

CÁTEDRA DE
TRANSICIÓN
ENERGÉTICA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



PUBLICACIÓN:

*“ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS
AUTÓNOMOS
SOBRE LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN EL TRÁFICO URBANO”*

CÁTEDRA FUNDACIÓN REPSOL DE TRANSICIÓN
ENERGÉTICA:

Movilidad sostenible

Autora Juan Loma de la Vega, Estudiante del Máster en Ingeniería Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid.

Autor: Felipe Jiménez, Catedrático en el Área de vehículos y transporte de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial y Subdirector del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA).

Resumen de la Publicación:

ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA INTRODUCCIÓN DE VEHÍCULOS AUTÓNOMOS SOBRE LAS EMISIONES CONTAMINANTES EN EL TRÁFICO URBANO

Introducción y objetivos del proyecto

En un contexto donde la sostenibilidad y la eficiencia en el transporte son prioritarias, se plantea estudiar la influencia del vehículo autónomo como alternativa para reducir emisiones. El trabajo aborda el impacto de la movilidad autónoma sobre las emisiones contaminantes en entornos urbanos, utilizando como herramienta principal la simulación en Aimsun.

El objetivo del proyecto consiste en analizar la influencia de los vehículos autónomos en la reducción de emisiones mediante la simulación de un tramo real de tráfico urbano en Madrid. Para ello se plantearán escenarios con distintos niveles de automatización.

Además de objetivos de diseño y simulación de un escenario real, recopilación de datos de tráfico y la evaluación de emisiones en diferentes configuraciones del parque vehicular según su nivel de automatización.

Metodología

Se desarrolla la metodología estructurada en varias fases que se ha empleado para la elaboración del trabajo.

1. Selección del tramo de vía a simular.
2. Definición de la vía en el simulador.
3. Caracterizar flujo de tráfico real.
4. Introducir datos de entrada en el simulador.
5. Contrastar datos simulados y reales.
6. Realización de distintos experimentos de simulación.
7. Análisis de resultados.
8. Conclusiones.

Datos de entrada al simulador

El escenario elegido para la simulación es un tramo de la avenida de La Castellana en la ciudad de Madrid, entre Cuzco y el Paseo del Prado, debido a su elevada intensidad de tráfico y proximidad a la ETSII. Se escoge una hora punta (18:00–19:00) para estudiar situaciones de congestión representativas. Esta selección permite analizar los efectos del vehículo autónomo en un entorno urbano congestionado.

Para representar el tráfico real en el simulador Aimsun, se consideran dos métodos principales: el uso de Matrices Origen-Destino (OD) y la caracterización mediante estado de tráfico (flujos y proporciones de giro). Ambos enfoques son válidos, pero se opta por la caracterización por estado

de tráfico, la cual consiste en definir el flujo de vehículos en cada entrada de la red y las proporciones de giro en cada intersección, permitiendo una mayor granularidad en la construcción del escenario, siempre y cuando se disponga de gran cantidad de datos.

Para alimentar el simulador Aimsun con datos reales de tráfico, se ha recurrido al Portal de Datos Abiertos del Ayuntamiento de Madrid. Este portal proporciona un conjunto extenso de mediciones captadas por más de 7.000 detectores repartidos por toda la ciudad, con información detallada de flujo vehicular en tramos específicos, actualizada cada 15 minutos.

Se elige el mes de septiembre de 2023, evitando periodos vacacionales y se acota el análisis al intervalo de 18:00 a 19:00, para capturar una situación de tráfico congestionado.

En cuanto al porcentaje de giro en las intersecciones, al no disponer de una base de datos, se ha estimado mediante observaciones directas sobre el terreno. Estos valores se ajustan de forma iterativa para maximizar la similitud entre la simulación y los datos reales.

En cuanto a la coordinación semafórica, se han realizado observaciones sobre el terreno en varios puntos clave del tramo simulado, midiendo manualmente los ciclos de verde y rojo. Con estos datos, se implementan planes semafóricos fijos en Aimsun, definiendo fases y tiempos de transición para cada intersección. La sincronización entre distintos grupos semafóricos de distintas intersecciones se simplificó utilizando un arranque simultáneo, aunque el software permite configuraciones más complejas. La incorporación de semáforos en el simulador es clave para representar fielmente la dinámica del tráfico urbano, diferenciándola de los entornos interurbanos.

Para la validación del escenario de simulación se evalúa la precisión del modelo simulado comparando los flujos simulados con los reales. Se utiliza el coeficiente de determinación, obteniendo un valor general de 0,84, lo que indica un alto grado de ajuste, asegurando que los resultados de los experimentos posteriores son representativos del comportamiento real del tráfico en el tramo seleccionado.

Modelado de vehículo en Aimsun

Se configuran diferentes tipos de vehículos según su nivel de automatización (HDV, L1– L4), ajustando variables como velocidad, aceleración, sensibilidad y distancia de seguridad, de forma análoga a la Tesis "Study of the Impact on Safety of Sharing Different Levels of Connected and Automated Vehicles Using Simulation-Based Surrogate Safety Measures". Además, se aplican modelos de consumo energético y emisiones contaminantes, utilizando los modelos integrados en Aimsun (Panis y LEM).

Las salidas del simulador incluyen principalmente variables como consumo de combustible, emisiones (CO₂, NO_x, PM, VOC), distancias recorridas, flujos, velocidades y tiempos de viaje. Estas variables se emplean para comparar los distintos escenarios de simulación y extraer conclusiones relevantes sobre el impacto de la automatización del tráfico en la reducción de emisiones. Además, al observar la gran cantidad de variables de salida, queda patente la gran usabilidad de Aimsun para la realización de experimentos de simulación de tráfico.

Se plantean los siguientes experimentos principales:

Comparación de nueve escenarios con distinta proporción de vehículos automatizados. Se observan resultados inesperados, como el aumento de emisiones en algunos escenarios con mayor automatización, lo que puede deberse a los algoritmos de conducción suave o segura que provoca el frenado más frecuente.

Análisis del impacto de los niveles de automatización bajo diferentes grados de intensidad de tráfico (25%, 50%, 75% y 100% del flujo validado). Se concluye que, en condiciones de tráfico más fluido, la automatización sí mejora las emisiones, pero en tráfico denso, los beneficios se reducen o desaparecen.

Conclusiones

En cuanto al desarrollo del proyecto, se logra modelar con éxito un escenario urbano realista, apoyado en datos precisos del tráfico de Madrid y el uso del simulador Aimsun.

En cuanto a los resultados obtenidos, muestran que la automatización vehicular no garantiza por sí sola una reducción de emisiones, especialmente en condiciones de tráfico denso, donde los algoritmos de automatización priorizan la seguridad sobre la eficiencia.

En escenarios de tráfico más fluido, la automatización muestra una clara reducción de contaminantes como CO₂ y NO_x, confirmando su potencial en contextos de tráfico favorable o vías interurbanas.

Por lo tanto, el trabajo aporta evidencia sobre el impacto desigual de la movilidad autónoma según el entorno, subrayando la necesidad de adaptar las estrategias de control y mejorar los modelos de simulación en estudios futuros.