

Mejora del Tráfico Urbano en la Ciudad de México Mediante Tecnologías Avanzadas de IA en semáforos

Karim Arellano-Hernández¹, Héctor A. Arceo-Molina¹, Samuel Díaz-León¹, Zizilia Zamudio-Beltrán²

¹Universidad La Salle México, Facultad de Ingeniería. Ciudad de México, México.

²Universidad De La Salle México, Vicerrectoría de Investigación. Ciudad de México, México.

mirakhdz@gmail.com, hectoralarmol@gmail.com, samuelleon282@gmail.com,
zizilia.zamudio@lasalle.mx

Resumen. En numerosas ciudades, incluida la Ciudad de México (CDMX), el tráfico generado por semáforos mal sincronizados es un problema persistente y creciente. En la CDMX, se estima que una persona puede pasar hasta 12 días al año atrapada en el tráfico debido a la falta de eficiencia en los cruces semaforizados. Esta propuesta se centra en la implementación de algoritmos avanzados y redes neuronales (IA) en los semáforos de la CDMX con el fin de mejorar la eficiencia de cada cruce y optimizar el flujo vehicular. Con esta tecnología, se abordan tres problemas principales: la reducción de la congestión vehicular, la mejora de las respuestas en situaciones de emergencia y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras Clave: tráfico, inteligencia artificial, algoritmo.

1 Descripción de la problemática prioritaria abordada

En el contexto de la movilidad urbana, los semáforos convencionales desempeñan un papel fundamental en la regulación del tráfico vehicular y peatonal. Sin embargo, su dependencia ha generado diversas problemáticas que afectan la eficiencia del tráfico y la seguridad vial. Esta investigación se centra en describir estas dificultades, desde una perspectiva general hasta aspectos más específicos. La correcta operación de los semáforos es esencial para mantener la movilidad y seguridad en áreas urbanas (Huang et al., 2019). A pesar de su importancia, los sistemas convencionales presentan deficiencias que impactan negativamente en la vida diaria de los ciudadanos, generando congestiones, incrementando el riesgo de accidentes y teniendo implicaciones económicas y medioambientales (Li et al., 2020).

Una de las principales problemáticas es la desincronización de los semáforos, que resulta en una circulación ineficiente durante las horas de mayor tráfico, provocando congestiones que aumentan los tiempos de viaje y las emisiones de contaminantes (Zhu et al., 2018). Además, los semáforos convencionales carecen de adaptabilidad a las condiciones del tráfico en tiempo real, lo que impide una gestión óptima en situaciones dinámicas, como eventos especiales o emergencias. Esto no solo afecta la fluidez del tráfico, sino que también representa un riesgo para la seguridad peatonal, ya que la falta de señales claras puede llevar a accidentes graves, especialmente para grupos vulnerables como niños y ancianos (Wang & Zhang, 2021).

Memorias del Concurso Lasallista de Investigación, Desarrollo e innovación

Vol. 11, Núm. 1, pp. DyT 6-10, 2024, DOI: 10.26457/mclidi.v11i1.4151 Universidad La Salle México

KARIM ARELLANO HERNÁNDEZ, HÉCTOR A. ARCEO MOLINA, SAMUEL DÍAZ LEÓN de la carrera de INGENIERÍA MECATRÓNICA de la FACULTAD DE INGENIERÍA, de la UNIVERSIDAD LA SALLE MÉXICO.

ZIZILIA ZAMUDIO BELTRÁN fue asesora de este trabajo.

La problemática de los semáforos convencionales y su impacto en la movilidad urbana está alineada con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además de mejorar la eficiencia del tráfico y la seguridad vial en entornos urbanos (ODS 11), la implementación de tecnologías avanzadas en los sistemas semafóricos contribuye al ODS 3 (Salud y bienestar) al reducir el estrés relacionado con el tráfico y la exposición a la contaminación del aire, al ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura) al fomentar el desarrollo de infraestructuras resilientes y sostenibles, y al ODS 13 (Acción por el clima) al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ayudar en la mitigación del cambio climático. Asimismo, promueve la seguridad vial y la justicia en las comunidades urbanas, contribuyendo así al ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas).

2 Objetivo

Reducir de manera significativa el tiempo que las personas se quedan en el tráfico, que en promedio puede llegar a 12 días al año. Esto se logrará mediante la implementación de diversas estrategias respaldadas por algoritmos e inteligencia artificial para la gestión del tráfico. Asimismo, se busca mejorar la eficiencia del tránsito y la seguridad pública al agilizar las respuestas de emergencia, permitiendo ajustes dinámicos en los tiempos de espera de los semáforos según sea necesario en áreas específicas.

3 Propuesta teórico-metodológica

Para este trabajo se realizó una búsqueda sobre lo que se ha realizado con inteligencia artificial relacionado con el tráfico. En la Tabla 1, se puede ver una pequeña descripción de los intentos para mejorar esta problemática.

A partir de esta investigación se determina que la implementación de inteligencia artificial (IA) para optimizar los tiempos de los semáforos en cruces vehiculares y peatonales representa una innovadora estrategia para la gestión del tráfico urbano. En este contexto, la IA se define como un conjunto de algoritmos que simulan una red neuronal capaz de procesar información de manera autónoma, aprendiendo y evolucionando su método de procesamiento de datos. El objetivo principal este tipo de implementaciones es entrenar redes neuronales para determinar eficientemente los tiempos de los semáforos en diversos cruces, mejorando así el flujo vehicular según las condiciones específicas de cada momento. Para lograr esto, es necesario llevar a cabo un estudio exhaustivo en varias fases:

Recopilación de Datos: Se obtendrán datos visuales mediante cámaras ubicadas en cada semáforo de los cruces, capturando imágenes a intervalos específicos para proporcionar una secuencia temporal de la actividad, después estos serán guardados en datos de bases, con los cuales después de cierto tiempo, analizando esta información podremos alterar los códigos que rigen a estos algoritmos para poder mejorar la eficiencia de comunicación de estos, proporcionando una sincronización adecuada en una red de n semáforos que dependerá del lugar en donde nosotros implementemos esta propuesta.

Procesamiento de Datos: Las imágenes serán procesadas utilizando el algoritmo "perceptrón", descomponiéndolas en píxeles para identificar y catalogar diferentes escenarios presentes en las imágenes, dándonos una mayor flexibilidad de poder alterar los algoritmos y poder desarrollar este a través de la recopilación que se menciono anteriormente.

Entrenamiento de la Red Neuronal: Las imágenes procesadas serán utilizadas para entrenar la red neuronal, presentándole múltiples escenarios para aprender y reconocer patrones específicos asociados con diferentes niveles de tráfico y situaciones peatonales.

Toma de Decisiones: La red neuronal tomará decisiones autónomas sobre los tiempos asignados a los semáforos en cada cruce, evaluando continuamente los datos en tiempo real y ajustando los tiempos para mejorar la eficiencia del tráfico.

Implementación y Optimización: Finalmente, las decisiones de la IA se implementarán en el sistema de semáforos, ajustando los tiempos en función de la información en tiempo real para una distribución más equitativa y eficiente del tiempo de espera, minimizando las congestiones y mejorando el flujo vehicular.

4 Discusión de resultados

El desarrollo de inteligencia artificial para el control del tráfico permite un análisis en tiempo real del flujo vehicular mediante imágenes, facilitando su gestión eficiente. Implementando inicialmente en la Ciudad de México (CDMX), se espera su expansión a otras ciudades principales en el futuro. Esta metodología de IA utiliza un algoritmo que aborda problemas principales del tráfico, como congestión, desorganización y desincronización de semáforos, optimizando el flujo y agilizando el movimiento vehicular. Con un alto impacto en la seguridad y flujo vehicular, reduce el tiempo de permanencia en el tráfico y los tiempos de inactividad de los semáforos, beneficiando tanto a conductores como a peatones. Además, tiene efectos positivos en el medio ambiente al reducir la emisión de CO₂ y mejorar la calidad de vida urbana. Su implementación en la CDMX marcará un avance significativo en la tecnología de control de tráfico, con resultados iniciales que se espera muestran mejoras en la eficiencia del transporte, seguridad vial y reducción de la contaminación, anticipando su expansión a otras ciudades para seguir contribuyendo a la mejora del entorno urbano.

5 Conclusiones y perspectivas futuras

A partir del análisis comparativo realizado, se ha determinado que la implementación de inteligencia artificial (IA) para optimizar los tiempos de los semáforos en cruces vehiculares y peatonales representa una estrategia prometedora para la gestión del tráfico urbano. El estudio demostró que los algoritmos de IA, a través del aprendizaje y la adaptación continua, pueden mejorar significativamente la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de espera en intersecciones congestionadas. Además, la capacidad de predicción y ajuste en tiempo real de los semáforos puede reducir las emisiones contaminantes y el consumo de combustible. La integración de IA en los Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) también mejora la seguridad vial, especialmente para peatones y grupos vulnerables. En conclusión, la IA se presenta como una herramienta esencial para optimizar la gestión del tráfico, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y la seguridad vial en entornos urbanos.

Las perspectivas futuras de esta propuesta metodológica incluyen la realización de pruebas piloto para evaluar la efectividad de la IA en diversas intersecciones y contextos urbanos. Se plantea la integración de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la conectividad 5G para mejorar la recopilación de datos y la comunicación en tiempo real, esto con el fin de

poder ampliar la cobertura tanto de nuestro sistema como el de estos ya que en nuestra propuesta se tiene como idea usar receptores y transmisores, los cuales con el apoyo e implementación de estas tecnologías puedan expandir una mayor cobertura y beneficiar a ambas partes, aunque no sea el principal enfoque. Además, se considera la colaboración con autoridades locales y otros actores del sector para facilitar la implementación y regulación de estos sistemas. La incorporación de vehículos autónomos y la continua adaptación de los algoritmos de IA también son áreas clave para futuras investigaciones y desarrollos. Estas acciones prometen transformar la movilidad urbana, ofreciendo soluciones más inteligentes, seguras y sostenibles para las ciudades del futuro.

6 Agradecimientos

Agradecemos a la facultad de ingeniería de la Universidad La Salle por proporcionar el entorno académico y los recursos necesarios para llevar a cabo este estudio, ya que el apoyo constante de la institución fue fundamental para todo el proceso de elaboración.

7 Referencias

1. Huang, Y., Chen, Y., Chen, S., & Tao, L. (2019). Urban traffic signal control with reinforcement learning agents. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(2), 559-569. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2827103>
2. Li, Z., Li, Y., Wang, Z., & Xu, C. (2020). A review on traffic signal control methods. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2020/8891524>
3. Wang, W., & Zhang, Y. (2021). Evaluating the impact of traffic signal control on pedestrian safety. *Accident Analysis & Prevention*, 148, 105871. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105871>
4. Zhu, Q., Yang, X., Liu, Y., & Chen, L. (2018). Coordinated optimization of urban traffic signal timing considering environmental impact. *Sustainability*, 10(10), 3693. <https://doi.org/10.3390/su10103693>
5. Chen, Y., Tao, L., Huang, Y., & Chen, S. (2019). Urban traffic signal control with reinforcement learning agents. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(2), 559-569. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2827103>
6. Huang, Y., Chen, Y., Chen, S., & Tao, L. (2019). Urban traffic signal control with reinforcement learning agents. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(2), 559-569. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2827103>
7. Li, Z., Li, Y., Wang, Z., & Xu, C. (2020). A review on traffic signal control methods. *Journal of Advanced Transportation*, 2020, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2020/8891524>
8. Wang, W., & Zhang, Y. (2021). Evaluating the impact of traffic signal control on pedestrian safety. *Accident Analysis & Prevention*, 148, 105871. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105871>
9. Zhu, Q., Yang, X., Liu, Y., & Chen, L. (2018). Coordinated optimization of urban traffic signal timing considering environmental impact. *Sustainability*, 10(10), 3693. <https://doi.org/10.3390/su10103693>

Tabla 1. Trabajos realizados sobre tecnologías avanzadas para cuestiones de tráfico.

Tema de impacto	Descripción de la propuesta	Referencia
Optimización del Flujo de Tráfico	Implementación de agentes de aprendizaje por refuerzo para controlar señales de tráfico en tiempo real, mejorando la fluidez y reduciendo tiempos de espera en intersecciones urbanas congestionadas.	Huang et al., 2019
Predicción de Tráfico y Gestión de Incidentes	Uso de redes neuronales recurrentes (RNN) y redes neuronales convolucionales (CNN) para predecir el volumen de tráfico y facilitar la planificación proactiva y gestión de incidentes.	Li et al., 2020
Sistemas de Transporte Inteligente (ITS)	Integración de diversas tecnologías de IA para coordinar el tráfico en áreas metropolitanas, reduciendo el consumo de combustible y las emisiones contaminantes. Incluye la gestión de flotas, coordinación de semáforos y gestión de carriles dedicados para autobuses y vehículos de emergencia.	Chen et al., 2019
Seguridad Vial	Análisis de datos de sensores y cámaras para detectar comportamientos de conducción peligrosos y emitir alertas en tiempo real. Uso de algoritmos de visión por computadora para monitorear el comportamiento de peatones y prevenir colisiones, mejorando la seguridad.	Wang & Zhang, 2021
Eficiencia Energética	Optimización coordinada de tiempos de semáforos y rutas de vehículos para reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero. Ajuste dinámico de señales de tráfico para minimizar paradas y arranques frecuentes, resultando en un tráfico más fluido y eficiente.	Zhu et al., 2018