

Reconocimiento Automático de Matrículas para Detección de Vehículos con Reporte de Robo

Juan José Moreno Miguel, Esaú Gutiérrez Jiménez, Karla Alejandra Jiménez Martínez,
Blanca Rosa Zamudio Rodríguez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos

Resumen

Este trabajo se realizó para abordar el robo de vehículos en México, una problemática que representa una seria amenaza para la seguridad humana y el patrimonio de los ciudadanos. El desarrollo de este software de detección de matrículas vehiculares con reporte de robo se plantea como una solución tecnológica para contribuir al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 16, que busca reducir todas las formas de violencia en el mundo. Para ello se planteó como meta de ingeniería desarrollar un software que detecte de forma óptima los caracteres de una matrícula de vehículo en condiciones controladas y no controladas con una confiabilidad mayor al 95%. Para el desarrollo del software se utilizó metodología en espiral, que comprende fases de análisis, planificación, desarrollo y pruebas. Se utilizaron diversas técnicas de visión por computadora, incluyendo el modelo de detección y clasificación de imágenes con el algoritmo YOLOv8s para entrenar el software y EasyOCR junto con PyTesseract como herramientas OCR. El proceso implicó la evaluación cuidadosa de escenarios del mundo real y conjuntos de datos diversos, permitiendo que el software identificara con precisión las matrículas. Hasta el momento se han realizado 3 entrenamientos de los cuales dos se realizaron en un sistema con un procesador Intel Core i5 de 11ª generación y el tercero se realizó en los servidores Google Colab, refinando la precisión del software en múltiples iteraciones. El software, tras pruebas y mejoras rigurosas, logró una precisión notable del 95% en la detección de matrículas, incluso en entornos dinámicos.

Abstract

This work was carried out to address vehicle theft in Mexico, a problem that represents a serious threat to the human safety and assets of citizens. The development of this software for detecting vehicle license plates with theft reporting is proposed as a technological solution to contribute to the fulfillment of Sustainable Development Goal 16, which seeks to reduce all forms of violence in the world. To this end, the engineering goal was to develop software that optimally detects the characters of a vehicle license plate under controlled and uncontrolled conditions with a reliability greater than 95%. For the development of the software, a spiral methodology was used, which includes analysis, planning, development, and testing phases. Various computer vision techniques were used including image detection and classification model with YOLOv8s algorithm to train the software and EasyOCR along with PyTesseract as OCR tools. The process involved careful evaluation of real-world scenarios and diverse data sets, allowing the software to identify license plates accurately. So far, 3 training sessions have been carried out, two of which were carried out on a system with an 11th-generation Intel Core i5 processor and the third was carried out on Google Colab servers, refining the accuracy of the software over multiple iterations. The software, after rigorous testing and improvement, achieved a remarkable 95% accuracy in license plate detection, even in dynamic environments.

Palabras Clave: Inteligencia Artificial, Reconocimiento de imágenes, Seguridad

Keywords: Artificial Intelligence, Image Recognition, Security

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe el desarrollo de un software para la detección de matrículas vehiculares que obedece a la creciente problemática de robo de vehículos siendo una amenaza para la seguridad en México. Por tal motivo el objetivo de este proyecto es desarrollar un software como herramienta digital para el

reconocimiento de imágenes y la detección e identificación de vehículos robados mediante sus matrículas y de este modo contribuir en el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 16 en su meta 16.1 que indica reducir significativamente todas las formas de violencia en todo el mundo. Para el desarrollo del software se utilizó inicialmente el modelo de detección de caracteres de PyTesseract y EasyOCR y se realizó un entrenamiento con el algoritmo YOLOv8s con una duración de aproximadamente 3 horas en un sistema con un procesador Intel Core i5 de undécima generación teniendo como resultado un 85% de precisión, en busca de mejorar la precisión se optó por utilizar la herramienta Google Colab donde finalmente se obtuvo un 95% de precisión.

Justificación

El desarrollo del software con modelos computacionales permite automatizar el proceso de detección para identificar matrículas de vehículos involucrados en posibles actos de delincuencia, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para complementar los esfuerzos de los cuerpos de seguridad en la recuperación de vehículos robados siendo también una medida preventiva importante. Esta colaboración entre la tecnología y los esfuerzos humanos forma un equipo de trabajo integral, aumentando significativamente la eficiencia en la detección y recuperación de vehículos robados.

Planteamiento del problema

El robo de vehículos en México representa una amenaza latente para la seguridad y el patrimonio de los ciudadanos, así como para el orden público y la movilidad urbana. Según el Informe sobre el robo de vehículos en México 2022, se registraron 78,847 robos de vehículos asegurados en el país, lo que equivale a un promedio de 216 robos diarios. Entre estos incidentes, el 58% implicó violencia, lo cual hace que sea aún más la gravedad el problema. Los estados más afectados fueron Estado de México, Jalisco, Ciudad de México, Guanajuato y Puebla, lo que demuestra la amplitud geográfica del fenómeno. Sin embargo, estas cifras solo representan una fracción del problema real, ya que se estima que solo el 30% del parque vehicular en México está asegurado. Además, de los vehículos robados, solo se recuperó el 39.4%, lo que deja a casi la mitad de los vehículos robados sin recuperar y sin información alguna sobre su paradero. Actualmente el desarrollo de modelos computacionales permite resolver uno de los problemas bandera de la sociedad actual que es la inseguridad pública, entonces nace la pregunta ¿es posible conseguir una buena precisión para que el modelo pueda detectar de forma óptima los dígitos de una matrícula de auto en condiciones controladas y no controladas?

Antecedentes

En México y en algunas otras partes del mundo, existen diversas iniciativas que han abordado el reconocimiento de matrículas vehiculares para mejorar la seguridad y prevenir el crimen. Estos proyectos incluyen el "Sistema de Reconocimiento de Placas Vehiculares" (Delgado-Montiel, 2010) con una precisión del 99.84% en caracteres entrenados. Además, Herrera (2013) logró un 86% en la extracción de parrillas y 89% en la clasificación de marca y modelo. Méndez (2014) alcanzó una precisión del 96% en entornos controlados. Alpuche (2016) empleó OCR para una precisión del 84%. Noriega (2018) obtuvo un 93.78% usando vectorización de imagen. Palma (2020) logró un 95% en detección por cámara web, y Ramírez & Mack (2020) alcanzaron el 95% con redes neuronales convolucionales. España (2021) logró un 99.2% con el algoritmo KNN en placas colombianas, mientras que Caballero (2021) obtuvieron un 81.94% con OCR para imagen y video. Además, Huallpa et al. (2023) lograron un 86.4% con el algoritmo SVM para detectar matrículas en distintos ángulos y distancias. Estos avances representan mejoras significativas en el procesamiento de imágenes para la

detección de matrículas vehiculares en México. Aunque cada sistema tiene sus particularidades, demuestran el potencial de la tecnología para abordar desafíos importantes en seguridad pública. La constante evolución de estas tecnologías promete seguir contribuyendo a la prevención y resolución de delitos relacionados con vehículos en el país.

2. METODOLOGÍA

La meta de ingeniería planteada para este proyecto fue el Desarrollo de un software que detecte de forma óptima los dígitos de una matrícula de auto en condiciones controladas y no controladas con una confiabilidad mayor al 95%. El Objetivo General se planteó como: Desarrollar un software como herramienta digital a través de reconocimiento de imágenes para la detección e identificación de vehículos robados mediante sus matrículas y de este modo contribuir en el cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 16 de la Agenda 2030.

En este proyecto, se desarrolló un software innovador utilizando la tecnología de visión por computadora para identificar vehículos robados a través del análisis de sus matrículas vehiculares. El proceso de desarrollo siguió la metodología en espiral, dividida en cuatro fases esenciales tal y como se observa en la figura 1.



Figura 1. Metodología en espiral para desarrollo de software

En la etapa de análisis, se evaluaron diversos aspectos de la vida cotidiana, incluyendo tecnología, economía y seguridad, para identificar el lugar más viable para implementar el software. La fase de planificación involucró la preparación de recursos y la elección de herramientas como Python para programación, MySQL para la base de datos y PyCharm como editor de código. En la fase de desarrollo, se empleó el algoritmo YOLO para la detección de matrículas, requiriendo un entrenamiento cuidadoso con un conjunto de datos diversos, incluyendo matrículas de varios países. El set de datos utilizado para el entrenamiento de la red neuronal se muestra en la figura 2.



Figura 2. Set de datos para entrenamiento de la red neuronal

Se realizaron pruebas y etiquetado de imágenes para enseñar al modelo las características de las matrículas reales, como se observa en la figura 3.



Figura 3. Herramienta para etiquetado de imágenes

Luego, se procedió a la conversión de datos y se dividió el conjunto en datos de entrenamiento (80%) y datos de validación (20%). El modelo se entrenó utilizando YOLOv8n durante 30 épocas, con una duración de aproximadamente 3 horas en un sistema con un procesador Intel Core i5 de undécima generación.

3. RESULTADOS

En esta etapa de desarrollo del software, se realizaron pruebas exhaustivas para evaluar su desempeño. Se implementó una interfaz que mostraba cuadros alrededor de las matrículas detectadas, y a través de la consola se obtenían los valores correspondientes. Inicialmente, el modelo mostró una confianza baja, fluctuando alrededor del 40%.

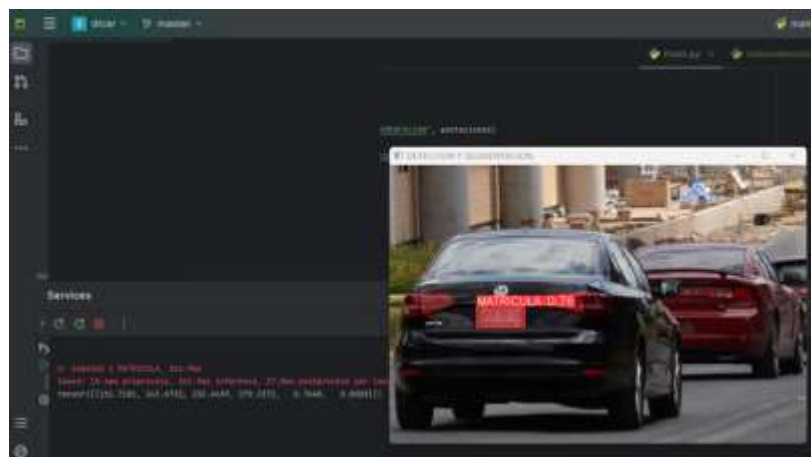


Figura 4. Detección de matrícula

Para mejorar la precisión, se decidió cambiar el modelo de detección de caracteres de pytesseract a EasyOCR y realizar un nuevo entrenamiento con el algoritmo YOLOv8s. Este proceso de entrenamiento duró seis horas, con el sistema utilizando el 80%-90% de la capacidad de CPU.

Se logró una precisión del 85%, según la gráfica de la curva de precisión de confianza proporcionada por el modelo de entrenamiento. Las pruebas posteriores mostraron mejoras significativas, alcanzando una precisión del 75%-85%.

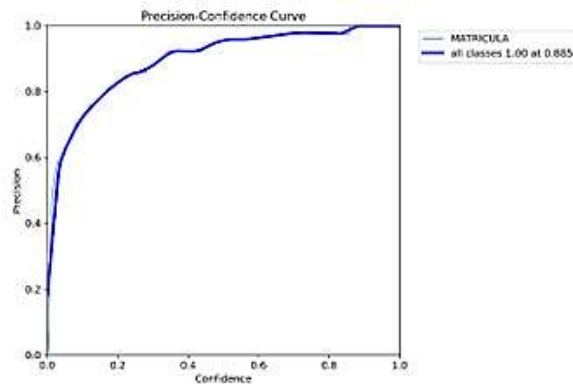


Figura 5. Gráfica de curva de precisión de confianza

Además de las pruebas estáticas, se llevaron a cabo pruebas dinámicas en tiempo real con un teléfono móvil, simulando la detección de matrículas a unos 10 metros de distancia utilizando el zoom digital del dispositivo. Aunque se logró detectar la matrícula, algunos caracteres no se identificaron eficientemente.



Figura 6. Detección de matrículas con el nuevo modelo entrenado

Detección de matrícula con reporte de robo en un video pregrabado, con base en la base de datos local para prueba se muestra en la figura 7.



Figura 7. Detección de matrículas con video pregrabado

En la tabla 1 se muestra una comparativa de los resultados de los 3 entrenamientos realizados durante este proyecto.

Tabla 1. Comparativa de los entrenamientos realizados

Algoritmo de entrenamiento usado	Épocas de entrenamiento	Tiempo de entrenamiento	Hardware usado	Precisión máxima alcanzada
1° Entrenamiento YOLOv8n	30	3 horas	Laptop (Con procesador Intel Core i5 de undécima generación, sin tarjeta gráfica)	40%
2° Entrenamiento YOLOv8s	50	7 Horas	Laptop (Con procesador Intel Core i5 de undécima generación, sin tarjeta gráfica)	85%
3° Entrenamiento YOLOv8n	130	20 Minutos	Servidores de Google Colab	96%

Los resultados obtenidos son una primera etapa del objetivo final: la detección de matrículas a través de cámaras IP. Se espera que, con cámaras de mayor resolución en futuras pruebas, se obtengan resultados aún mejores. Los resultados obtenidos validaron la capacidad del software para detectar matrículas y relacionarlas con la base de datos de vehículos robados, un paso crucial hacia la implementación efectiva del sistema para combatir el robo de vehículos. El software desarrollado tiene la capacidad de detectar matrículas vehiculares en un entorno controlado. En pruebas estáticas con buena iluminación, logró detectar 6 de cada 10 imágenes, pero en un ambiente dinámico con vehículos en movimiento, esta tasa de detección disminuyó a 4 de cada 10 matrículas presentadas. A pesar de este desafío, el software continúa en desarrollo y se está probando en diversos entornos.

Actualmente el prototipo funcional opera identificando la fuente del video (cámaras IP, cámaras web), redimensionando el video a 640px por 640px para un mejor procesamiento y utilizando un modelo de identificación de matrículas en cada fotograma del video. Si se detecta una matrícula, se realiza la segmentación para identificar los caracteres. Luego, se utiliza una biblioteca para extraer el texto de la matrícula, seguido de una limpieza para eliminar caracteres no deseados. Posteriormente, se busca la matrícula en una base de datos para determinar si tiene un reporte de robo. Finalmente, la información de la matrícula se presenta a través de una interfaz gráfica tal y como ilustra la figura 8.



Figura 8. Esquema de funcionamiento del software

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar de las limitaciones en entornos dinámicos, el software sigue siendo probado y mejorado para su aplicación en la identificación de matrículas vehiculares, como una alternativa más accesible económicamente a las opciones comerciales disponibles actualmente. El desarrollo de este sistema para detectar matrículas y generar alertas sobre vehículos reportados como robados representa un avance significativo en la seguridad y el control vehicular, al facilitar la identificación rápida de vehículos sospechosos, sino que también contribuye a la prevención del delito y a la recuperación exitosa de automóviles robados. La aplicación de la tecnología y especialmente de la inteligencia artificial a diversos ámbitos de la vida cotidiana es primordial para mejorar los procesos actuales en el caso de la seguridad pública el impacto es considerable, ya que la capacidad de los cuerpos de vigilancia y policíacos para detectar automáticamente vehículos robados a través de sistemas de vigilancia automatizados puede agilizar los tiempos de respuesta, mejorar la coordinación entre agencias y, en última instancia, aumentar la efectividad en la prevención y resolución de delitos relacionados con vehículos. Además de lo anterior la realización de este proyecto promueve el desarrollo tecnológico y la innovación, al impulsar la investigación y la aplicación de técnicas de aprendizaje automático, procesamiento de imágenes y visión artificial para la solución de los robos de vehículos en nuestra ciudad, estado e inclusive nuestro país.

REFERENCIAS

- [1] Alpuche, Velázquez, R. (2016). Una aplicación para el Reconocimiento Automático de Número de Placa en Contexto Mexicano. Uv.mx.
<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46836/AlpucheVelazquezRafael.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- [2] Caballero Julián, F. G., Díaz Vega, L. R., Jiménez Ramos, V. M., Velásquez Cruz, I., Domínguez Ramírez, A. & Pérez Solano, M. A. (2021). Avances de investigación en ingeniería aplicada. Identificación y Reconocimiento de Placas de Automóviles por OCR. Researchgate.net. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Pech-May-2/publication/373012372_LibroENC10Marzo2023/links/64d3bb9dc80b930269fb6c6b/LibroENC10Marzo2023.pdf#page=406
- [3] Cuadros Zamorano, O., Barrera Pérez, J., & Gómez Velázquez, L. A. (2022). Prototipo de sistema de seguridad para rápida identificación de un vehículo robado. Instituto Politécnico Nacional.
- [4] Delgado Montiel, J. L. (2010). Reconocimiento de placas vehiculares. Ipn.mx.
<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/9880/1/221.pdf>
- [5] España Chamorro, C. D. (2021). Identificación de caracteres en placas de carros colombianos utilizando diferentes técnicas para su estudio comparativo. Bibliotecadigital.udea.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/25366/1/EspanaChristian_2021_DeteccionCaracteresPlacas.pdf
- [6] García Hernández, J. A. & Martínez Hernández, J. A. (2019). Sistema contra robo de vehículos PI Security Car. Instituto Politécnico Nacional.
- [7] Herrera Martínez, A. (2013). Reconocimiento de marca y modelo de vehículos en entornos no controlados. Repositorioinstitucional.mx. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/263/1/HerreraMA.pdf>
- [8] Huallpa, E. C., Sullon Macalupu, A.A., Otazu Luque, J. E. & Sánchez Garces, J. (2023). Determinación del mejor algoritmo de detección de matrículas en ambientes controlados y no controlados. Scielo.pt. <https://scielo.pt/pdf/rist/n49/1646-9895-rist-49-83.pdf>
- [9] Martínez Carballido, J. (2013). Reconocimiento de marca y modelo de vehículos en entornos no controlados. Repositorioinstitucional.mx. <https://inaoe.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1009/263/1/HerreraMA.pdf>
- [10] Méndez MSc, A. (2014). Sistema de reconocimiento de imagen para detección de placas de vehículo obtenidas con cámara web, basado en lenguaje de programación Matlab. Uisrael.edu.
<https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/859/1/UISRAEL%20-%20EC%20-%20ELDT%20-%20378.242%20-%20124.pdf>
- [11] Noriega Pando, M. A. (2018). Aplicativo de Reconocimiento de Placas vehiculares para mejorar la Detección de vehículos robados en la Municipalidad Provincial de Trujillo 2018. Repositorio.ucv. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35656>
- [12] Palma Jaramillo, M. A., Vaca Moscoso, R. V., Torres Berru, Y. M., Granda Gutiérrez, D. E. & León Pinzón, L. F. (2020). Diseño de un prototipo para cobro de peajes con visión artificial. Dialnet.unirioja. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7518065>

- [13] Prado, G. M. (2022). Modelo para la identificación de matrículas en la Ciudad de México mediante algoritmos de aprendizaje automático. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8510584>
- [14] Ramírez Mejía, B. J. & Mack Rolly, T. A. (2020). Reconocimiento automático de placas de rodaje utilizando una red neuronal convolucional para el ingreso de vehículos en la universidad Ricardo Palma. Repositorio.urp. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3646/ELEC-To3o_46063228_T%20%20%20TITO%20APAZA%20MACK%20ROLLY.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [15] Vilalta Perdomo, C. J. (2011). El robo de vehículos en la ciudad de México. Patrones espaciales y series de tiempo. *Gestión y Política Pública*, 20(1), 97-139

Correo de autor de correspondencia: kjimenezm@itesco.edu.mx