Campos continuos en flujos de peatones

A. Garcimartín[1], I. Zuriguel[1], J. Martín Pastor [2], and D. R. Parisi [3]
[1]Departamento de Física y Mat. Apl., Facultad de Ciencias, Universidad de Navarra, 31080 Pamplona
[2]Focke Meler Gluing Solutions S.A., Pol. Los Agustinos c/G nave D-43, 31160 Orkoien, Navarra
[3]Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 25 de Mayo 444, (1002) C. A. de Buenos Aires, Argentina, y
Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.

En esta contribución presentamos resultados experimentales que hemos obtenido del análisis de la de evacuación de un grupo de personas, que abandonan un recinto cerrado a través de una puerta. Estos procesos, como se puede imaginar fácilmente, pueden degenerar en desastres debido a los atascos que se forman a la salida [1].

Para entender mejor cómo y por qué se forman los atascos, y qué condiciones son más propensas a que eso ocurra, es interesante estudiar el flujo de peatones *antes* de la puerta. Hemos llevado a cabo diversos simulacros de evacuación en los cuales registramos la posición instantánea de cada persona [2], y ello para diferentes condiciones (baja competitividad, competitividad media y alta competitividad).

De estos datos, nos interesa obtener el campo medio de densidad y de velocidad. Para ello, empleamos el método de coarse graining propuesto por Isaac Goldhirsch para un flujo de medios granulares [3], que consiste básicamente en convolucionar cada posición con una función ϕ (en nuestro caso, empleamos una función de Heaviside en forma de disco cuyo diámetro es aproximadamente el doble de la anchura típica de una persona). Las ecuaciones para el campo de densidad y velocidad son

$$\rho(\mathbf{r},t) = \sum_i m_i \; \phi(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i(t))$$

$$\mathbf{V}(\mathbf{r},t) = \frac{\sum_i m_i \; \mathbf{v}_i \; \phi(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i(t))}{\rho(\mathbf{r},t)}$$

Como esos campos son variables en el tiempo, es necesario tomar un lapso temporal pequeño durante el cual las condiciones no varíen mucho. Un ejemplo de campo de velocidades obtenido de esta manera es el que se muestra en la Fig. 1.

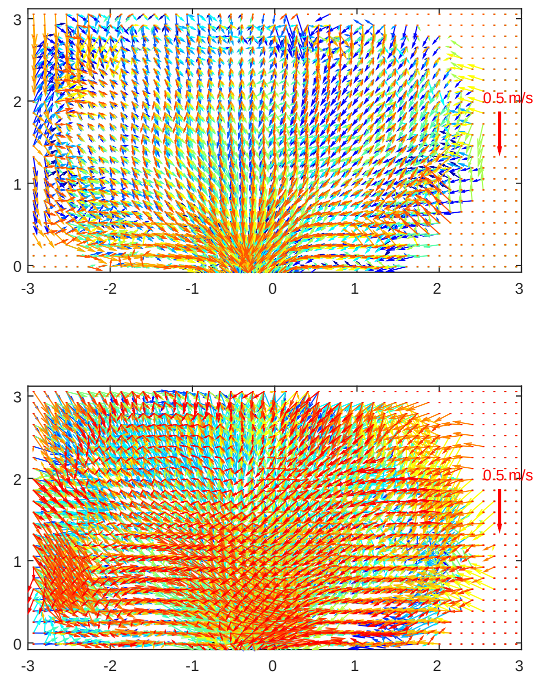

Figure 1: Campo medio de velocidades para cada una de las evacuaciones con baja competitividad (*arriba*) y para cada una de las evacuaciones con alta competitividad (*abajo*). Cada color representa un simulacro (hay diez de baja competitividad y trece de alta competitividad). Los ejes están graduados en metros (representan el espacio del recinto registrado por la cámara de vídeo). Los dos trazos negros en el eje horizontal inferior marcan las jambas de la puerta. La escala (flecha de la derecha) indica una velocidad de 0.5 m/s. Este campo de velocidades se obtuvo para el tiempo que medió entre la salida del vigésimo y trigésimo individuo.

Una de las conclusiones de este trabajo es que en condiciones de elevada densidad de personas, esta variable por sí sola no basta para definir unívocamente el sistema. El mismo Goldhirsch propuso que una variable interesante en el flujo es el llamado *stress cinético*, dado por

$$P(\mathbf{r},t) = \rho(\mathbf{r},t) \cdot Var(\mathbf{v})$$

Con esta variable podemos distinguir entre diferentes condiciones en las cuales la densidad es la misma, pero los movimientos colectivos tienen un carácter marcadamente distinto. Además, ayudan a entender por qué el movimiento de las personas se vuelve desordenado, a la manera de un flujo turbulento.

[1] D. Helbing, A. Johansson, and H. Z. Al-Abideen, *The Dynamics of Crowd Disasters: An Empirical Study*, Phys. Rev. E **75**, 046109 (2007).

[2] A. Garcimartín, D. R. Parisi, J. M. Pastor, C. Martín-Gómez, and I. Zuriguel, *Flow of pedestrians through narrow doors with different competitiveness*, J. Stat. Mech. 043402(2016).

[3] I. Goldhirsch, *Stress, stress asymmetry and couple stress: from discrete particles to continuous fields*, Gran. Matt. **12**, 239 (2010).