

Universidad Nacional de Río Cuarto

Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales



Simulación (1962)

Trabajo final de simulación: Conway's Game of Life

Autor: Agustin Nicolas Giungi

Noviembre 2025

1. Descripción y Especificación del Problema

1.1. Introducción al Problema

El presente proyecto aborda el modelado y simulación del "Juego de la Vida" (Game of Life), un autómata celular diseñado por el matemático John Horton Conway en 1970. Este sistema se clasifica como un "juego de cero jugadores", lo que implica que su evolución está determinada exclusivamente por su estado inicial, sin requerir intervención externa adicional durante la ejecución.

El problema computacional consiste en representar una grilla bidimensional en mi caso finita con bordes definidos, de celdas cuadradas, donde cada una puede encontrarse en uno de dos estados posibles: **viva** (1) o **muerta** (0). El desafío radica en simular la evolución discreta de este sistema a través de pasos de tiempo (*ticks*), gestionando las interacciones simultáneas de cada celda con sus ocho vecinos adyacentes (estructura conocida como **Vecindad de Moore**).

1.2. Especificación del Sistema

Para la implementación de este sistema se ha utilizado el formalismo DEVS (Discrete Event System Specification) utilizando la herramienta PowerDEVS. El sistema se define mediante las siguientes reglas de transición de estado, que se evalúan en cada paso de simulación para cada celda individual:

1. **Supervivencia** : Una celda que se encuentra viva en el tiempo t permanecerá viva en $t+1$ si tiene exactamente 2 o 3 vecinos vivos.
2. **Nacimiento (Reproducción)**: Una celda muerta en el tiempo t pasará a estar viva en $t+1$ si cuenta con exactamente 3 vecinos vivos.
3. **Muerte**:
 - **Por soledad**: Si una celda viva tiene menos de 2 vecinos vivos, muere.
 - **Por sobrepoblación**: Si una celda viva tiene más de 3 vecinos vivos, muere.

Estos valores están parametrizados para que pueda ser modificado y así poder cambiar las reglas del juego.

1.3. Enfoque de Modelado

La solución propuesta estructura el sistema como un Modelo Acoplado compuesto por:

- Una matriz de **Modelos Atómicos** (celdas), donde cada uno encapsula la lógica de estado descrita anteriormente.
- Un **Generador de Ticks** (reloj) encargado de sincronizar los eventos de transición.
- Un sistema de interconexiones que enlaza los puertos de salida de cada celda con los puertos de entrada de sus vecinos correspondientes, permitiendo la propagación de información de estado a través de la red.

Modelo DEVS de TickGenerator

Este modelo actúa como el reloj del sistema, genera una señal periódica para sincronizar las células.

$$\text{Tickgenerator} = \langle X, Y, S, \delta_{\text{int}}, \delta_{\text{ext}}, \lambda, \text{ta} \rangle$$

$$X = \emptyset$$

$$Y = \{1.0\}$$

$$S = (\text{period}, \sigma)$$

$$\delta_{\text{int}}(S) = \delta_{\text{int}}(\text{period}, \sigma) = (\text{period}, \text{period})$$

$$\delta_{\text{ext}}(S) = \emptyset$$

$$\lambda = 1.0$$

$$\text{ta}(S) = \delta_{\text{int}}(\text{period}, \sigma) = \sigma$$

$$S_0 = (\text{param_period}, 0)$$

Modelo DEVS de CellGameOfLife

Este modelo representa una célula individual que reacciona a sus vecinos y a una señal de reloj.

$$\text{cell} = \langle X, Y, S, \delta_{\text{int}}, \delta_{\text{ext}}, \lambda, \text{ta} \rangle$$

$$X = \mathbb{R}$$

$$Y = \{\text{DEAD (0), ALIVE (1)}\}$$

$$S = (\text{alive} \times \text{next} \times \text{neighbours} \times \text{rules} \times \mathbb{R} \geq 0)$$

$$\text{alive} = \{0, 1\} = \text{estado actual}$$

$$\text{next} = \{0, 1\} = \text{estado para la siguiente generacion}$$

$$\text{rules} = z^3 = \text{parámetros (isolating, overpop, toborn)}$$

$$\text{neighbours} = \{\text{dead}, \text{alive}\}^8 = \text{vecinos de la célula}$$

$$\delta \mathbf{int}(\mathbf{S}) = \delta \mathbf{int}(\text{alive}, \text{next}, \text{neighbours}, \text{rules}, \sigma) = (\text{next}, \text{next}, \text{neighbours}, \text{rules}, \infty)$$

$$\delta \mathbf{ext}(\mathbf{S}, \mathbf{e}, \mathbf{x}) =$$

$$\begin{cases} (\text{alive}, \text{next}, \text{neighbours}', \text{rules}, \sigma - e) & \text{si } port \in [1,8] \\ (\text{alive}, 1, \text{neighbours rules}, 0) & \text{si } port = 0 \wedge \text{alive} = 1 \wedge (iso \leq k \leq over) \\ (\text{alive}, 0, \text{neighbours}, \text{rules}, 0) & \text{si } port = 0 \wedge \text{alive} = 1 \wedge (k < iso \vee k > over) \\ (\text{alive}, 1, \text{neighbours rules}, 0) & \text{si } port = 0 \wedge \text{alive} = 0 \wedge (k = toBorn) \\ (\text{alive}, 0, \text{neighbours}, \text{rules}, 0) & \text{si } port = 0 \wedge \text{alive} = 0 \wedge (k \neq toBorn) \end{cases}$$

$$\text{Siendo } k = \sum_{i=1}^8 Ni \text{ (cantidad de vecinos vivos)}$$

$$\lambda = \text{next}$$

$$\mathbf{ta}(\mathbf{S}) = \sigma$$

$$\mathbf{S}_0 = (\text{alive_param}, \text{alive_param}, 0, \text{rules}, 0)$$

GRAFICAS DE EXPERIMENTOS Y SU EXPLICACION

Los siguientes experimentos fueron realizados con las reglas originales (a no ser que se diga lo contrario) llamadas S23/B3, que quiere decir, sobreviven con al menos 2 y a lo sumo 3 vecinos y nacen con 3.

Existen distintas clases de patrones:

- **A. Vidas Estáticas:** Patrones que no cambian.
- **B. Osciladores:** Patrones que se repiten cada N ticks.
- **C. Naves Espaciales:** Patrones que se desplazan por la grilla

Ejemplos de patrones tipo A (Vidas Estáticas):

Block:

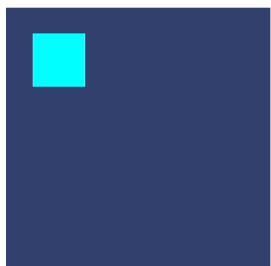
- **Tipo:** Estatico.
- **Periodo Esperado:** 1 ticks.
- **Descripción:** Estructura simple de 4 celdas formando un cuadrado.
- **Evidencia Gráfica:**
 - *Figura 1: $T=0$*

Generación $T = 0$



- *Figura 2: $T=1$*

Generación $T = 1$

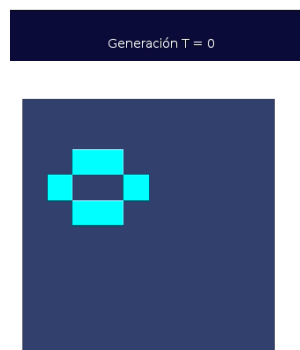


- **Análisis:** Se observa que el sistema se mantiene estático correctamente. La población se mantiene constante en 4 células, validando las reglas de supervivencia con 3 vecinos.

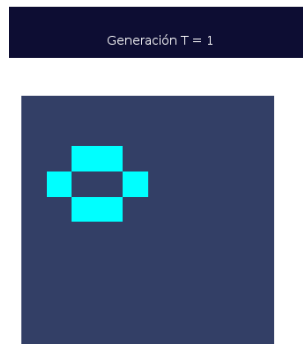
Bee-Hive:

- **Tipo:** Estático.
- **Periodo Esperado:** 1 tick.
- **Descripción:** Estructura simple de 6 celdas formando una elipse.
- **Evidencia Gráfica:**

○ *Figura 1: $T=0$*



○ *Figura 2: $T=1$*



- **Análisis:** Se observa que el sistema se mantiene estático correctamente. La población se mantiene constante en 6 células, validando las reglas de supervivencia con 2 vecinos.

Ejemplos de patrones tipo B (Osciladores):

Blinker:

- **Tipo:** Oscilador.
- **Periodo Esperado:** 2 ticks.
- **Descripción:** Estructura simple de 3 celdas consecutivas que alterna entre orientación vertical y horizontal.
- **Evidencia Gráfica:**

○ *Figura 1: $T=0$*

Generación T = 0



○ *Figura 2: $T=1$*

Generación T = 1



○ *Figura 3: $T=2$*

Generación T = 2

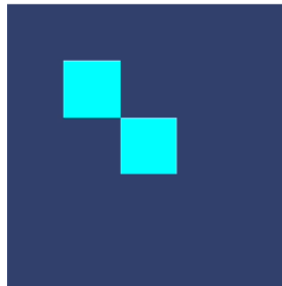


- **Análisis:** Se observa que el sistema oscila correctamente con un periodo $P=2$. La población se mantiene constante en 3 células, validando las reglas de supervivencia y nacimiento en entornos de 1 y 2 vecinos respectivamente.

Beacon:

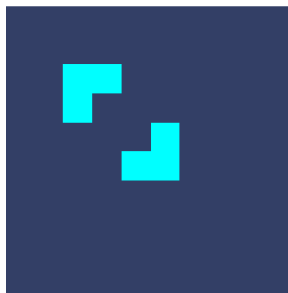
- **Tipo:** Oscilador.
- **Periodo Esperado:** 2 ticks.
- **Descripción:** Estructura simple de 8 celdas que alterna en las dos del centro naciendo y muriendo.
- **Evidencia Gráfica:**
 - *Figura 1: $T=0$*

Generación T = 0



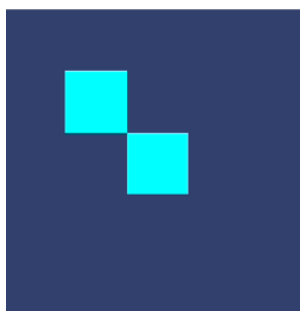
- *Figura 2: $T=1$*

Generación T = 1



- *Figura 3: $T=2$*

Generación T = 2



Análisis: Se observa que el sistema oscila correctamente con un periodo $P=2$. La población se mantiene alternando en 6 y 8 células, validando las reglas de supervivencia en entornos de 2 y 3 vecinos, nacimiento en entornos de 3 y muerte en entornos de 4.

Pulsar:

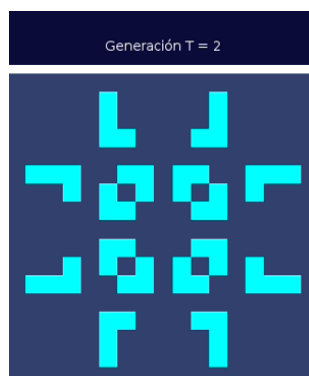
- **Tipo:** Oscilador.
- **Periodo Esperado:** 3 ticks.
- **Descripción:** Estructura simple de muchas celdas que alternan en 3 figuras diferentes.
- **Evidencia Gráfica:**
 - *Figura 1: $T=0$*



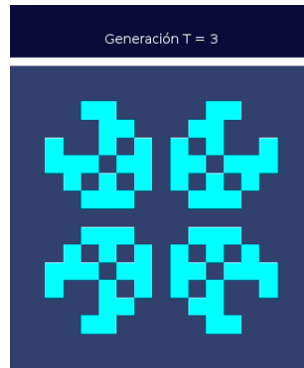
- *Figura 2: $T=1$*



- *Figura 3: $T=2$*



○ *Figura 4: $T=3$*



Análisis: Se observa que el sistema oscila correctamente con un periodo $P=3$. La población es de a diferencia de las anteriores es mucho mas grande.

- Fase 1: 72 células.
- Fase 2: 48 células.
- Fase 3: 56 células.

Ejemplos de patrones tipo C (Naves Espaciales):

Glider (el ejemplo del enunciado):

- **Tipo:** Nave espacial.
- **Periodo Esperado:** 4 ticks.
- **Descripción:** Estructura simple de 5 que se comporta como nave espacial avanzando diagonalmente por la grilla.
- **Evidencia Gráfica:**

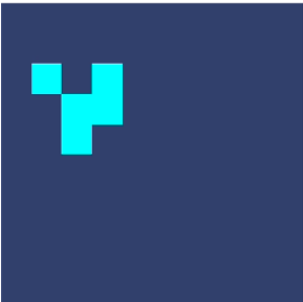
○ *Figura 1: $T=0$*

Generación T = 0



○ *Figura 2: $T=1$*

Generación T = 1



○ *Figura 3: $T=2$*

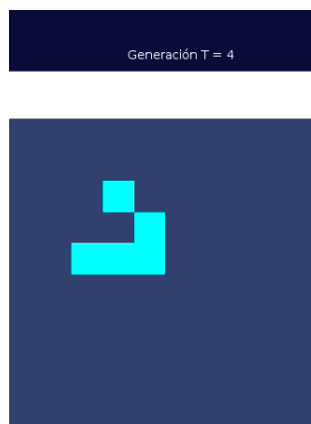
Generación T = 2



○ *Figura 4: $T=3$*



○ *Figura 5: $T=4$*

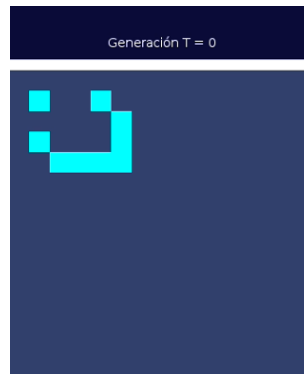


- **Análisis:** La población se mantiene constante en 5 células durante las cuatro fases del ciclo. El movimiento valida la aplicación secuencial de las reglas: el nacimiento de células en el frente de avance (entornos de 3 vecinos) y la extinción de células en la cola (por subpoblación), generando un efecto de traslación continua avanzando diagonalmente, la configuración final es la misma que la inicial, desplazada un nivel hacia abajo y hacia la derecha.

Light-weight spaceship (LWSS):

- **Tipo:** Nave espacial.
- **Periodo Esperado:** 4 ticks.
- **Descripción:** Estructura de 9 o 12 celdas de tipo nave espacial que se desplaza horizontalmente por la grilla.
- **Evidencia Gráfica:**

○ *Figura 1: $T=0$*



○ *Figura 2: $T=1$*



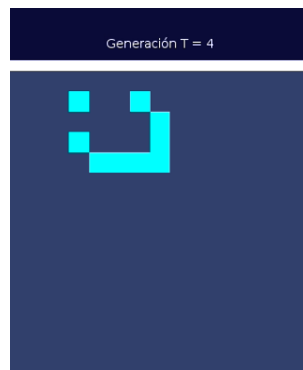
○ *Figura 3: $T=2$*



- *Figura 3: $T=2$*



- *Figura 3: $T=2$*



Análisis: El patrón exhibe un periodo de oscilación **$P=4$** , tras el cual recupera su forma original desplazada **2 celdas** en la dirección del movimiento. A diferencia del Glider, su población no es constante, sino que fluctúa entre **9 y 12 células**.

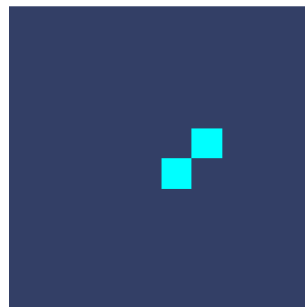
Mediante estas evidencias se confirma que el sistema replica los distintos patrones conocidos del juego de la vida con sus reglas básicas S23/B3

Ejemplo de un oscilador usando reglas distintas a las originales (S23/B2):

- **Tipo:** Oscilador.
- **Periodo Esperado:** 2 ticks.
- **Descripción:** Estructura de 2 celdas horizontales que alternan su dirección.
- **Evidencia Gráfica:**

○ *Figura 1: $T=0$*

Generación T = 0



○ *Figura 2: $T=1$*

Generación T = 1



○ *Figura 3: $T=2$*

Generación T = 2



Análisis: Se observa que el sistema oscila correctamente con un periodo $P=2$. La población se mantiene constante en 2 células, validando las reglas de supervivencia y nacimiento en entornos 2 vecinos, cabe destacar que con las reglas originales la población se extinguiría al no poder cumplir la regla de nacimiento con 3 vecinos.