



Simulación de Sistemas

**Clase Teórica 6:
Simulación de Multitudes I**



Dinámica Peatonal

Regímenes

- Condiciones Normales o Cooperativas.

Un dia normal en la calle

- Condiciones Competitivas o de Stress.

Por ejemplo en una emergencia o black friday



Dinámica Peatonal

- Condiciones
Competitivas o de Stress.



Dinámica Peatonal

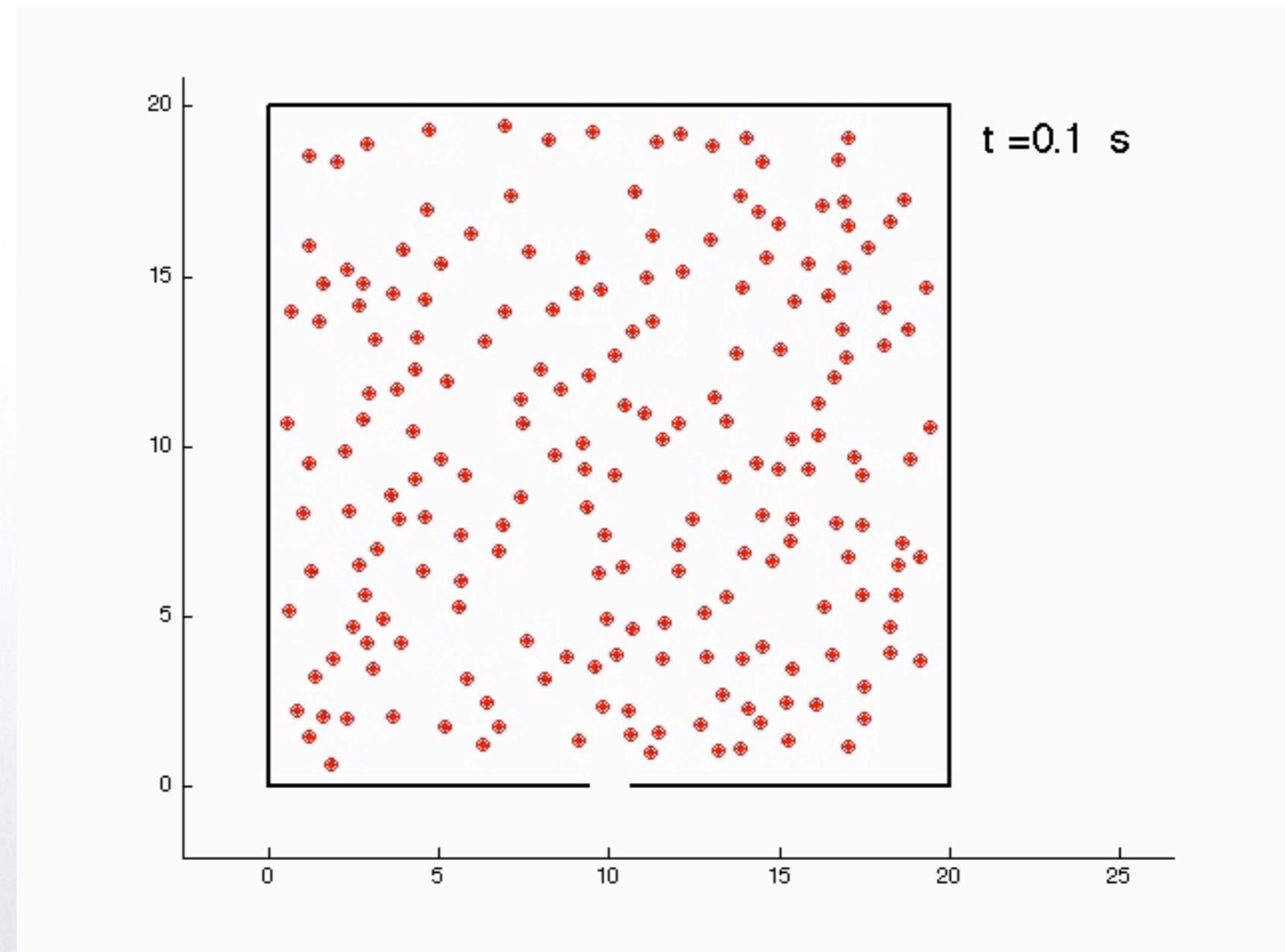
Evacuación de un recinto

Simulaciones
Microscópicas

(cuando se propuso: sin
validación experimental)

En la simulación se puede ver
que por momentos se causan
atacos

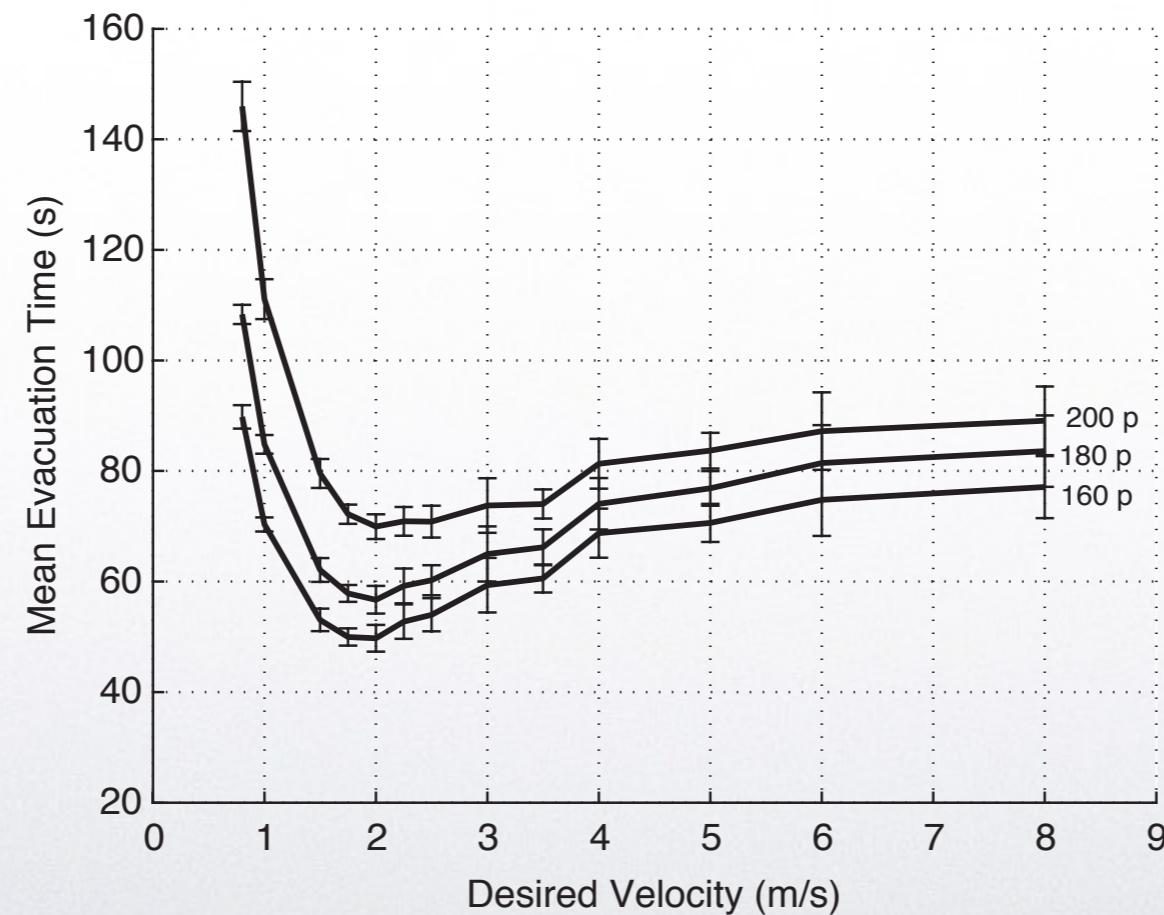
- Condiciones
Competitivas o de Stress.

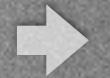




Dinámica Peatonal

El SFM predice cualitativamente el efecto
“Faster is Slower” (FIS)





Dinámica Peatonal

- Condiciones
Competitivas o de Stress.

Experimentos para
investigar sistemas
similares



Dinámica Peatonal

- Condiciones
Competitivas o de Stress.

Sistemas Similares

MATERIAL GRANULAR

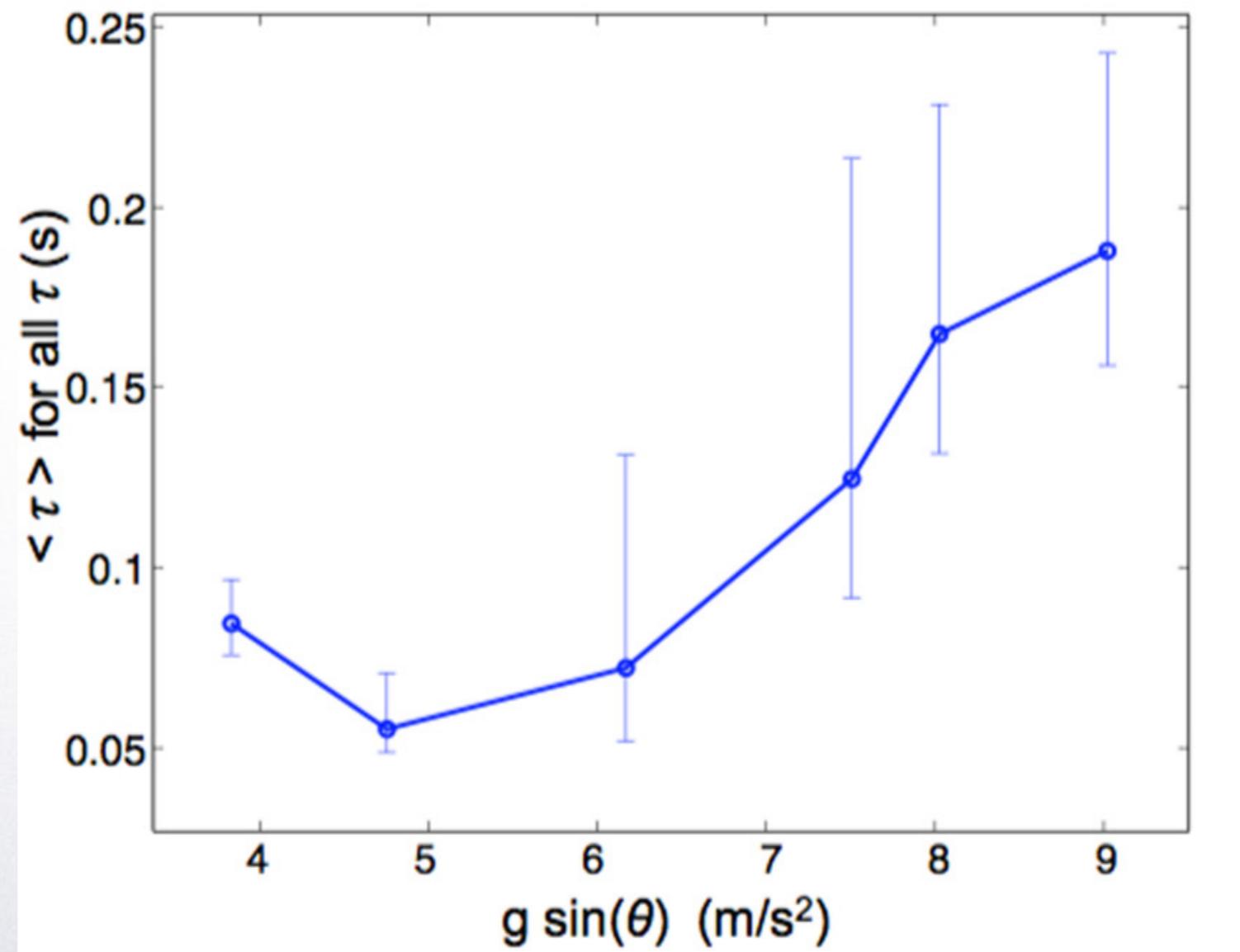
Silo 2D sobre plano inclinado

Pelotitas de vidrio en un plano inclinado. Se puede ver que, en un punto, mientras mas inclinacion mas lento salen las partículas





FIS en Flujos Granulares



Cuanto mas aumenta el angulo, al principio mejora pero despues el tiempo de evacuacion empeora.
Se produce el efecto faster is slower.



Dinámica Peatonal

- Condiciones
Competitivas o de Stress.

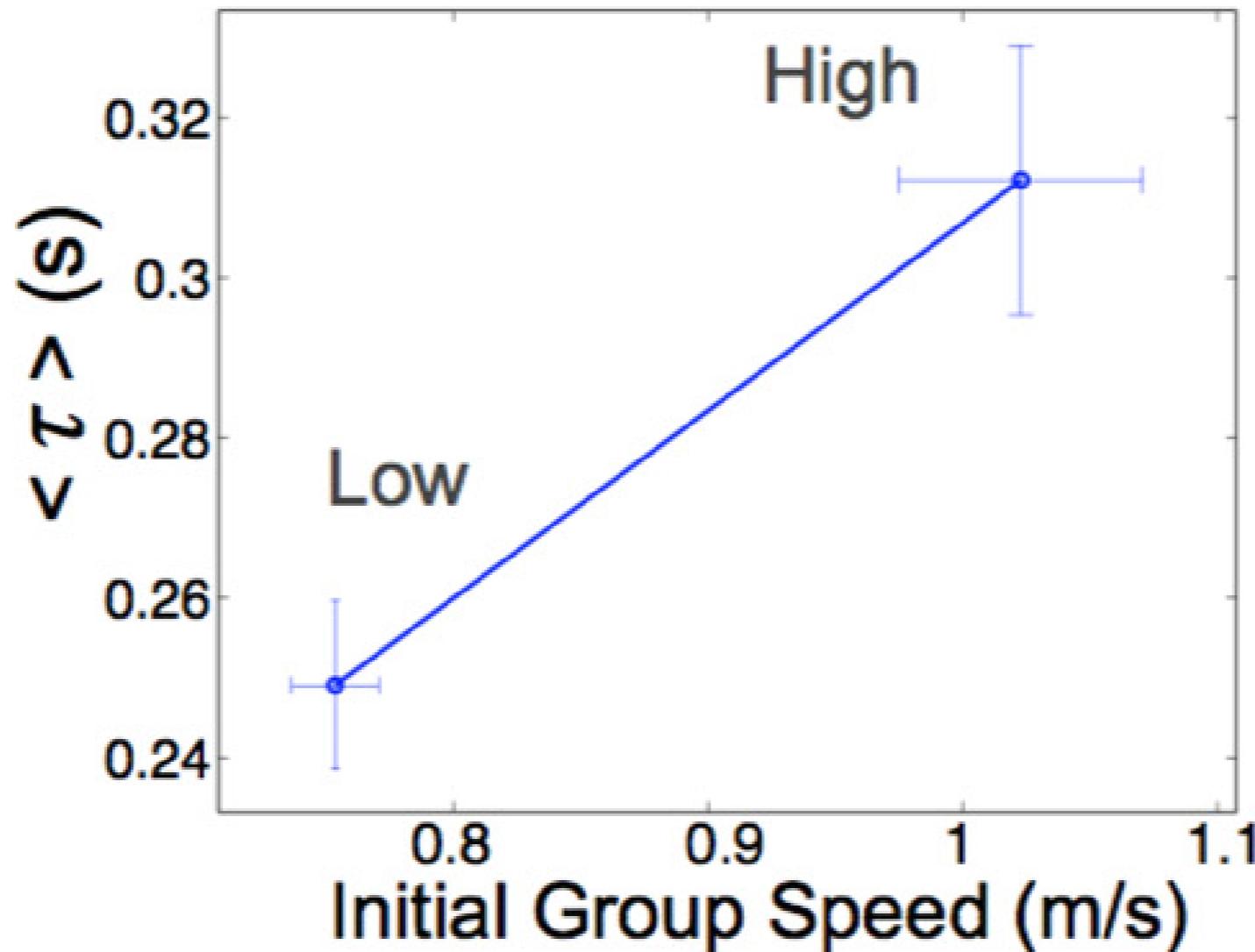
Sistemas Similares

OVEJAS apuradas !!

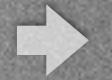




FIS en Ovejas



Se observo que durante el invierno (que hace frio) las ovejas estan mas apuradas (tienen mayor velocidad inicial para acercarse a la puerta). Se vio que cuando las ovejas estan mas apuradas, tardan mas en entrar.



Dinámica Peatonal

Experimentos para
investigar sistemas
similares

- Condiciones
Competitivas o de Stress.

HUMANOS !



LOW COMPETITIVENESS



HIGH COMPETITIVENESS

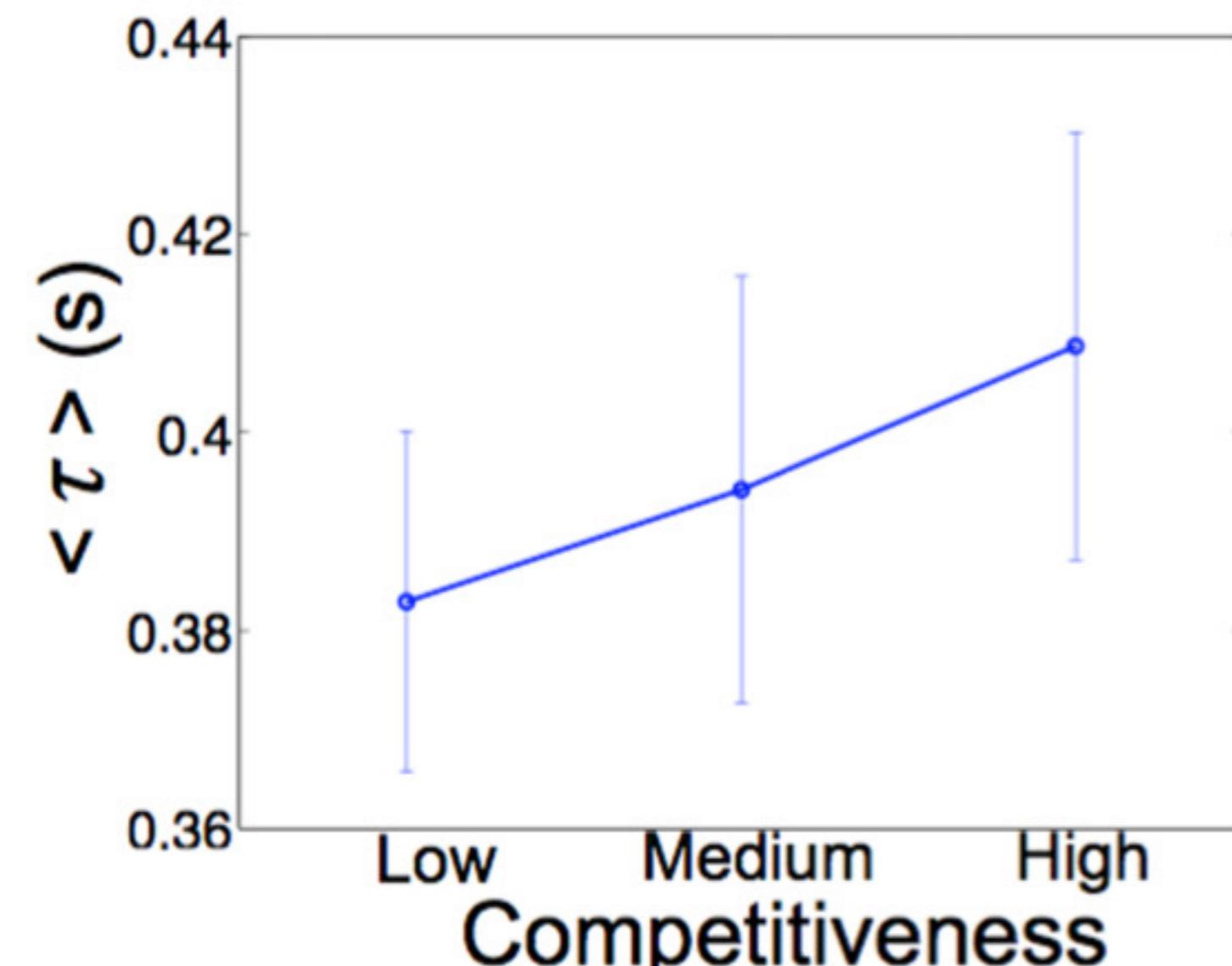


Universidad
de Navarra





Dinámica Peatonal





Dinámica Peatonal

Regímenes

- Condiciones Normales
o Cooperativas.

- Condiciones
Competitivas o de Stress.



Dinámica Peatonal

- Condiciones Normales
o Cooperativas.



Dinámica Peatonal

- Condiciones Normales
o Cooperativas.

Experimentos para
investigar sistemas

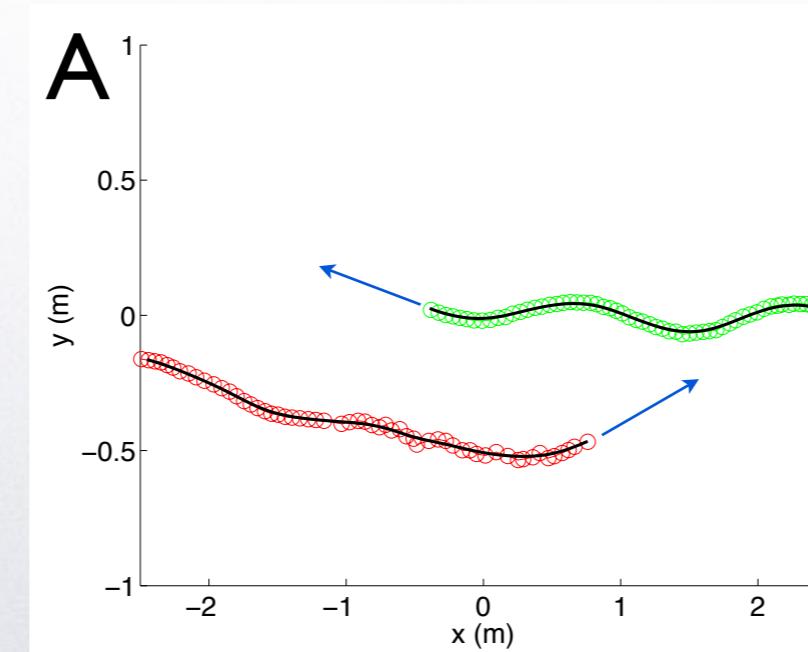
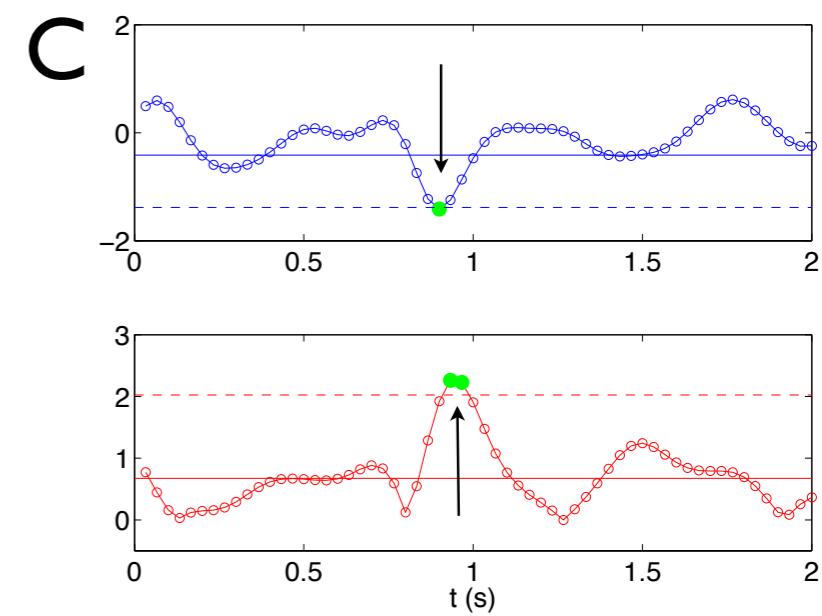
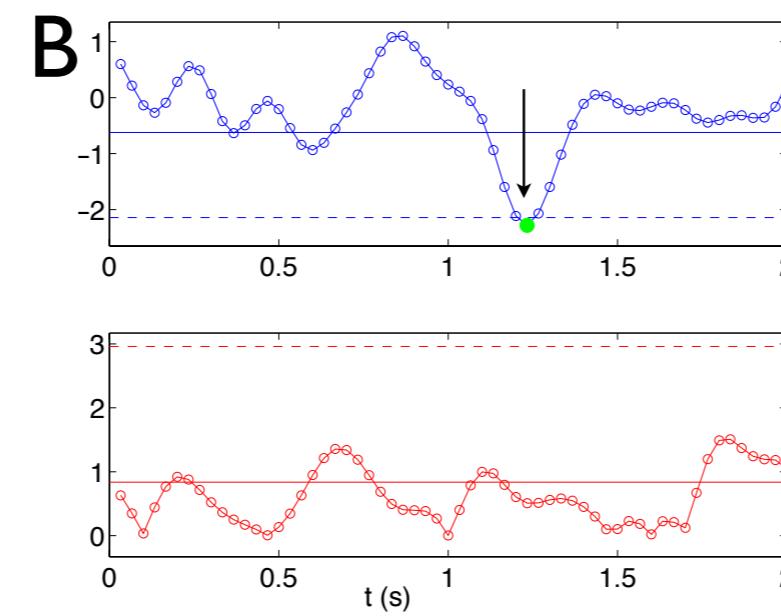
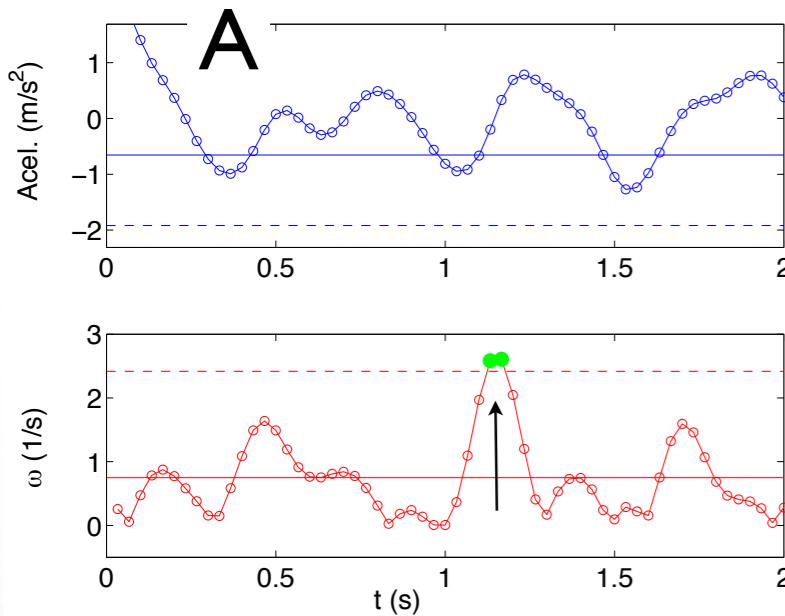
Mecanismos de
Navegación





Dinámica Peatonal

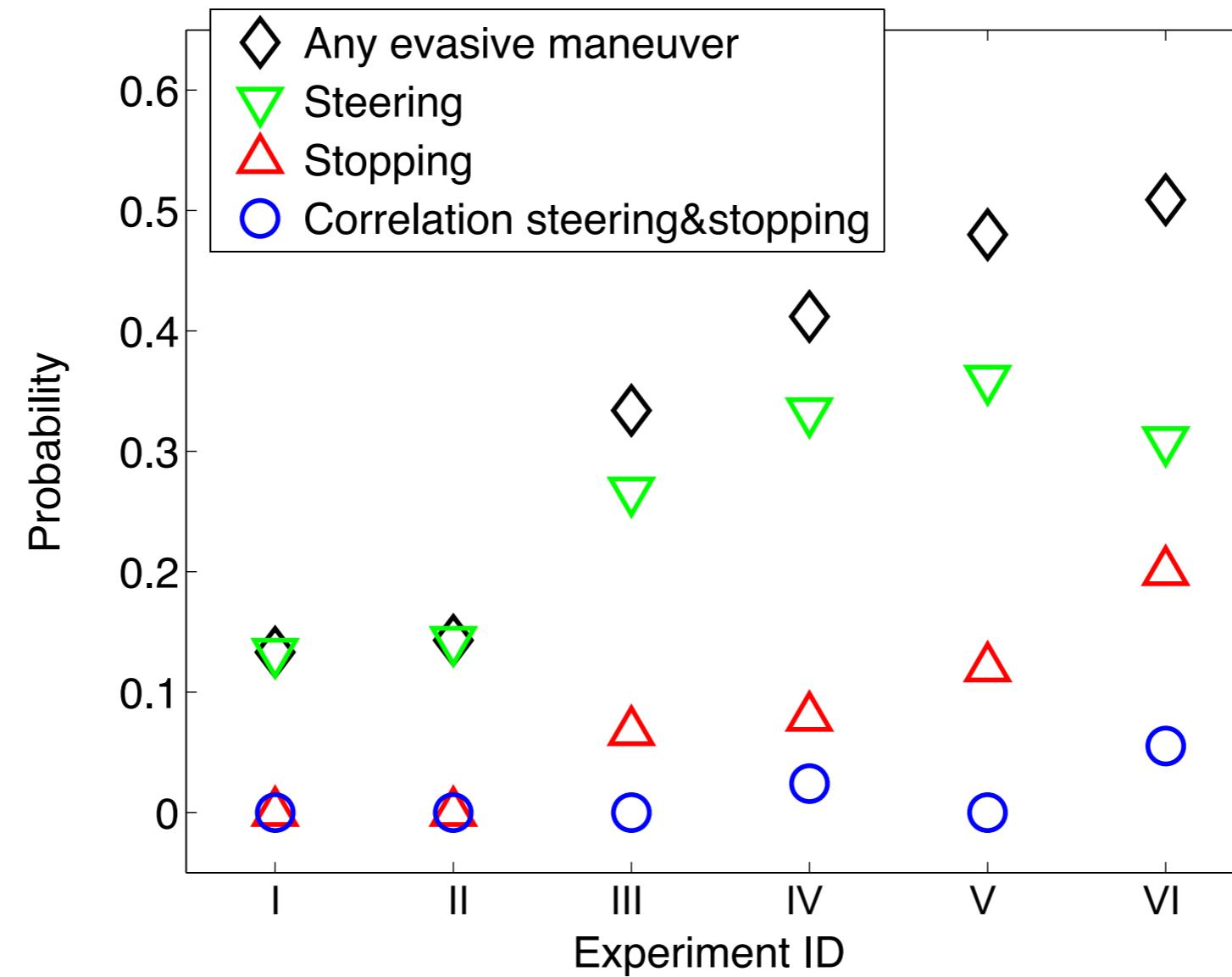
- Condiciones Normales
o Cooperativas.





Dinámica Peatonal

- Condiciones Normales o Cooperativas.



La idea es que parar es algo de ultimo recurso. Antes de eso se prefiere moverse a otro lado.



Dinámica Peatonal

Principales Observables en Dinámica Peatonal

Diagrama Fundamental : Densidad versus velocidad

A medida que el sistema es mas denso, hay que reducir la velocidad para no chocarse

Caudal Específico = Peatones / (tiempo * ancho puerta)

Cantidad de personas que salen por unidad de tiempo y por el ancho de la salida

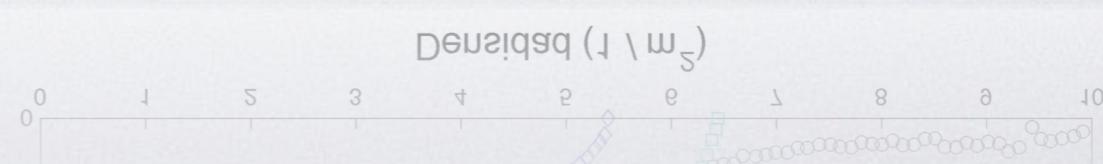
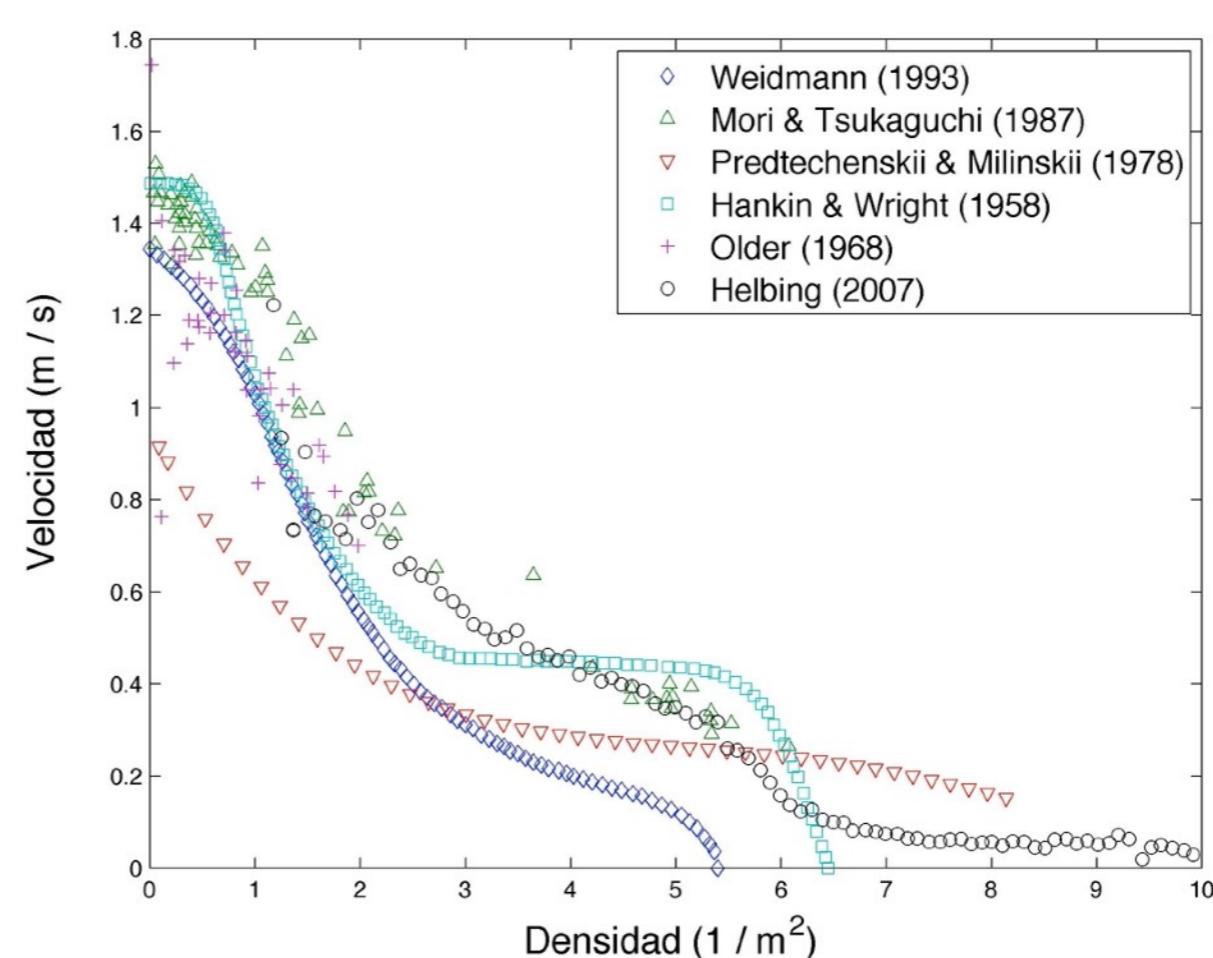


Dinámica Peatonal

A medida que aumenta la densidad, hay que ir bajando la velocidad

Observable 1

Diagrama Fundamental





Dinámica Peatonal

Observable 2

Caudal Específico

persona por metro por segundo

- Regulaciones adoptan un caudal específico 1.33 p/m/s
- Datos Experimentales: 1.25 a 2.0 p/m/s
- Para condiciones normales se asume caudal de salida proporcional al ancho de salida.



Dinámica Peatonal

Caudal Específico

CAUDAL ESPECÍFICO (pers./m/s)	FUENTE
1,33	Department of The Environment and The Welsh Office, The Building Regulations-Approved Document B -Section B1,1992. HMSO, London, 1991, pp. 9 – 40.
1,37	J. Fruin, Pedestrian Planning and Design. The Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, New York, 1971.
1,82	The Green Guide "Guide to Safety at Sports Grounds". HSMO, London, 1991.
1.48 – 1.92	B. D. Hankin and R. A. Wrigth, Passenger flow in subways, Operational Res. Quart. 9 (1958) 81-8.
1.25 – 1.4	D. Rasbash, G. Ramachandran, B. Kandola, J. Watts and M. Law, Evaluation of Fire Safety, Wiley (2004).
1,77	S. P. Hoogendoorn and W. Daamen, Pedestrian Behavior at Bottlenecks, Transportation Science. Vol. 39, No 2 pp 147-155 (2005).
1,33	IMO Correspondence Group, "Interim guidelines for evacuation analyses for new and existing passenger ships" Technical Report MSC/Circ.1033 International Maritime Organization (IMO) (2002).
1,9	T. Kretz, A. Grünebohm and M. Schreckenberg, Experimental study of pedestrian flow through a bottleneck, Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, (2006) P10014
1,97	A. Seyfried, T. Rupprecht, O. Passon, B. Steffen, W. Klingsch and M. Boltes, New insights into pedestrian flow through bottlenecks, arXiv: physics/ 0702004v2 [physics. soc- ph] 3 Dec 2007



Dinámica Peatonal

Modelos Microscópicos



Dinámica Peatonal

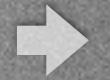
Modelos Microscópicos

- Continuos / Basados en Fuerzas

- * Partículas Newtonianas.
- * Posición y Velocidad en el Continuo.

- Discretos / Basados en Reglas:

- * Espacio Discretizado en una Grilla.
- * Transición de estados basadas en Reglas.
- * Autómatas Celulares.



Dinámica Peatonal

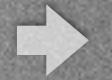
Modelos Microscópicos

- Social Force Model (Basado en Fuerzas).
- Bionics-Inspired CA Model (Autómata Celular)
- Contractil Particle Model (Híbrido)



Modelos Microscópicos

Social Force Model



Modelos Microscópicos

Social Force Model

(Helbing, Dirk, Illés Farkas, and Tamas Vicsek. "Simulating dynamical features of escape panic." Nature 407, no. 6803 (2000): 487-490)

- Ecuación de Newton para cada Peatón “ i ”:

Se agrega al modelo granular:

- Fuerza social de repulsión (para que las personas no se toquen)
- Fuerza de deseo (velocidad y dirección deseada)

$$m_i \ddot{\mathbf{r}}_i = \mathbf{F}_{GRANULAR} + \mathbf{F}_{SOCIAL} + \mathbf{F}_{DESEO}$$

- Sistema de N ecuaciones diferenciales acopladas.
- Métodos de Dinámica Molecular.



Modelos Microscópicos

Social Force Model

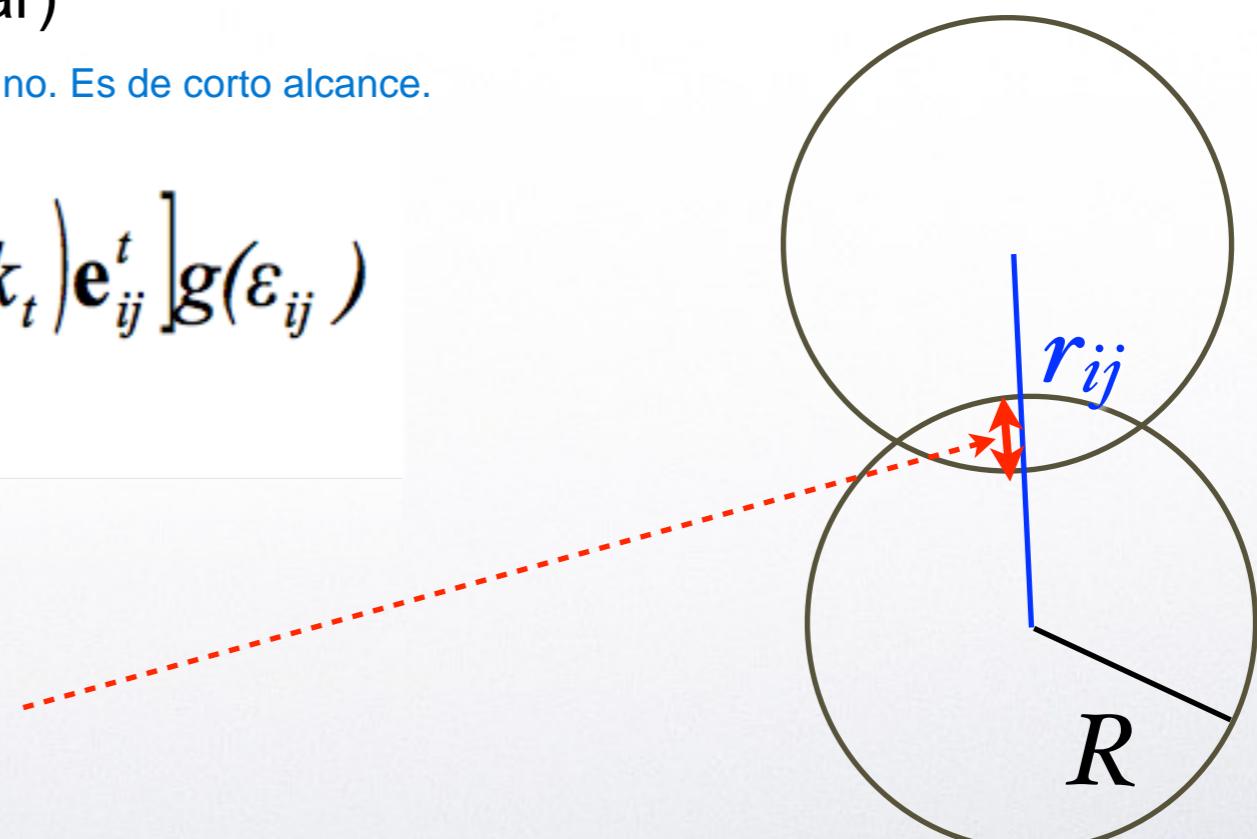
Fuerza de Contacto (Granular)

Si hay contacto existe fuerza granular. Sino no. Es de corto alcance.

$$\mathbf{F}_{Gi} = \sum_{j=1, j \neq i}^{N_p} [(-\varepsilon_{ij} k_n) \mathbf{e}_{ij}^n + (\nu_{ij}^t \varepsilon_{ij} k_t) \mathbf{e}_{ij}^t] g(\varepsilon_{ij})$$

Y = I²/V₂ T

$$\varepsilon_{ij} = r_{ij} - (R_i + R_j)$$





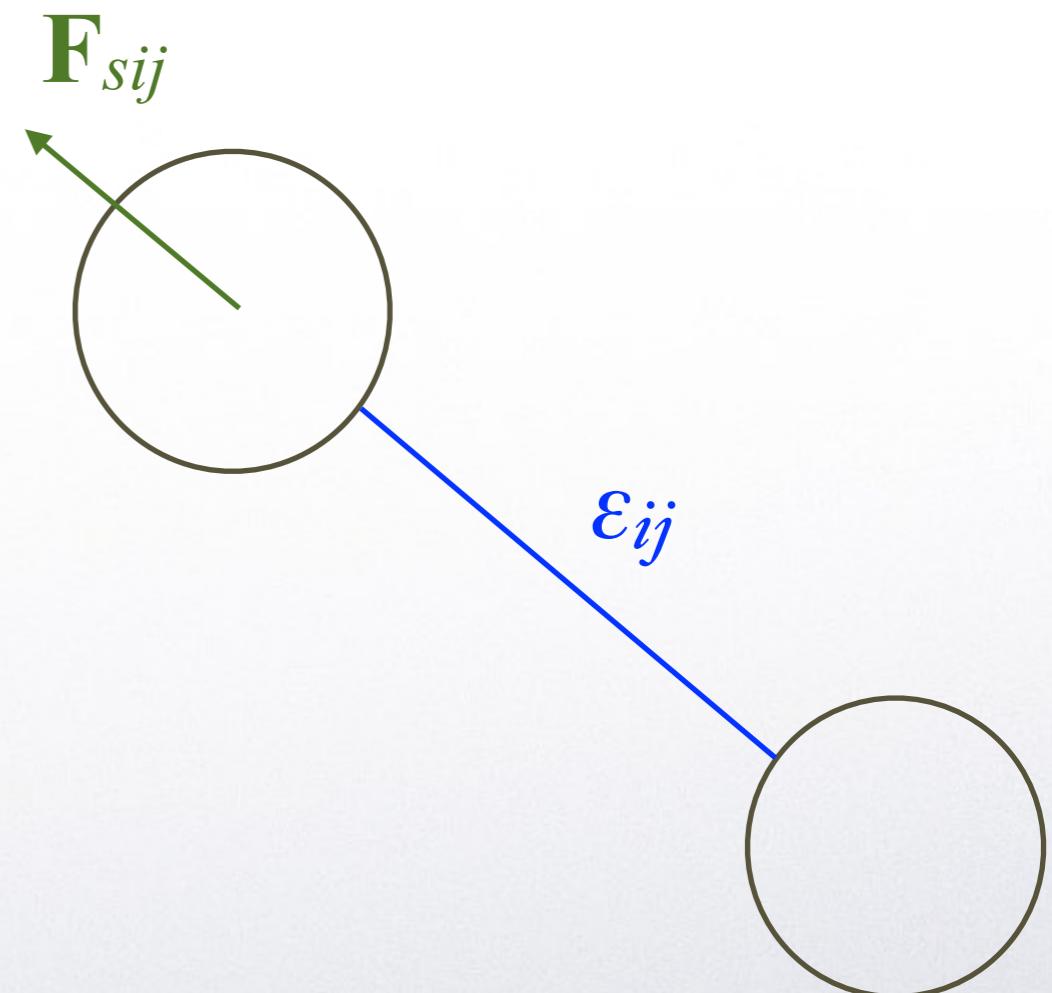
Modelos Microscópicos

Social Force Model

Fuerza Social

Es de largo alcance. Por mas que no haya contacto, las personas buscan estar lejos de las otras.

$$\mathbf{F}_{Si} = \sum_{j=1, j \neq i}^{N_p} A \exp\left(-\frac{\varepsilon_{ij}}{B}\right) \mathbf{e}_{ij}^n$$





Modelos Microscópicos

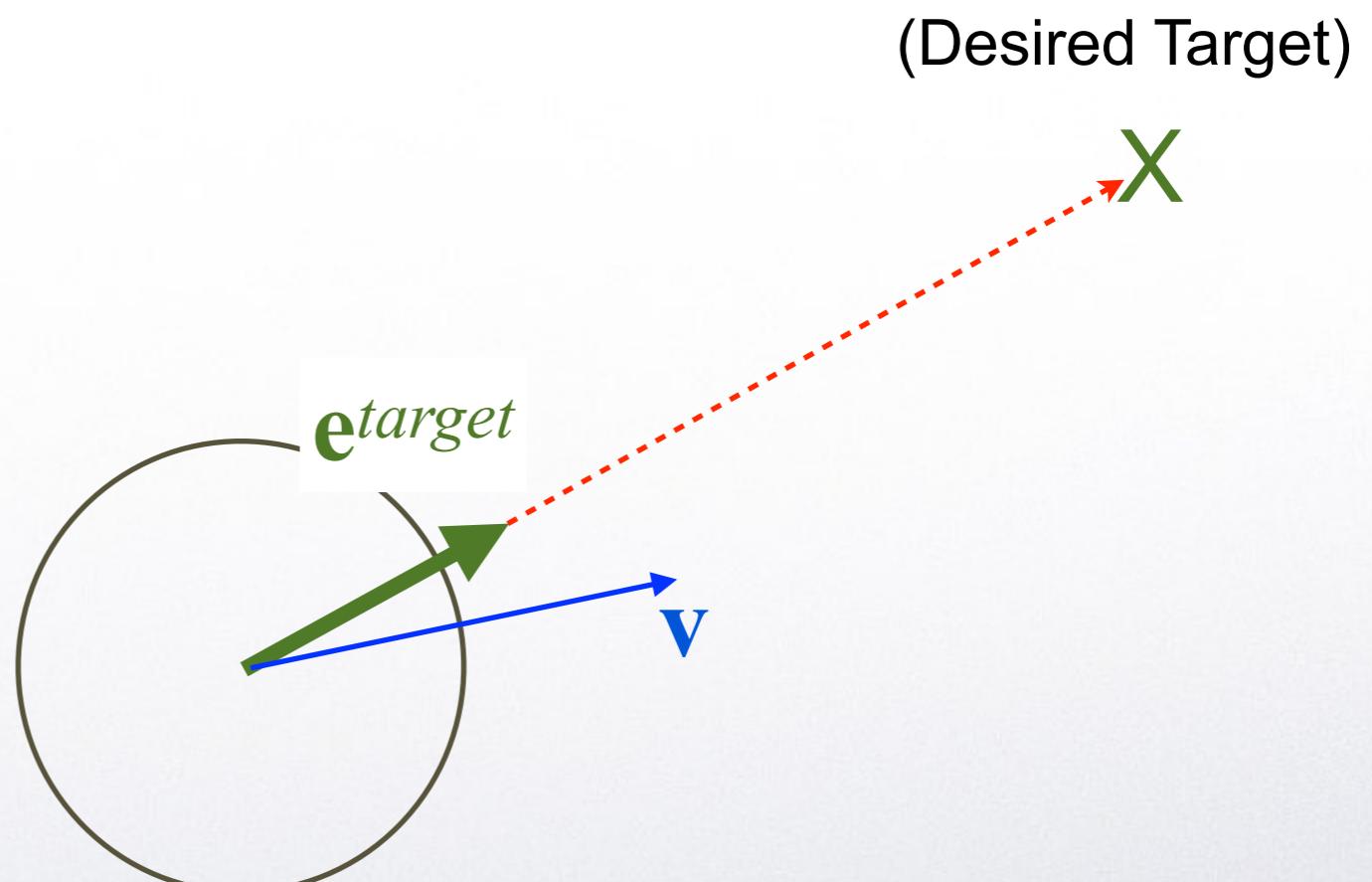
Social Force Model

Fuerza de autopropulsión
(driving force)

$$\mathbf{F}_{Di} = m_i \frac{(v_{di} \mathbf{e}_i^{target} - \mathbf{v}_i)}{\tau_i}$$

Direccion al target por el modulo de la velocidad deseada menos la velocidad actual, todo eso dividido por una constante de tiempo (para obtener unidades de fuerza).

Si la particula se esta desplazando a la direccion y velocidad deseada, entonces esta fuerza es 0.



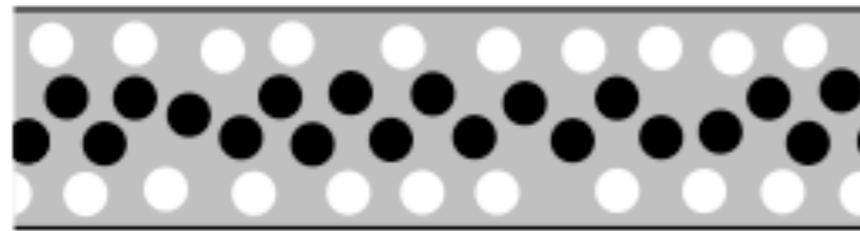


Modelos Microscópicos

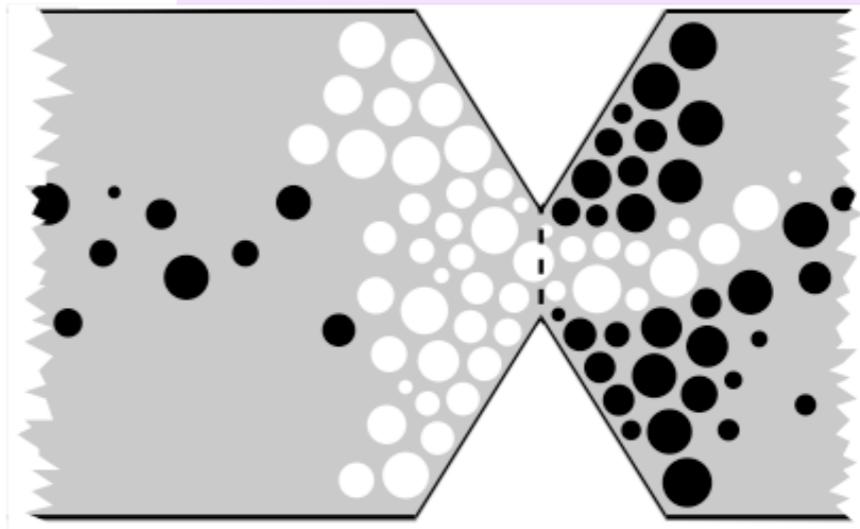
Social Force Model

Fenómenos que el SFM reproduce cualitativamente

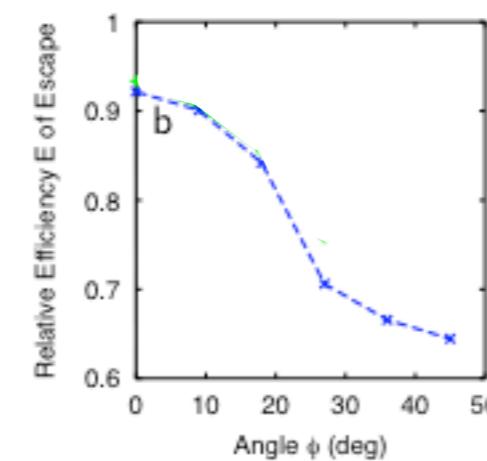
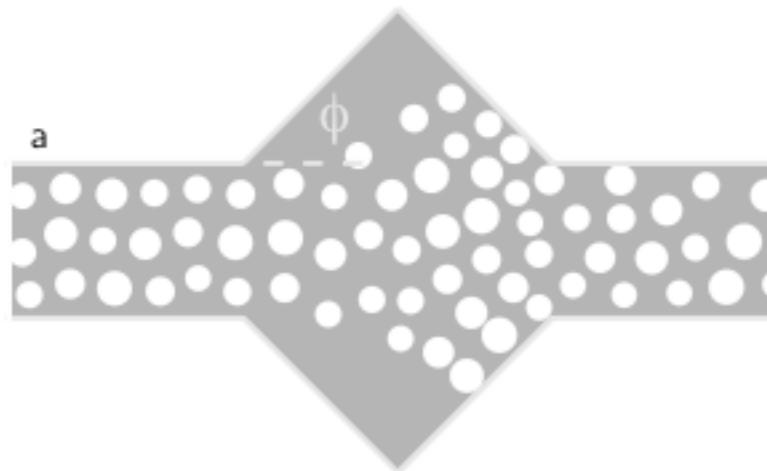
Formación de Carriles



Oscilación en Cuellos de Botella



Ineficiencia Ampliaciones





Modelos Microscópicos

Social Force Model

Evacuación de un recinto

Nro. de Peatones: 200

Habitación de 20 m x 20 m

Diámetro de peatones : 0,50 - 0,58 m

Ancho Puerta : 1,2 m

Variando la Velocidad Deseada: entre 0,8 y 6 m/s

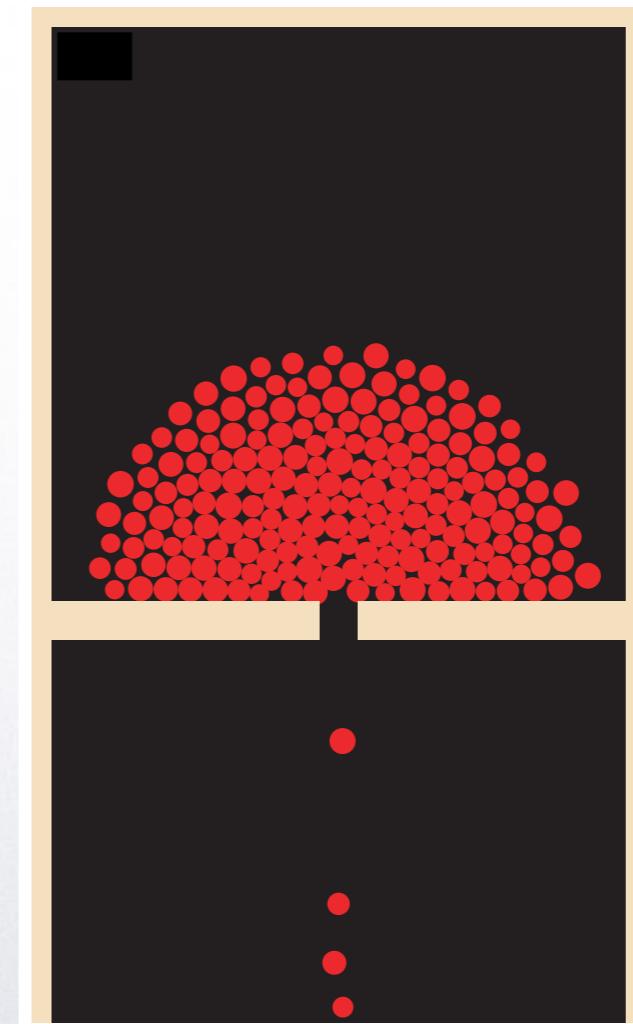
Parámetros del Modelo:

A=2000 N ; B =0,08m ;

$kn = 1,2 \cdot 10^5$ N/m ; $kt = 2,4 \cdot 10^5$ kg/m/s

$\tau = 0,5$ s

El SFM predice cualitativamente el efecto
“Faster is Slower”

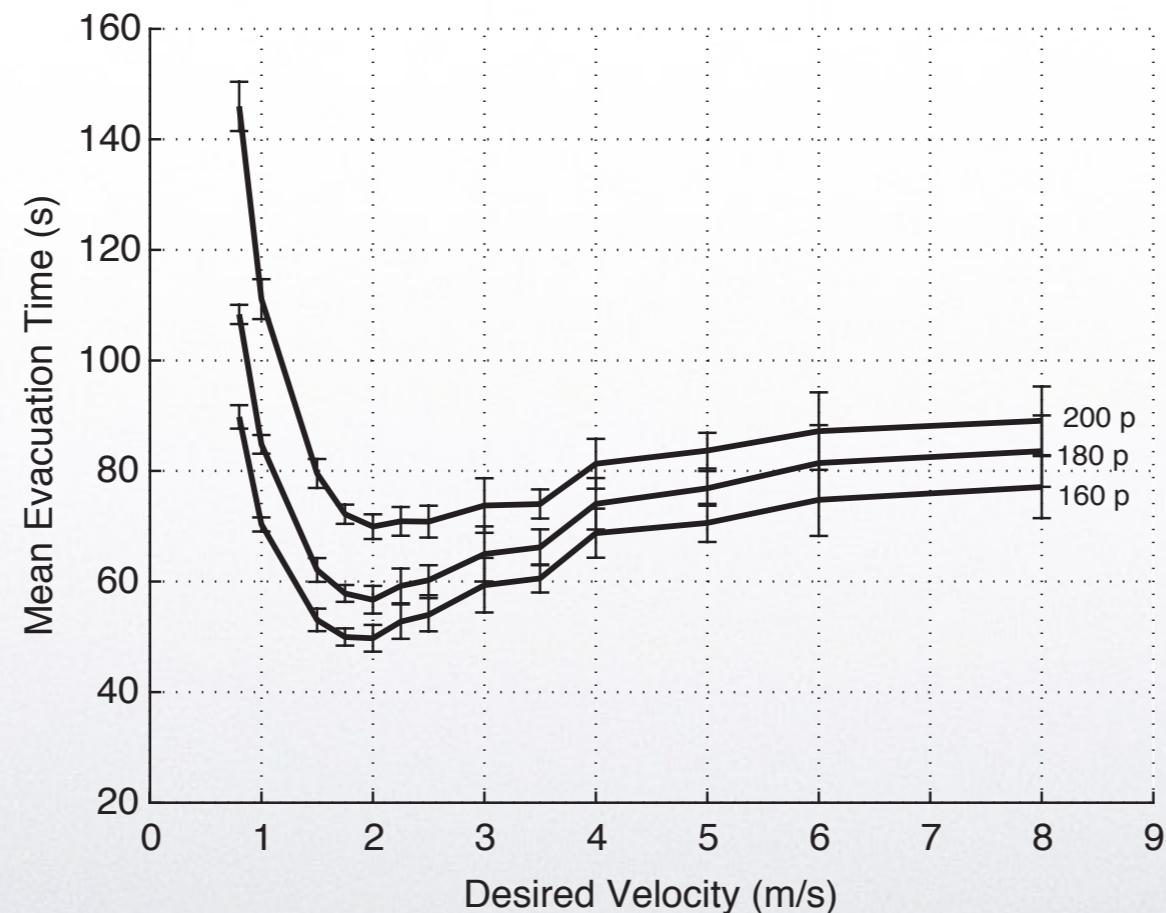




Modelos Microscópicos

Social Force Model

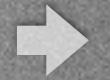
El SFM predice cualitativamente el efecto
“Faster is Slower”





Modelos Microscópicos

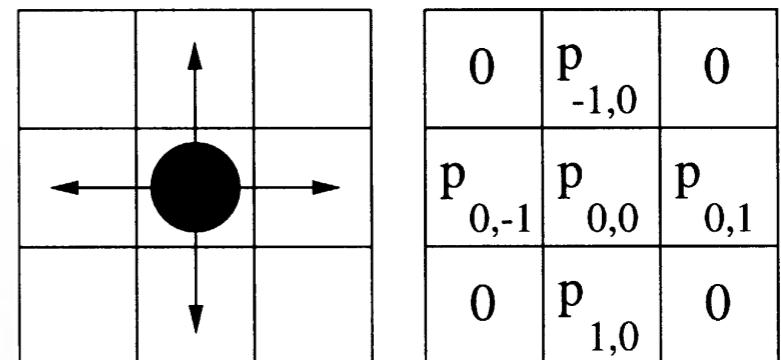
“Bionics-Inspired” Autómata Celular



Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

- El espacio está discretizado en celdas.
- Cada celda puede estar vacía u ocupada por una única partícula.
- En cada paso de tiempo, cada partícula puede moverse a una celda desocupada con una cierta probabilidad.



Movimientos permitidos y las probabilidades correspondientes.

Kirchner & Schadschneider (2002)

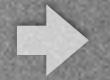


Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

Las probabilidades de transición están dadas por la interacción con dos campos (floor fields):

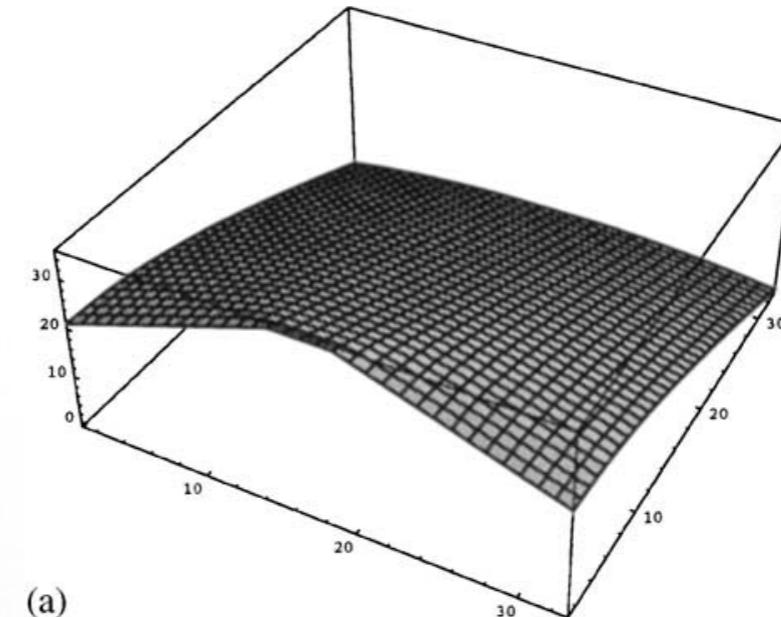
- Campo estático (S)
- Campo Dinámico (D)



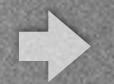
Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

Campo estático (S)



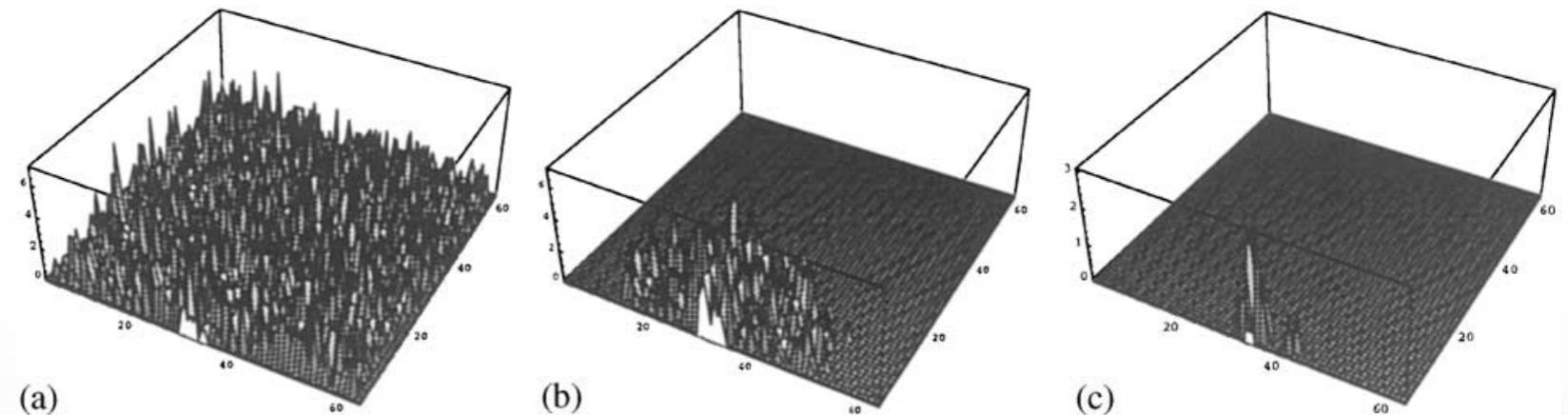
- Considera solo la geometría y, por lo tanto, está fijo durante la simulación.
- Aumenta en el sentido de la menor distancia a la puerta desde cada sitio.
(ver apéndice Kirchner & Schadschneider, 2002)



Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

Campo dinámico (D)



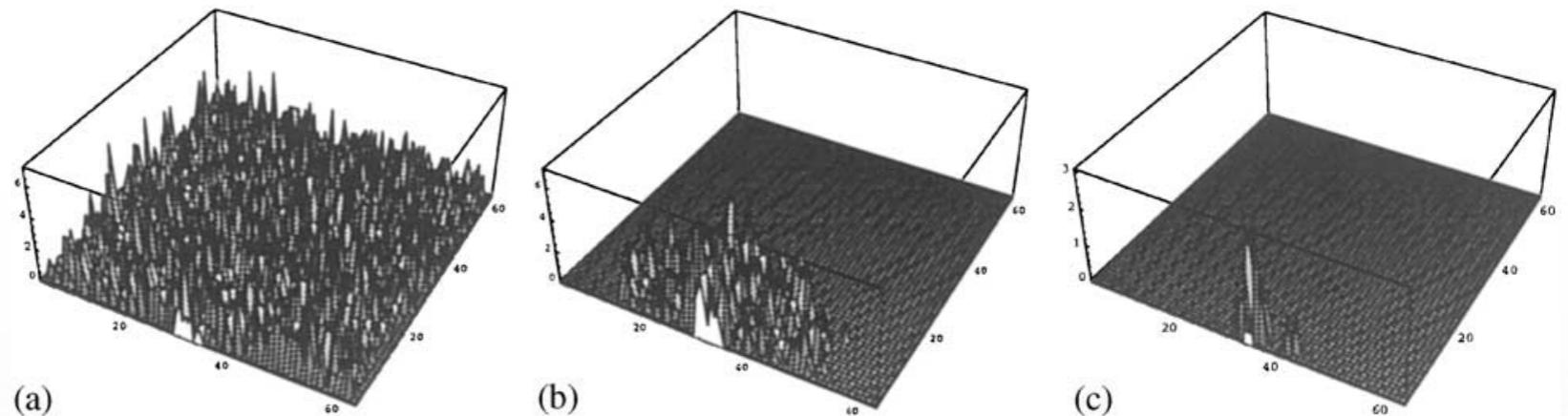
- Se modifica por la presencia de partículas.
- Representa un rastro virtual dejado por partículas que pasaron antes.
- El campo dinámico tiene su propia dinámica de difusión y decaimiento.



Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

Campo dinámico (D)
Difusión y Decaimiento



- A $t = 0$ el campo es cero: $D_{ij} = 0$.
- Si una partícula pasa del sitio (i,j) a uno vecino, $D_{ij} \rightarrow D_{ij} + 1$. El campo en ese punto se aumenta en 1
- En cada paso, el campo dinámico D decae con una probabilidad $\delta \in [0,1]$ y difunde con probabilidad $\alpha \in [0,1]$ hacia una de sus celdas vecinas. $D = D(t, \delta, \alpha)$.



Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

Reglas de actualización del autómata

- (1) El campo dinámico D es modificado de acuerdo a las reglas de decaimiento y difusión.
- (2) Para cada partícula la probabilidad de p_{ij} para moverse a una celda desocupada (i,j) es:

$$p_{ij} = N \exp(k_D D_{ij}) \exp(k_S S_{ij})(1 - n_{ij}) \xi_{ij},$$

donde

$k_S \in [0, \infty[$ and $k_D \in [0, \infty[$ Son parámetros de sensibilidad que actúan como peso de los campos

$n_{ij} = 0, 1$ Ocupación (si la celda está ocupada)

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{Celdas prohibidas. Ej.: paredes.} \\ 1 & \text{Celdas permitidas} \end{cases} \quad \text{Obstáculos}$$



Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

Reglas de actualización del autómata

donde (continuación)

Normalización

$$N = \left[\sum_{(i,j)} \exp(k_D D_{ij}) \exp(k_S S_{ij})(1 - n_{ij}) \xi_{ij} \right]^{-1}.$$

(3) Cada partícula elige una celda a la cual **intentar** moverse de acuerdo a las probabilidades (p_{ij}).

(4) Si hay conflicto (dos partículas eligieron la misma celda), se resuelve probabilísticamente. La partícula elegida ejecuta el movimiento.

(5) Se incrementa D según los movimientos de las partículas.

Si son dos partículas se hace probabilidad 50/50. La partícula que salió perdedora no se mueve a ningún lado.

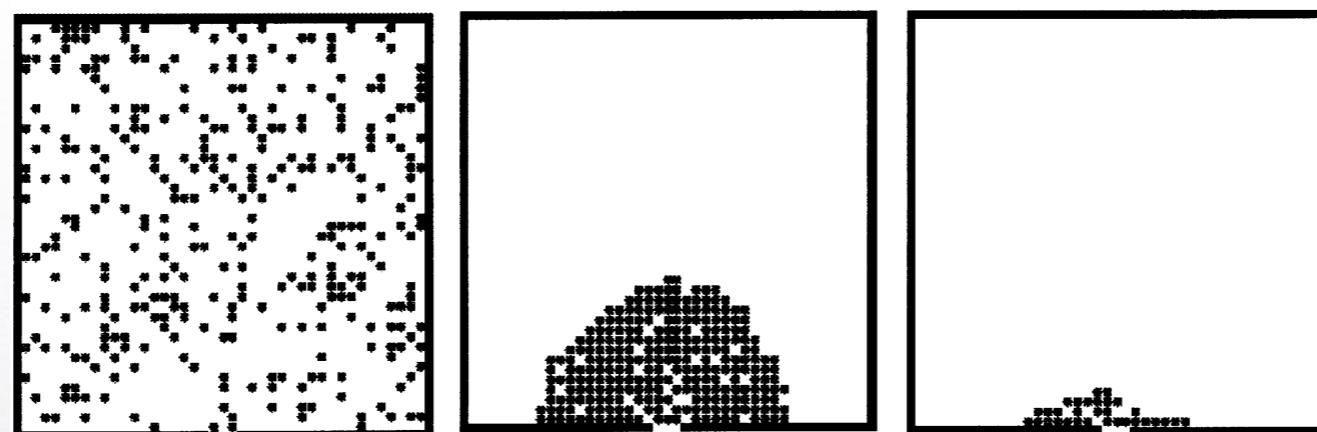
Estas reglas se aplican a todas las partículas en el mismo paso temporal, es decir se ejecutan en forma sincronizada.



Modelos Microscópicos

“Bionics-Inspired” Autómata Celular

Típico proceso de evacuación de un recinto





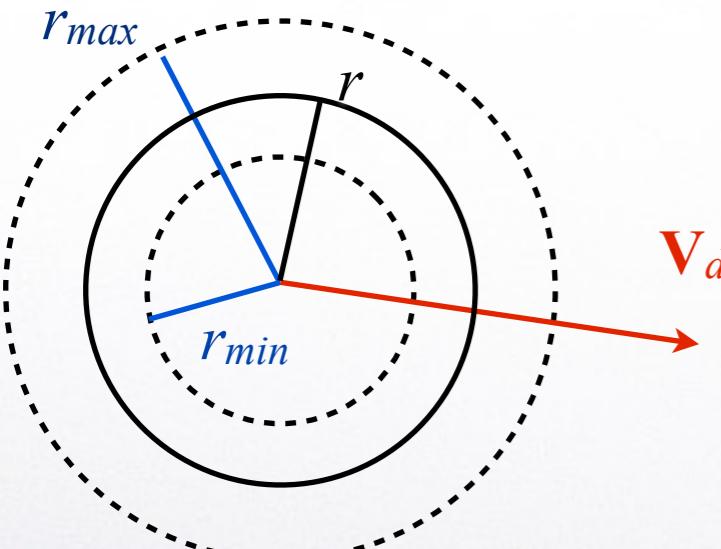
Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model



Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model



La partícula está representada con un radio variable. Cuando es chiquito, representa un núcleo duro que no se puede superponer. Cuando es grande, representa un espacio personal para caminar por ejemplo.

- Partículas con radio variable (r) :

Espacio personal para desplazarse

Máxima compresión corporal

- Velocidad deseada es función del radio (r):

$$|\mathbf{v}_d| = f(r) \quad tq \quad \left\{ \begin{array}{l} v_d(r_{min}) = 0 \\ v_d(r_{max}) = v_{d \max} \end{array} \right.$$

Baglietto, & Parisi (2011)

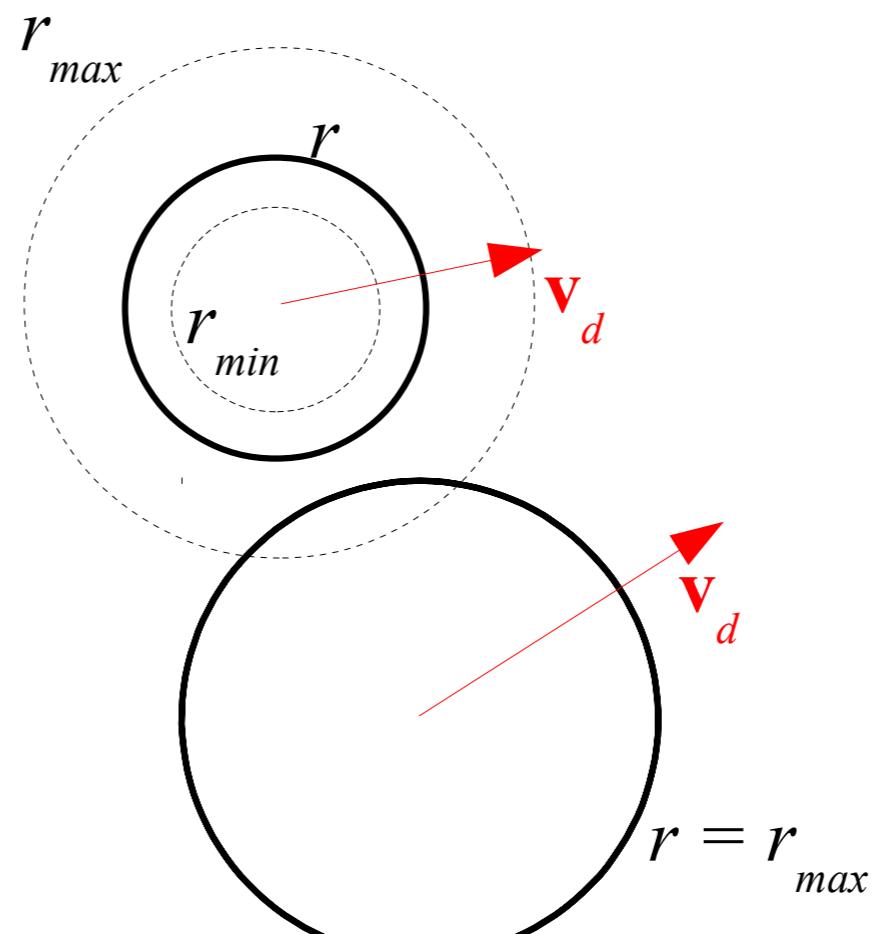


Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

Sin contacto:

Avanzan con la v_d correspondiente:



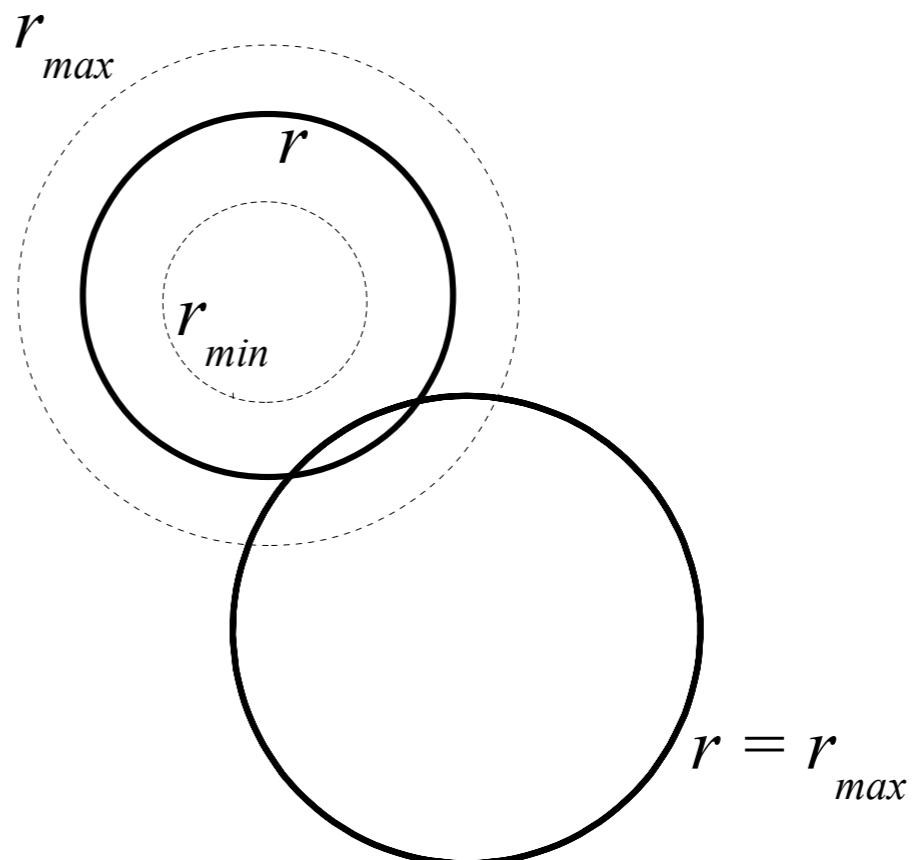


Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

Cuando entran en contacto:

en ese paso temporal ...





Modelos Microscópicos

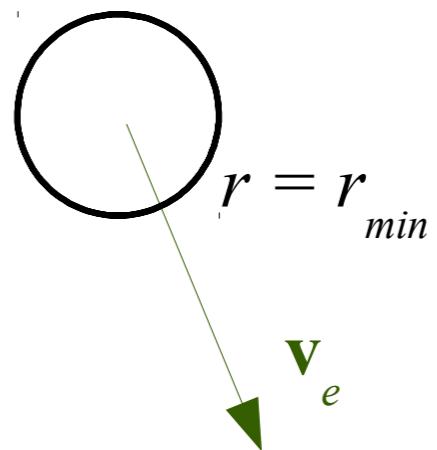
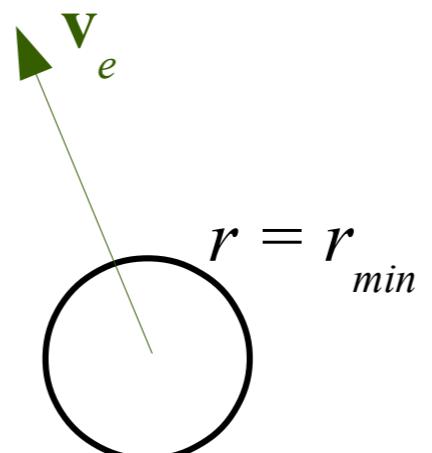
Contractile Particle Model

Cuando entran en contacto:



sólo durante un paso $dt \dots$

- Aparece velocidad de escape (v_e).
- El radio colapsa al mínimo.





Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

Evolución Temporal

Si la partícula NO está en contacto:

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

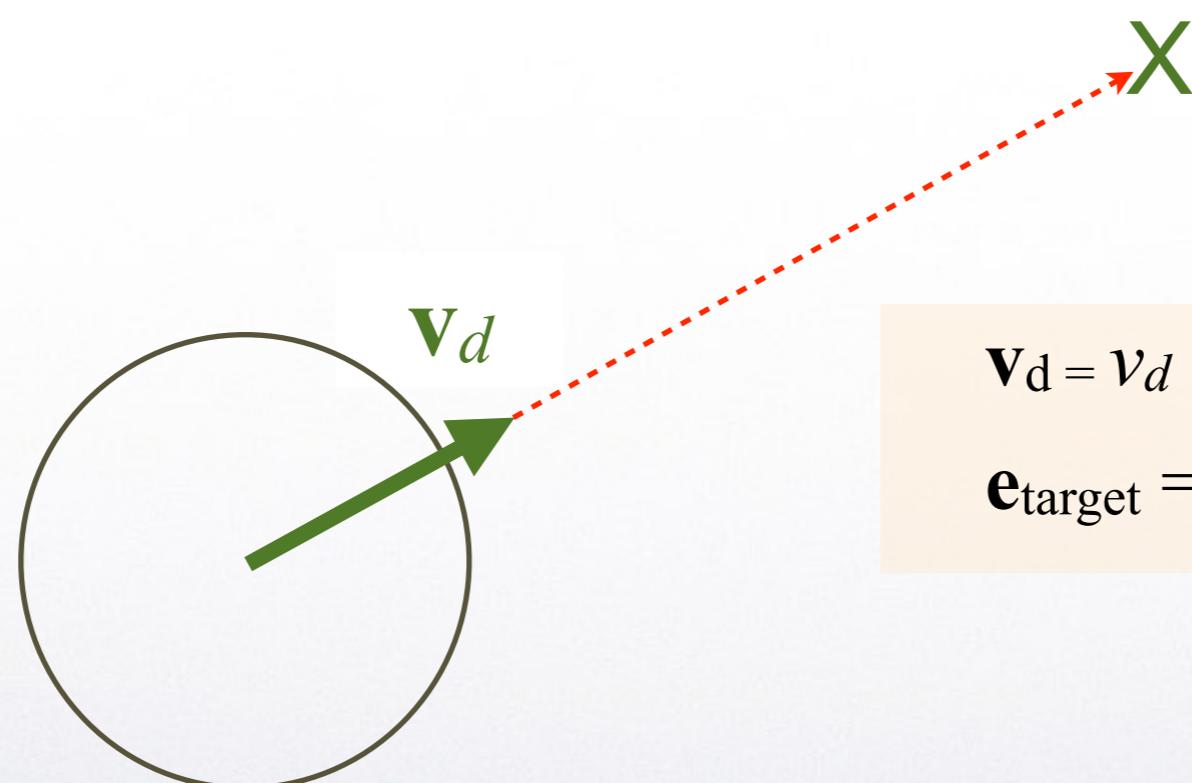
$$|\mathbf{v}_d| = v_d = v_d^{max} [(r - r_{min}) / (r_{max} - r_{min})]^\beta$$

$$r(t + dt) = r(t) + r_{max} / (\tau / \Delta t) \quad (\text{si } r < r_{max})$$



Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model



(Desired Target)

$$\mathbf{v}_d = v_d \mathbf{e}_{\text{target}}$$

$$\mathbf{e}_{\text{target}} = (\mathbf{x}_{\text{target}} - \mathbf{x}) / |(\mathbf{x}_{\text{target}} - \mathbf{x})|$$



Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

Evolución Temporal

Si la partícula SI está en contacto:

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

$$r = r_{min}$$

$$|\mathbf{v}_e| = v_e = v_d^{max}$$

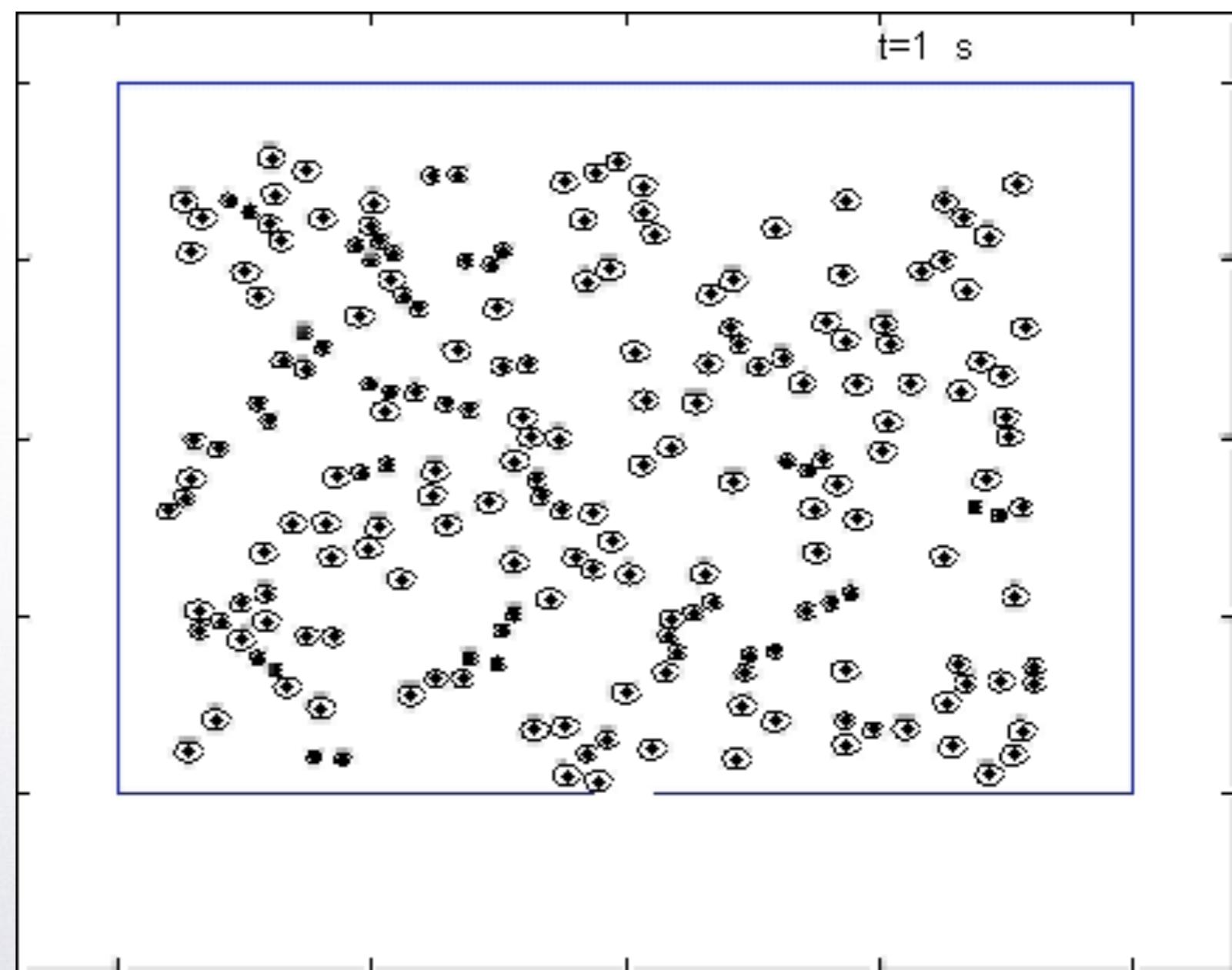


Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

Evacuación de un recinto

El modelo reproduce los datos experimentales de Caudal específico



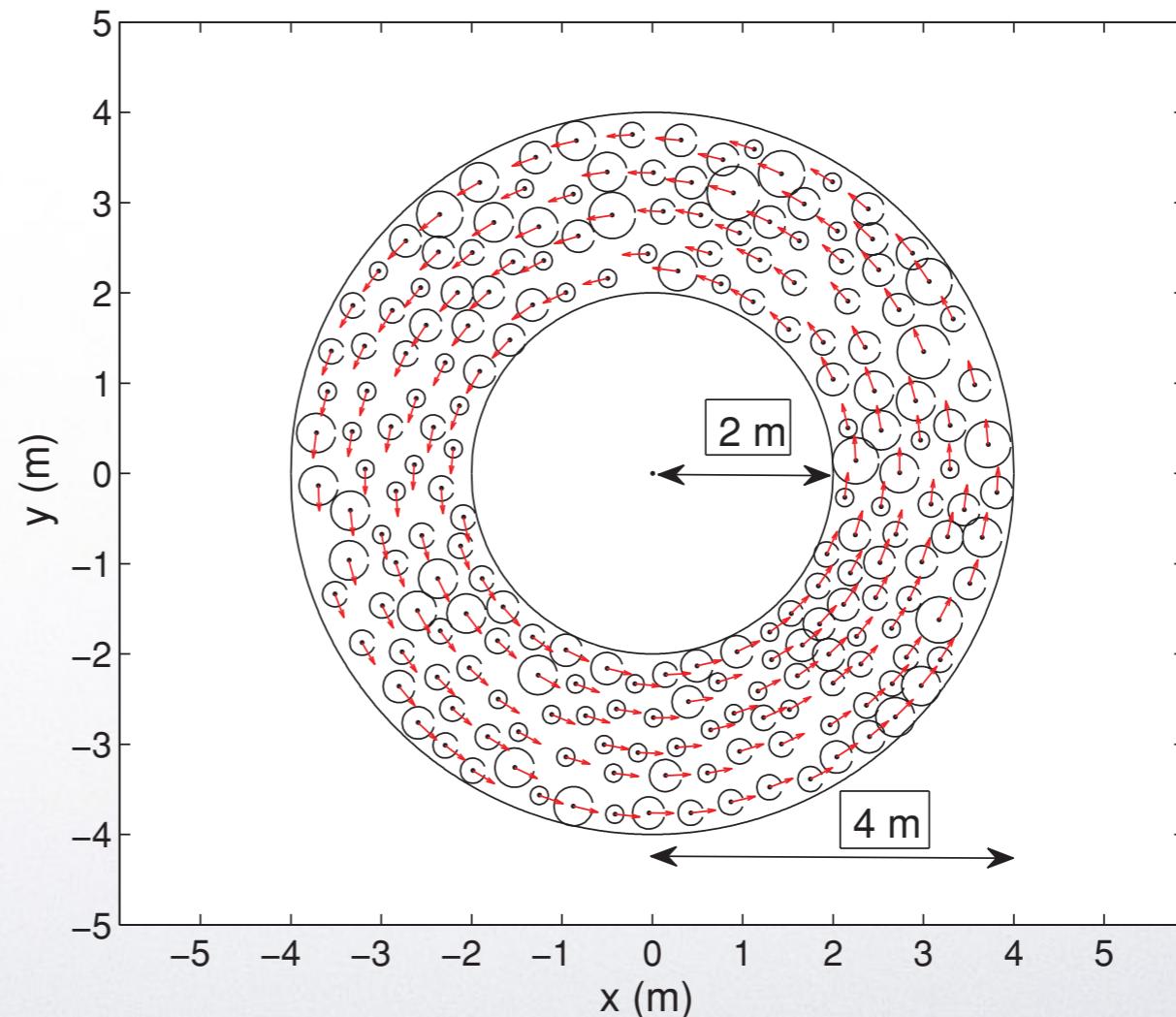


Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

Pista de Carrera

Variando el Nro. de partículas,
se estudian distintas
densidades y se mide la
velocidad promedio para
construir el diagrama
fundamental.





Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

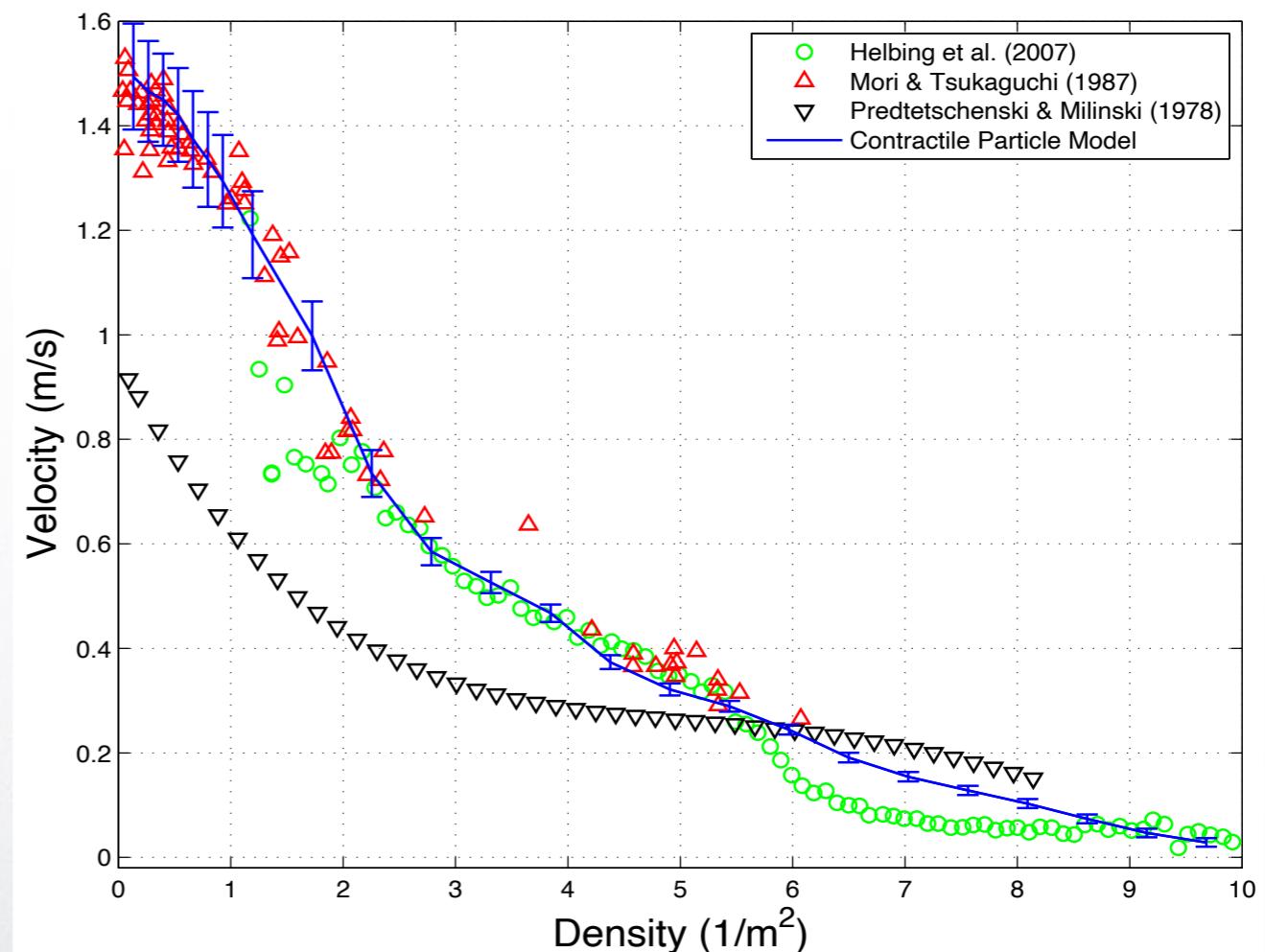
Diagrama Fundamental

Parámetros:

$$v_d^{max} = 1.55 \text{ m/s}$$

$$r_{min} = 0.15 \text{ m}$$

$$r_{max} = 0.32 \text{ m}$$





Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

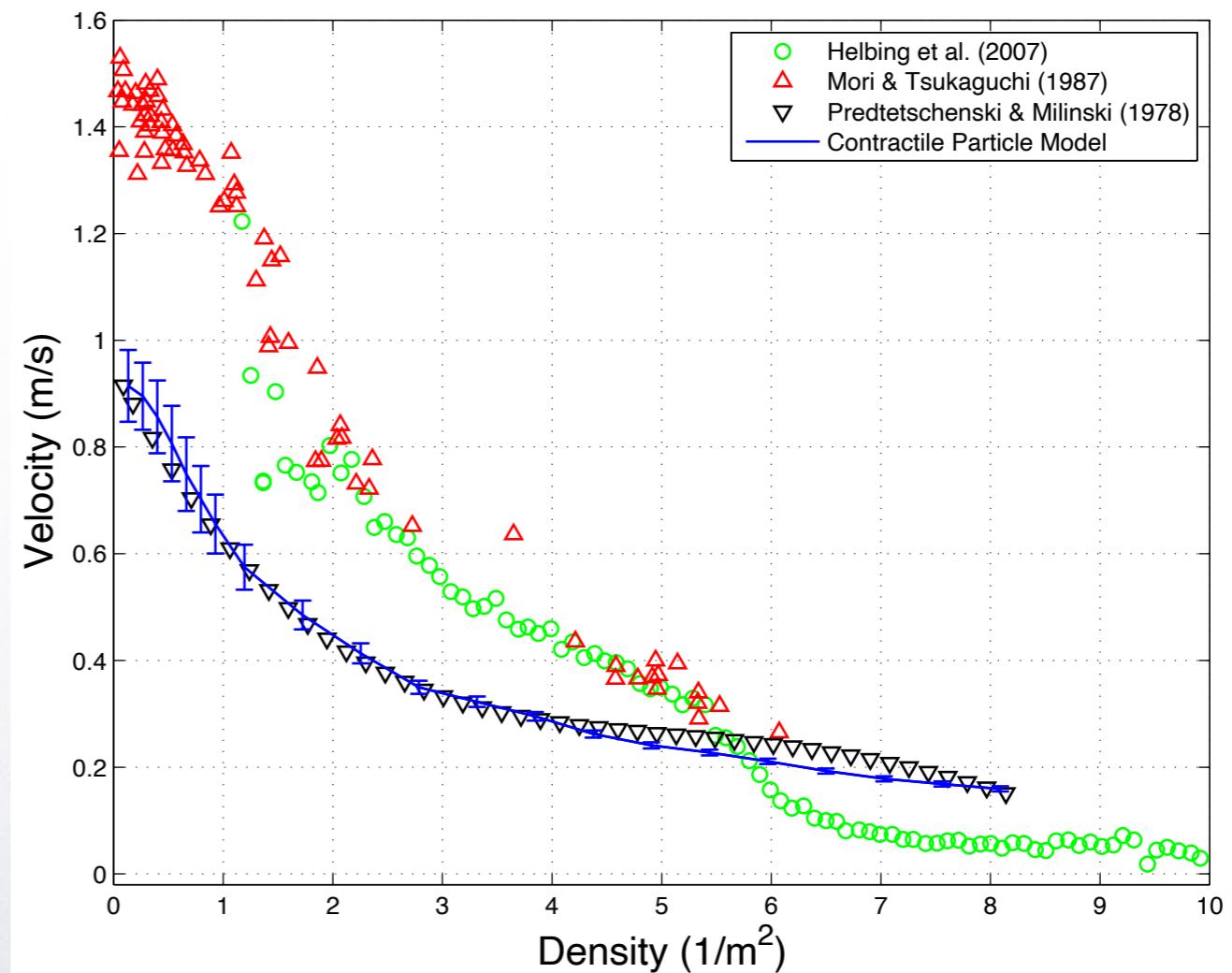
Diagrama Fundamental

Parámetros:

$$v_d^{max} = 0.95 \text{ m/s}$$

$$r_{min} = 0.10 \text{ m}$$

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





Modelos Microscópicos

Contractile Particle Model

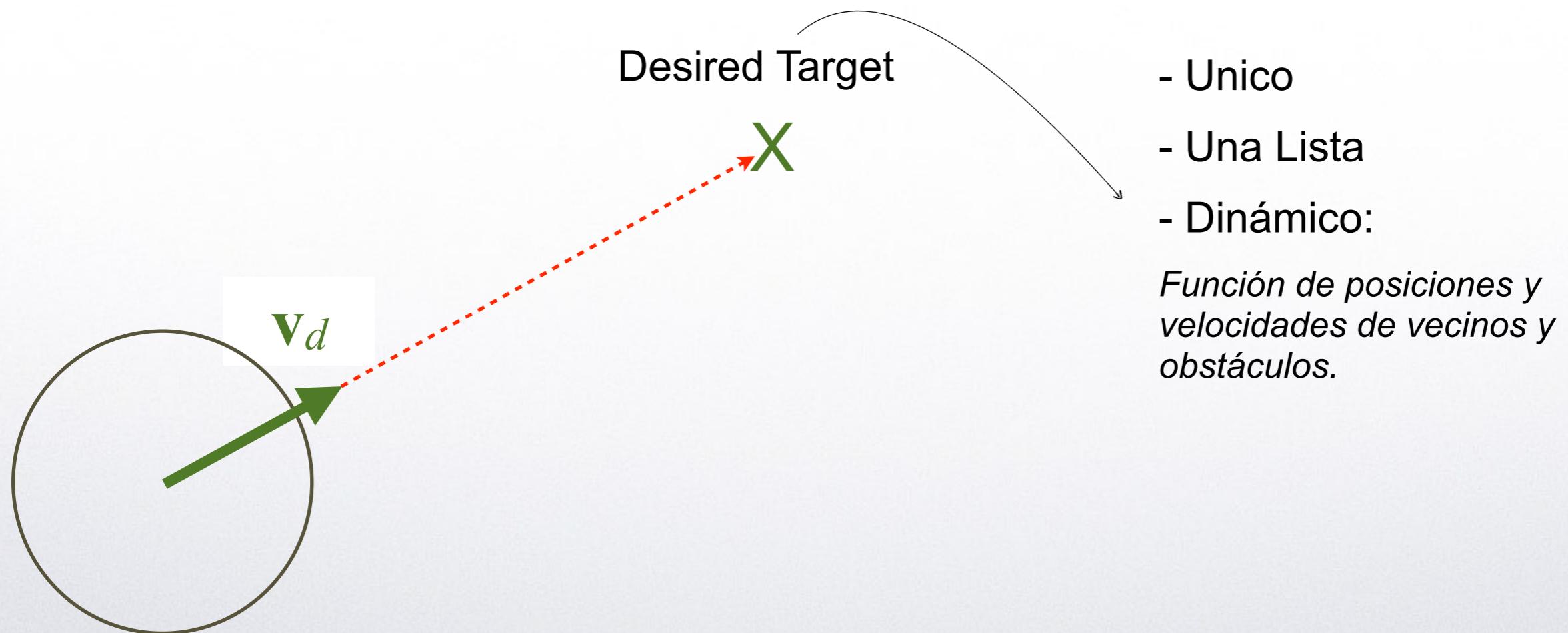
Bondades del CPM

- Reproduce valores experimentales de Caudal Específico y Diagrama Fundamental.
- Aumenta $\sim 50X$ la velocidad de cómputo respecto del SFM



Modelos Microscópicos

- Social Force Model
- Contractile Particle Model





FIN