

# **Autómata Off-Lattice**

## **Simulación de Sistemas - TP2**

Grupo 5: Carro Wetzel Andrés, 61655 - François Gastón Ariel, 62500



# Introducción

---

# Introducción

Ejemplo de agentes autopropulsados - Off Lattice

Se intentará simular y analizar los comportamientos de estos sistemas



[https://www.youtube.com/watch?v=qbXzYBlh1Ho&t=1s&ab\\_channel=DisqueteMagazine](https://www.youtube.com/watch?v=qbXzYBlh1Ho&t=1s&ab_channel=DisqueteMagazine)

# Introducción

## Autómata Off-Lattice

- Cada agente posee velocidad y ángulo propio.
- Cada agente modifica su dirección según las partículas en un radio de interacción.
- Se considera a las partículas como puntuales.
- Inicialmente el sistema comienza con valores aleatorios de direcciones y posiciones.
- El sistema cuenta con condiciones periódicas de contorno.
- Actualización simultanea de estados.

# Introducción

## Autómata Off-Lattice

Ecuaciones que modelan el sistema físico

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + v_i(t) * \Delta t$$

Movimiento de las partículas

$$\theta(t + 1) = <\theta(t)>_r + \Delta\theta$$

Dirección de las partículas

# Implementación

---

# Implementación

## Diagrama UML



# Implementación

## Algoritmo de simulación en pseudocódigo

- Se crea una grilla y lista inicial
- Para cada instante de tiempo  $t$ 
  - Se calculan los vecinos mediante CIM
  - Se crea una nueva grilla y lista de partículas
  - Para cada partícula  $p$  en la grilla actual
    - Se genera una nueva partícula con los valores del próximo frame  $t+1$
    - Se inserta la partícula en la grilla y lista nueva
  - La grilla y lista actual la reemplazo por la grilla y lista nueva

# Simulaciones

---

# Simulaciones

## Parámetros del sistema

### Parámetros fijos

- Radio de interacción (R): 1[m]
- Velocidad (V): 0.03[m/s]
- Condiciones periódicas de borde

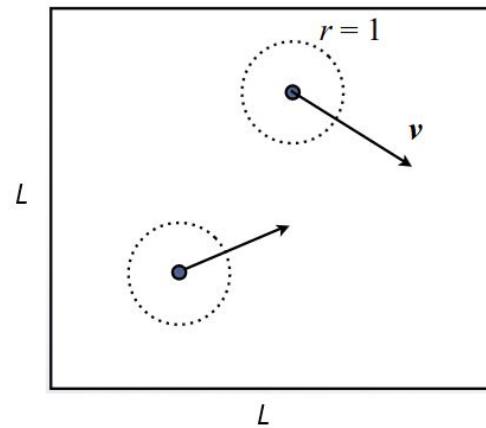
### Parámetros variables

- Largo (L): [5, 20][m]
- Cantidad de partículas (N): [300, 4000]
- Ruido ( $\eta$ ): [0, 5][rad]
- Cantidad de iteraciones (T): [1000, 5000][S]

# Simulaciones

Esquema del sistema

Esquema simplificado con las variables de simulación



# Simulaciones

## Polarización

Se determina manualmente el comienzo del régimen estacionario y partir de allí se promedian los valores y se calcula el desvío estándar. Se realiza una sola simulación hasta un  $t = 4000[\text{s}]$

$$V_a = \left| \sum_{i=1}^N V_i \right| * \frac{1}{Nv}$$

# Simulaciones

## Visitas PBC

Se disponen cuatro zonas las cuales registran el tiempo para el cual un porcentaje de partículas atravesó la zona. Estos tiempos se promedian y se calcula el desvío estándar. Se realiza una sola simulación hasta una  $t = 4000[\text{s}]$

$$t_{\text{prom}} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 t_i$$

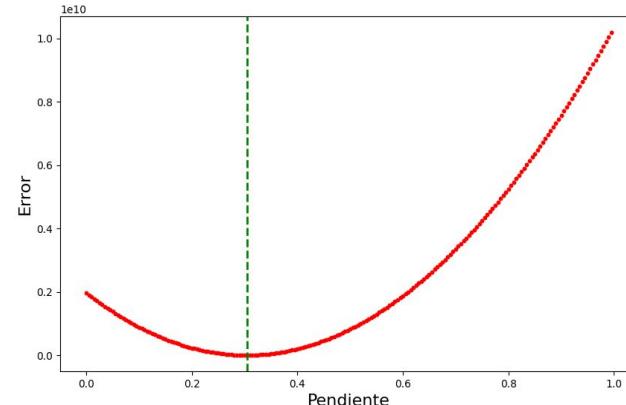
# Simulaciones

## Visitas OBC

Cada una de las cuatro zonas cuentan el número de partículas internas en función del tiempo. Con estos datos se arma una curva promedio y sobre ella un ajuste lineal. Se realiza una sola simulación hasta  $t=4000[\text{s}]$ .

$$E(c) = \sum(y_i - f(x_i, c))^2$$

Formula de error de ajuste



# Simulaciones

Las distintas simulaciones son:

- Polarización en función del ruido.
- Polarización en función de la densidad, con  $L$  fijo.
- Tiempo en alcanzar un porcentaje de visitas PBC en función del ruido.
- Pendiente de visitas OBC en el tiempo en función del ruido.

# Resultados

---

# Resultados

Variación del ruido con densidad fija

Cambios en el sistema frente a cambios en el ruido



$\eta = 0$



$\eta = 2$



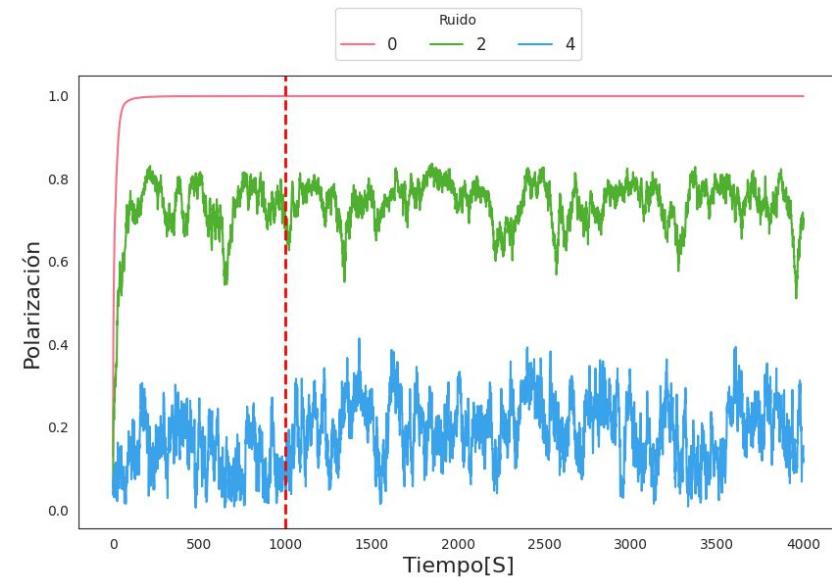
$\eta = 4$

# Resultados

## Análisis estacionario de la polarización

Se determina manualmente el comienzo del régimen estacionario.

$$\begin{aligned}
 N &= 400 \\
 L &= 10[m] \\
 R &= 1[m] \\
 V &= 0.03[m/s]
 \end{aligned}$$



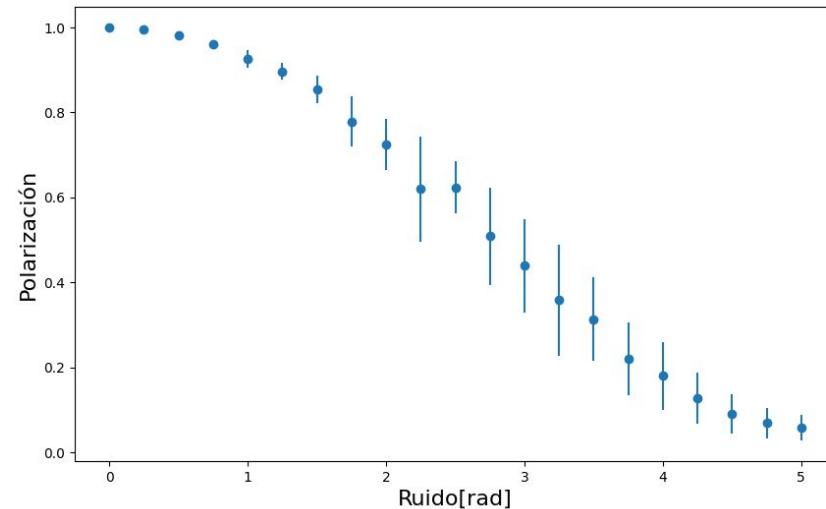
## Polarización vs Ruido

# Resultados

## Polarización en función del ruido

Con cada valor de polarización calculado se generó el gráfico de polarización requerido.

**N = 400**  
**L = 10[m]**  
**R = 1[m]**  
**V = 0.03[m/s]**

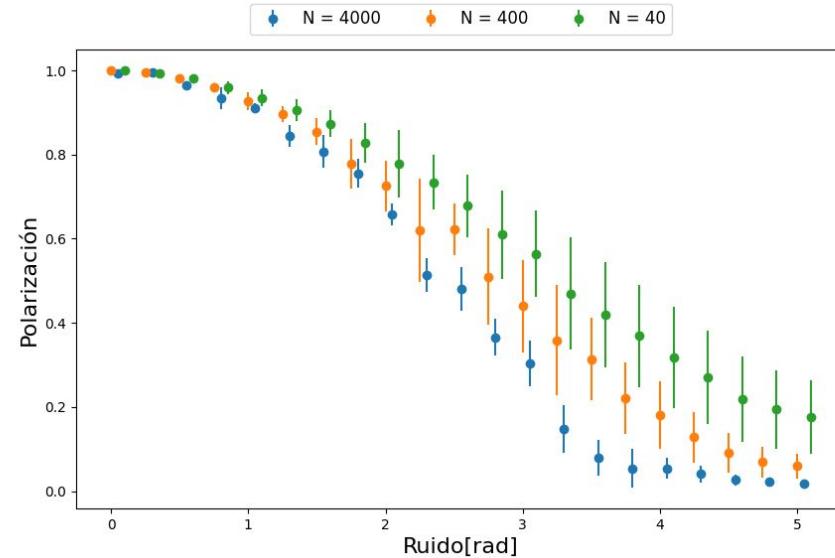


# Resultados

## Polarización en función del ruido

Se observa el comportamiento frente a diferente número de partículas

$$\rho = 4[\text{Partículas/m}^2]$$
$$R = 1[\text{m}]$$
$$V = 0.03[\text{m/s}]$$



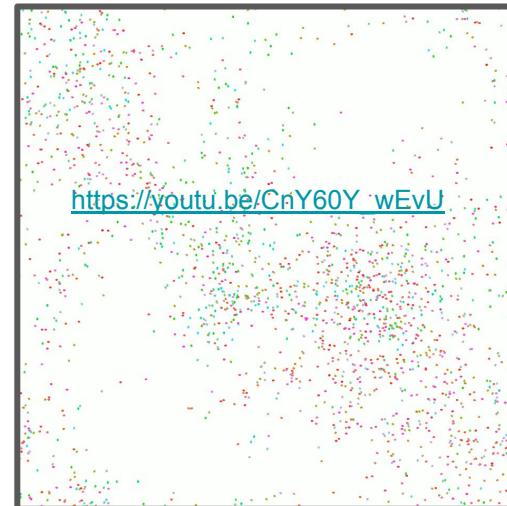
# Resultados

Variación de la densidad con L fijo

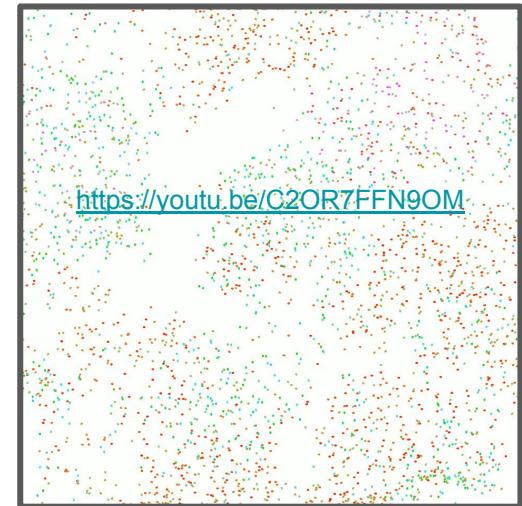
Cambios en el sistema frente a cambios en la densidad



$$\rho = 1$$



$$\rho = 5$$



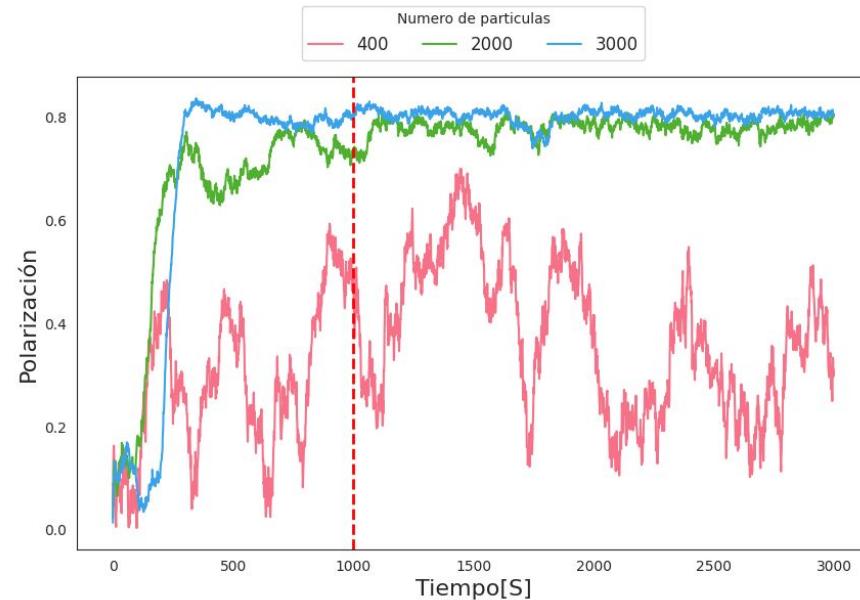
$$\rho = 7.5$$

# Resultados

## Análisis estacionario de la polarización

Se determina manualmente el comienzo del régimen estacionario.

$$\begin{aligned}\eta &= 2.0 \\ L &= 20[m] \\ R &= 1[m] \\ V &= 0.03[m/s]\end{aligned}$$



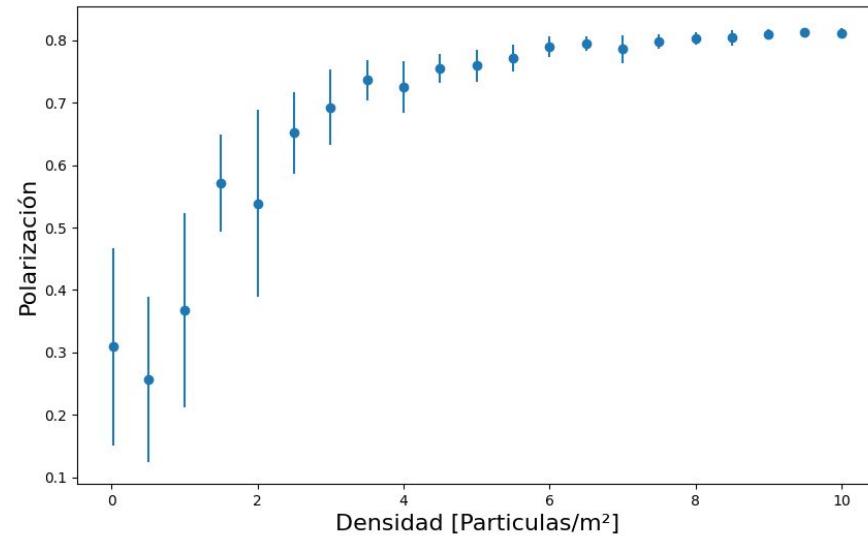
## Polarización vs Densidad

# Resultados

## Polarización en función de la densidad

Con cada valor de polarización calculado se generó el gráfico de observable

$$\begin{aligned}\eta &= 2.0 \\ L &= 20[m] \\ R &= 1[m] \\ V &= 0.03[m/s]\end{aligned}$$



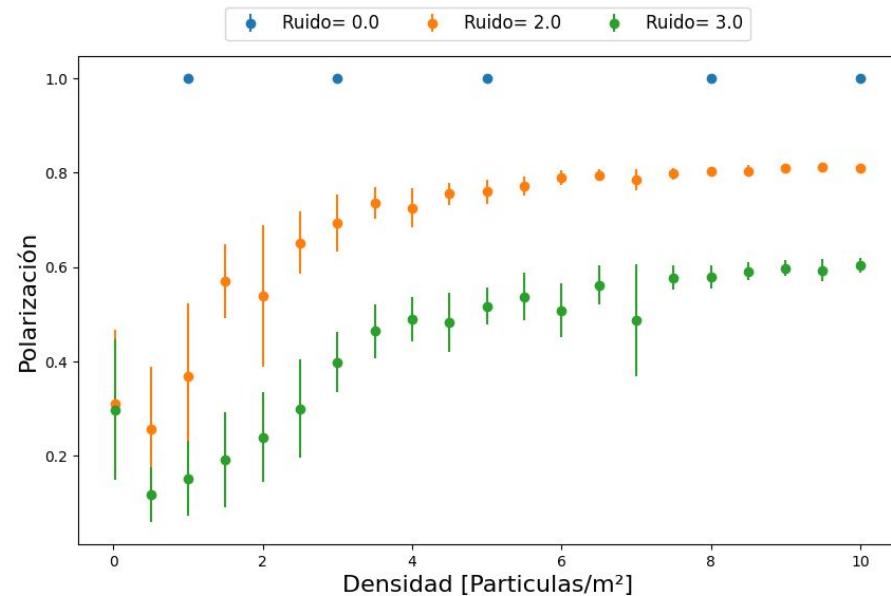
## Polarización vs Densidad

# Resultados

Polarización en función de la densidad

Se observa el comportamiento frente a diferente ruido

$$\begin{aligned} L &= 20[m] \\ R &= 1[m] \\ V &= 0.03[m/s] \end{aligned}$$

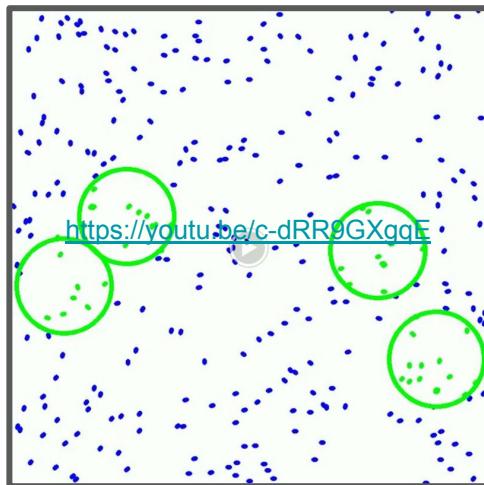


## Partículas por zona vs Ruido (PBC)

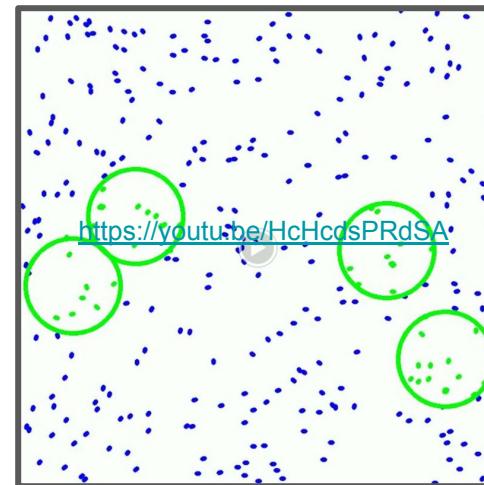
# Resultados

## Comportamiento de zonas PBC

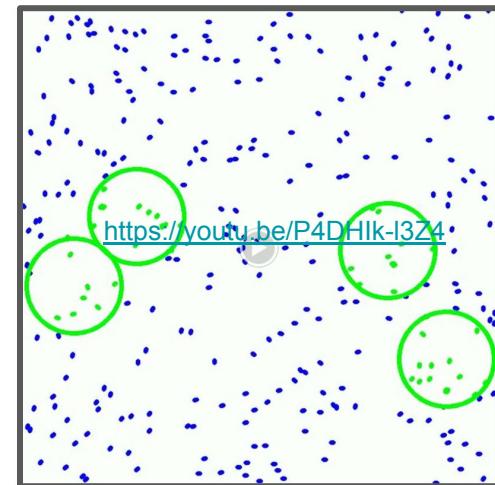
Cambios en partículas por zonas frente a 3 ruidos diferentes



$$\eta = 0$$



$$\eta = 2$$



$$\eta = 4$$

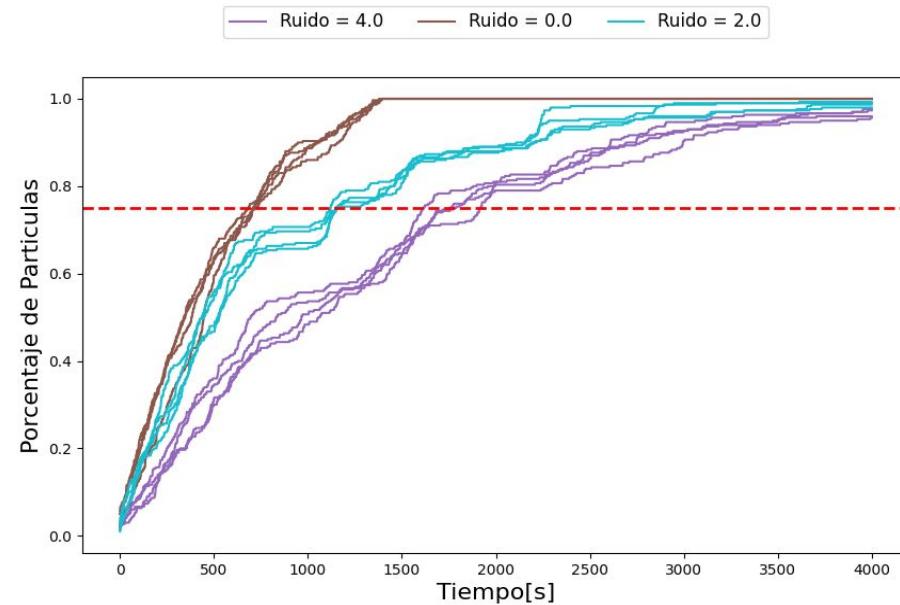
## Partículas por zona vs Ruido (PBC)

# Resultados

## Evolución temporal del porcentaje de partículas en PBC

Se determinó manualmente un porcentaje de análisis y se realizó el tratamiento previamente mencionado.

**N = 300**  
**L = 5[m]**  
**R = 1[m]**  
**V = 0.03[m/s]**  
**R<sub>zonas</sub> = 0.5[m]**



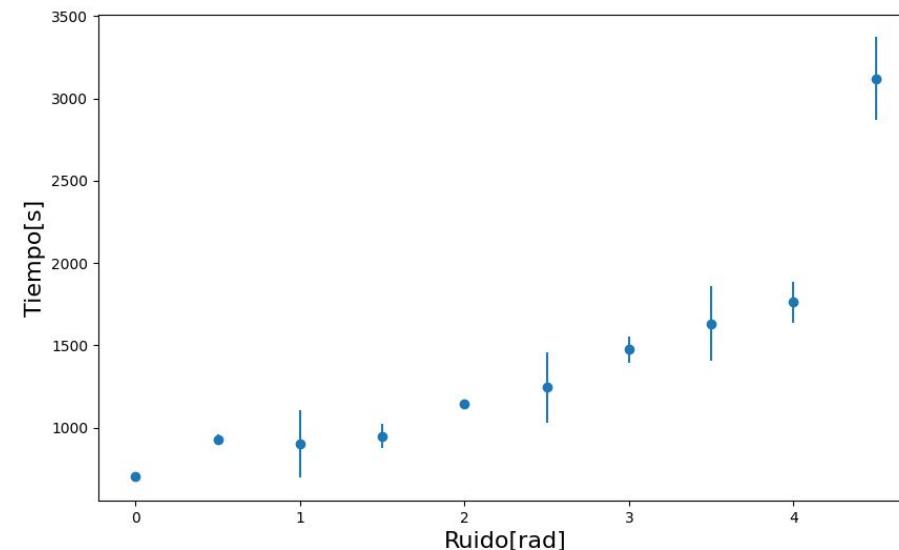
## Partículas por zona vs Ruido (PBC)

# Resultados

Tiempo en alcanzar un porcentaje en función del ruido

Con cada valor de tiempo para cada ruido se generó el gráfico de observable

$$\begin{aligned}N &= 300 \\L &= 5[m] \\R &= 1[m] \\V &= 0.03[m/s] \\R_{zonas} &= 0.5[m]\end{aligned}$$



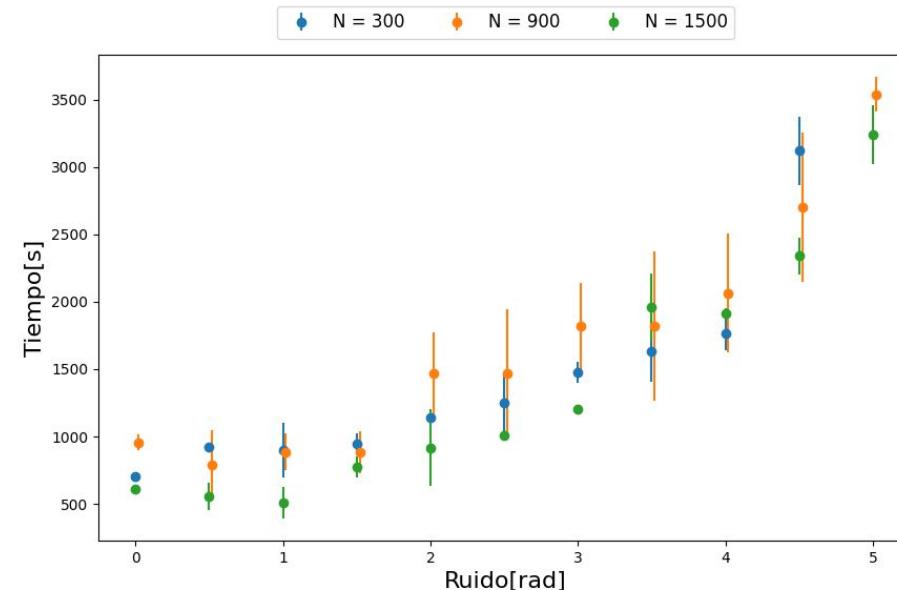
## Partículas por zona vs Ruido (PBC)

# Resultados

Tiempo en alcanzar un porcentaje en función del ruido

Se observa como varía el comportamiento para diferentes número de partículas

$$\begin{aligned}L &= 5[\text{m}] \\R &= 1[\text{m}] \\V &= 0.03[\text{m/s}] \\R_{\text{zonas}} &= 0.5[\text{m}]\end{aligned}$$

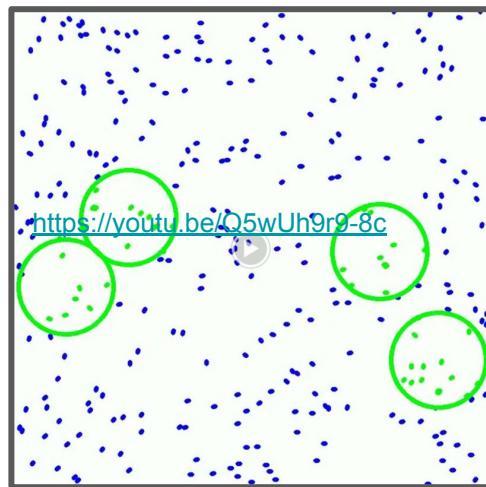


## Partículas por zona vs Ruido (OBC)

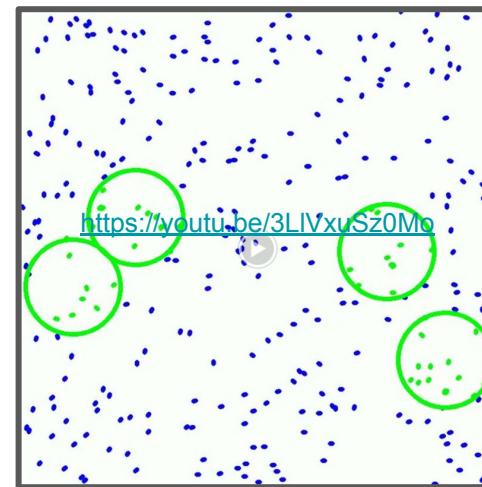
# Resultados

## Comportamiento de zonas OBC

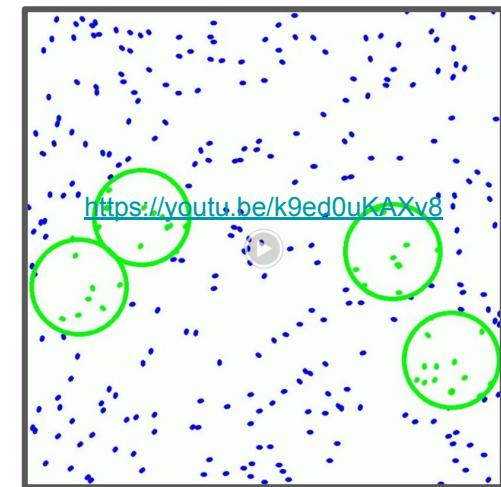
Cambios en partículas por zonas frente a 3 ruidos diferentes



$$\eta = 0$$



$$\eta = 2$$



$$\eta = 4$$

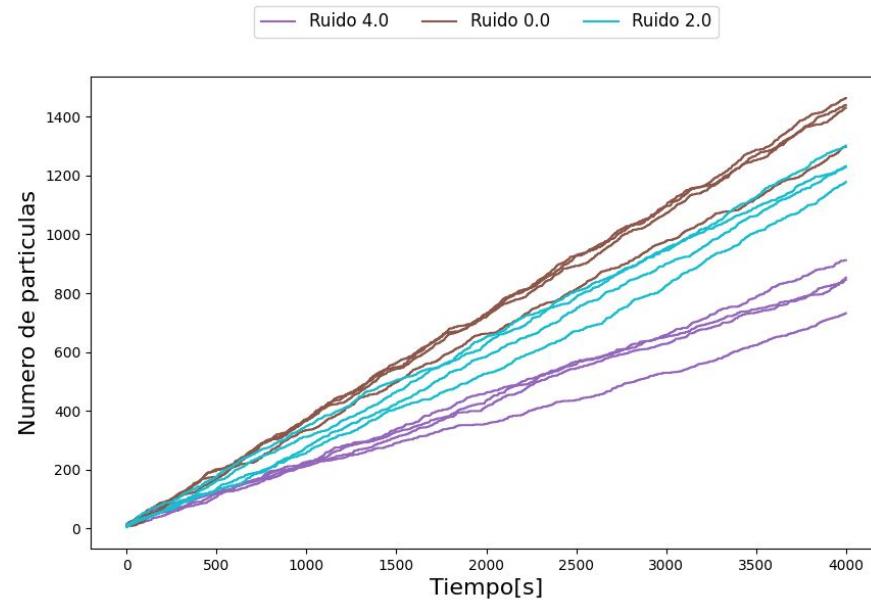
## Partículas por zona vs Ruido (OBC)

# Resultados

## Evolución en el número de visitas en OBC

Se determinó que todo el rango de valores resulta con pendiente estacionaria.

**N = 300**  
**L = 5[m]**  
**R = 1[m]**  
**V = 0.03[m/s]**  
**R<sub>zonas</sub> = 0.5[m]**



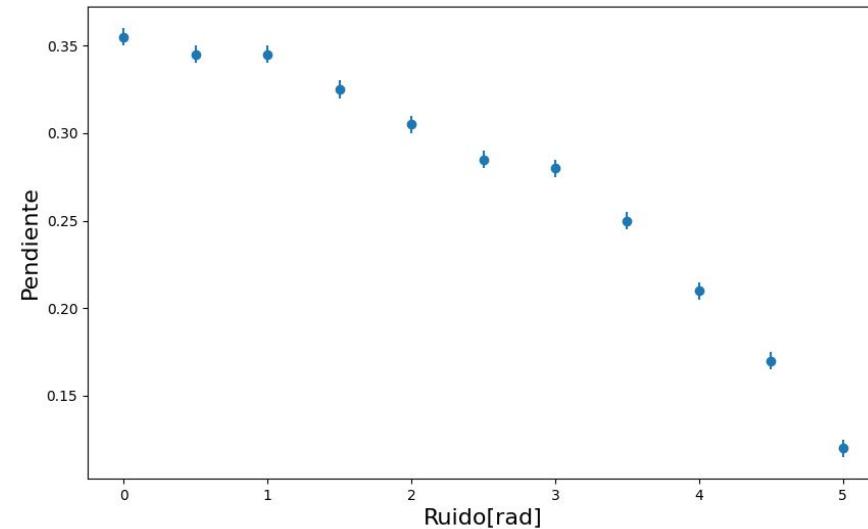
## Partículas por zona vs Ruido (OBC)

# Resultados

## Pendiente en función del ruido en OBC

Con los datos anteriores y el análisis de ajuste, se realiza el gráfico del observable

**N = 300**  
**L = 5[m]**  
**R = 1[m]**  
**V = 0.03[m/s]**  
**R<sub>zonas</sub> = 0.5[m]**



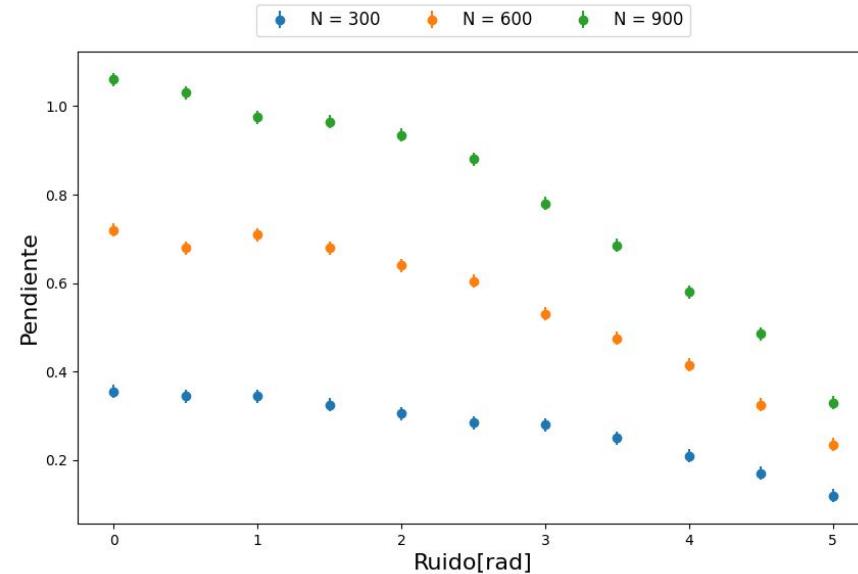
## Partículas por zona vs Ruido (OBC)

# Resultados

Pendiente en función del ruido en OBC

Como adicional, se agrega el análisis para diferente número de partículas

$$\begin{aligned}L &= 5[m] \\R &= 1[m] \\V &= 0.03[m/s] \\R_{zonas} &= 0.5[m]\end{aligned}$$



# Conclusiones

---

# Conclusiones

- Un aumento en el ruido provoca una caída en los valores de polarización, tales efectos se ven amplificados cuando aumenta el número de partículas.
- Un aumento en la densidad provoca un aumento en los valores de polarización hasta un valor estacionario. A mayores valores de ruido el valor de asymptota decrece.
- Bajo condiciones PBC, el tiempo en alcanzar el 75% responde a un crecimiento no lineal frente al ruido, al variar el número de partículas el comportamiento es similar.
- Bajo condiciones OBC, la tasa de partículas por segundo cae frente al aumento del ruido, esta caída se ve acrecentada al aumentar el número de partículas