



# Sistemas Multiagente para la Movilidad Urbana Inteligente

Explorando soluciones innovadoras para las ciudades del futuro

Amparo Alcaraz Tonella A01253885

Rogelio Jesús Villarreal de Ochoa A00838563

Vania Michelle Sánchez Murillo A00838552

Alejandro Uribe Moreno A01253750

# ¿Qué son los Sistemas Multiagente (SMA)?

Los SMA son conjuntos de **agentes autónomos** que interactúan para resolver problemas complejos o realizar funciones específicas. Cada agente percibe su entorno y actúa de forma independiente, sin intervención humana directa.



## Autonomía

Capacidad de operar sin control externo constante.



## Interacción

Los agentes colaboran o compiten para alcanzar metas.



## Adaptabilidad

Reaccionan a situaciones imprevistas y cambian sus comportamientos.

Aunque sus interacciones no siempre son predecibles, los SMA han encontrado aplicaciones en robótica, simulaciones, servicio al cliente y cadenas de suministro.

# El Tráfico Urbano: Un Desafío Global

La congestión vehicular es un problema universal que afecta la calidad de vida y la economía. Solo en EE. UU., cuesta aproximadamente **\$88 mil millones anuales** en productividad perdida.

## Costes Económicos

Pérdida de productividad y aumento de gastos operativos.

## Impacto Ambiental

Mayor emisión de gases contaminantes y ruido.

## Calidad de Vida

Estrés, frustración y tiempo perdido en desplazamientos.

Los sistemas multiagente emergen como una solución prometedora para optimizar el flujo de tráfico, especialmente en intersecciones.

# SMA en el Control de Tráfico

Un estudio de **Castan et al.** demostró la efectividad de los SMA en la optimización del tráfico en intersecciones semaforizadas.

Se utilizó una simulación con datos reales de una intersección en **Ciudad Madero, Tamaulipas**, donde los agentes ajustaron adaptativamente los tiempos de los semáforos a la demanda real de cada vía.

Esta adaptabilidad permite una gestión del tráfico más dinámica y eficiente, reduciendo los tiempos de espera y mejorando la fluidez vehicular.



# Arquitecturas de Agentes en el Tráfico Urbano

En el contexto del tráfico, los agentes pueden representar diferentes elementos del sistema, interactuando para mejorar la eficiencia general.



## **Agentes de Vehículos**

Representan vehículos individuales y sus movimientos.



## **Agentes de Semáforos**

Optimizan patrones de señales para maximizar la eficiencia.



## **Agentes de Estacionamiento**

Guían a los conductores a espacios disponibles en grandes centros.

Estos agentes se basan en la representación de comportamientos de sistemas complejos (Flores-Geronimo et al., 2021).



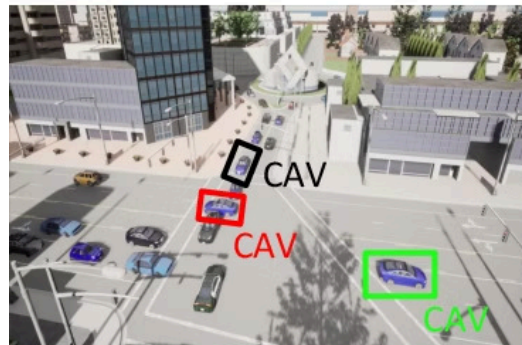
# El Papel de la Simulación en los SMA

Las herramientas de simulación de tráfico son cruciales para la investigación y el desarrollo de SMA. Permiten:

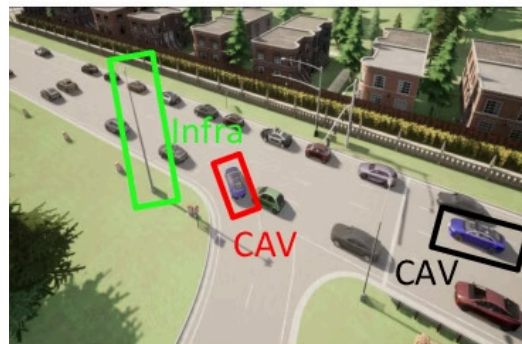
- Recopilar datos a gran escala de forma rápida.
- Estudiar el comportamiento de agentes virtuales que reflejan la infraestructura vial real.
- Evaluar la implementación de medidas antes de su aplicación física.

Esto resulta en **grandes beneficios** al permitir incrementar la eficiencia del flujo de tráfico y mejorar la disponibilidad del transporte, optimizando la toma de decisiones.

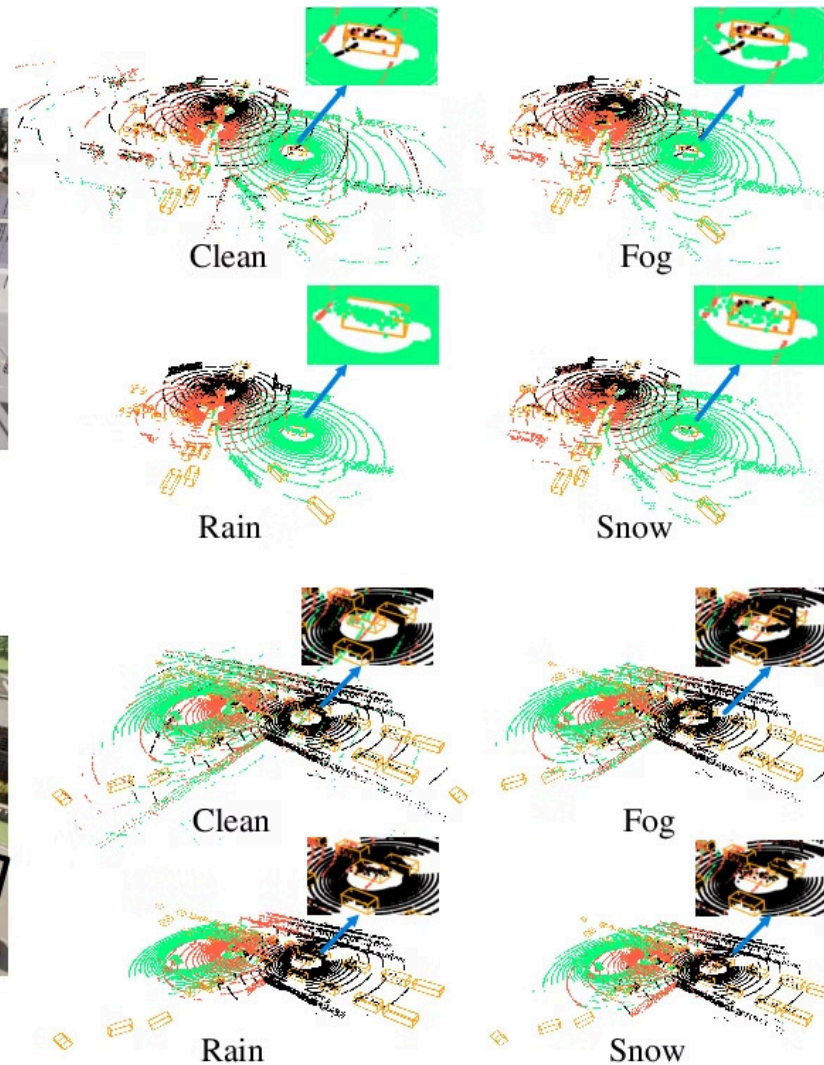
## Multi-agent Perception



(a) V2V



(b) V2X



# Vehículos Inteligentes: Una Extensión de los SMA

Los vehículos autónomos son una aplicación avanzada de los SMA, donde cada componente (vehículo, semáforo, peatón) puede ser un agente.

La **coordinación** entre estos agentes es fundamental para garantizar:

1

## Seguridad

Minimizar riesgos y accidentes.

2

## Eficiencia

Optimizar rutas y reducir la congestión.

3

## Escalabilidad

Manejar un número creciente de vehículos en red.

Protocolos como V2V (vehículo a vehículo), V2I (vehículo a infraestructura) y V2P (vehículo a peatón), junto con técnicas de **aprendizaje por refuerzo** y **deep learning**, mejoran esta coordinación (Medium, 2024).

# Casos de Éxito en la Movilidad Urbana

## Singapur: Diseño de Ciudades



MATSim se usó para comparar redes Loop, Grid y Superblock en una "Nueva Ciudad". Los **Superblocks** demostraron ser superiores al equilibrar acceso y transitabilidad a pie, proporcionando valiosos datos para futuros desarrollos (Maheshwari & Axhausen, 2023).

## Berlín: Impacto de Incidentes Viales



Simulaciones con MATSim en Berlín analizaron el impacto de obras viales e incidentes. Los resultados mostraron que los incidentes causan 5-7 minutos de retraso y que casi la mitad de los viajeros en coche se ven afectados diariamente por obras, facilitando una mejor toma de decisiones y políticas (Ziemke et al., 2018).





# Desafíos y Limitaciones Actuales

A pesar de los avances, los sistemas multiagente aún enfrentan obstáculos significativos:

## Escalabilidad Computacional

El monitoreo de múltiples agentes a gran escala genera complejidades exponenciales (Galileo.ai, 2025).

## Limitaciones de Comunicación

La latencia e interferencia en protocolos V2V y V2I afectan la coordinación en áreas urbanas densas (SmythOS, 2025).

## Brecha Simulación-Realidad

Las herramientas como MATSim no replican aún completamente la imprevisibilidad del comportamiento humano.

Superar estos desafíos es crucial para lograr implementaciones exitosas a gran escala.

# Conclusiones y Perspectivas Futuras

Los Sistemas Multiagente son una **herramienta efectiva** para optimizar la movilidad urbana.

## Eficiencia Comprobada

Éxitos en Ciudad Madero, Singapur y Berlín.

## Coordinación Avanzada

Mediante V2V, V2I, V2P, aprendizaje por refuerzo y deep learning.

## Simulación Estratégica

MATSim invaluable para la planificación urbana.

La **integración de vehículos autónomos** potenciará aún más estas capacidades, impulsando la visión de **ciudades inteligentes y eficientes** del mañana.