

# Paradoja de Braess

## Propuesta para proyecto final de Simulación

Jordi Legorreta, David López, Ana Muñoz y Paulina Vásquez-Colmenares

### Motivación del tema

Cuando estábamos investigando posibles temas para el proyecto final, nos encontramos con la Paradoja de Braess. La paradoja de Braess dice que cuando mejoramos una red de comunicación, no siempre se mejora el funcionamiento de la misma. Viviendo todos en la Ciudad de México, sabemos que el tráfico es una parte importante de nuestras vidas y nos llamó mucho la atención que contrario a lo que se pensaría, hacer más caminos no siempre va a reducir el tiempo de traslado entre dos lugares. Inspirados en el tiempo que pasamos en el transporte a diario, decidimos simular esto para la Ciudad de México, para así demostrar la veracidad de la Paradoja de Braess.

### Alcance del proyecto

Buscamos comprobar que no siempre, al mejorar una red de comunicaciones (aumentando el número de conexiones), se mejora el funcionamiento de la misma.

### Resultados esperados

La paradoja de Braess indica que alterar una red de carreteras no siempre mejora el flujo de tráfico. De hecho, en muchas ocasiones, se empeora el flujo. En otras palabras, para un trayecto determinado, si le añadimos una ruta alterna para reducir el tiempo de viaje, puede implicar que se aumente el tiempo de viaje.

La paradoja parece carecer de un sentido lógico; sin embargo, ocurre si consideramos que todos los conductores son egoístas. Notamos que cada conductor busca reducir su tiempo de trayecto para sus viajes, sin importarle el tiempo de los demás. De este modo, al abrir una ruta alterna, los conductores usan esta nueva vía puesto que buscan reducir su tiempo de traslado. De esta manera, la nueva ruta tiene una congestión de conductores, por lo que aumenta el tiempo de viaje de todos los conductores.

Por lo anterior, esperamos comprobar la paradoja de Braess para distintos panoramas por medio de la simulación. Por consiguiente, consideramos que en una mayor cantidad de simulaciones aumentará el tiempo de traslado para los conductores, sin importar la red de carreteras.

## Actividades del proyecto

Para lograr el cometido del proyecto, buscaremos **simular una red de tráfico**. El diseño de dicha red considerará un número determinado de caminos desde un mismo punto de salida y que **terminen en el mismo punto de llegada**. Cada camino tendrá asociada una función del **flujo de tráfico que determine el tiempo de viaje**. La simulación deberá considerar que todos los agentes deciden que camino tomar de forma “egoísta” y con información imperfecta, con lo que se logrará encontrar el equilibrio de distribución del flujo de tráfico, en el que ningún agente será capaz de mejorar su tiempo de viaje cambiándose de camino.



Este escenario (equilibrio de Nash para viajeros “egoístas”) será comparado con el escenario planteado por Braess, en el que bajo ciertas circunstancias si reducimos el número de caminos se llega a un mejor equilibrio. Por medio de la simulación se explorarán dichas condiciones, en particular el número de caminos (arcos) que hacen más probable la realización de la paradoja.

## Metodología

La pregunta que se busca contestar es: **¿hay alguna forma de identificar cuando la paradoja de Braess está presente en una red de tráfico, causando lentitud en su flujo?** Es un tanto difícil apreciar cómo la construcción o la eliminación de una calle afectará a la red de tráfico en general. Una mejora local (eliminación de una conexión, por ejemplo) puede causar que el problema se traslade a otra parte del flujo de tráfico. La forma en que la red opera en tiempo real y cómo son los traslados de las personas a diversos puntos de la ciudad no es para nada obvio. Una posible solución a este problema es **simular el flujo de tráfico añadiendo pequeños cambios (agregar o eliminar una calle en ciertas áreas de la ciudad) para así poder tener una idea de cómo sería el comportamiento de las personas al utilizar la nueva estructura de conexiones entre distintos puntos de la ciudad**. La simulación se basará, tanto en la **información de tiempos de trayecto entre las conexiones (información colectiva)**, como en **decisiones de los conductores que estén en función de procesos probabilísticos (información individual)**.

## Referencias

Chotras, P. (2015). *Random Simulations of Braess Paradox*. Arizona State University.

