

# 2021-B013: Modelado del Physarum Polycephalum con autómatas celulares para el enrutado de robots mensajeros

Presentan

Sánchez Méndez Edmundo Josué      [edmundoelpro1@gmail.com](mailto:edmundoelpro1@gmail.com)  
Ramírez Olvera Guillermo      [memo0p2@hotmail.com](mailto:memo0p2@hotmail.com)  
Martínez Coronel Brayan Yosafat      [yosafat\\_martinez21@hotmail.com](mailto:yosafat_martinez21@hotmail.com)

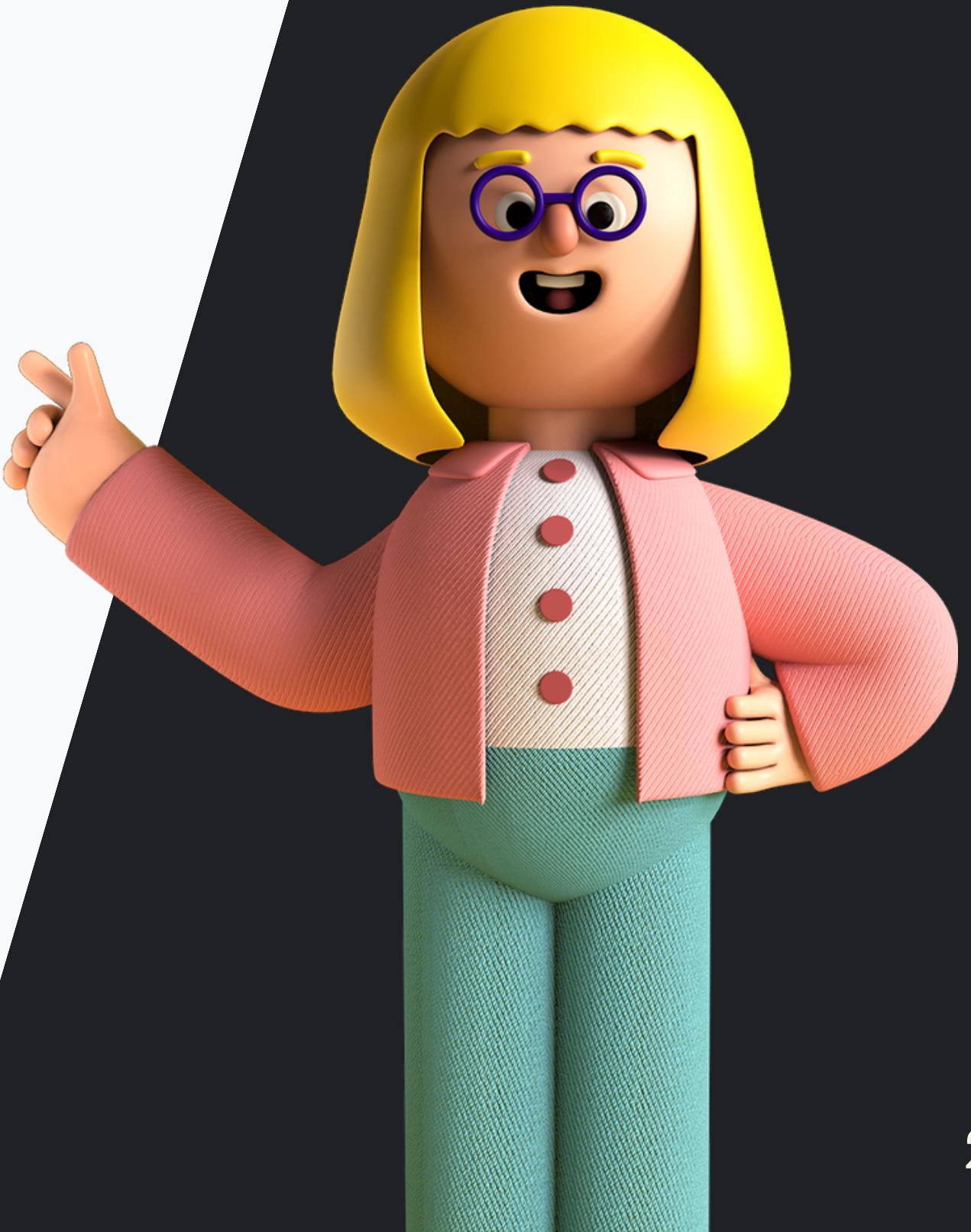
Directores

Dr. Juárez Martínez Genaro      Dr. Oliva Moreno Luz Noé

Martes 31 de mayo del 2022, CDMX

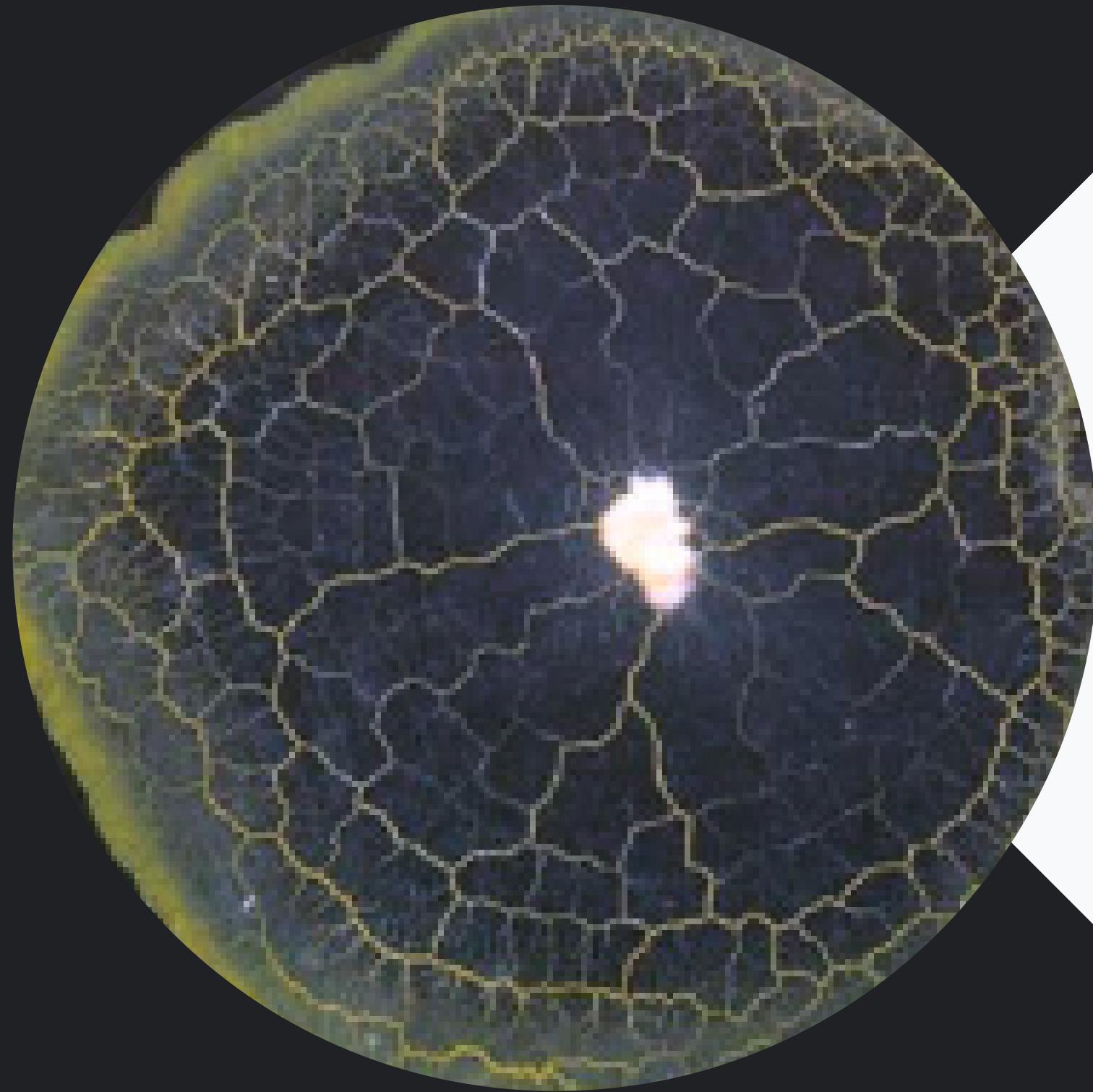
# Itinerario

- Introducción
- Conceptos
- Propuesta a desarrollar
- Simulador del Physarum
- MemOso: Robot mensajero
- Preguntas



# Introducción

- Preámbulo
- Justificación
- Objetivos



Physarum  
Polycephalum [1]

# Preámbulo

El *Physarum* se trata de un organismo investigado desde el siglo pasado por sus características:

- Capacidad para crear rutas óptimas entre nutrientes
- Adaptación a los cambios del entorno
- Memoria de dónde ya ha buscado nutrientes
- Respuesta motor-sensorial a los peligros
- Solución de tareas complejas sin tener un cerebro y ser un organismo unicelular

# Justificación

El *Physarum Polycephalum* ha sido investigado para explicar su comportamiento, ya que, sin tener cerebro, puede solucionar tareas consideradas complejas en el campo computacional; se han considerado varias formas de modelarlo con el fin de obtener los beneficios del organismo. Sin embargo, todavía es un tema joven en la ciencia, y por ello, hemos decidido realizar una aportación validando uno de los métodos de modelado en la aplicación de rutas para proveer a un robot mensajero.

# Objetivo General

Modelar el comportamiento del organismo *Physarum Polycephalum* usando autómatas celulares para otorgar rutas alternas a un robot mensajero dentro del edificio de gobierno de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional; con la finalidad de enviar paquetes menores a 5 kilogramos entre las personas que laboran en ese edificio.

# Objetivos particulares

- Explorar las configuraciones del autómata celular en su forma bidimensional del *Physarum Polycephalum*.
- Diseñar un robot que pueda mover paquetes menores a 5 kilogramos entre dos puntos.
- Enviar paquetes en el edificio de gobierno de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional usando el robot desarrollado.

# Conceptos

- Marco Teórico
- Estado del Arte



Physarum  
*Polycephalum* [2]

# **Physarum Polycephalum**

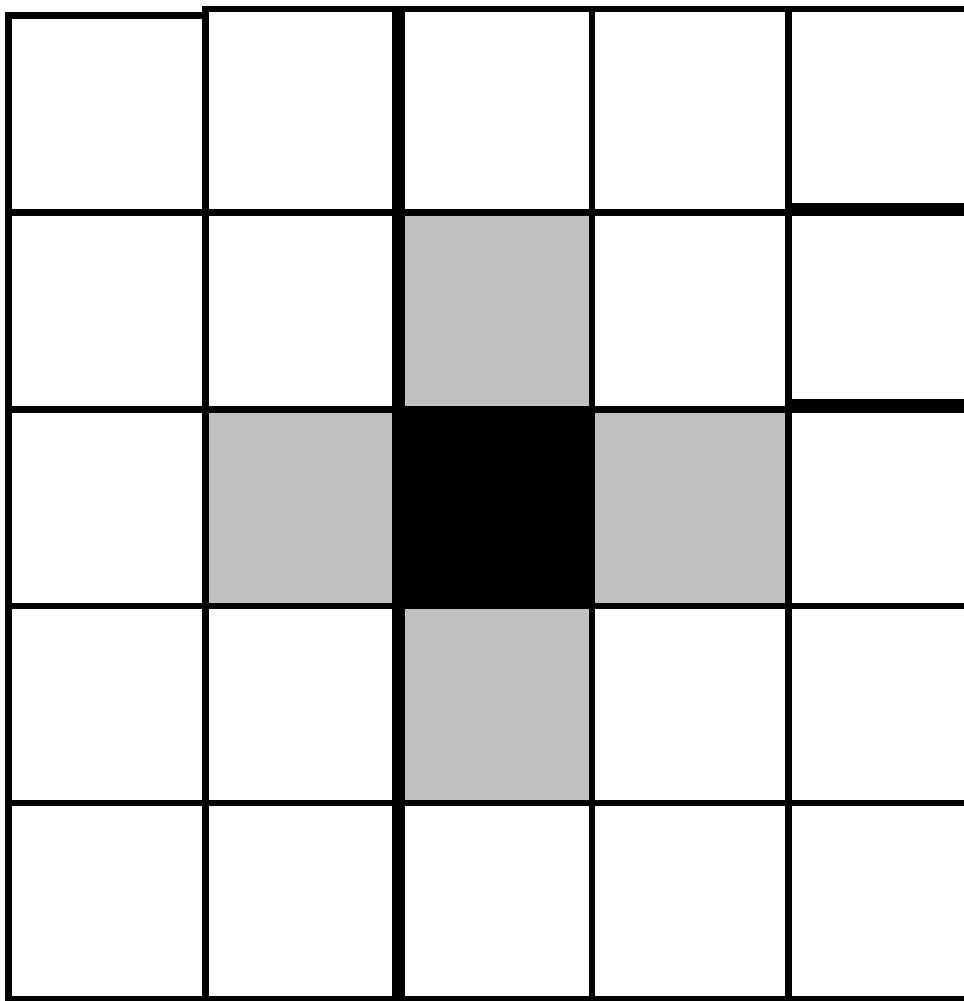
- También conocido como Blob o Slime Mould, es unicelular, formado de muchas células flageladas
- Forma tallos con forma de paleta que liberan esporas, que eventualmente se flagelan y crean otro organismo
- Se expande en un área, y luego se contrae formando ramas, que son rutas entre los nutrientes que encontró



Physarum  
*Polycephalum* [2]

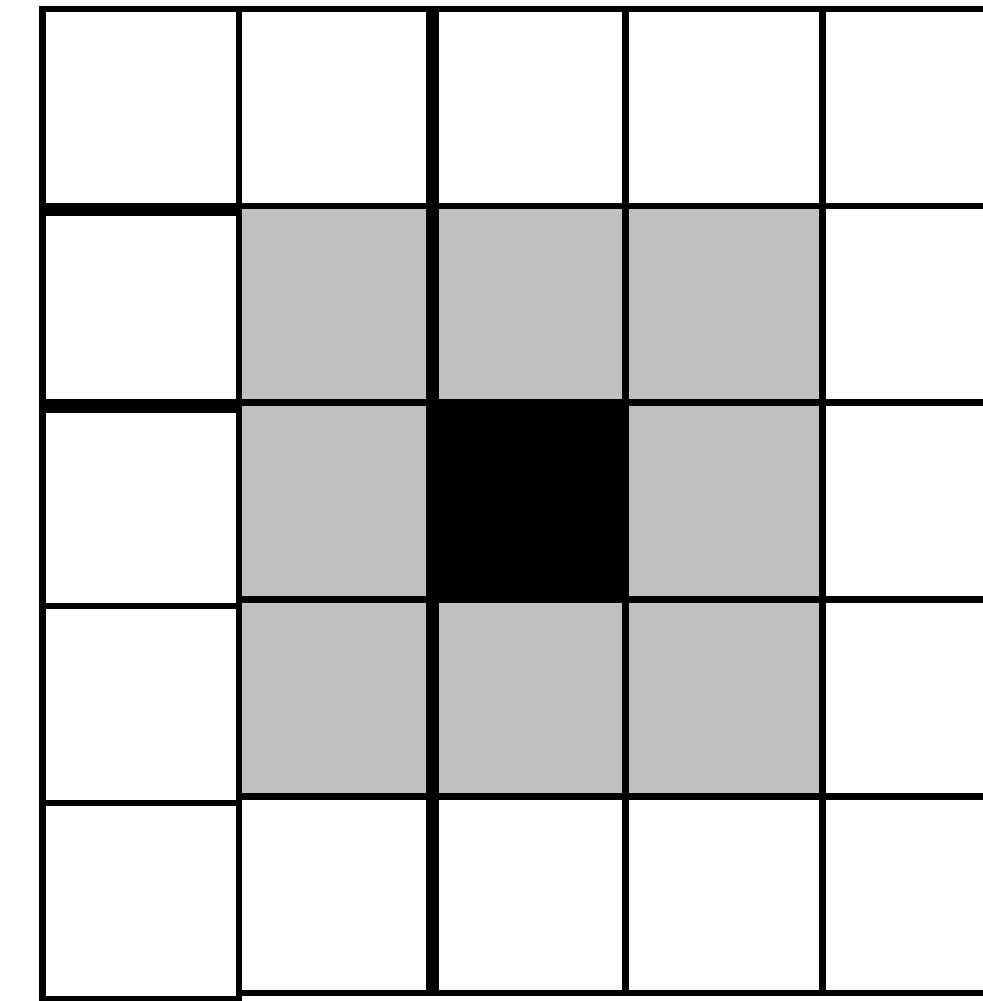
# Autómatas Celulares

- Propuestos por von Neumann para modelar la naturaleza.
- Su forma más básica consiste en una 4-tupla  $A = (S, N, Q, \delta)$ :
- $S$  es el espacio, n-dimensional, (usamos el bidimensional).
- $N$  es una vecindad, representada por posiciones de celdas, usualmente los más cercanos.
- $Q$  es un conjunto de estados, para ver resultados interesantes debe tener al menos 2.
- $\delta$  es una función donde  $\delta: Q^N \rightarrow Q$  (el valor de una celda se determina por sus vecinos en un tiempo discreto, toma los estados de  $N$  celdas, y lo mapea a un estado)



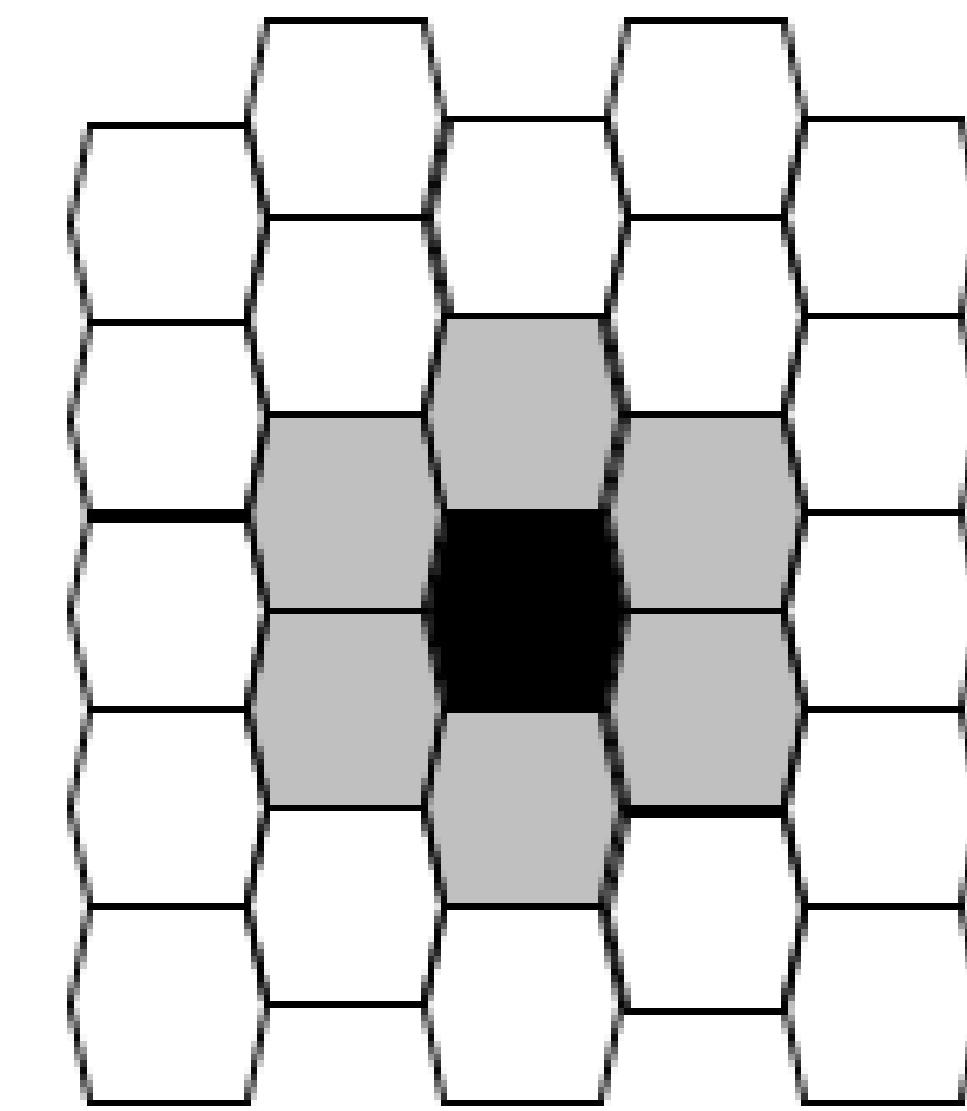
**von Neumann**

$$N = \left\{ (-1, 0), (0, 1), (0, 0), (1, 0), (0, -1) \right\}$$



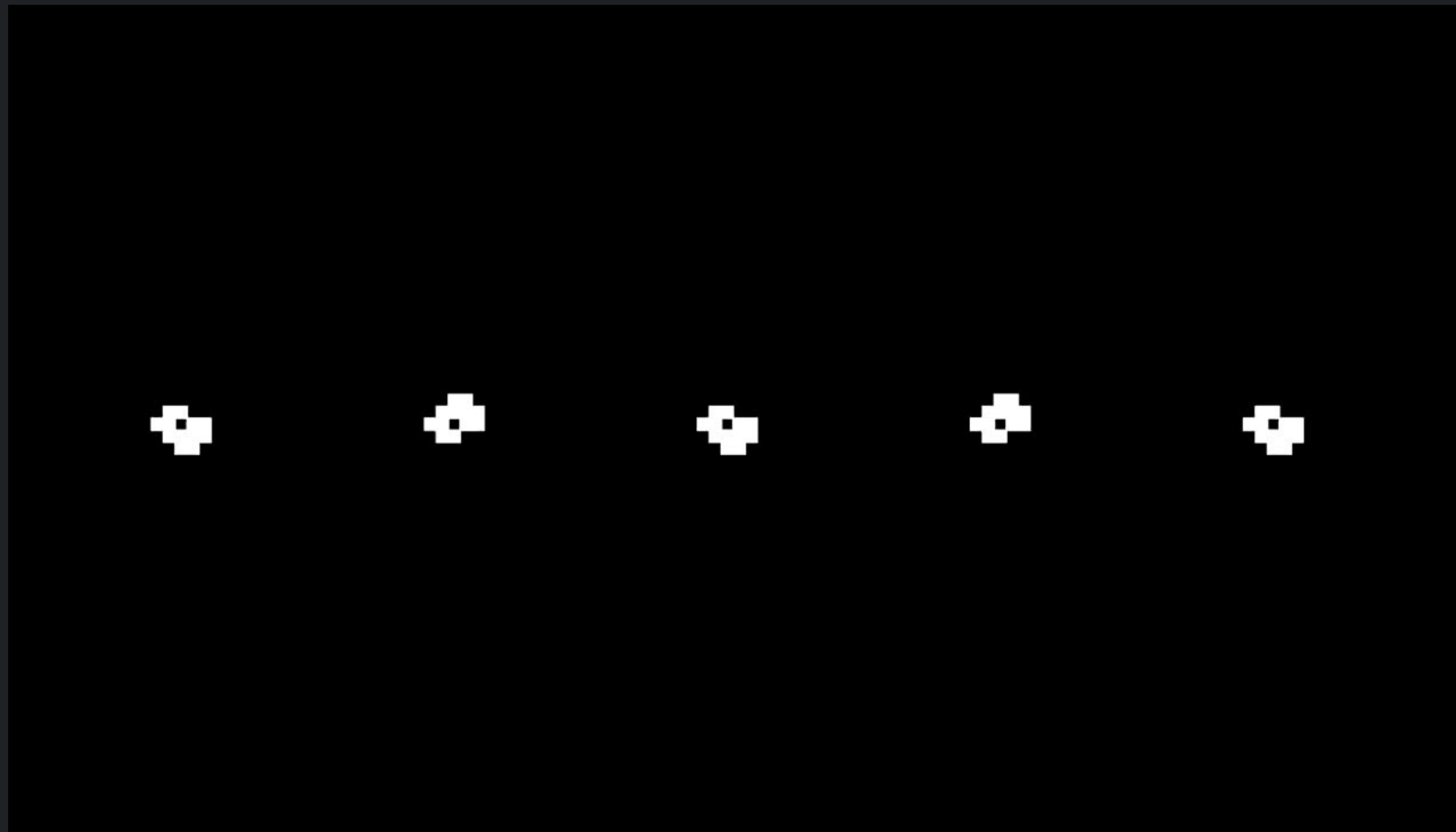
**Moore**

$$N = \left\{ (-1, 0), (0, 1), (0, 0), (1, -1), (1, 0), (1, 1), (-1, -1), (0, -1), (1, -1) \right\}$$



**Hexagonal**

Algunas vecindades propuestas para el simulador. Elaboración propia



Juego de la Vida [3]

# Robots mensajeros

El mayor de los exponentes se trata del Amazon Scout, que opera solo en Estados Unidos y tiene la capacidad de responder a los cambios de clima y obstáculos, se basa en tres puntos principales:

- Simulación: entrenamiento y evaluación sin tener tanto costo
- Navegación: El Scout lleva consigo un mapa del terreno
- Percepción: análisis de imágenes para determinar si un área es conducible o no.



Amazon Scout [4]

# Sistemas Embebidos

Consiste en un conjunto de software o hardware que se encarga de ciertas tareas en específico, y que, generalmente, se encuentra dentro de otro sistema.

- Hardware similar a una computadora: uP, memoria, elementos de entrada y salida.
- Software de aplicación.
- Un sistema operativo de tiempo real (RTOS).
- Un sistema operativo basado en Linux.

# Estado del arte

1. Approximating Mexican highways with slime mould [5].
2. Recolonisation of USA: Slime Mould on 3D Terrains [6].
3. Slime mould attacks simulates tokyo rail network [2].
4. Modelado del Physarum Polycephalum implementado en robot basado en autómatas celulares [7].
5. From Pattern Formation to Material Computation: Multi-agent Modelling of Physarum Polycephalum [1].
6. Advances in Physarum Machines: Sensing and Computing with Slime Mould [8].

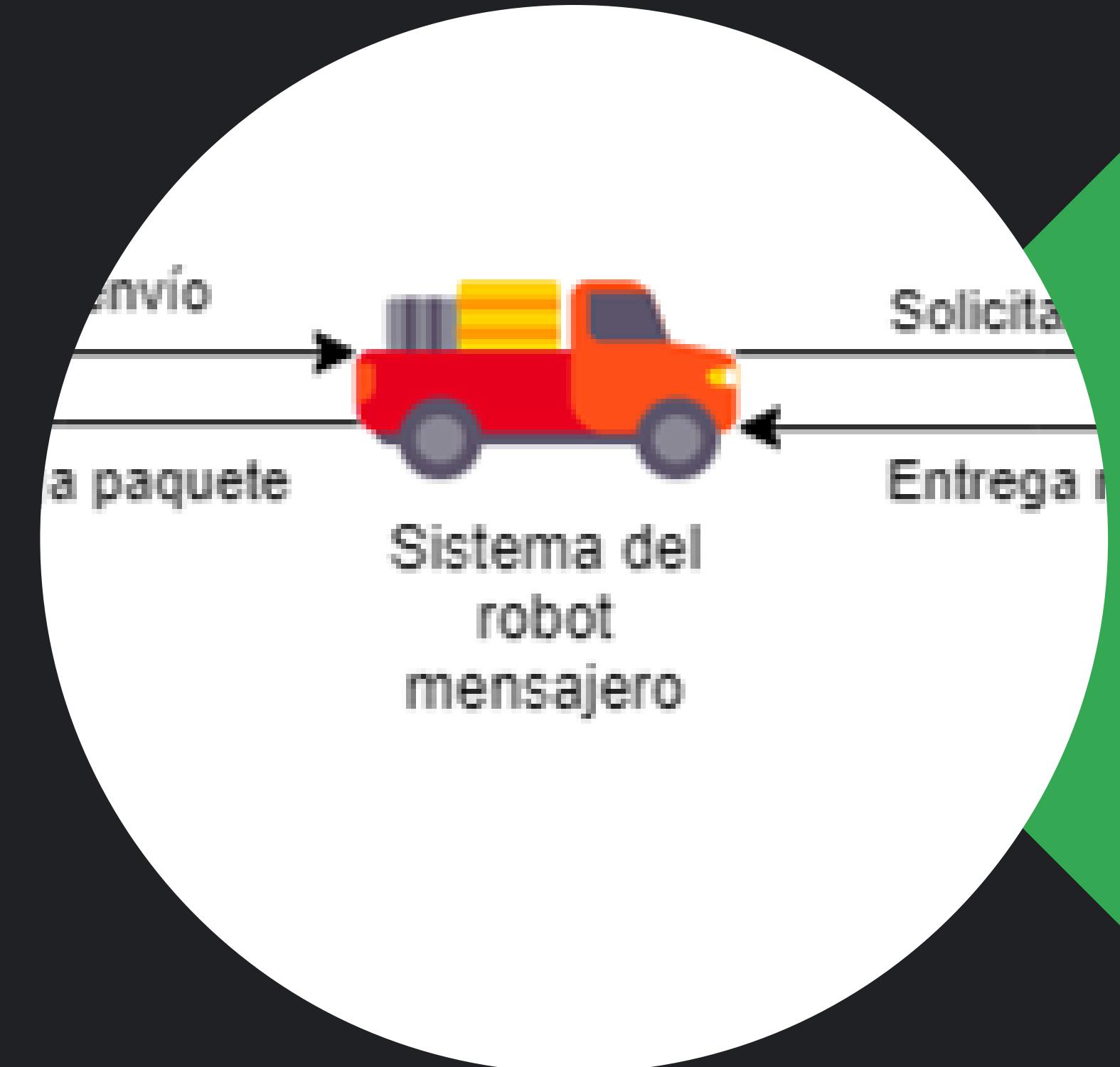
# Estado del arte

Modelo	Tipo de función	Vecindad o conectividad	Estados	Zd	Número de transiciones	
Andrew Matzky	Adamatzky	Autómata celular	Vecindad de Moore	8	2D	8
Jeff Jones		Agentes	Sensores de radio n	1	2D	-
Gunji		Autómata celular	Vecindad de von Neumann	6	2D	10
2DCAvN(9)		Autómata celular	Vecindad de von Neumann	9	2D	10
2DPyCAM(10)		Autómata celular	Vecindad de Moore y von Neumann	10	2D	10

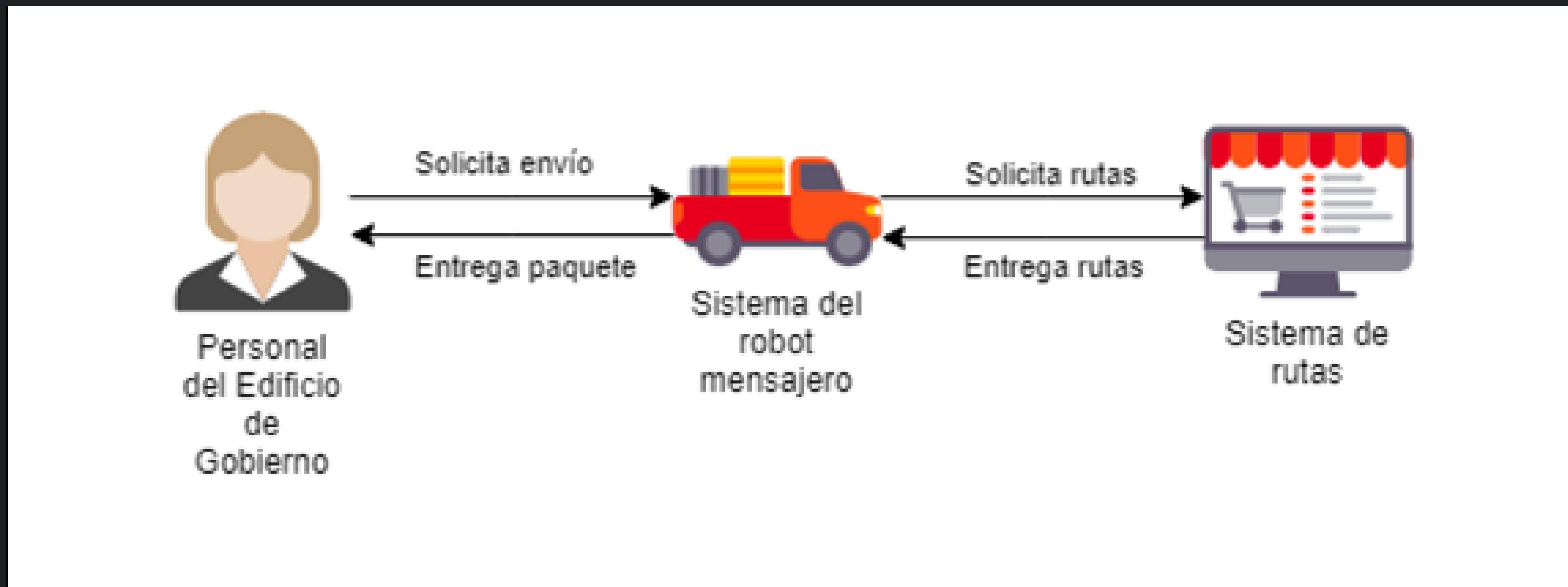
Tabla comparativa de modelos. Elaboración propia.

# Propuesta

- Arquitectura
- Metodología



# Arquitectura



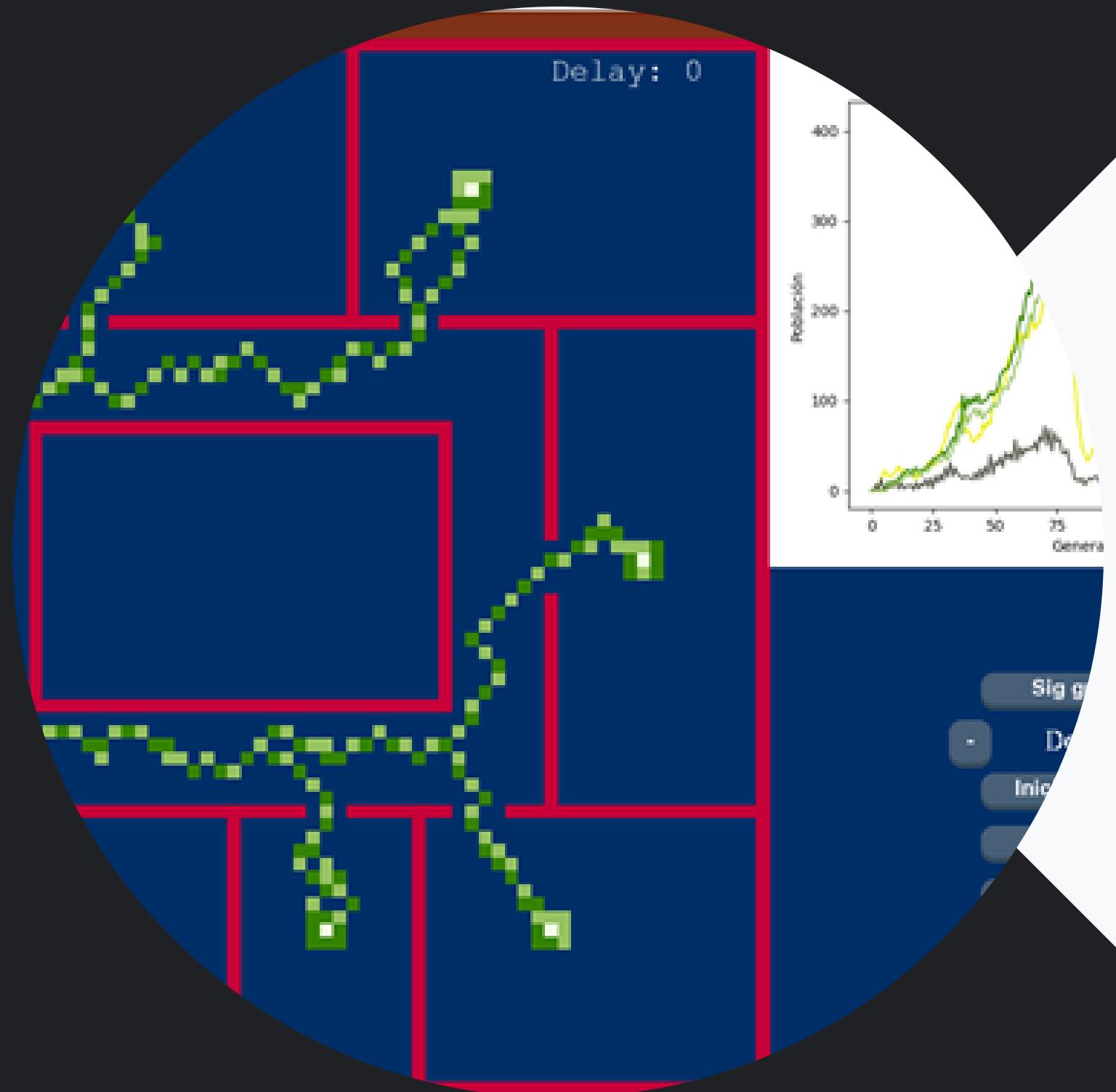
Arquitectura general del sistema, elaboración propia.

# Metodología

- Ya que hemos separado en tres proyectos más pequeños, se orientó la metodología a prototipos.
- Como se va a realizar proyectos de electrónica, se combinó la idea de prototipos con el modelo V.
- La idea es tener resultados rápidos, hacer pruebas más pronto, y tener la posibilidad de mejoras y correcciones en el ciclo del Trabajo Terminal.

# Simulador

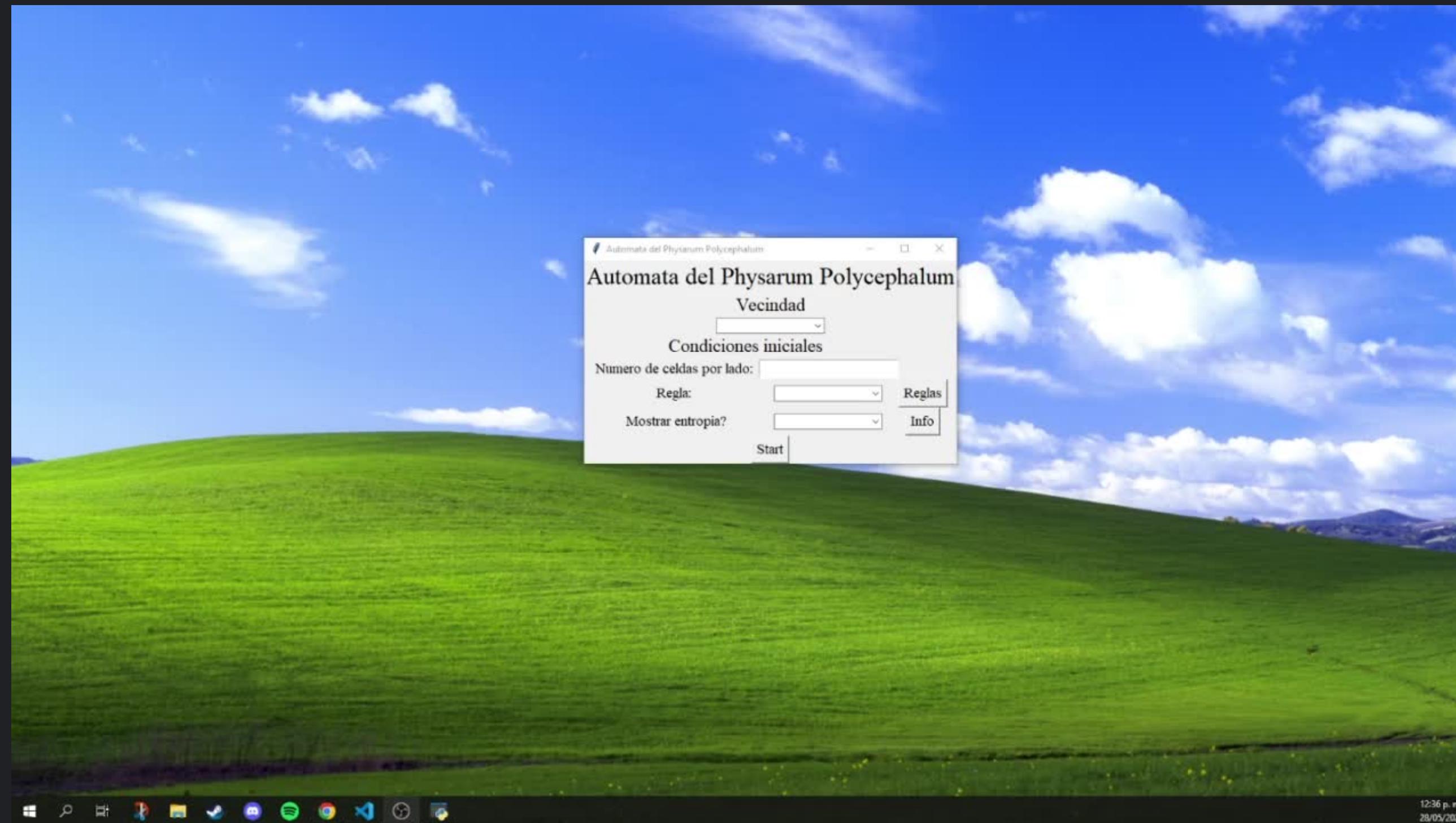
Demostración del  
simulador  
**2DPyCAM(10)**



Elaboración  
propia.

# Video

## Prueba del funcionamiento del simulador. Elaboración propia.



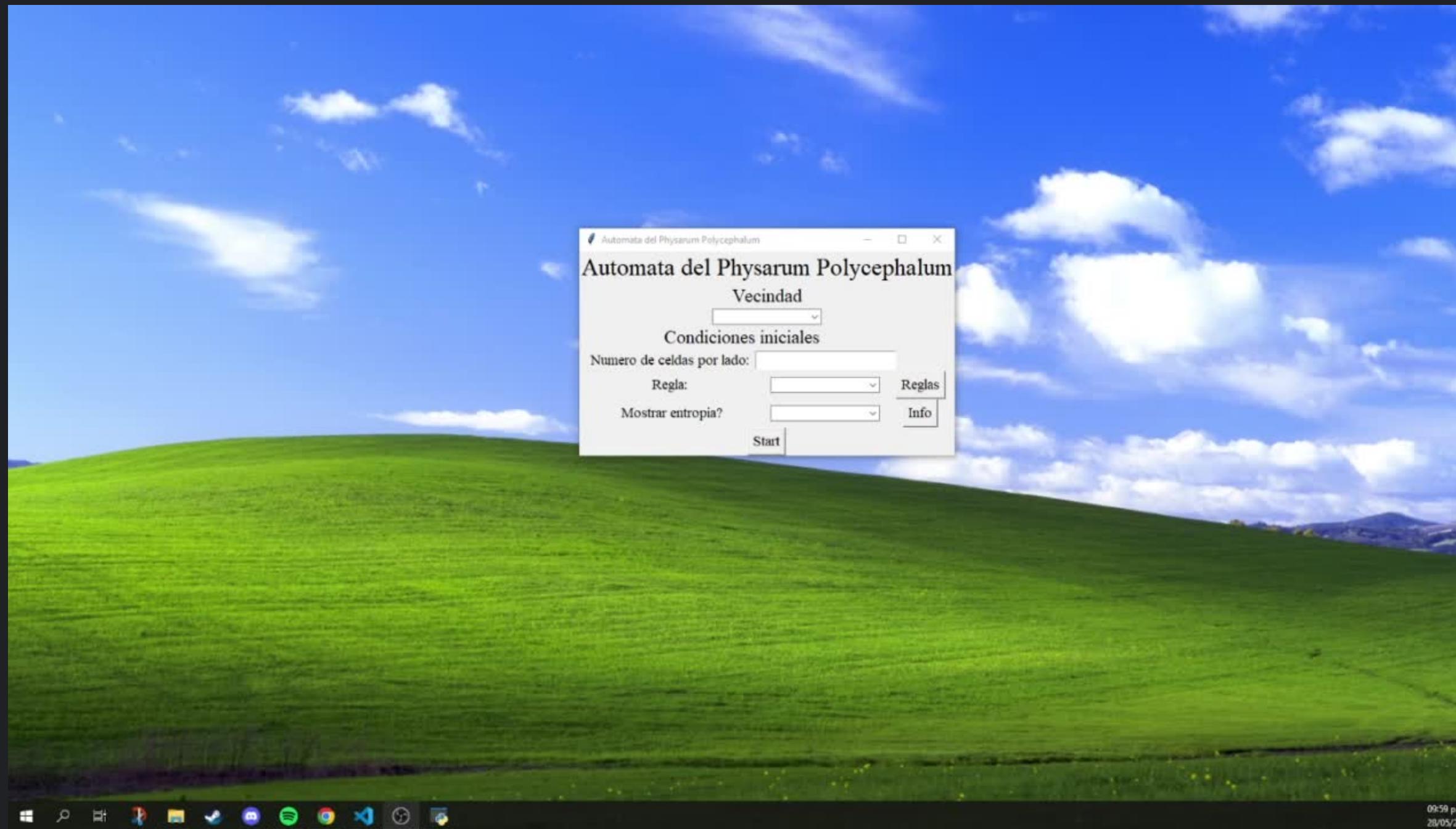
# Video

Prueba vecindad Moore con el primer piso del edificio de gobierno de la ESCOM. Elaboración propia.



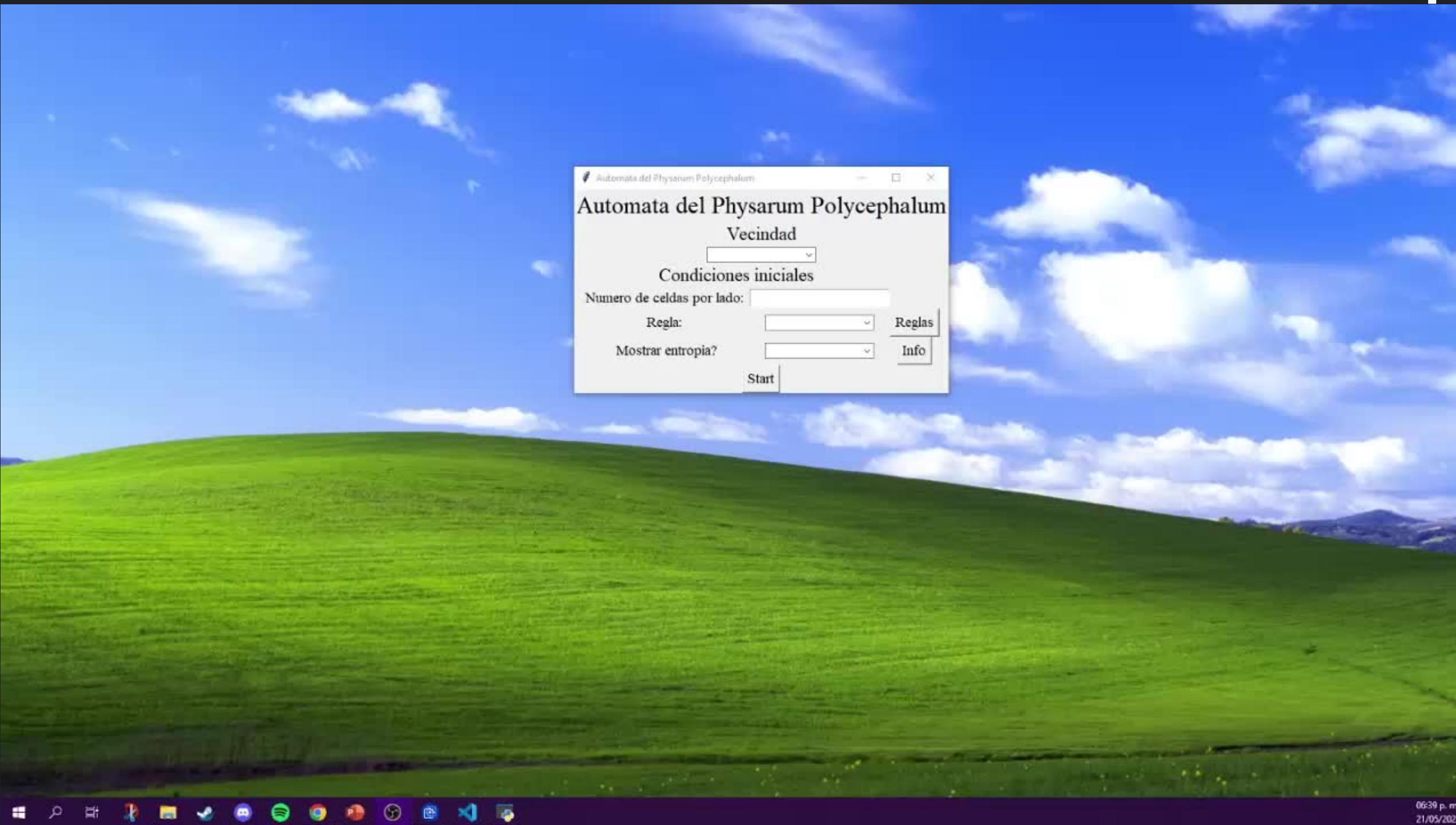
# Video

Prueba vecindad von Neumann con el primer piso del edificio de gobierno de la ESCOM. Elaboración propia.



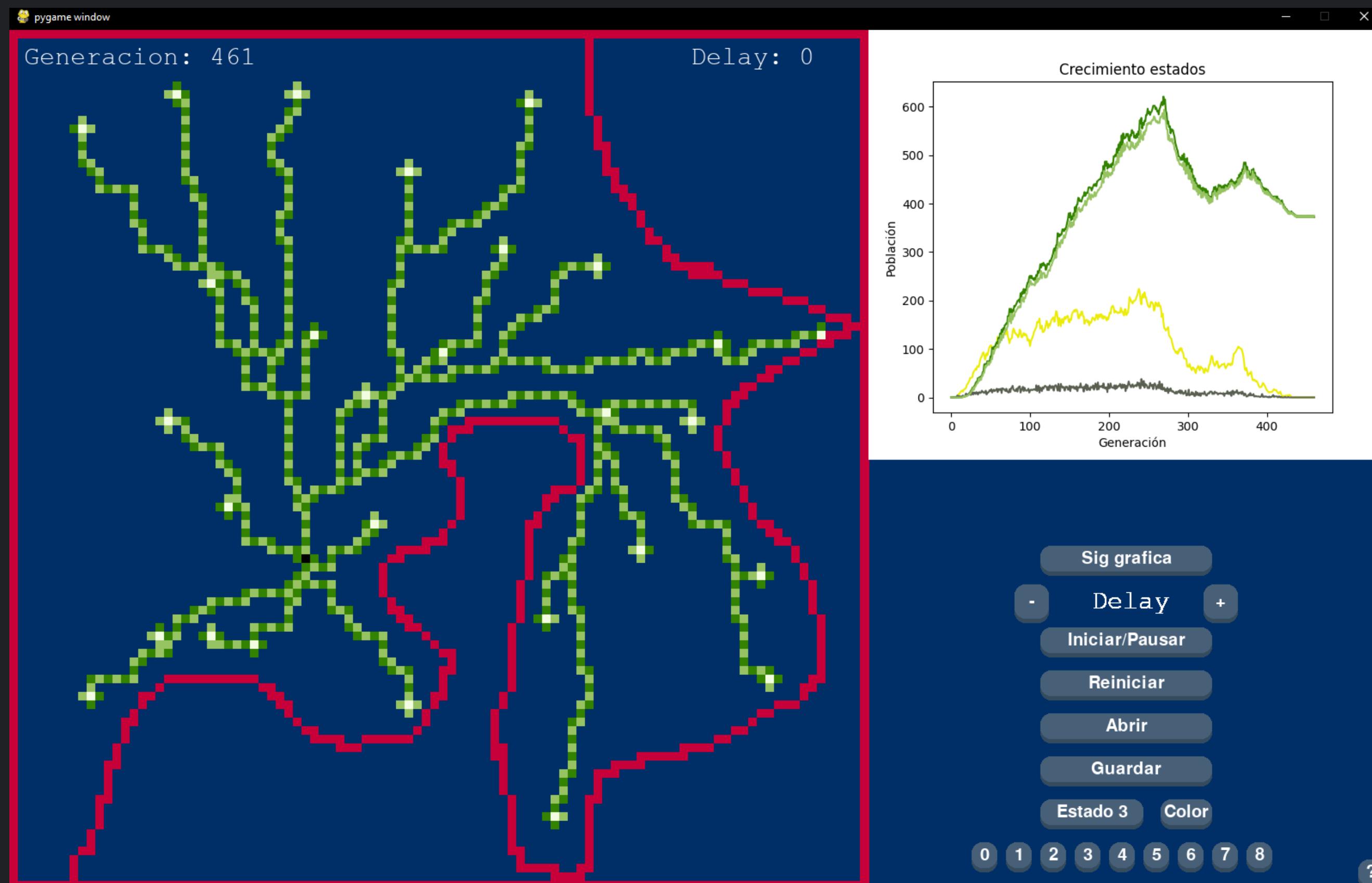
# Video

## Prueba vecindad Moore con la Red de Tokyo. Elaboración propia.



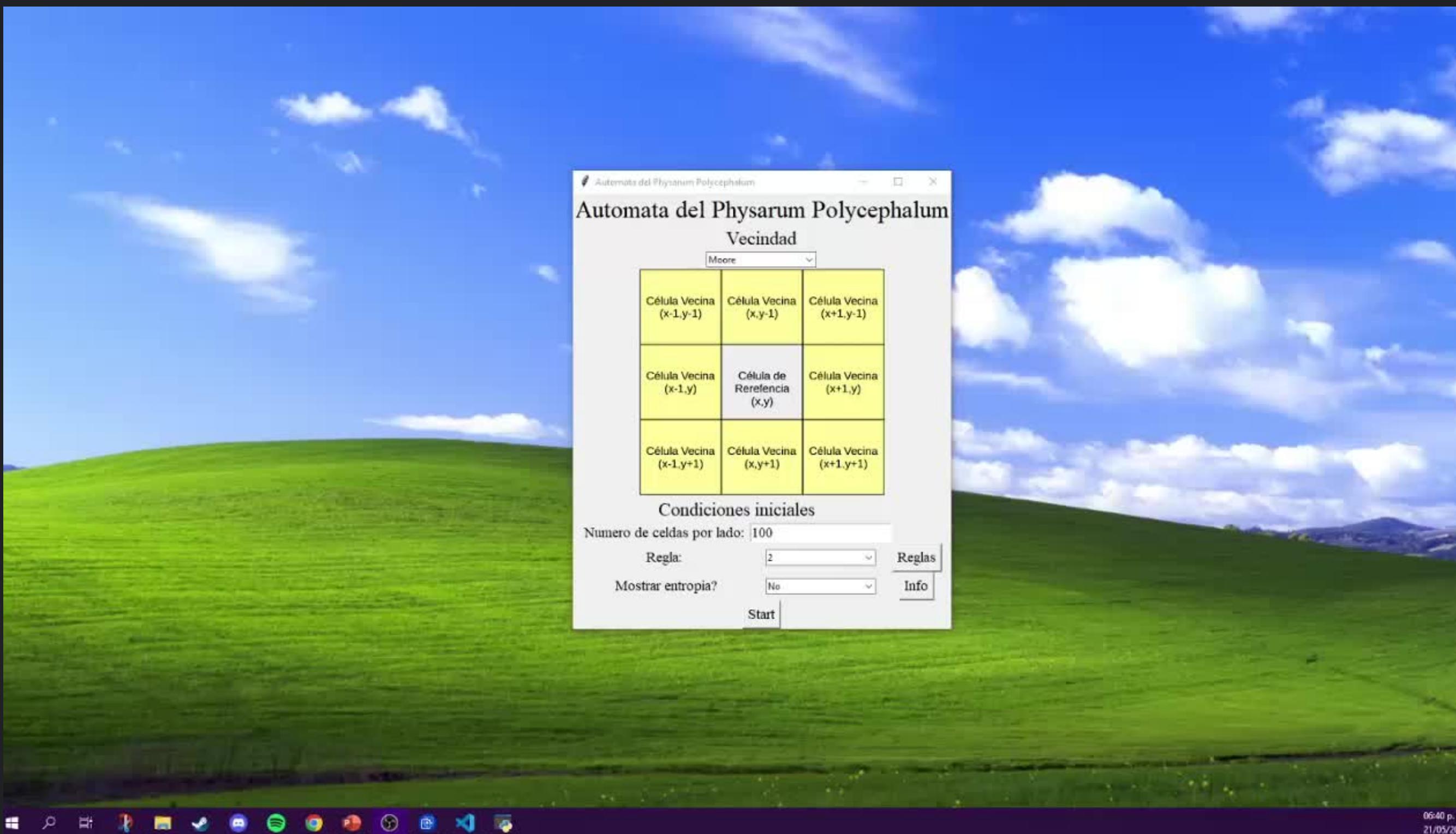
# Imagen

## Resultado de prueba vecindad Neumann con la Red de Tokyo. Elaboración propia.



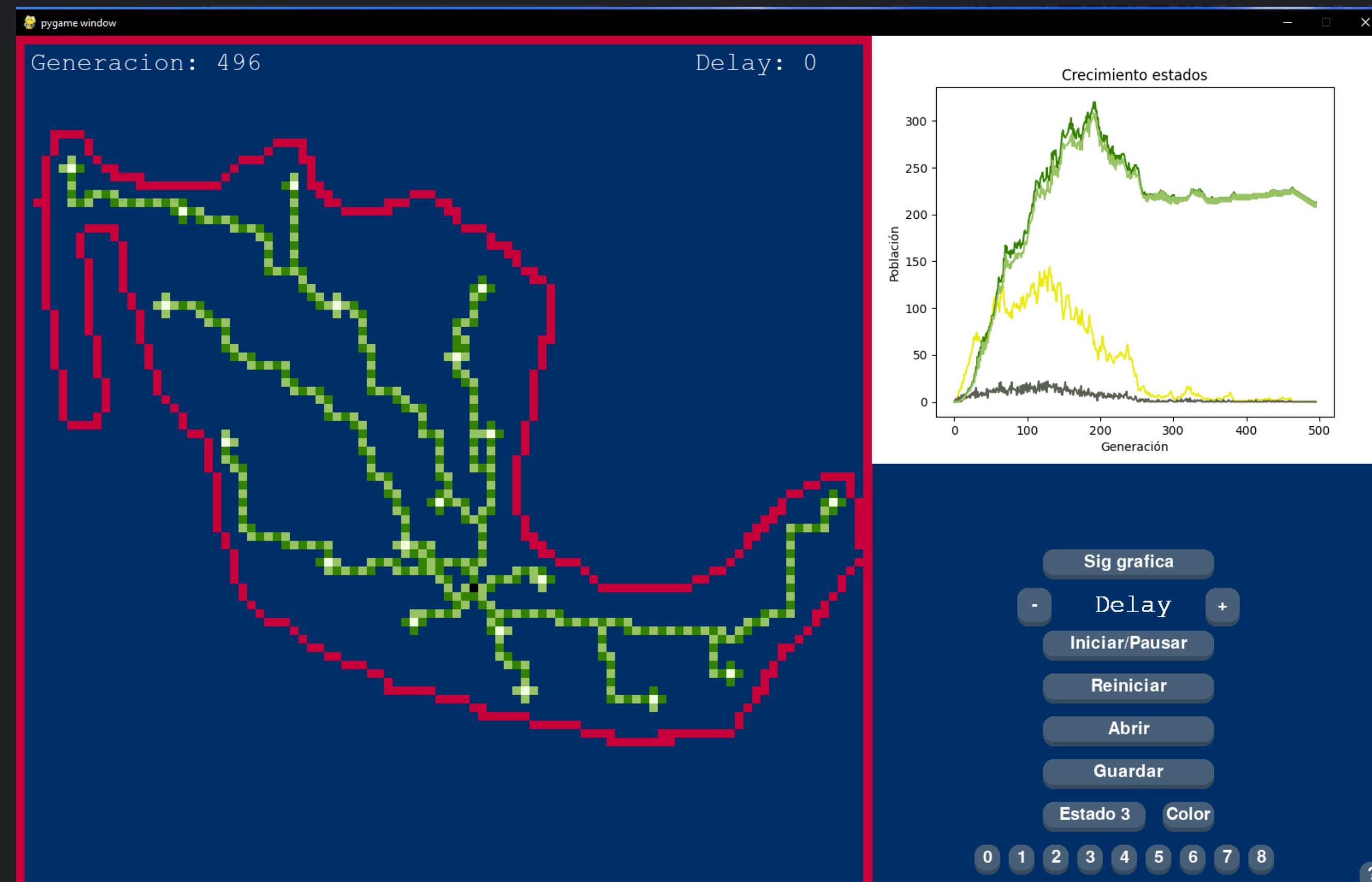
# Video

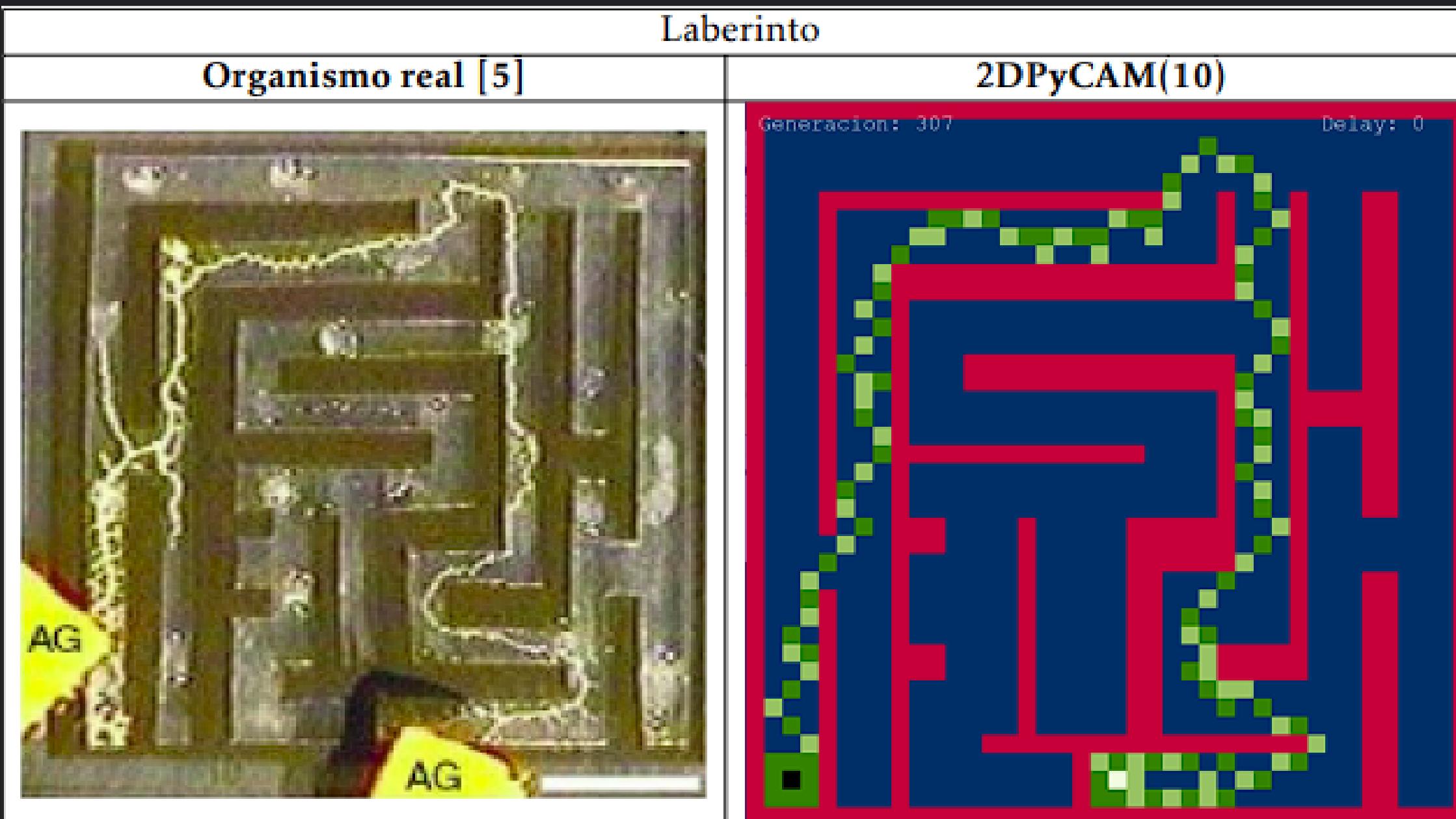
## Prueba vecindad Moore con las principales carreteras de México. Elaboración propia



# Imagen

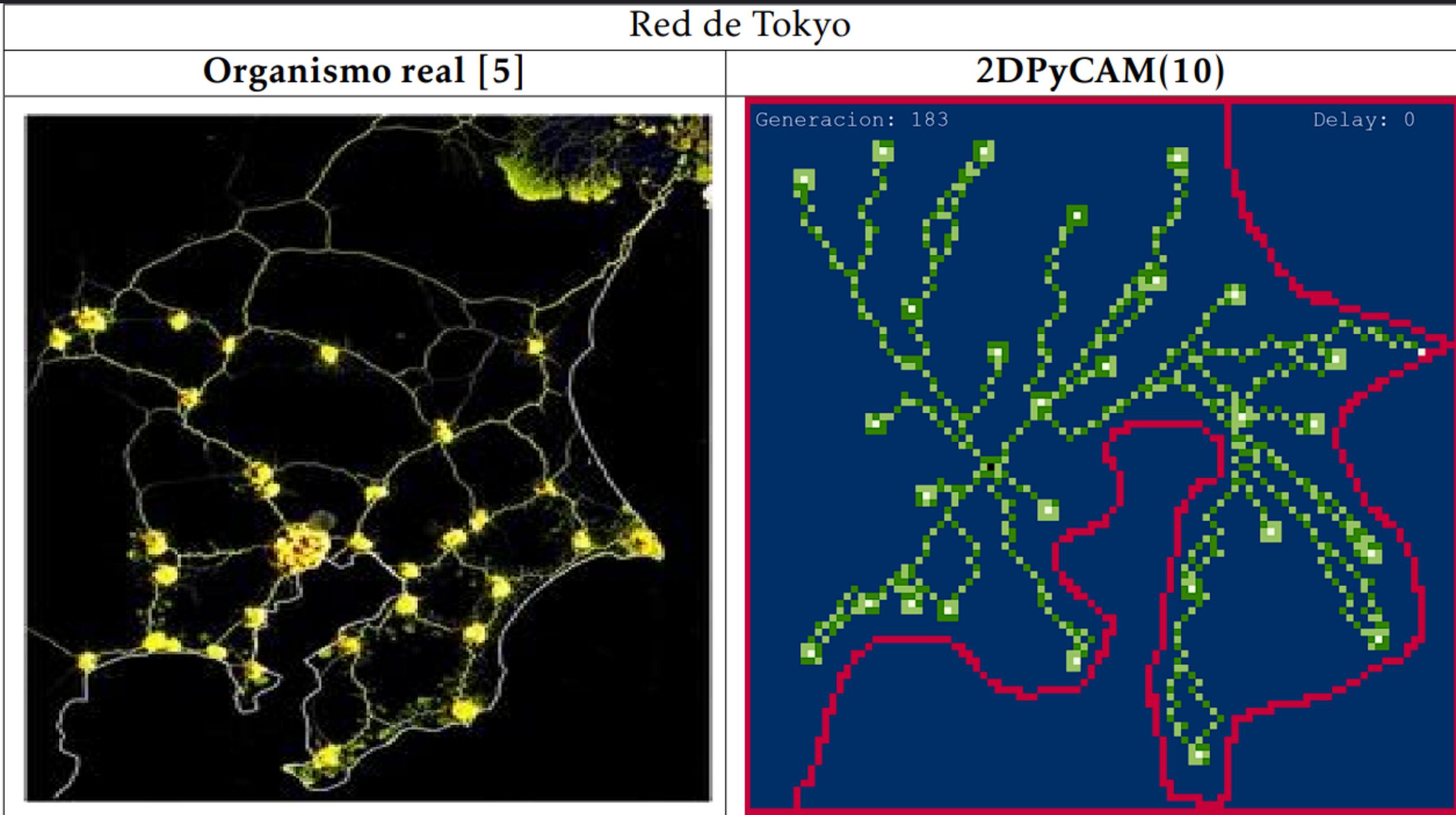
## Resultado de prueba vecindad Neumann con las principales carreteras de México. Elaboración propia



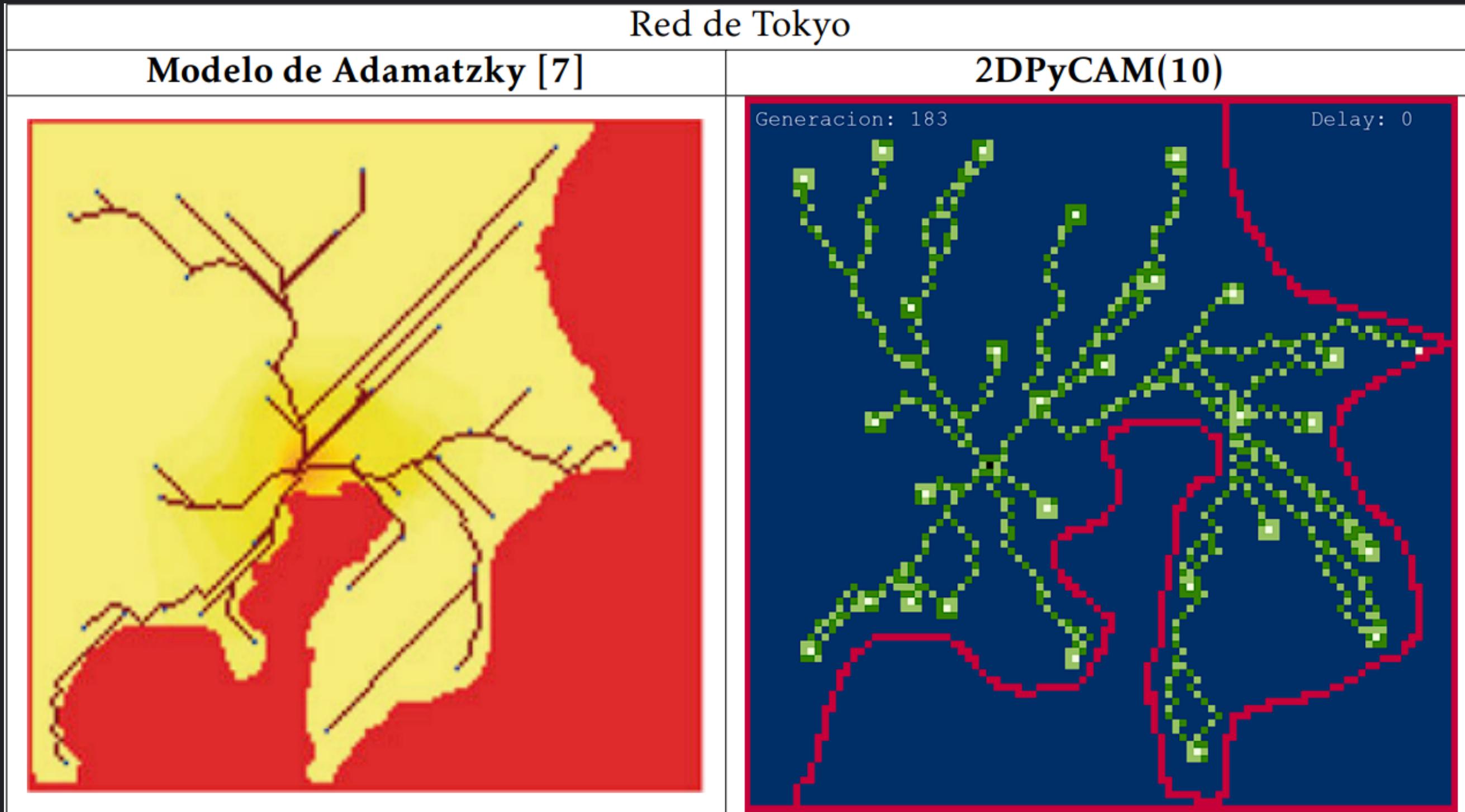


Comparativa con el organismo. Elaboración propia

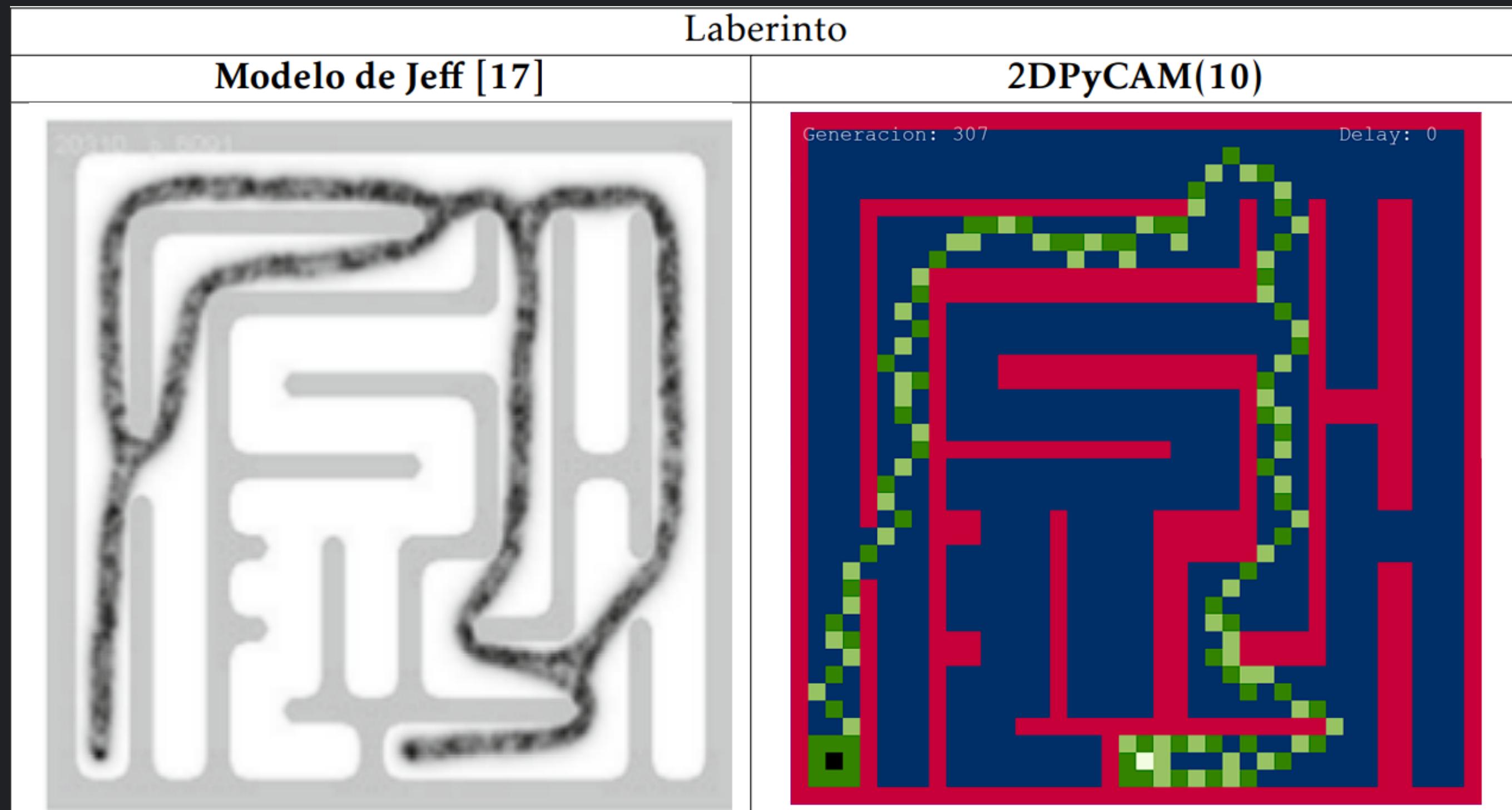
Red de Tokyo



Comparativa con [2]. Elaboración propia.



Comparativa con el Modelo de Adamatzky. Elaboración propia.



Comparativa con el modelo de Jones. Elaboración propia

# Robot

Demostración del  
**robot MemOso**



Elaboración  
propia.

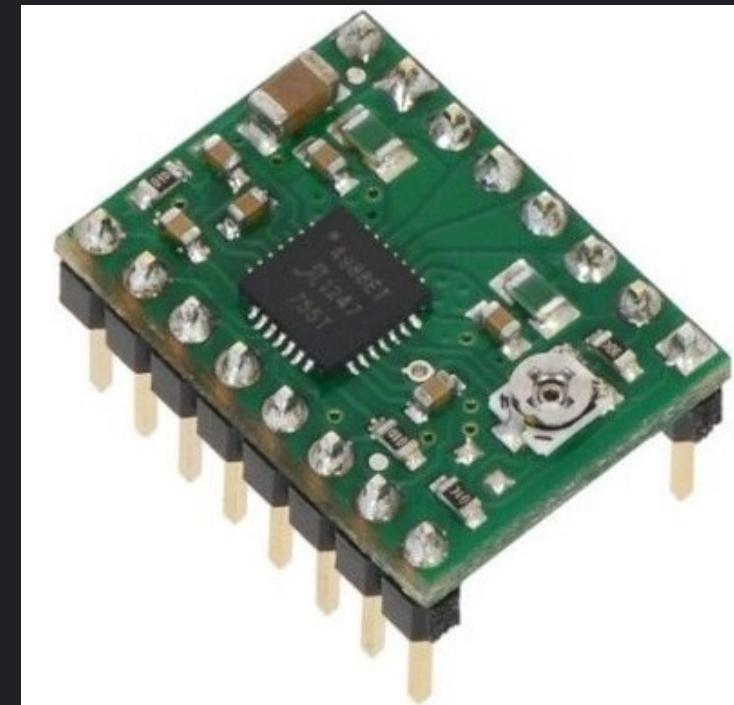
# Componentes actuales del robot

- Raspberry Pi 4 B (SoC).
  - 40 GPIO's.
  - SO basado en GNU/Linux.
  - Prácticamente es una computadora.
- Motores (NEMA 17)
  - Gran precision.
  - Bipolaridad.



# Componentes actuales del robot

- Controladores A4988.
  - Apto para motores paso a paso.
  - Soporta hasta 2A.

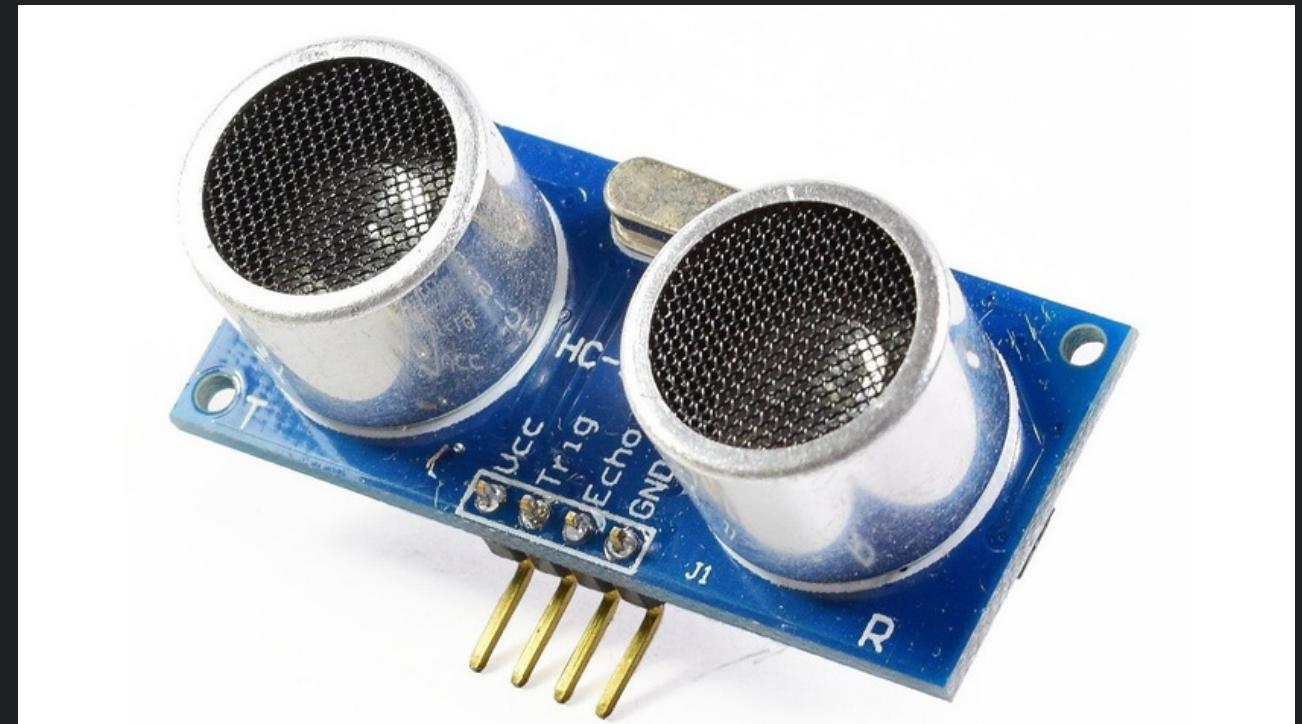


- Alimentación (Batería ácido-plomo de 12v 7ah)



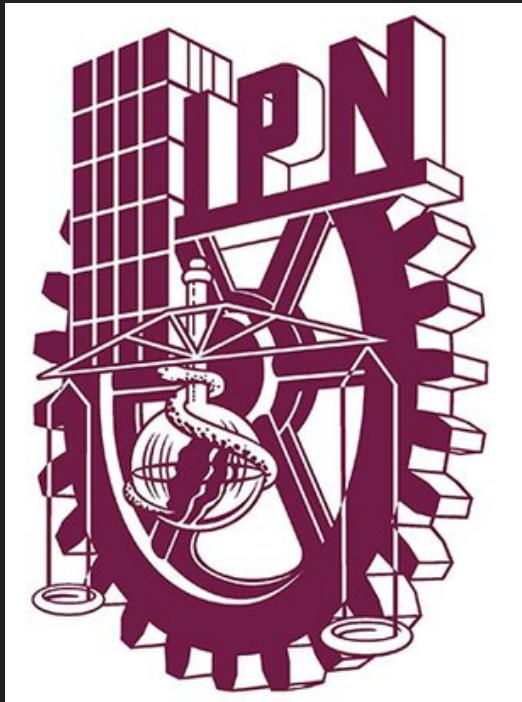
# Componentes actuales del robot

- Sensores HC-SR04.
  - Distancia medible de hasta 450 cm.
  - Precisión de +-3mm.



# Colaboraciones

Artificial Life Robotics Laboratory (ALIROB). Escuela Superior de Computo - Instituto Politecnico Nacional



Unconventional Computing Laboratory. University of the West of England, Bristol, UK



# Referencias

- [1] Jones, Springer International Publishing, 2015.
- [2] Yong, National Geographic, 2006.
- [3] Droste effect in Conway's Life, YouTube, 2011.
- [4] Douglas. Amazon Science, 2020.
- [5] Adamatzky, Martínez, Springer Link, 2011.
- [6] Jones, UK: Springer International Publishing, 2016.
- [7] Marín. B.S. Thesis, Escuela Superior de Cómputo, IPN, 2018.
- [8] Adamatzky. Springer International Publishing. 2018.

# Dudas y preguntas

**¡Muchas  
gracias!**

