

Simulación de Sistemas

Dinámica Peatonal

GRUPO 3

- Serpe, Octavio
- Arca, Gonzalo
- Quesada, Francisco

Introducción

Introducción

Movimiento de peatones

- Análisis del movimiento de peatones.
- Diseñar espacios seguros y cómodos.



Sistema Real

Dinámica peatonal en un espacio circular sin salidas



Fundamentos

Contractile Particle Model

La evolución temporal es en pasos discretos dt

$$dt = \frac{r_{\min}}{2\max(v_d^{\max}, v_e)}$$

Fundamentos

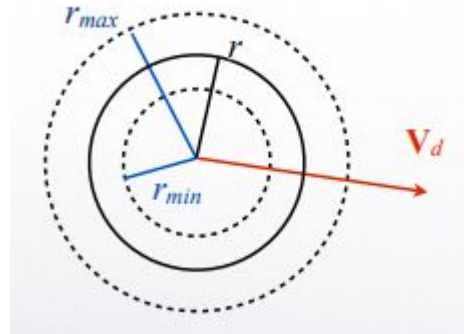
Contractile Particle Model

Partículas que no están en contacto

- $\mathbf{x}(t + dt) = \mathbf{x}(t) + \mathbf{v}_d dt$

- $$r(t + dt) = \begin{cases} r(t) + \frac{r_{\max} dt}{\tau} & \text{si } r < r_{\max} \\ r_{\max} & \text{si no} \end{cases}$$

- $$|\mathbf{v}_d| = v_d = v_d^{\max} \left[\frac{r - r_{\min}}{r_{\max} - r_{\min}} \right]^{\beta}$$



Fundamentos

Contractile Particle Model

Partículas que están en contacto

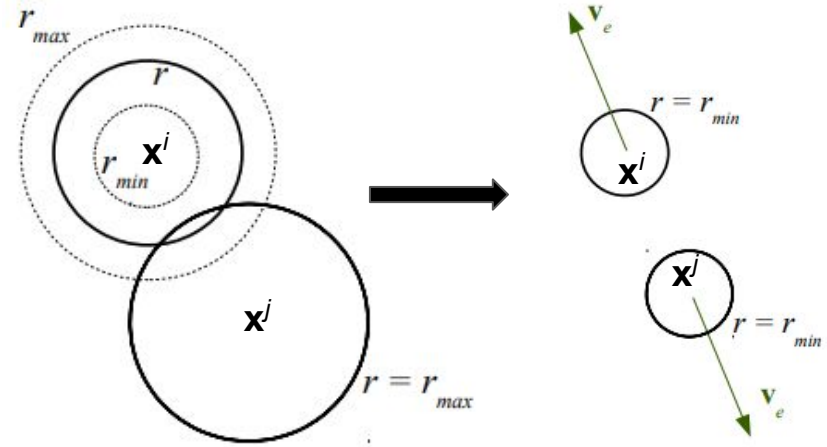
- $\mathbf{x}(t + dt) = \mathbf{x}(t) + \mathbf{v}_e dt$

- $r = r_{\min}$

- $\mathbf{v}_e^i = v_e \frac{(\sum_j \mathbf{e}^{ij})}{|\sum_j \mathbf{e}^{ij}|}$

donde

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{e}^{ij} = \frac{(\mathbf{x}^i - \mathbf{x}^j)}{|\mathbf{x}^i - \mathbf{x}^j|} \\ v_e = v_d^{\max} \end{array} \right.$$



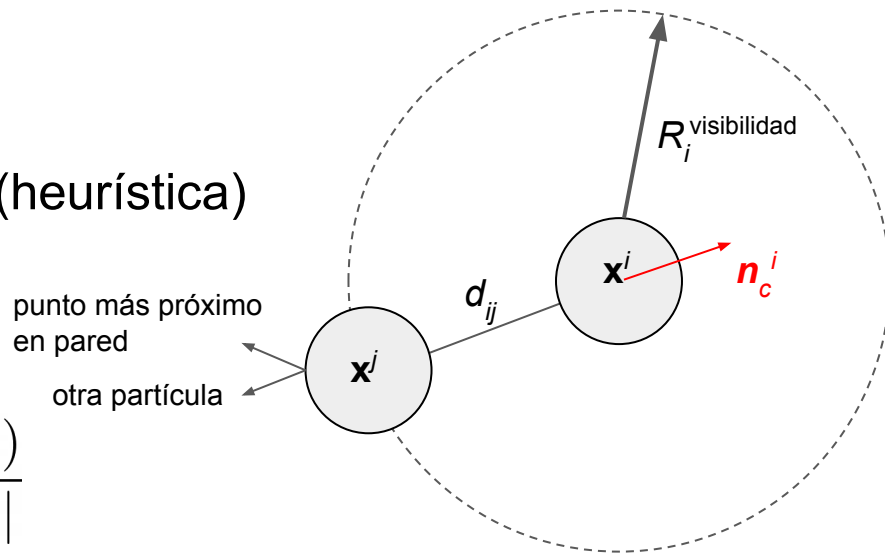
Fundamentos

Modificación al Contractile Particle Model (heurística)

Partículas que no están en contacto

• $\mathbf{v}_d^i = \frac{v_d \mathbf{n}_c^i}{|\mathbf{n}_c^i|}$ donde

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{e}^{ij} = \frac{(\mathbf{x}^i - \mathbf{x}^j)}{|\mathbf{x}^i - \mathbf{x}^j|} \\ \mathbf{n}_c^i = \sum_j \mathbf{h}_{ij} \\ \mathbf{h}_{ij} = \begin{cases} \mathbf{e}^{ij} A_p e^{-d_{ij}/B_p} & \text{si } d_{ij} \leq R_i^{\text{visibilidad}} \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \end{array} \right.$$



Implementación

Implementación

Herramientas utilizadas



Simulación

Java 17 - Object Oriented Programming



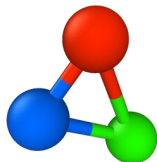
Adaptación de observables para animaciones

Python 3



Gráficos

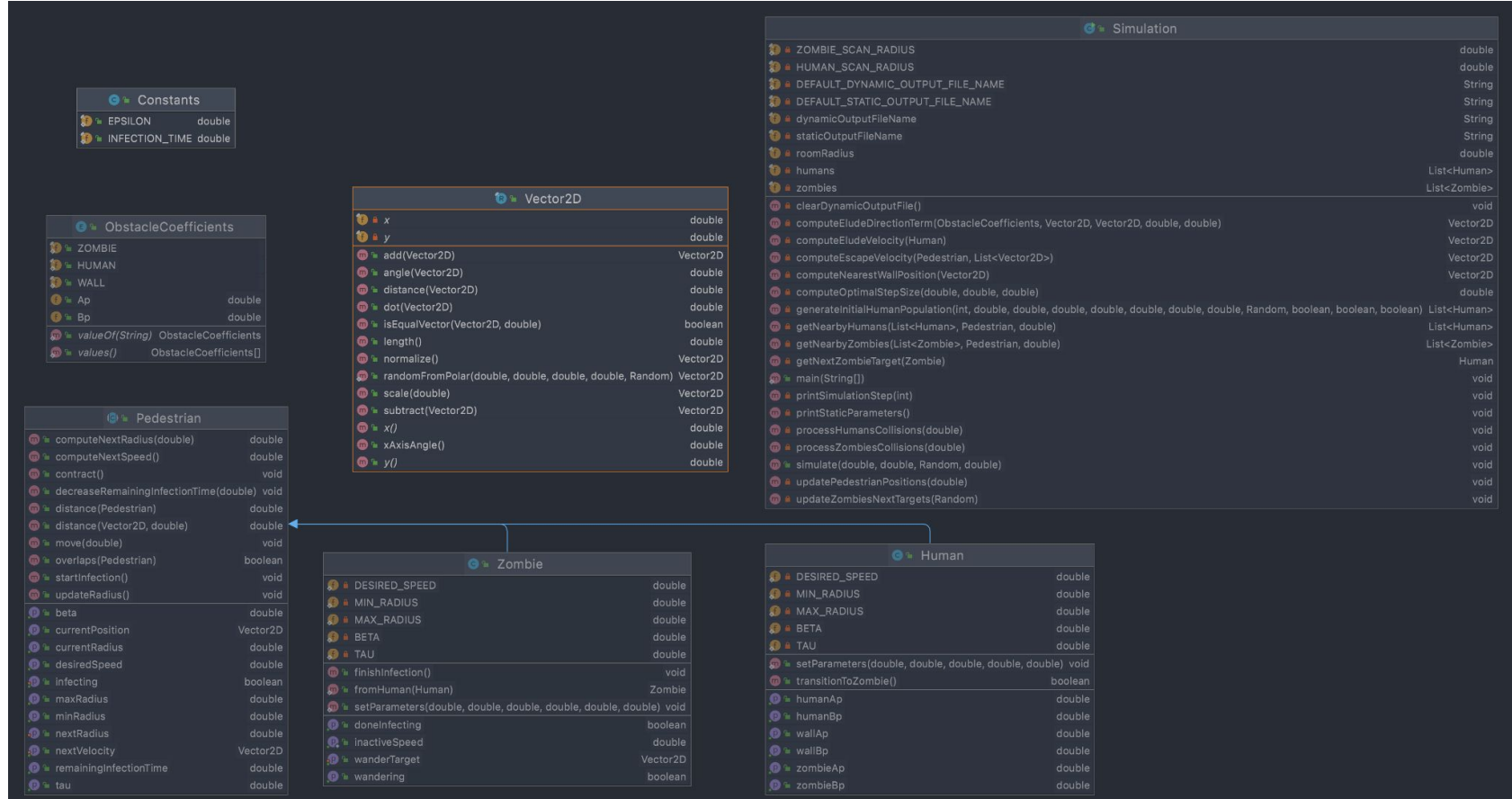
Matplotlib (librería Python)



Animación

OVITO

Diagrama UML



Implementación

Algoritmo

1. Se crea el zombie inicial en el centro, y luego los humanos con sus respectivas posiciones, radios y coeficientes A_p y B_p para cada uno de los 3 tipos de objetos.
2. **Mientras todos los peatones no sean zombies ni se haya cumplido el tiempo límite de la simulación**, ejecutar para cada tiempo t :
 - a. **Convertir en zombies los humanos infectados** que hayan pasado **más de 7 s** infectados, y **reanudar el movimiento** de los zombies que los estaban infectando.
 - b. Por cada humano, que **no esté siendo infectado**, computar las posiciones de los objetos (zombie, humano y/o pared) con los que se solapa:
 - i. **Si se solapa** con al menos un objeto, reducir el **radio al mínimo**. Si uno es un zombie, comenzar **proceso de infección**, sino calcular la **velocidad de escape** v_e .
 - ii. **Si no se solapa** con ningún objeto, **ampliar el radio** y computar la velocidad v_d teniendo en cuenta la pared más cercana y objetos en su **radio de visión**.

Implementación

Algoritmo

- c. Por cada zombie, que **no esté infectando**, obtener la posición del **humano más cercano** que se encuentre en su **radio de visión**:
 - i. **Si no encuentra**, dirigirse a una **posición objetivo random** y actualizar la velocidad a $v_z^{inactivo}$
 - ii. **Si encuentra**, actualizar la velocidad a v_{dz}
- d. Por cada zombie, que **no esté infectando**, computar las posiciones de los objetos con los que se solapa:
 - i. **Si se solapa**, calcular **velocidad de escape** v_e y reducir el **radio al mínimo**
 - ii. **Si no se solapa**, **ampliar el radio**
- e. Computar y **actualizar posiciones** de los humanos y zombies.

Simulación

Simulación

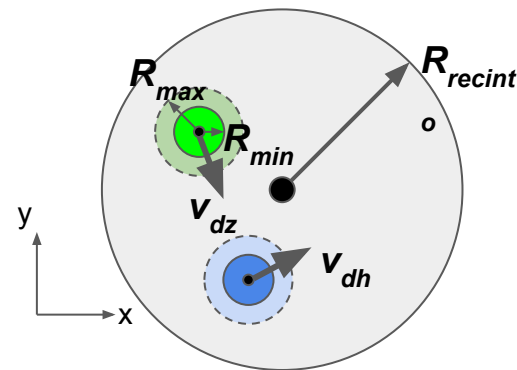
Descripción del sistema

Parámetros fijos

- $dt \rightarrow$ Paso temporal de simulación
- $R_{min} \rightarrow$ Radio mínimo de peatón
- $R_{max} \rightarrow$ Radio máximo de peatón
- $|v|_{dh}^{max} \rightarrow$ Rapidez deseada máxima de humano
- $|v|_{dz}^{max} \rightarrow$ Rapidez deseada máxima de zombie
- $|v|_z^{inactivo} \rightarrow$ Rapidez de zombie en estado inactivo
- $R_{recinto} \rightarrow$ Radio del recinto
- $R_{visibilidad\ humanos} \rightarrow$ Radio de visibilidad del humano
- $R_{visibilidad\ zombies} \rightarrow$ Radio de visibilidad del zombie
- $\beta \rightarrow$ Relación entre velocidad y radio
- $\tau \rightarrow$ Tiempo que lleva alcanzar radio máximo

Parámetros variables

- $N_h \rightarrow$ Cantidad inicial de humanos
- | | | |
|------------------|---|---|
| • $Ap_{zombies}$ | } | Pesos de elusión de humanos hacia zombies |
| • $Bp_{zombies}$ | | |
| • $Ap_{humanos}$ | } | Pesos de elusión de humanos hacia otros humanos |
| • $Bp_{humanos}$ | | |
| • $Ap_{paredes}$ | } | Pesos de elusión de humanos hacia pared más cercana |
| • $Bp_{paredes}$ | | |



Simulación

Inputs a estudiar

N_h : Número inicial de humanos en la simulación

$|v|_{dz}^{max}$: Velocidad deseada máxima de los zombies

Simulación

Observables

$F_z(t)$: Fracción de zombies en el tiempo t

$$F_z(t) = \frac{N_z(t)}{N_h(t) + N_z(t)}$$

donde $N_z(t)$ y $N_h(t)$ son la cantidad de zombies y humanos en el instante t , respectivamente

$\Delta N_z / \Delta t (t)$: Velocidad de contagio en el tiempo t

$$\frac{\Delta N_z}{\Delta t}(t) = \frac{N_z(t) - N_z(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

donde $N_z(t)$ es la cantidad de zombies en el tiempo t y Δt es el paso temporal de la salida de la simulación **dt2**

Simulación

Condición de corte

Puede darse por una de las siguientes condiciones:

- **Extinción de humanos**
 - Todos los peatones son zombies.
- **Duración**
 - La simulación llegó a su tiempo límite.

Simulación

Estudio 1: Evolución del sistema variando N_h

Parámetros fijos

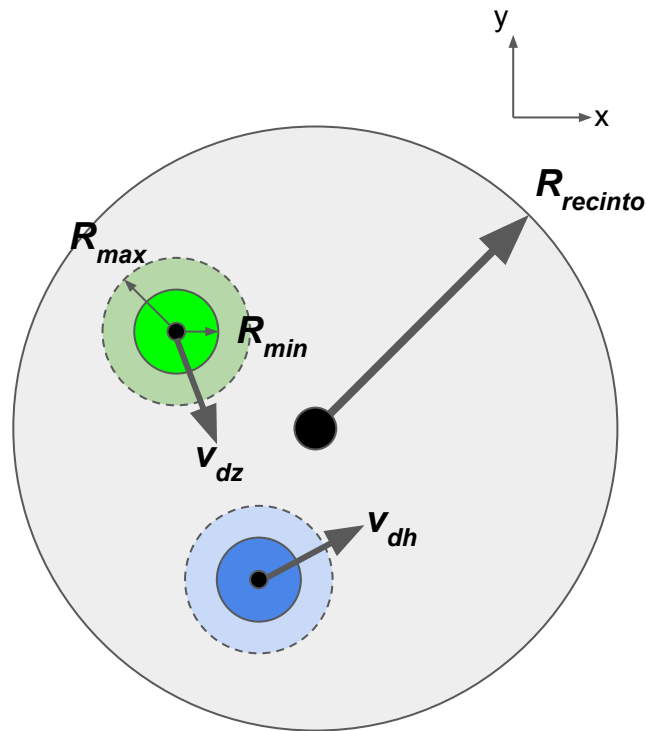
- $dt = 0.0125$ s
- $R_{min} = 0.1$ m
- $R_{max} = 0.37$ m
- $|v|_{dh}^{max} = 4$ m/s
- $|v|_{dz}^{max} = 3$ m/s
- $|v|_z^{inactivo} = 0.3$ m/s
- $R_{recinto} = 11$ m
- $R_{visibilidad\ humanos} = 4$ m
- $R_{visibilidad\ zombies} = 4$ m
- $\beta = 0.9$

Observables

- Fracción de zombies
- Velocidad de contagio

Parámetros variables

- $N_h \in \{2, 10, 40, 80, 140, 200, 260, 320, 380\}$
- $Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$
- $Bp_{zombies} \sim U(0,1)$
- $Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$
- $Bp_{humanos} \sim U(0,1)$
- $Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$
- $Bp_{paredes} \sim U(0,1)$



Simulación

Estudio 2: Evolución del sistema variando V_{dz}

Parámetros fijos

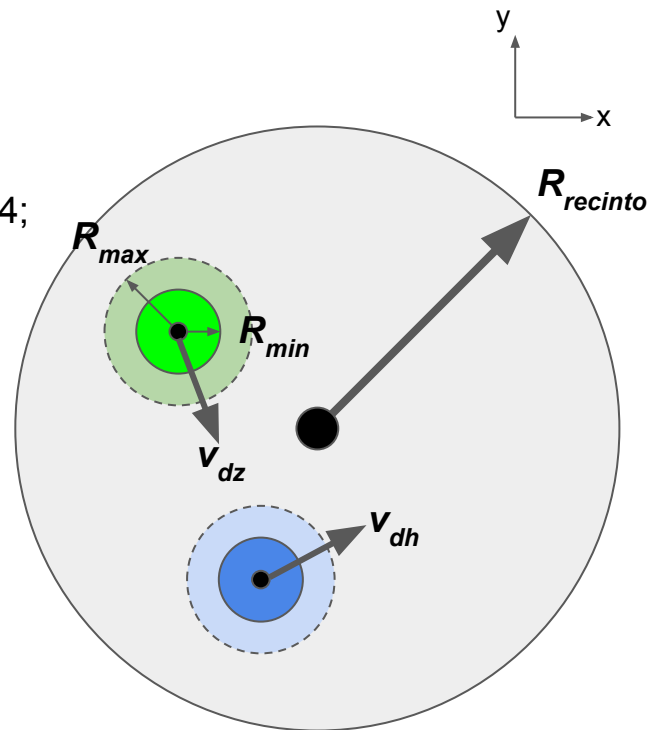
- $dt = 0.0125$ s
- $N_h = 200$
- $R_{min} = 0.1$ m
- $R_{max} = 0.37$ m
- $|v|_{dh}^{max} = 4$ m/s
- $|v|_z^{inactivo} = 0.3$ m/s
- $R_{recinto} = 11$ m
- $R_{visibilidad\ humanos} = 4$ m
- $R_{visibilidad\ zombies} = 4$ m
- $\beta = 0.9$
- $\tau = 0.5$ s

Parámetros variables

- $|v|_{dz}^{max} \in \{1; 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4; 4.5, 5\}$ m/s
- $Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$
- $Bp_{zombies} \sim U(0,1)$
- $Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$
- $Bp_{humanos} \sim U(0,1)$
- $Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$
- $Bp_{paredes} \sim U(0,1)$

Observables

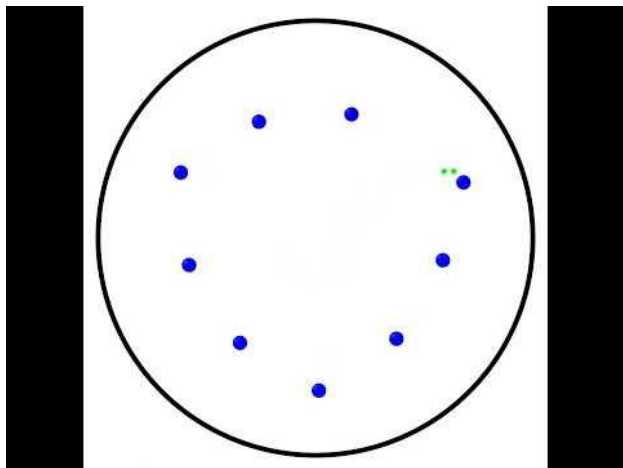
- Fracción de zombies
- Velocidad de contagio



Resultados

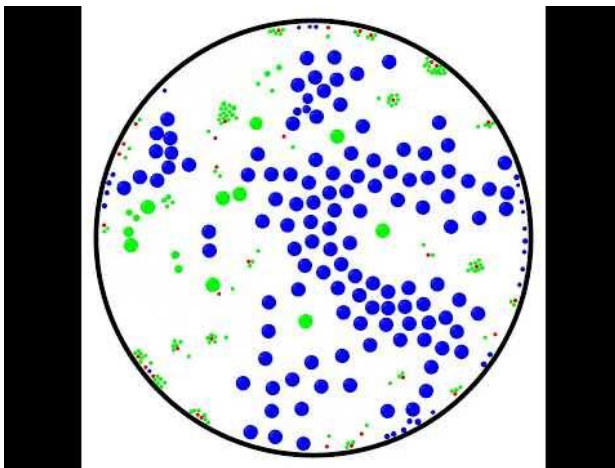
Resultados

Estudio 1: Evolución del sistema variando N_h



<https://www.youtube.com/watch?v=wRxSxXbz2Ak>

$N_h = 10$



<https://www.youtube.com/watch?v=syck283UQJ8>

$N_h = 320$

Parámetros

$N_h \in \{2, 10, 40, 80, 140, 200, 260, 320, 380\}$

$dt = 0.0125$ s

$dt2 = 0.1$ s

$R_{min} = 0.1$ m

$R_{max} = 0.37$ m

$|v|_{dh}^{max} = 4$ m/s

$|v|_{dz}^{max} = 3$ m/s

$|v|_z^{inactivo} = 0.3$ m/s

$R_{recinto} = 11$ m

$R_{visibilidad\ humanos} = 4$ m

$R_{visibilidad\ zombies} = 4$ m

$\beta = 0.9$

$\tau = 0.5$ s

$Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$

$Bp_{zombies} \sim U(0, 1)$

$Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$

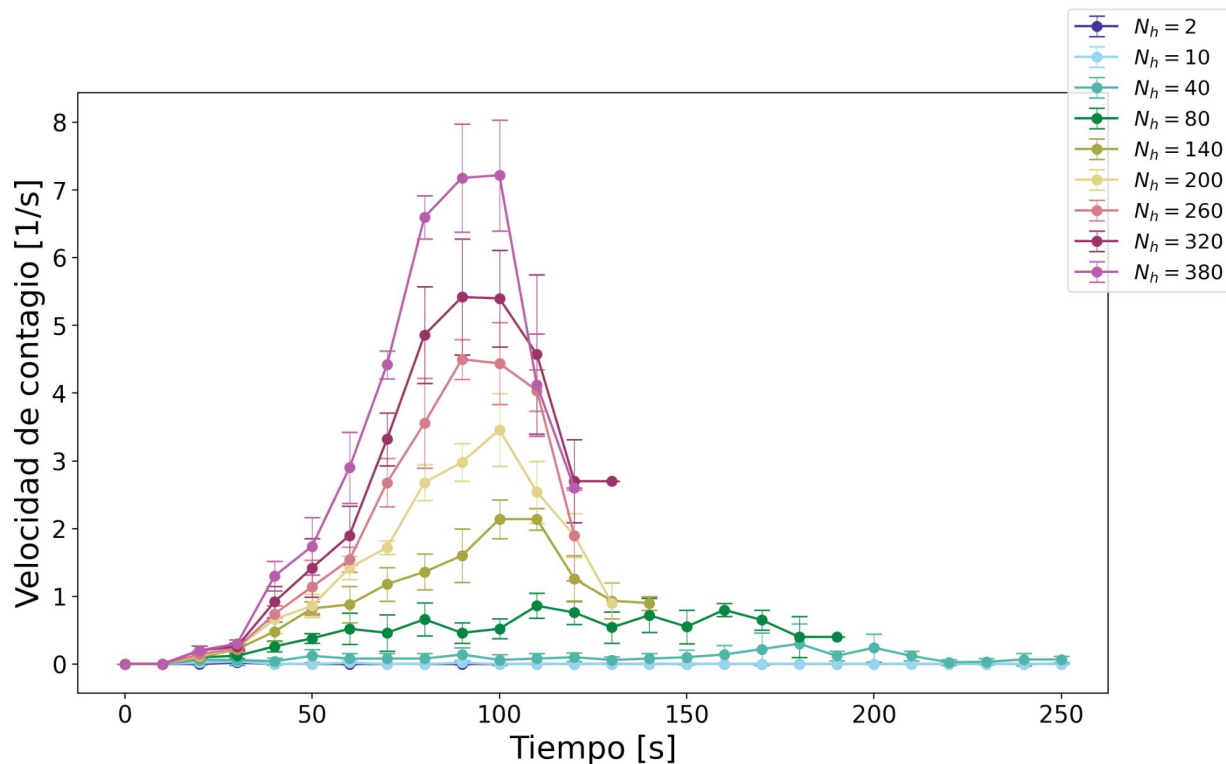
$Bp_{humanos} \sim U(0, 1)$

$Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$

$Bp \sim U(0, 1)$

Resultados

Estudio 1.1: Velocidad de contagio en función del tiempo variando N_h



Parámetros

$dt = 0.0125$ s

$dt2 = 10$ s

$R_{min} = 0.1$ m

$R_{max} = 0.37$ m

$|v|_{dh}^{max} = 4$ m/s

$|v|_{dz}^{max} = 3$ m/s

$|v|_z^{inactivo} = 0.3$ m/s

$R_{recinto} = 11$ m

$R_{visibilidad\ humanos} = 4$ m

$R_{visibilidad\ zombies} = 4$ m

$\beta = 0.9$

$\tau = 0.5$ s

$Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$

$Bp_{zombies} \sim U(0, 1)$

$Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$

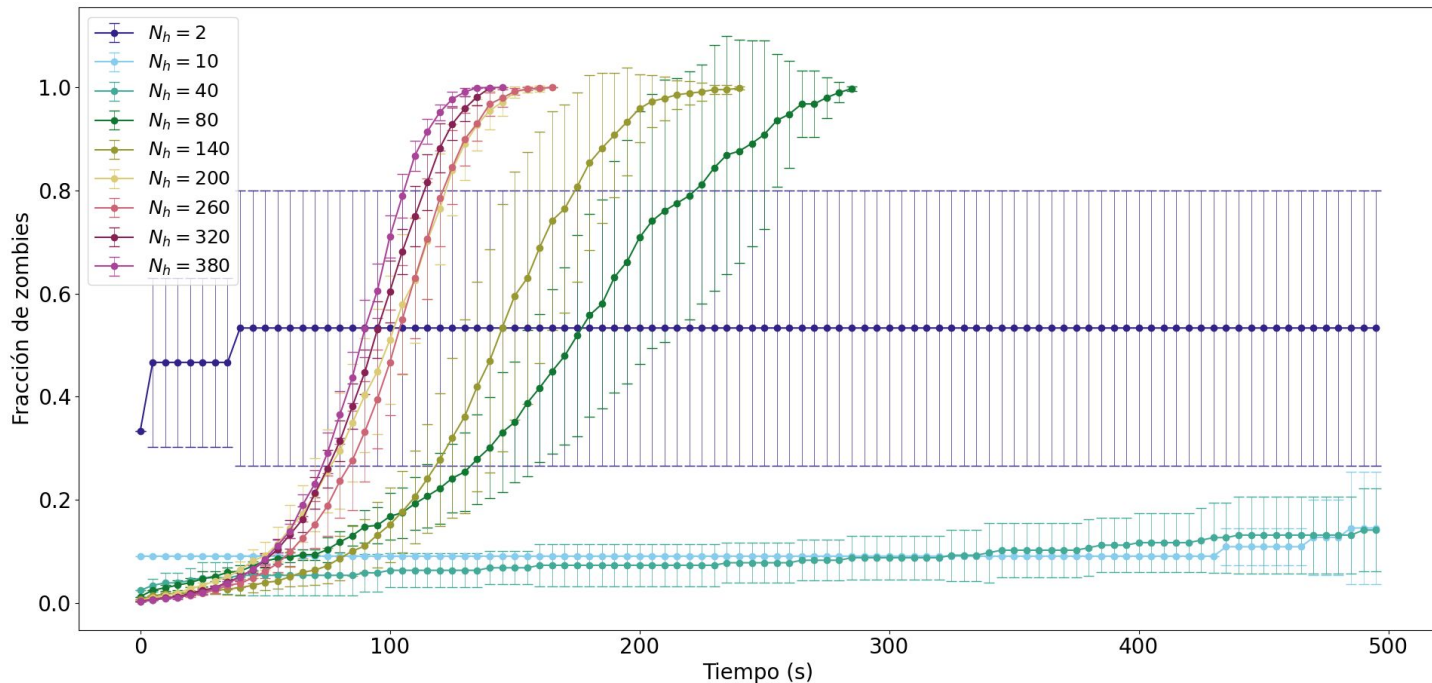
$Bp_{humanos} \sim U(0, 1)$

$Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$

$Bp_{paredes} \sim U(0, 1)$

Resultados

Estudio 1.2: Fracción de zombies en función del tiempo variando N_h



Parámetros

$$dt = 0.0125 \text{ s}$$

$$dt2 = 5 \text{ s}$$

$$R_{min} = 0.1 \text{ m}$$

$$R_{max} = 0.37 \text{ m}$$

$$|v|_{dh}^{max} = 4 \text{ m/s}$$

$$|v|_{dz}^{max} = 3 \text{ m/s}$$

$$|v|_z^{inactivo} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$R_{recinto} = 11 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ humanos}} = 4 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ zombies}} = 4 \text{ m}$$

$$\beta = 0.9$$

$$\tau = 0.5 \text{ s}$$

$$Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$$

$$Bp_{zombies} \sim U(0,1)$$

$$Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$$

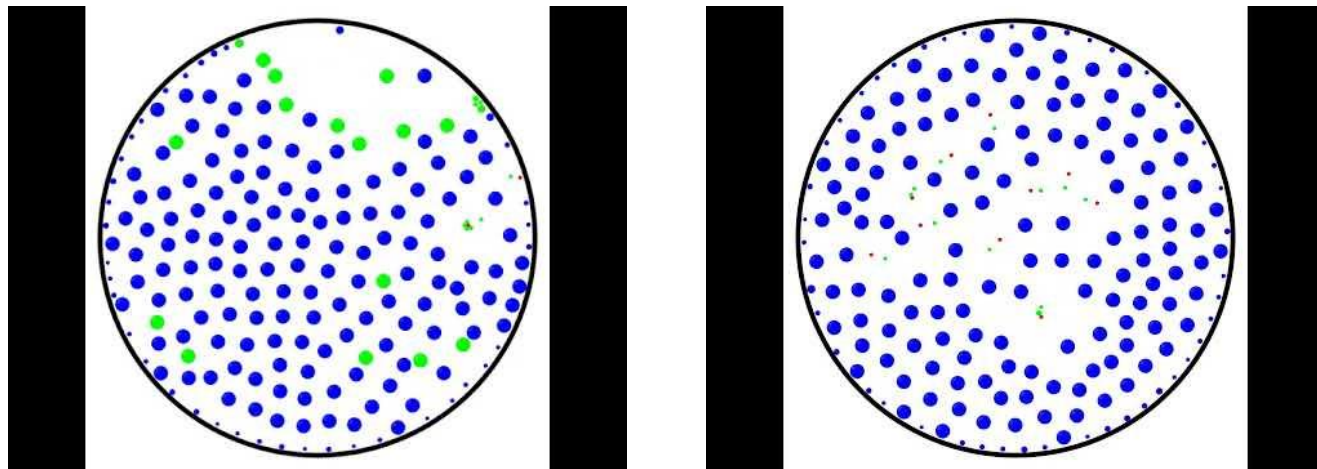
$$Bp_{humanos} \sim U(0,1)$$

$$Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$$

$$Bp_{paredes} \sim U(0,1)$$

Resultados

Estudio 2: Evolución del sistema variando V_{dz}



<https://www.youtube.com/watch?v=IrGl1CPeYNs>

$$V_{dz} = 1$$

https://www.youtube.com/watch?v=LpiYknW_Ywo

$$V_{dz} = 5$$

Parámetros

$$|v|_{dz}^{max} \in \{1; 1.5; 2; 2.5; 3; 3.5; 4; 4.5, 5\} \text{ m/s}$$

$$N_h = 200$$

$$dt = 0.0125 \text{ s}$$

$$dt2 = 0.1 \text{ s}$$

$$R_{min} = 0.1 \text{ m}$$

$$R_{max} = 0.37 \text{ m}$$

$$|v|_{dh}^{max} = 4 \text{ m/s}$$

$$|v|_{dz}^{max} = 3 \text{ m/s}$$

$$|v|_z^{inactivo} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$R_{recinto} = 11 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ humanos}} = 4 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ zombies}} = 4 \text{ m}$$

$$\beta = 0.9$$

$$\tau = 0.5 \text{ s}$$

$$Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$$

$$Bp_{zombies} \sim U(0,1)$$

$$Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$$

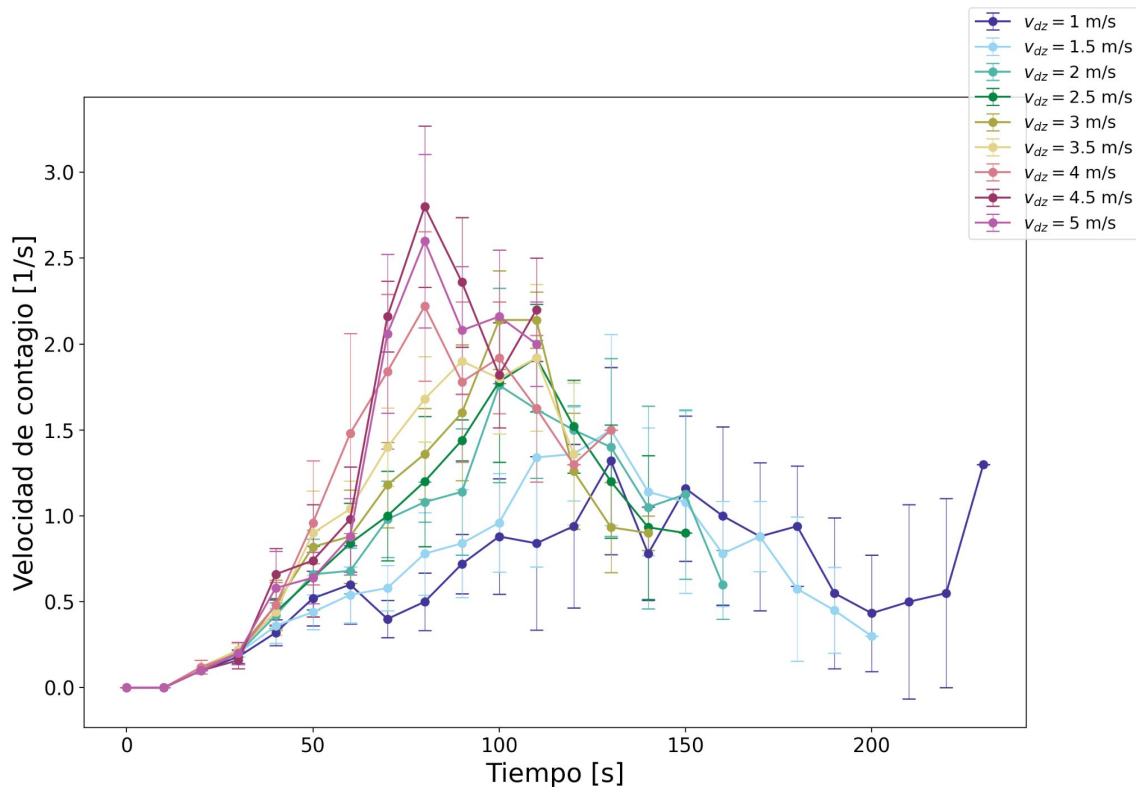
$$Bp_{humanos} \sim U(0,1)$$

$$Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$$

$$Bp_{paredes} \sim U(0,1)$$

Resultados

Estudio 2.1: Velocidad de contagio en función del tiempo variando v_{dz}



Parámetros

$$N_h = 200$$

$$dt = 0.0125 \text{ s}$$

$$dt2 = 10 \text{ s}$$

$$R_{min} = 0.1 \text{ m}$$

$$R_{max} = 0.37 \text{ m}$$

$$|v|_{dh}^{max} = 4 \text{ m/s}$$

$$|v|_z^{inactivo} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$R_{recinto} = 11 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ humanos}} = 4 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ zombies}} = 4 \text{ m}$$

$$\beta = 0.9$$

$$\tau = 0.5 \text{ s}$$

$$Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$$

$$Bp_{zombies} \sim U(0,1)$$

$$Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$$

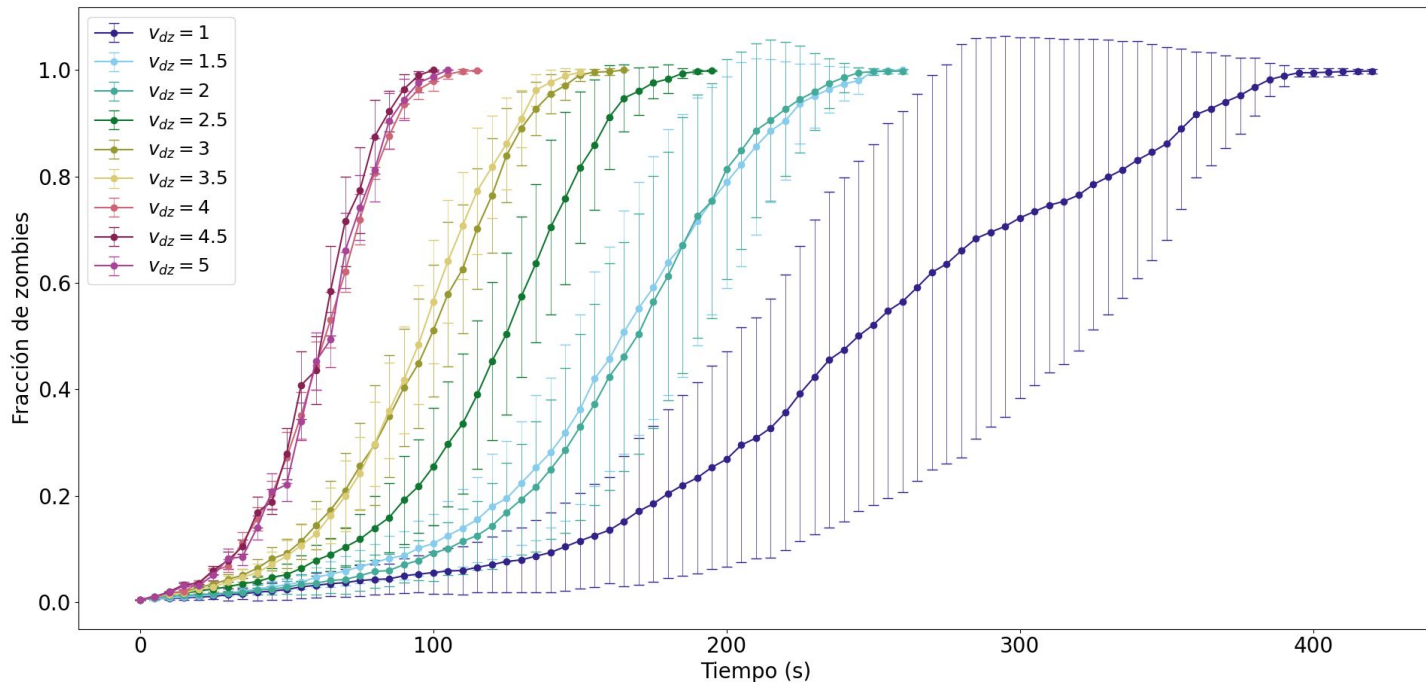
$$Bp_{humanos} \sim U(0,1)$$

$$Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$$

$$Bp_{paredes} \sim U(0,1)$$

Resultados

Estudio 2.2: Fracción de zombies en función del tiempo variando v_{dz}



Parámetros

$$N_h = 200$$

$$dt = 0.0125 \text{ s}$$

$$dt_2 = 5 \text{ s}$$

$$R_{min} = 0.1 \text{ m}$$

$$R_{max} = 0.37 \text{ m}$$

$$|v|_{dh}^{max} = 4 \text{ m/s}$$

$$|v|_z^{inactivo} = 0.3 \text{ m/s}$$

$$R_{recinto} = 11 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ humanos}} = 4 \text{ m}$$

$$R_{visibilidad \text{ zombies}} = 4 \text{ m}$$

$$\beta = 0.9$$

$$\tau = 0.5 \text{ s}$$

$$Ap_{zombies} \sim U(1000, 3000)$$

$$Bp_{zombies} \sim U(0, 1)$$

$$Ap_{humanos} \sim U(500, 1000)$$

$$Bp_{humanos} \sim U(0, 1)$$

$$Ap_{paredes} \sim U(100, 1500)$$

$$Bp_{paredes} \sim U(0, 1)$$

Conclusiones

Conclusiones

- Variar los coeficientes **A_p** y **B_p** por humano **evita la formación de patrones** de desplazamiento en común entre los mismos.
- **No conviene amontonarse** ante una epidemia zombie.
- La **velocidad** de contagio **es mayor** a medida que **aumenta** la cantidad inicial de **humanos**.
- La **máxima velocidad de contagio** se **incrementa** a medida que se **aumenta la velocidad deseada**, pero llega un punto que comienza a **decrecer**.
- A medida que la **velocidad deseada** de los **zombies** se **incrementa**, **más rápido** se llega a que la **fracción de zombies** se convierta en **1**, pero llega a un punto donde comienza a **decrecer**.
- Una **alta cantidad inicial de humanos** hace **converger** la **fracción de zombies a 1** de manera más **rápida**.

Gracias por su atención