediante un intercambio (swap: True) y luego añade las dos nuevas subtareas a la pila: (low, i) y (i + 2, high). Vuelve a la fase 'check'.

```
# 3. Fase de Particionamiento ('partition')
# Recorre el array desde low hasta high-1 comparando con el pivote
if fase == 'partition':
    # Si j ya llegó al final del rango a particionar (high - 1)
    if j >= high:
        fase = 'swap_pivot'
        # No devolvemos nada, pasamos inmediatamente a la fase de swap_pivot
        return step()

    # El puntero 'a' es el elemento actual que se compara (j)
    # El puntero 'b' es el pivote (high)
    a, b = j, high

    if items[j] < pivot_val:
        # El elemento en j es menor que el pivote
        i += 1
        if i != j:
            # Intercambio real en el array y lo reportamos como swap
            items[i], items[j] = items[j], items[i]
            j += 1
            return {"a": a, "b": i, "swap": True, "done": False}
        else:
            # No hay swap, solo avanza i y j (caso en que i == j)
            j += 1
            return {"a": a, "b": b, "swap": False, "done": False}
    else:
        # El elemento es mayor o igual que el pivote, solo avanza j
        j += 1
        return {"a": a, "b": b, "swap": False, "done": False}
```

```
if items[j] < pivot_val:
    # El elemento en j es menor que el pivote
    i += 1
    if i != j:
        # Intercambio real en el array y lo reportamos como swap
        items[i], items[j] = items[j], items[i]
        j += 1
        return {"a": a, "b": i, "swap": True, "done": False}
    else:
        # No hay swap, solo avanza i y j (caso en que i == j)
        j += 1
        return {"a": a, "b": b, "swap": False, "done": False}
else:
    # El elemento es mayor o igual que el pivote, solo avanza j
    j += 1
    return {"a": a, "b": b, "swap": False, "done": False}

# 4. Fase de Colocación del Pivote ('swap_pivot')
# Coloca el pivote (items[high]) en su posición final (i + 1)
if fase == 'swap_pivot':
    # La posición final del pivote es i + 1
    pivot_pos = i + 1

    # Realizar el intercambio (pivote con items[i+1])
    items[pivot_pos], items[high] = items[high], items[pivot_pos]

    # Generar las nuevas subtareas y ponerlas en la pila
    # Tarea izquierda: (low, pivot_pos - 1)
    stack.append((low, pivot_pos - 1))
    # Tarea derecha: (pivot_pos + 1, high)
    stack.append((pivot_pos + 1, high))

    # La partición terminó. Volvemos al gestor de tareas ('check')
    fase = 'check'

    # Devolvemos el estado de swap del pivote
    return {"a": high, "b": pivot_pos, "swap": True, "done": False}

# Fallback (no debería pasar)
return {"done": False}
```

## 5) Algoritmo Shell Sort (sort\_quick.py)

El algoritmo de ordenamiento Shell Sort es una mera optimización del algoritmo Insertion Sort. Se basa en una secuencia de gaps (saltos) para ordenar elementos distantes, reduciendo el número de desplazamientos de elementos.

### 1. Implementación por Micro-Pasos

La clave para adaptar Shell Sort a la función `step()` es gestionar los tres bucles anidados de forma iterativa:

- **Bucle externo:** Controlado por el `gap_index` que recorre la lista de saltos (`gaps`).
- **Bucle intermedio (i):** Recorre la lista de elementos que deben ser insertados para el `gap` actual.
- **Bucle interno (j):** Simula el desplazamiento hacia atrás (Insertion Sort) mientras el elemento actual sea menor que el elemento con el salto anterior.

```
# Estado global del algoritmo
items = []
n = 0
gaps = [] # La secuencia de saltos (Shell, Knuth, etc.)
gap_index = 0 # Índice en la secuencia de gaps
i = 0 # Índice principal (para el bucle externo)
j = 0 # Índice de comparación/swap

def init(vals):
    global items, n, gaps, gap_index, i, j
    items = list(vals)
    n = len(items)

    # 1. Generar la secuencia de gaps (Clásico de Shell)
    gaps.clear()
    h = n // 2
    while h > 0:
        gaps.append(h)
        h //= 2

    # 2. Reiniciar punteros
    gap_index = 0
    i = 0
    j = 0

def step():
    global items, n, gaps, gap_index, i, j

    # Si no quedan más gaps por procesar, el algoritmo terminó
    if gap_index == len(gaps):
        return {"done": True}

    gap = gaps[gap_index]

    # El Shell Sort usa una "Insertion Sort" con un salto (gap)
    if i < gap:
        # Avanzar i al primer elemento a insertar (i = gap)
        i = gap
        # Iniciamos la fase de Insertion Sort con el gap actual
        j = i

    # 2. Chequeo de fin de la pasada (todos los elementos insertados con este gap)
    if i == n:
        # Terminó la pasada para este gap.
        gap_index += 1 # Avanzamos al siguiente gap
        i = 0 # Reiniciamos i para el nuevo gap
        j = 0
        return {"a": -1, "b": -1, "swap": False, "done": False} # Paso de control
```

## 2. Lógica del `step()`

Cada llamada a `step()` realiza una de las siguientes acciones y actualiza el estado (`i`, `j`, `gap_index`):

- **Avance de Gap:** Si el puntero `i` llega al final del arreglo, se avanza `gap_index` al siguiente salto, y se reinician `i` y `j`.
- **Comparación/Fin de Inserción:** Si el elemento actual (`items[j]`) está en su posición correcta respecto al elemento `items[j - gap]`, el algoritmo avanza `i` al siguiente elemento a insertar (`swap: False`).
- **Intercambio (Swap):** Si `items[j]` es menor, se realiza un intercambio (`swap: True`), y el puntero `j` retrocede (`j -= gap`) para continuar la Inserción hacia atrás.



```

# 3. Lógica de comparación/swap (como en Insertion Sort, pero con salto)

# Comienzo del desplazamiento hacia atrás (j es la posición actual, j - gap es la anterior)
if j < gap or items[j - gap] ≤ items[j]:
    # Ya se encontró la posición correcta (o es el primer elemento), avanzamos 'i'
    i += 1
    j = i
    # Devolvemos un highlight simple sin swap
    return {"a": i - 1, "b": i, "swap": False, "done": False}
else:
    # Es necesario hacer el intercambio (swap)
    a = j - gap
    b = j

    # Realizamos el intercambio en la lista global 'items'
    items[a], items[b] = items[b], items[a]

    # Retrocedemos la posición j
    j -= gap

    # Devolvemos el resultado (swap = True)
    return {"a": a, "b": b, "swap": True, "done": False}

```

## Implementación de métricas

Para la implementación de las métricas que se detallarán a continuación, se ha modificado el archivo index.html original con las respectivas funciones y variables necesarias para el funcionamiento de las mismas.

### 1) Métrica de tiempo en el visualizador de ordenamiento

El objetivo principal de esta métrica es proporcionar una medida cuantitativa y visual de la eficiencia temporal de los algoritmos de ordenamiento implementados en Python (Bubble, Insertion, Selection, Quick, Shell) mientras son ejecutados paso a paso y visualizados en la interfaz web (JavaScript/HTML).

Esta métrica transforma un concepto teórico (la complejidad temporal de un algoritmo) en una experiencia tangible para el usuario.

### Funcionamiento General (Visión Lógica)

El sistema de medición opera como un cronómetro digital que se activa y desactiva mediante eventos específicos del ciclo de vida del visualizador:

Evento	Acción del cronometro
Inicio	El usuario presiona el botón “Reproducir” (id=”play”). El cronometro inicia y registra el tiempo t0.
Ejecucion	El código de JavaScript entra en el bucle (loop) que se comunica con el algoritmo Python (pyStep ( ) ) para obtener el siguiente paso de ordenamiento (comparación, intercambio).

Fin	El bucle detecta que el algoritmo Python ha terminado (act. done es true). Se detiene el cronometro y se registra el tiempo final tf.
Reporte	Se calcula el tiempo transcurrido total Se calcula el tiempo transcurrido total $\Delta t = t_f - t_0$ y se actualiza el elemento HTML id="timeElapsed".

### Decisiones de Implementación Técnica (JavaScript)

La implementación se basa en el API de rendimiento del navegador, lo que garantiza la precisión necesaria para este tipo de medición.

#### A. Elección del API de Tiempo (performance.now())

- **Decisión:** Se utilizó performance.now() en lugar de Date.now().
- **Razón:** performance.now() devuelve una marca de tiempo de alta resolución y monotonica. Esto significa que:
- **Alta Resolución:** La precisión es sub-milisegundo, crucial para medir funciones que pueden ejecutarse muy rápido (aunque la visualización añade latencia, la medición del tiempo del script sigue siendo precisa).
- **Monotónica:** El tiempo reportado siempre avanza, independientemente de los ajustes del reloj del sistema. Esto previene errores de medición si el usuario cambia manualmente la hora de su computadora.

## B. Puntos clave de implementación

- Registro de inicio (state.starTime):  
La variable state.starttime se inicializa con performance.now() justo al comienzo de la función run ()
- Calculo y finalización:  
El calculo del tiempo final se realiza dentro de la función run () en el bloque condicional que detecta la finalización del algoritmo (if (act.done)).

Se utiliza la función updateTimeDisplay(ms) para formatear el resultado antes de mostrarlo:  $\text{Tiempo mostrado (s)} = \frac{\tau_F - \tau_0}{1000}$

Se divide por 1000 y se usa.toFixed (3) para convertir los milisegundos a segundos con tres decimales

- Mantenimiento del estado:  
La función reset () se encarga de llamar a clearTimeDisplay () para restablecer el visualizador de tiempo a “0.000 s”, asegurando que el estado de la metrica se borre correctamente junto con la reinicializacion de las barras.

## Consideraciones de la Métrica

Es importante entender que el tiempo medido en este visualizador no representa el tiempo de ejecución "puro" del algoritmo en Python, sino el tiempo total del ciclo completo de visualización, que incluye:

- Tiempo de ejecución del algoritmo Python (mínimo).
- Tiempo de latencia de la comunicación entre Python (Pyodide) y JavaScript.
- Tiempo de ejecución del bucle JavaScript (loop).
- Tiempo de la función de dibujo (draw()).
- El tiempo de espera programado por el usuario (state.speed).

Esta métrica es altamente efectiva porque mide la percepción real del usuario sobre la duración del proceso y permite una comparación justa entre los diferentes algoritmos bajo las mismas condiciones de visualización.

## Documentación de métrica de tiempo:

```
440         </div>
441         <div style="margin-top:8px">Ejecución: <span class="pill" id="modeExec">Python</span></div>
442     </div>
443 </section>
444
```



```
<div style="margin-top:8px; display:flex; gap:16px;">
  <div>Ejecución: <span class="pill" id="modeExec">Python</span></div>
  <div>Tiempo: <span class="pill" id="timeElapsed">0.000 ms</span></div>
</div>
</section>
```

```
76 // ===== Estado =====
77 var state = {
78   mode: 'bars',
79   items: [],
80   original: [],
81   running: false,
82   speed: 50,
83   highlight: {a:null,b:null},
84   imageBitmap: null
85 };
86
```



```
// ===== Estado =====
var state = {
  mode: 'bars',
  items: [],
  original: [],
  running: false,
  speed: 50,
  highlight: {a:null,b:null},
  imageBitmap: null,
  // NUEVA VARIABLE: Almacena el tiempo de inicio
  startTime: 0
};
```

```
225
226 // ===== Control =====
227 function rebuildData(){
228   var n = parseInt($('size').value, 10);
229   $('imgCols').textContent = String(n);
230   $('imageCard').style.display = state.mode === 'imageCols' ? '' : 'none';
231
```



```
// ===== Tiempos =====
function updateTimeDisplay(ms){
  $('timeElapsed').textContent = (ms/1000).toFixed(3) + ' s';
}

function clearTimeDisplay(){
  $('timeElapsed').textContent = '0.000 s';
}
```

```
286 function run(){
287   if(!pyStepFn) return;
288   state.running = true;
289   (function loop(){
290     if(!state.running) return;
291     var t0 = performance.now();
292     var act = pyStep();
293     if(act.done){
294       state.running=false;
295       state.highlight = {a:null,b:null};
296       draw();
297       return;
298     }
299     state.highlight = { a: act.a, b: act.b };
300     if(act.swap){
301       var a=act.a, b=act.b, tmp=state.items[a];
302       state.items[a]=state.items[b]; state.items[b]=tmp;
303     }
304     draw();
305     var wait = Math.max(5, parseInt($('speed').value,10) - (performance.now()-t0)); // ⚡️ cuánto has
306     setTimeout(loop, wait);
307   })();
308 }
309 function stepOnce(){
310   if(!pyStepFn) return;
311   var act = pyStep();
312   if(act.done){
313     state.running=false;
314     state.highlight = {a:null,b:null};
315     draw();
316     return;
317   }
318   state.highlight = { a: act.a, b: act.b };
319   if(act.swap){
320     var a=act.a, b=act.b, tmp=state.items[a];
321     state.items[a]=state.items[b]; state.items[b]=tmp;
322   }
323   draw();
324 }
```



```
function run(){
  if(!pyStepFn) return;
  if(state.running) return; // Evita iniciar dos veces

  // Iniciar cronómetro y display
  state.startTime = performance.now();
  clearTimeDisplay();

  state.running = true;
  (function loop(){
    if(!state.running) return;
    var t0 = performance.now();
    var act = pyStep();
    if(act.done){
      state.running=false;
      state.highlight = {a:null,b:null};
      draw();

      // FIN: Detener y mostrar el tiempo final
      var endTime = performance.now();
      updateTimeDisplay(endTime - state.startTime);
    }
    return;
  })();
  state.highlight = { a: act.a, b: act.b };
  if(act.swap){
    var a=act.a, b=act.b, tmp=state.items[a];
    state.items[a]=state.items[b]; state.items[b]=tmp;
  }
  draw();
  var wait = Math.max(5, parseInt($('speed').value,10) - (performance.now()-t0)); //
  setTimeout(loop, wait);
}
}
```

```

325 function reset(){
326     state.running=false;
327     state.highlight = {a:null,b:null};
328     state.items = JSON.parse(JSON.stringify(state.original));
329     draw();
330 }

```

```

function reset(){
    state.running=false;
    state.highlight = {a:null,b:null};
    state.items = JSON.parse(JSON.stringify(state.original));
    draw();
    // Reiniciar el display del tiempo
    clearTimeDisplay();
}

```

## Métrica de historial de rendimiento

La implementación de esta métrica permite al usuario comparar lado a lado el tiempo de ejecución del Bubble Sort frente al Quick Sort bajo el mismo tamaño de datos (N). A su vez, facilita la observación de cómo varía el rendimiento de un mismo algoritmo (por ejemplo, Quick Sort) al cambiar el tamaño de los datos o la velocidad de visualización. Y además, mantiene un registro de las pruebas sin que el usuario tenga que memorizar o anotar el resultado anterior.

### Funcionamiento general (Visión lógica)

El historial opera mediante un flujo de tres pasos principales en JavaScript, que se activa inmediatamente después de que un algoritmo completa su tarea:

- **Captura de datos:** Al finalizar la ejecución, se reúne la información clave de ese ciclo: el nombre del algoritmo, el tamaño de la serie (N) y el tiempo transcurrido en milisegundos.
- **Almacenamiento:** Esta información se guarda como un objeto en un array de estado (state.history).
- **Renderizado dinámico:** Una función dedicada (renderHistoryTable()) lee el array de historial completo y genera dinámicamente el código HTML de una tabla, insertándola en el contenedor id="historyTableContainer".
- La implementación se centró en la gestión eficiente del estado de la aplicación para mantener los datos del historial separados de la visualización actual.

### A. Gestión del estado (state.history)

Se introdujo el array history en el objeto global state. Puesto a que almacenar el historial en el objeto state garantiza que los datos sean



persistentes durante la sesión y que cualquier parte del código pueda acceder a ellos de manera coherente (patrón de "Single Source of Truth").

## **B. Mecanismo de Registro (run Function)**

La lógica de registro se colocó dentro del bloque `if(act.done)` de la función `run()`. Este bloque es el único punto en el código que asegura que el algoritmo ha terminado y que el tiempo medido ( $t_f - t_0$ ) es el tiempo final. El registro captura los valores dinámicos del DOM y el tiempo calculado (`timeMs`).

## **C. Renderizado y Presentación (renderHistoryTable())**

Se creó una función separada (`renderHistoryTable()`) que usa cadenas de texto (template literals) para generar la tabla HTML completa en lugar de manipular el DOM nodo por nodo. Por otro lado, se implementó un estilo básico de cebra (alternando colores de fondo) para las filas, mejorando la legibilidad de la tabla.

## **D. Control del Flujo**

La función `reset()` fue modificada para limpiar el array `state.history` y re-renderizar la tabla, asegurando que el historial se borre cuando el usuario reinicia completamente el experimento.

Esta implementación separa de forma clara la lógica de datos (almacenamiento en `state.history`) de la lógica de presentación (renderizado en el DOM), resultando en un código limpio y fácil de mantener.

## **Conclusión**

A nivel técnico, el principal logro fue la capacidad de transformar algoritmos iterativos complejos, con bucles anidados (`for` y `while`), en una secuencia de micropasos que respetan el contrato de las funciones `init()` y `step()`. Esto exigió la adaptación a un modelo de programación basado en el estado persistente, donde se utilizan variables globales (`i`, `j`, `min_idx`) para simular la memoria del algoritmo entre llamadas sucesivas. El reto fue significativo, especialmente en el Selection Sort y el Insertion Sort, donde la lógica de la búsqueda y el desplazamiento interno tuvo que ser segmentada en pasos atómicos y condicionales.

Por otro lado, resulta importante remarcar que el proyecto no estuvo exento de desafíos operativos. Inicialmente, la complejidad radicó en la falta de familiaridad en relación a las herramientas de control de versiones y el entorno de desarrollo. Conceptos como repositorios de GitHub, la mecánica de clone y commit, y la

configuración inicial de Visual Studio Code (VS Code) para interactuar con la terminal y el servidor Python, han representado una curva de aprendizaje considerable. En concordancia con lo antes mencionado, en un contexto de complejidad técnica y operativa, las herramientas de Inteligencia Artificial (IA) han sido un recurso eficiente para la totalidad del desarrollo del proyecto y para desglosar la lógica de estado de los algoritmos y simplificar la redacción de las funciones de reporte. La IA actuó como un tutor, clarificando los errores en la sintaxis de Python y ofreciendo explicaciones concisas sobre cómo manejar la persistencia de las variables globales, acelerando significativamente el proceso de depuración y permitiendo centrar la atención en la comprensión conceptual de cada algoritmo implementado.