



# Revista Científica UNET

República Bolivariana de Venezuela

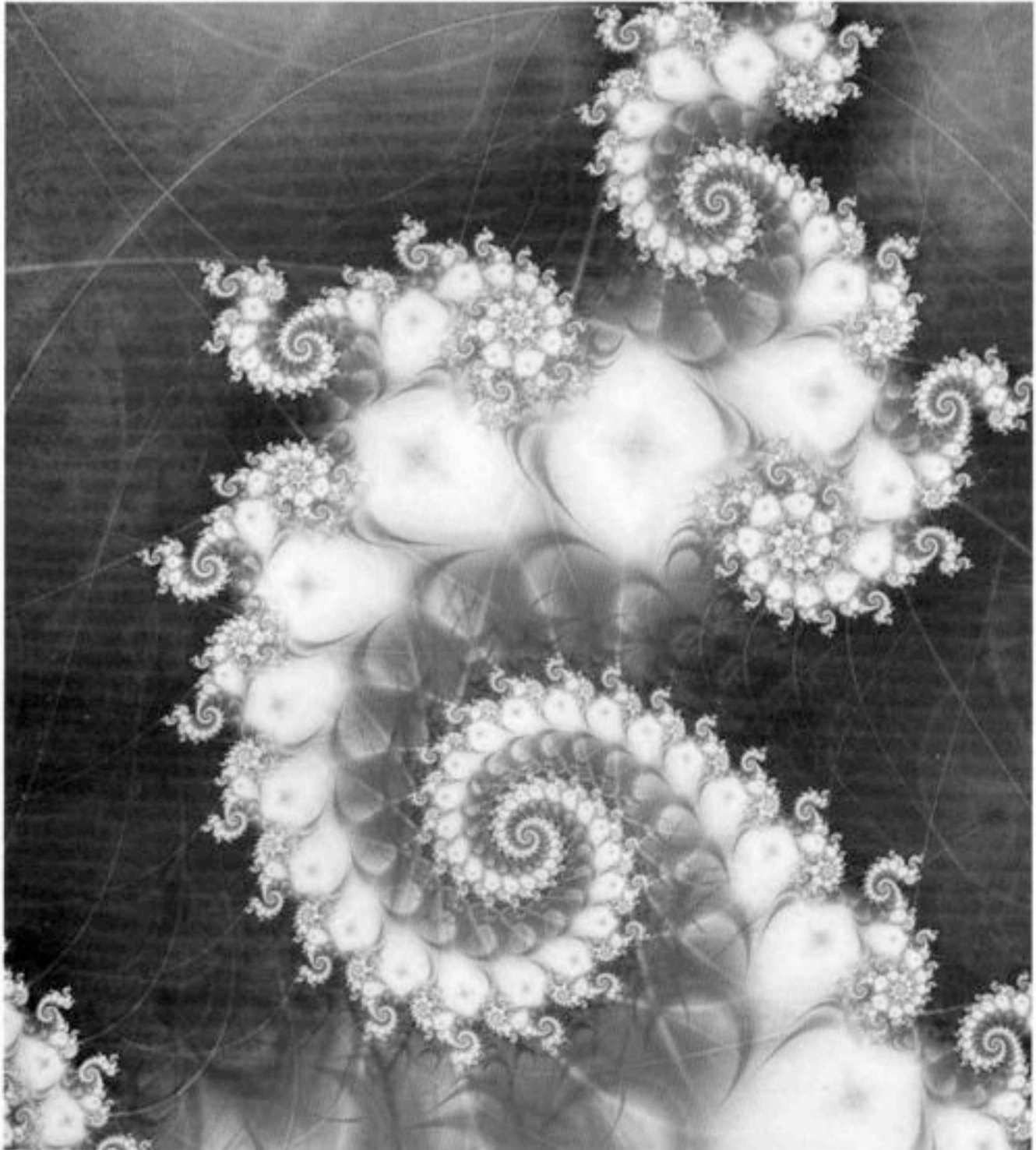
VOL. N° 21(1):2009

ENERO-JUNIO, 2009

DEPÓSITO LEGAL: P.P 87-0343  
REVENCYT: RVR 001

ISSN:1316-869X11C  
LATINDEX CATALOGO

FONACIT: REG-2006000001



## EFFECTO DE LA DENSIDAD DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA FLUIDEZ DEL TRÁFICO: UN MODELO AUTÓMATA CELULAR

(Effect of the density of public transportation vehicles in traffic flow: a cellular Automata model)

Márquez, J.<sup>1</sup>

Centro de Física Fundamental, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.  
Correo Electrónico: [victormarquez@ula.ve](mailto:victormarquez@ula.ve)

### RESUMEN

El transporte de personas y bienes de un sitio a otro dentro de cualquier centro urbano está relacionado principalmente con la actividad económica, lo cual hace que su estudio tenga una gran importancia para el mejor desenvolvimiento de las actividades generadas en el medio urbano. Con la introducción de un modelo basado en autómatas celulares se demuestra que, en un tramo de una cierta vía urbana, la densidad de tráfico tiende a aumentar en la medida en que se incrementan las unidades de transporte público colectivo que circulan en esa vía.

**Palabras Clave:** Densidad de tráfico, autómatas celulares.

### ABSTRACT

Goods and public transportation from one place to another in any urban space is mainly related to economic activity, which makes it an important study for the best development of all activities there. Using a cellular automata model it has been shown that in a section of any urban road the traffic density increases whenever more public transportation passes through it.

**Key Words:** Traffic density, cellular automata



## INTRODUCCIÓN

Los estudios de transporte y vialidad tienen una gran importancia para el desarrollo urbano local de una ciudad. Estos estudios se caracterizan por el análisis de la estructura y el funcionamiento de los sistemas de vialidad y las modalidades de transporte con el fin de determinar y caracterizar los principales problemas que afectan el desenvolvimiento normal de las actividades propias del medio urbano, para así poder llegar a la proposición de soluciones factibles y que no requieran de un largo tiempo para llevarse a cabo (MINDUR, 1981).

Actualmente, existe una mayor demanda de transporte público debido al incremento de la población y la multiplicidad de rutas y viajes que realiza esta población para desplazarse, hecho que genera un desequilibrio entre el aumento de rutas y medios de transporte y la necesidad de mejoramiento del sistema vial, tal desequilibrio se ha transformado en problemas para la población en las ciudades, ya que al producirse congestiones, éstas a su vez generan contaminación y pérdidas de tiempo que, en cierto modo, tienen que ver con pérdidas económicas (Agenda Hábitat España, 1997). Parte de los estudios llevados a cabo para proponer soluciones a estos problemas están relacionados con el modelado de flujo de tráfico vehicular. Este modelado se puede basar, ya sea en teorías con enfoque macroscópico, como la teoría de gases y dinámica de fluidos, o en teorías con enfoque microscópico, como las desarrolladas sobre autómatas celulares (Ramírez, M. 2004).

Los modelos que utilizan autómatas celulares para modelar flujo de tráfico tienen la ventaja de poder utilizarse eficientemente en la simulación por computadora debido a que manejan una dinámica que evoluciona en pasos discretos. Un autómata celular consiste en una estructura de celdas en un espacio dado, en un conjunto de variables que definen el estado de la celda y en un conjunto finito de reglas que especifican cómo evolucionan los estados de las celdas (Wolfram, S. 1986).

En este artículo se presenta un modelo tipo autómata celular para el estudio de tráfico.

Específicamente, investigamos el efecto de la densidad de vehículos de transporte público y de vehículos particulares en la fluidez del tráfico en una vía unidireccional.

## MÉTODO

El modelo que se plantea representa un tramo de una vía local urbana unidireccional con un solo canal de circulación. La representación del tramo se hace por medio de una matriz de tamaño  $L \times 3$ , donde  $L$  corresponde a la longitud del tramo, expresado en número de celdas. En este trabajo fijaremos  $L = 40$ . Cada elemento de la matriz, que representa una celda, puede tomar los siguientes valores:

- 0 Espacio vacío.
- 1 Vehículo particular.
- 2 Autobús.
- 3 Acera.
- 4,5,6 Parada de autobús.



Figura 1. Ilustración del movimiento de los vehículos

Los vehículos particulares y colectivos públicos (autobuses) solo pueden avanzar si la celda próxima a ellos está desocupada, realizando cada autobús sus respectivas paradas en los espacios asignados, donde el tiempo que tardan en hacer el montaje y desmontaje de pasajeros es aleatorio. La figura 1 y la figura 2, ilustran la transmisión entre los estados de las celdas.

El modelo permite variar el porcentaje de celdas ocupadas por vehículos o autobuses con respecto a celdas de espacios vacíos y el porcentaje de autobuses que circulan respecto a vehículos particulares.

El porcentaje total de celdas ocupadas se define en este caso como el valor probabilístico de ocupación vehicular  $G_n$ , donde  $n$  representa la fracción de espacios ocupados por vehículos (colectivos o particulares) circulantes con respecto al número de espacios vacíos. Esta cantidad se expresa como

$$G_n = \frac{n}{10} \times 100, \quad n = 1, 2, 3, \dots, 10. \quad (1)$$

3 1 3	3 0 3	3 0 3	3 0 3	3 0 3
3 0 3	3 1 3	3 0 3	3 0 3	3 0 3
3 0 3	3 0 3	3 1 3	3 0 3	3 0 3
4 2 3	5 2 3	4 0 3	4 1 3	4 1 3
3 2 3	3 0 3	3 2 3	3 2 3	3 0 3
3 0 3	3 2 3	3 2 3	3 0 3	3 2 3
3 1 3	3 1 3	3 0 3	3 2 3	3 0 3
3 2 3	3 0 3	3 1 3	3 0 3	3 2 3
3 0 3	⇒ 3 2 3	⇒ 3 0 3	⇒ 3 1 3	⇒ 3 0 3
3 0 3	3 0 3	3 2 3	3 0 3	3 1 3
3 0 3	3 0 3	3 0 3	3 2 3	3 0 3
3 1 3	3 1 3	3 0 3	3 0 3	3 2 3
3 2 3	3 0 3	3 1 3	3 1 3	3 1 3
4 0 3	4 2 3	5 2 3	6 2 3	4 0 3
3 0 3	3 0 3	3 0 3	3 0 3	3 2 3
3 1 3	3 0 3	3 0 3	3 0 3	3 0 3
3 0 3	3 1 3	3 0 3	3 0 3	3 0 3

Figura 2. Representación de la evolución temporal de un fragmento de la matriz que representa el tramo de la vía urbana

El porcentaje total de celdas ocupadas por vehículos de transporte público se define en este caso como el valor probabilístico de ocupación vehicular de transporte público  $P_m$ , donde  $m$  representa la fracción de vehículos de transporte público circulantes con respecto al número de vehículos particulares. Esta cantidad se expresa como

$$P_m = \frac{m}{10} \times 100, m = 1, 2, 3, \dots, 10. \quad (2)$$

El algoritmo utilizado es el siguiente:

1. Creación de la avenida.
2. Creación de vehículos y autobuses en la primera fila.
3. Movimiento de vehículos y autobuses.
4. Conteo de tráfico.

El tiempo y el espacio para el avance de los vehículos y autobuses son discretos. El conteo del tráfico se hace llevando el control de los vehículos y autobuses que entran y salen del tramo de la vía en estudio, y esto permite calcular la densidad de tráfico  $\varphi$ , que es el número de vehículos o autobuses que hay en un tramo de vía, y en este caso se expresa como

$$\varphi = \frac{E - S}{L} \quad (3)$$

donde  $E$  es el número de vehículos particulares y autobuses que entran,  $S$  es el número de vehículos particulares y autobuses que salen, y  $L$  es la longitud del tramo de vía.

## RESULTADOS

Tomando en cuenta que el tiempo que los autobuses tardan en hacer las paradas es aleatorio, se hicieron varias pruebas, dejando fijo  $G_c$  para cada valor de  $n$  y variando  $m$  en  $P_m$  para cada prueba. Luego se obtuvieron promedios de los distintos valores densidad de tráfico con respecto a cada valor de  $P_m$ . En la figura 1, se puede apreciar cómo varía la densidad de tráfico  $\varphi$  a medida que incrementa el valor probabilístico de ocupación vehicular de transporte público  $P_m$  para distintos valores probabilísticos de ocupación  $G_c$ .

## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Distintos valores de  $G_c$  corresponden a valores de densidad de tráfico muy cercanos que incluso en algunos casos coinciden. Esto se aprecia en la figura 1 cuando  $n$  tiene valores altos ( $n=7$  y  $n=10$ ) y cuando  $n$  tiene valores bajos ( $n=1$  y  $n=3$ ). El otro valor probabilístico de ocupación vehicular ( $n=5$ ) difiere de los demás casos, ya que, al aumentar el valor



probabilístico de ocupación vehicular de transporte público, los valores de densidad de tráfico no se superponen, y los errores obtenidos debido al promedio de las densidades de tráfico de las distintas pruebas son mayores.

A excepción de los valores probabilísticos de ocupación bajos como en  $n = 1$ , para el cual no se presentan cambios, la densidad de tráfico para el resto de los valores de  $n$ , tiende a aumentar en la medida en que se incrementa el porcentaje de autobuses con respecto a vehículos particulares.

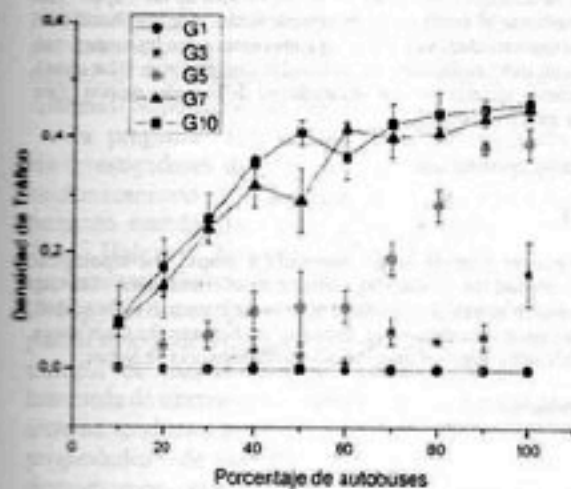


Figura 3. Variación de la densidad de tráfico debido al aumento del porcentaje de circulación de autobuses.  $G_n$  con  $n = 1, 3, 5, 7, 10$  representan las variaciones para diferentes cantidades de vehículos o autobuses que circulan en relación a espacios vacíos.

### CONCLUSIONES

Con un modelo basado en autómatas celulares hemos estudiado el flujo de tráfico en un tramo de una vía urbana unidireccional. Nuestros resultados muestran que la densidad de tráfico tiende a aumentar con el incremento de unidades de transporte colectivo (autobuses). En el modelo planteado, el tiempo de parada de los autobuses para el montaje y desmontaje de pasajeros es aleatorio y, debido a esto, se generan conflictos de fluidez y de desplazamiento vehicular. Por lo tanto, cabe suponer que un control del tiempo de parada y del porcentaje de autobuses respecto a vehículos particulares pueden contribuir a generar una

mayor fluidez en el tráfico urbano.

Los modelos que utilizan autómatas celulares constituyen herramientas computacionalmente eficientes a la hora de realizar estudios y diagnósticos relacionados con la problemática vial y de transporte público de pasajeros, ya que permiten plantear respuestas y soluciones a problemas relacionados con tráfico vehicular.

### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a K. Tucci y a M. Cosenza por fructíferas discusiones, y a Jorge Moreno por asesoría en la parte computacional.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENDA HABITA ESPAÑA. Los nuevos conflictos de la ciudad y el territorio, obtenido de World Wide Web <http://habitat.aq.upm.es/aghhab/aghables5.html>. 1997.
- MINDUR. Dirección de coordinación de planes y programas viales. Manual de Vialidad Urbana, Caracas. 1981.
- RAMÍREZ, M.; MARTÍN, M. Modelado y Simulación del tráfico vehicular empleando autómatas celulares. FCC, BUAP, Pue. México, Abril. 2004.
- WOLFRAM, S. Theory and applications of cellular Automata World Scientific. 1986.