



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PLACAS DE  
VEHÍCULOS MEDIANTE TRANSFORMADA DE WAVELET**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Electrónico

AUTOR: Jorge Mario Heredia Palma

TUTOR: Luis Germán Oñate Cadena

Quito-Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jorge Mario Heredia Palma, con documento de identificación N° 0912031457, manifiesto que:

Soy el autor responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 19 de enero del año 2024

Atentamente,



---

Jorge Mario Heredia Palma

0912031457

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jorge Mario Heredia Palma, con documento de identificación N° 0912031457, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del artículo académico: “Desarrollo de un Sistema de reconocimiento de placas de vehículos mediante transformada de Wavelet”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de enero del año 2024

Atentamente,



---

Jorge Mario Heredia Palma

0912031457

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Germán Oñate Cadena, con documento de identificación N° 1712157401, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE PLACAS DE VEHÍCULOS MEDIANTE TRANSFORMADA DE WAVELET, realizado por Jorge Mario Heredia Palma, con documento de identificación N° 0912031457, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de enero del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Luis Germán Oñate Cadena, MSc

1712157401

## **DEDICATORIA**

A mi amada esposa Andrea Valarezo, cuyo amor y apoyo han sido mi faro en la oscuridad. A mi hijo Neythan Heredia, que es la promesa de un mañana mejor. A mi madre Shirley Palma, cuyo amor incondicional ha sido mi guía. A mi suegra Fanny Pérez, cuya sabiduría y bondad han enriquecido mi vida. Y a mi padre Jorge Heredia, cuya fortaleza y valor son mi inspiración constante. Este trabajo es un tributo a todos ustedes, que han sido mi apoyo, mi motivación y mi alegría. Que estas palabras sean un reflejo de mi gratitud y amor por cada uno de ustedes. Gracias por ser mi familia, mi refugio y mi luz en el camino de la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mi tutor, el Ing. Luis Oñate, cuya guía y apoyo han sido invaluableles durante mi trayectoria académica. También estoy agradecido con el Ing. Juan Carlos Domínguez, cuyas valiosas observaciones y sugerencias han enriquecido este trabajo. Mi gratitud también se extiende a la Ing. Verónica Soria, cuya dedicación y compromiso con la educación son verdaderamente inspiradores. Finalmente, quiero agradecer a todo el personal docente que ha contribuido a mi formación académica y personal. Su sabiduría y paciencia han dejado una huella indeleble en mi vida. Gracias por su tiempo, esfuerzo y dedicación.

# Desarrollo de un sistema de reconocimiento de placas de vehículos mediante Transformada de Wavelet.

Heredía Jorge<sup>1</sup> and Oñate Luis<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica Salesiana, Quito NJ 08544, Ecuador

jherediap@est.ups.edu.ec

lonate@ups.edu.ec

## Resumen

La presente investigación se centra en la aplicación de la técnica “transformada de Wavelet” para el reconocimiento automatizado de los códigos de placas de vehículos. El objetivo es mejorar la identificación de matrículas vehiculares mediante procesamiento de imágenes y transformada Wavelet. El sistema consta de varios componentes: adquisición de imágenes a través de una cámara de seguridad, procesamiento de imágenes mediante bibliotecas de Python y el almacenamiento de los resultados en una base de datos. La Transformada de Wavelet se aplica para mejorar las características de la imagen, permitiendo así la detección de regiones de placas. El enfoque logró una precisión del 92.12%, y se destaca el poder de la transformada de Wavelet en el análisis de imágenes y procesamiento de señales, aunque las limitaciones en la calidad de la imagen debido a la cámara, condiciones de iluminación y las variaciones del estado de las placas pueden afectar la precisión. Posteriormente se podría implicar la integración de la transformada de Wavelet con técnicas adicionales de procesamiento de imágenes o aprendizaje automático para mejorar los resultados, especialmente en escenarios difíciles como los horarios nocturnos. Se eligió la transformada Wavelet por su capacidad para analizar tiempo y frecuencia en imágenes. Sin embargo, mostró limitaciones con calidad de imagen, iluminación y variedad de vehículos. El primer experimento tuvo 120 reconocimientos precisos y 21 incorrectos; el segundo, 126 precisos y 15 incorrectos. Se deben abordar desafíos específicos, como la detección nocturna y la variabilidad del color, para mejorar el sistema de reconocimiento de matrículas.

**Palabras Clave** Transformada de Wavelet. Reconocimiento. Placas. Vehículos. Tesseract.

## Abstract

This research focuses on the application of the Wavelet transform technique for the automated recognition of vehicle license plates through their plate. This study aims to improve the identification of vehicle license plates through image processing and pattern recognition. The system consists of several components, including image acquisition through a security camera, image processing using

Python libraries, and storage of results in a database. The Wavelet Transform is applied to improve the image features, allowing the detection of plate regions. The approach achieved an accuracy of 65.3% in plate identification, with potential areas for improvement identified as nighttime detection and variation in vehicle colors. The research highlights the power of the Wavelet transform in image analysis and signal processing, although limitations in image quality, lighting conditions, and plate variations can affect accuracy. Additional work could involve integrating the Wavelet transform with additional image processing or machine learning techniques to improve results, especially in challenging scenarios such as detection during nighttime hours.

**Keywords** Wavelet Transform, recognition, plates, vehicles, Tesseract.

## 1 Introducción

El nivel de crecimiento que experimenta el parque automotor en la República del Ecuador fluctúa desde hace unos años entre el 11%[1] y 13%[2] acorde a los datos publicados por Diario la Hora. Aunque este porcentaje es menor al 20% que se registra a nivel regional[2], no por ello desmerece la exigencia de estrategias encaminadas a la identificación y control del tráfico vehicular con las que se propenda a garantizar la seguridad vial

A lo largo de las últimas tres décadas, la identificación vehicular a través de medios automatizados ha facilitado el desarrollo de muchas aplicaciones prácticas, especialmente las que se refieren a la seguridad vial[3], control de acceso y salida a estacionamientos o el cobro de servicios, tal y como sucede con los peajes a través de la identificación vehicular por radio frecuencia (RFID por sus siglas en inglés). El control del tráfico a través de la identificación y monitoreo de flujo vehicular en tiempo real también se beneficia de esta tecnología, para lo cual se propende a usar sistemas que utilizan la visión por computadora y el procesamiento de imágenes. No obstante, por sus propias características y necesidades, el reconocimiento de placas vehiculares a través de la identificación por imagen natural conlleva un alto grado de complejidad, ya que se trabaja con elementos tan variables como el diseño, formato y legibilidad de las placas, las condiciones de iluminación y la calidad de las imágenes que van a ser procesadas.

En tales condiciones, la transformada Wavelet, al ser una técnica matemática que permite analizar de forma simultánea la información concerniente a dominio del tiempo y frecuencia, constituye una herramienta sobremanera valiosa para resolver dichas dificultades, ya que facilita el análisis de señales no estacionarias, tal y como sucede con las imágenes. Para el caso específico de la identificación de placas vehiculares a través de imagen, la transformada Wavelet es útil para el reconocimiento de las regiones que corresponden a las placas.

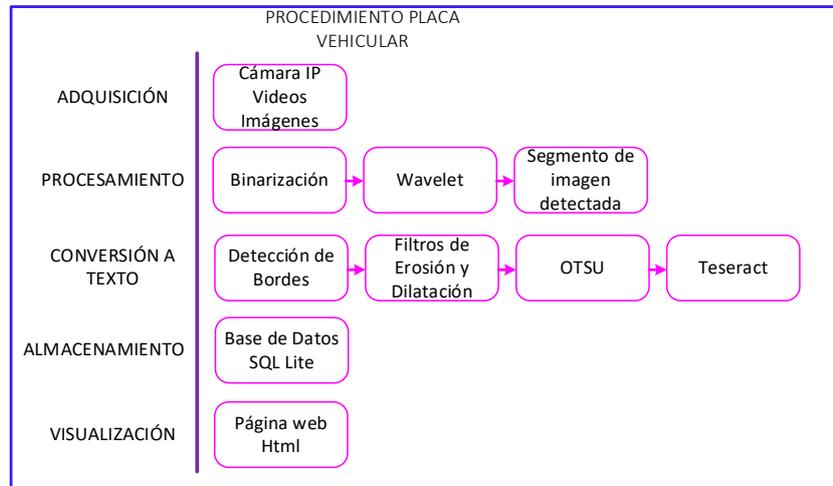
Además, existen diferentes tipos de funciones Wavelet que se pueden utilizar para realizar la transformada. Algunos ejemplos comunes son las funciones Haar, Daubechies y Coiflets. La elección adecuada dependerá también del problema específico a resolver.

En 2012, el *Institute of Electrical and Electronics Engineers* de Taiwan publicó dos estudios acerca de la identificación de placas de vehículos usando la transformada Wavelet, donde se reconoce que los procesos clave del método son la extracción de características de imagen y su reconocimiento. El primero, publicado en el *Simposio Internacional sobre Computación, Consumo y Control*, informa sobre la detección de los bordes de los caracteres segmentados de las placas con la transformada Wavelet, luego de extraer características a través del uso de momentos relativos, tras lo cual, en última instancia, dichas características alimentan una red neuronal BP para, finalmente, proceder a su clasificación.

El segundo, publicado en la *8va Conferencia Internacional sobre Computación Natural*, trata sobre la mejora del reconocimiento de placas gracias al uso de la transformada wavelet periódica discreta unidimensional, seleccionando los coeficientes de baja frecuencia en la imagen, sin detenerse en el reconocimiento individual de caracteres, emulando así un reconocimiento en tiempo real con el cual se alcanza una tasa de reconocimiento incluso del 94.7%. Estos hallazgos experimentales muestran, entonces, que, el método resulta altamente eficaz y eficiente.

## **2 Metodología**

Para el experimento que compete a la presente investigación, la configuración se fundamenta en un sistema de identificación de placas de vehículos, tal como se ilustra en la figura 1. Este sistema se compone de diversos subsistemas que operan en un circuito cerrado, cooperando para adquirir con precisión los datos auténticos de las placas vehiculares. El propósito principal es asegurar la obtención óptima de los códigos de las placas de los vehículos, minimizando así la probabilidad de detecciones incorrectas. A continuación, se ofrece un análisis detallado de cada uno de los componentes y subsistemas del procedimiento.



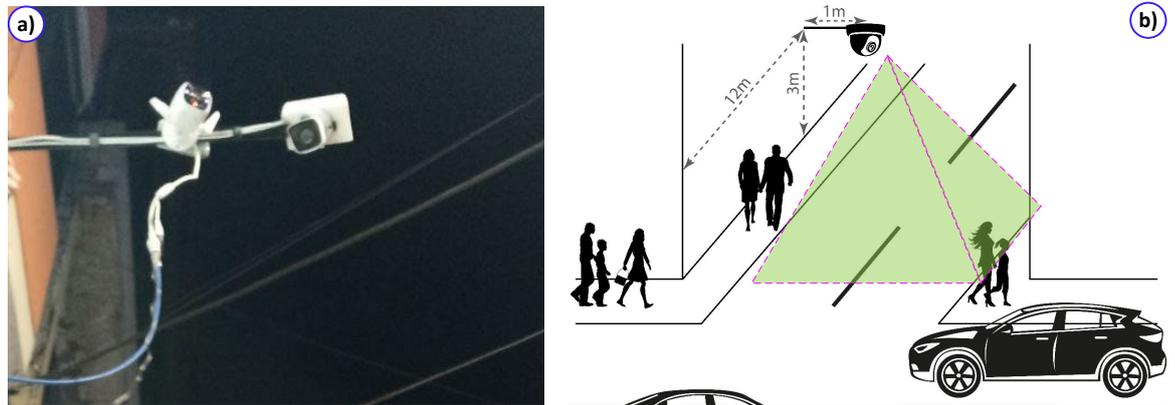
**Fig. 1.** Resumen del proceso de reconocimiento de placas vehiculares.

## 2.1 Adquisición de las imágenes

Las imágenes de trabajo fueron obtenidas a partir de varios tipos de fuentes, incluyendo videos pregrabados, imágenes estáticas y transmisiones en vivo. Para lograr esto, se utilizó la cámara de seguridad TP-Link Tapo C310 (ver figura 2 a), la cual fue ubicada a una distancia de 3 metros desde el suelo, a 12 metros de la calle secundaria, y a un metro de la línea de fachada de las viviendas (figura 2 b).

La cámara mencionada fue seleccionada debido a las funciones que ofrece, tales como visión nocturna, detección de movimiento, audio bidireccional y opciones de almacenamiento tanto a nivel local como facilidad para almacenamiento en la nube. Entre sus bondades, además, faculta su compatibilidad con conexiones a través de cable de datos UTP mediante un terminal RJ45, admitiendo, también, el protocolo RTSP. Dichas características, han permitido una sencilla integración del dispositivo con el software de monitoreo y seguridad desarrollado para el estacionamiento, así como también la grabación de los respectivos videos e imágenes que serían procesados ulteriormente.

En dichas condiciones, se decidió analizar las placas de los vehículos que entran y salían del estacionamiento en una calle sin salida, coloquialmente denominada "cuchara". En la misma, se logró el registro de los vehículos que circulaban a una velocidad máxima de 7 km por hora, equivalente a un avance de dos metros en 20 fotogramas por segundo, la cual es la velocidad óptima a la hora de la detección de las respectivas placas. La región de interés para la detección puede ser claramente apreciada en el área verde resaltada en la figura 2 (b).



**Fig. 2.** a) Foto de la instalación de la cámara TP-Link C310. b) Esquema de la posición de la cámara y su zona de detección.

## 2.2 Procesamiento de las imágenes

Durante esta etapa, se lleva a cabo la detección y segmentación de placas vehiculares sobre la región de interés antes detallada y que en imagen real puede apreciarse en la figura 3a), mediante el uso de las herramientas de programación en Python, específicamente OpenCV y Tesseract. Los números de placas identificadas son extraídos para luego aplicárseles una conversión a escala de grises. Posteriormente dichas imágenes son binarizadas, lo cual las prepara para la transformación de imagen a texto. Los resultados obtenidos se registran y almacenan en una base de datos para su posterior análisis y consulta.

El algoritmo se inicia con la Transformada Wavelet (figura 3b) aplicada a una imagen binarizada previamente. La Transformada Wavelet descompone una imagen en diferentes niveles de detalle y aproximación mediante el método 'haar' de la biblioteca pywt-figura. Este método eficiente separa la imagen en coeficientes de distintas frecuencias, resaltando características clave y reduciendo información redundante.

Al procesar la Transformada Wavelet, se obtienen componentes que representan detalles y aproximación a distintas escalas. Se enfoca en los coeficientes de detalle horizontales, destacando características en horizontal. Estos coeficientes se procesan con umbral para eliminar ruido y frecuencias altas, manteniendo detalles esenciales para la detección. Este proceso resalta bordes y características en la imagen binarizada, facilitando así la identificación de contornos y formas en etapas posteriores (figura 3c).

El algoritmo busca contornos en la imagen procesada y evalúa su área, aspecto y longitud (figura 3d). Si los cumple, se extrae la región de la placa de la imagen recortada (figura 3e). Esta es convertida a escala de grises, se binariza con Otsu y se aplica OCR (reconocimiento óptico de caracteres) con Tesseract para detectar texto (figura 3f) y el resultado es almacenado. Finalmente, la placa y contorno se muestran en la imagen recortada, y la placa junto con la hora se guardan en una base de datos SQL Lite para

análisis posterior. En la figura 4 se observa detalladamente el diagrama de flujo del proceso.



**Fig. 3.** a) Zona de trabajo remarcada en verde para la detección de placas. b) Transformada de Wavelet. c) Imagen reconstruida a partir de la aplicación de la transformada de Wavelet. d) Detección de la placa. e) Segmentación de la región de interés de la placa. f) Binarización de la sección de interés para transformar imagen a texto utilizando Tesseract.

### 2.3 Almacenamiento en la nube y visualización de placas procesadas.

Mediante un servicio web, se crea una interfaz amigable para acceder y visualizar datos desde cualquier dispositivo. Utilizando Flask de Python, se desarrolla una aplicación que realiza tres funciones clave; a decir: en primer lugar, realiza copias de respaldo de la base local de datos al servidor remoto (usando un computador de Digital Ocean); en segundo lugar, al acceder al sitio, se muestra una tabla con detalles de placas de vehículos detectadas y la hora de captura; finalmente, el servicio ofrece una ruta extra para obtener datos en formato JSON estructurado, útil para transmisión entre aplicaciones web. Al visitar esta ruta, el servicio consulta la base de datos y devuelve datos en formato JSON, facilitando su procesamiento por otros sistemas. En resumen, el código crea un entorno para visualizar y obtener información de la base de datos de detección de placas.

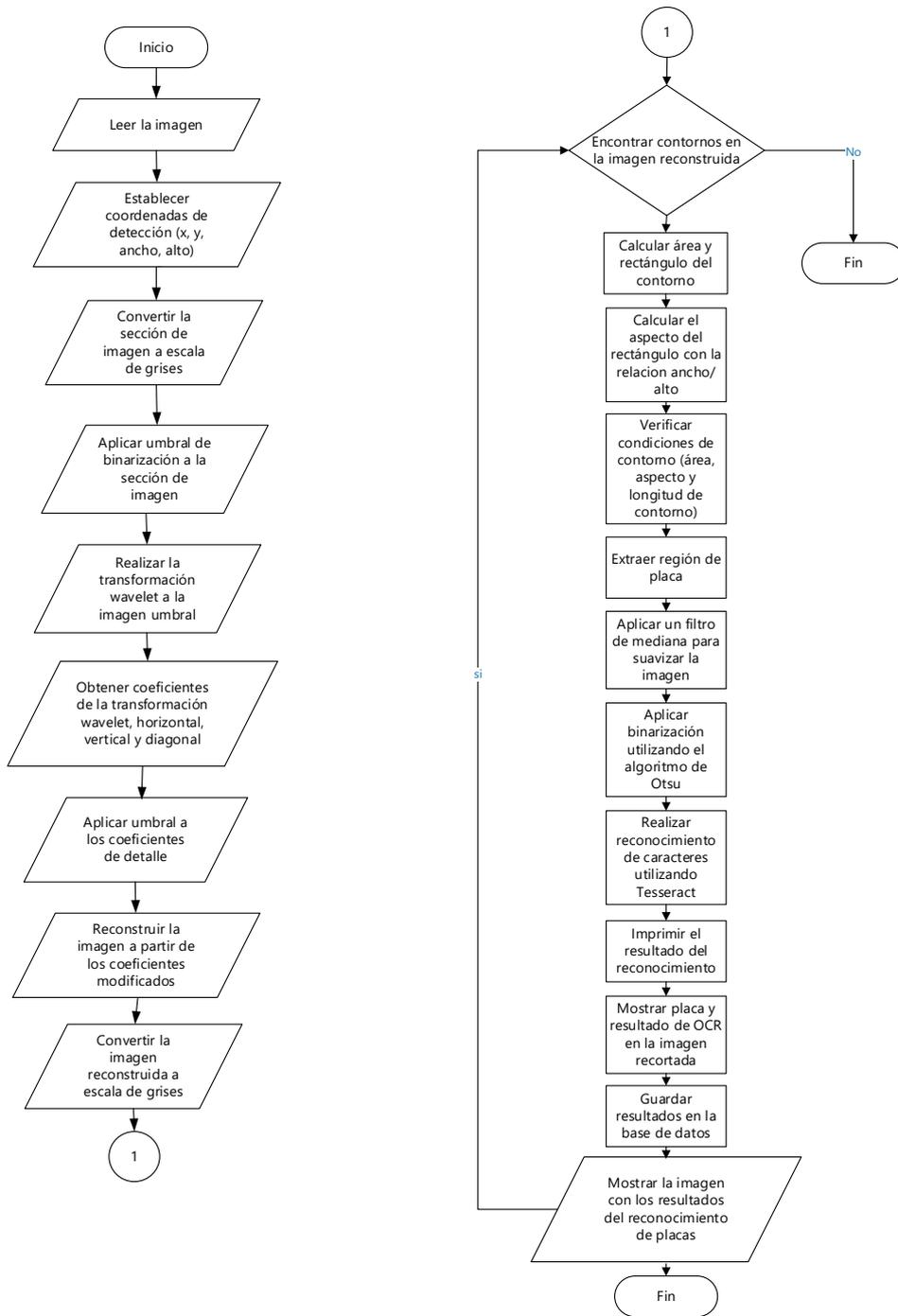


Fig. 4. Diagrama de flujo del procesamiento de la placa vehicular.

En la figura 4 se puede apreciar detalladamente el diagrama de flujo del proceso. El programa inicia importando diversas bibliotecas esenciales, como OpenCV, NumPy, PyWavelets, Tesseract, SQLite, entre otras. Luego, se determina el directorio de trabajo actual y se configura la ruta de la base de datos SQLite en dicho directorio. Más tarde, se establece la conexión a la base de datos a través de una base que opera en SQLite, la cual se crea si aún no existe. Esta base de datos servirá para guardar placas detectadas junto con su hora de detección. A continuación, la imagen se carga desde un archivo, representando una escena con vehículos y placas de matrícula. Ulteriormente la imagen se procesa enfocándose en una región de interés (ROI) mediante coordenadas x, y, ancho y largo. Acto seguido, se aplican transformaciones, como la conversión a escala de grises, binarización y transformación Wavelet con el algoritmo "haar". Posteriormente, se detectan contornos en la imagen procesada, se filtran según criterios de tamaño y relación de aspecto, y se extraen las regiones de las placas. Después estas regiones se someten a suavizado y binarización para resaltar caracteres. A continuación, se emplea Tesseract OCR para el reconocimiento del texto en las placas binarizadas, y los resultados se almacenan. En seguida, se muestran las placas reconocidas y la hora de detección. Cierra presenta la imagen original con contornos y texto de la placa detectada.

## Plate Recognition Database

Query Database

### Query Result

Placa	Fecha de Detección
CVL 657 18	2023-07-14 10:48:56
CVL 657 18	2023-07-14 10:56:22
CVL 657 18	2023-07-20 15:27:43
CVL 657 18	2023-07-20 15:59:11
CVL 657 18	2023-07-21 18:41:26

**Fig. 5.** Información de las placas vehiculares almacenadas previamente en la base de datos y visualizadas en la web remotamente.

Por otra parte, la página web desarrollada en html y css (figura 5), exhibe información almacenada en una base de datos de placas vehiculares; utiliza Flask para construir un servicio web. Al acceder, se muestra una tabla con "Placa" y "Fecha de Detección". Al clicar "Query Database", se solicita al servidor Flask vía AJAX. La respuesta en formato JSON contiene los datos de la base, los cuales se despliegan reemplazando

anteriores datos, permitiendo así la visualización de las placas y fechas correspondientes, constituyendo así una forma fácil y efectiva de visualizar las detecciones de placas almacenadas.

### 3 Análisis y Resultados

#### 3.1 Análisis total

Los datos constan de una muestra de 141 placas evaluadas en diferentes horas del día, en varios tipos de automóviles de diversos colores. La cámara fue ubicada a una altura de 0,90 m. con respecto al nivel del suelo, hecho que facultaba que las imágenes fueran obtenidas con los más mínimos niveles de distorsión a causa de distancias innecesarias o ángulos demasiado pronunciados hasta las placas. Con dicha configuración, se alcanzó un total de 130 detecciones correctas, equivalente a una precisión del 92.12 de la muestra, y un total de 11 detecciones erróneas, lo cual equivale a un 7.88%. Esto evidencia que la altura a la que es ubicada la cámara incide en la precisión del sistema de forma inversamente proporcional [11], en cuanto a menor altura, mayor precisión de detección.

En la figura 6 se puede observar la cantidad de reconocimientos totales "Detecciones Válidas" y "Detecciones Inválidas" para ambas alturas, lo cual faculta el reconocimiento de la precisión del sistema puesto en marcha.

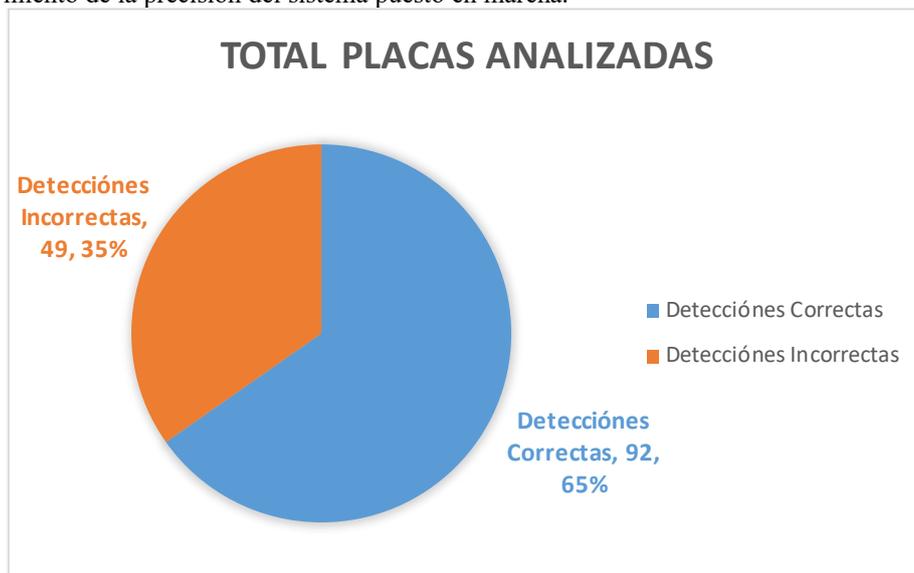


Fig. 6 Total de placas analizadas.

### 3.2 Matriz de confusión

La matriz de confusión resultante al analizar todos los dígitos que componen la placa es una matriz 2x2 como se muestra en la figura 7, la cual se utiliza para evaluar el rendimiento del modelo de clasificación binaria. Para el caso concerniente, los valores verdaderos son representados por la matriz que contiene 1s y 0s, donde 1 indica un resultado positivo de reconocimiento de un dígito de la placa y 0 indica un resultado negativo de la misma.

**Verdaderos Positivos.** El modelo ha predicho correctamente 851 instancias como positivas; dichas instancias realmente pertenecían a la clase positiva.

**Falsos Negativos.** Esto significa que el modelo ha predicho incorrectamente 136 instancias como negativas; estas instancias realmente pertenecían a la clase positiva.

**Falsos Positivos.** No hay casos en los que el modelo haya predicho incorrectamente una instancia como positiva cuando, en realidad, era negativa

**Verdaderos Negativos.** No existen casos en los que el modelo haya predicho correctamente una instancia como negativa.

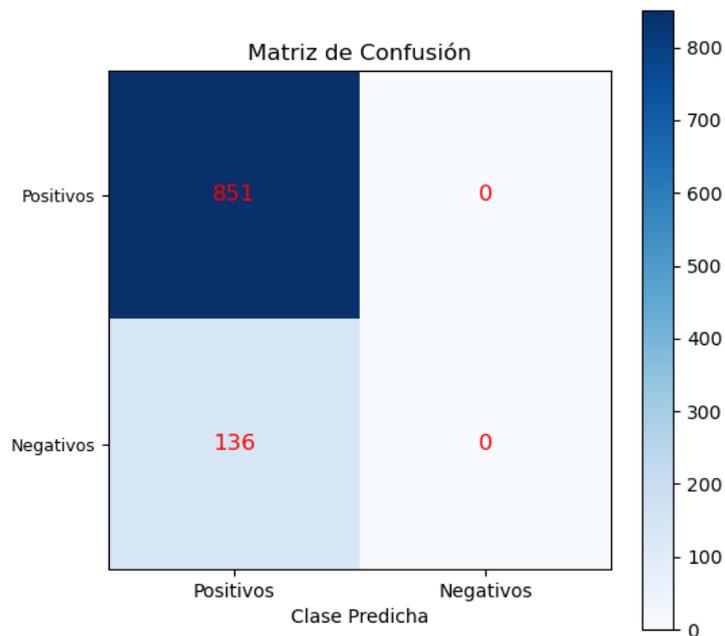


Fig. 7 Matriz de confusión para los dígitos de placas analizadas.

Los resultados muestran que el modelo es muy preciso en la clasificación de la clase positiva, ya que no ha cometido ningún error al predecirla. Sin embargo, también es muy conservador, ya que no predice ninguna instancia como positiva a menos que esté seguro de que lo es.

### 3.3 Análisis Jornada

Al observar las jornadas "Diurna" y "Nocturna" figura 8 por separado, se nota que el sistema de detección tiene un mejor rendimiento durante el día. Este evento se aprecia en el hecho de que se registraron 79 detecciones válidas durante la jornada diurna, en contraste con las apenas 13 detecciones válidas realizadas durante la jornada nocturna.

Esto sugiere que las condiciones de iluminación pueden influir en la precisión del sistema, siendo más complicada su ejecución satisfactoria durante la noche. Por lo tanto, es esencial considerar medidas para mejorar las detecciones nocturnas.

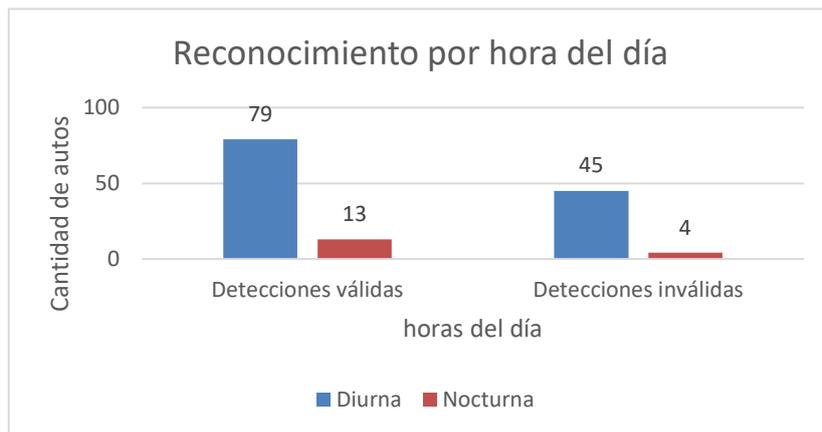


Fig. 8 Placas reconocidas en una Jornada diurna y nocturna.

### 3.4 Análisis por color de auto

El sistema muestra variabilidad en la precisión según el color del automóvil. Los colores "Negro" y "Plateado" se detectan de manera más precisa en comparación con "Rojo" o "Blanco" como se aprecia en la figura 9. Esto indica la necesidad de ajustes específicos para mejorar la detección de acuerdo con los determinados colores de los vehículos. La optimización del sistema debería centrarse en colores que muestran una precisión inferior.

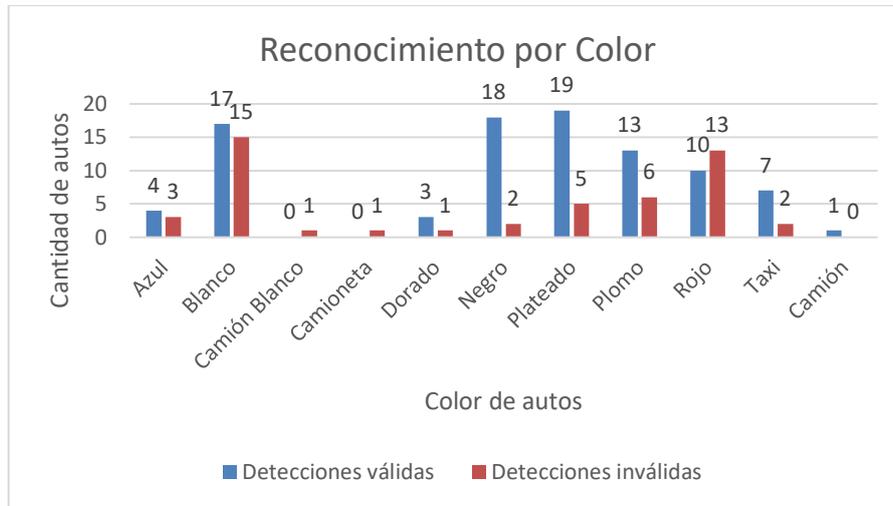


Fig. 9. Reconocimiento de placas por color de autos.

#### 4 Discusión

Aunque el sistema logró 92 reconocimientos precisos de placas, también registró 49 detecciones incorrectas, lo que indica la necesidad de mejorar en cuanto a la precisión del sistema. Es esencial reconocer que la transformada wavelet, una potente herramienta en el procesamiento de imágenes y señales, tiene limitaciones propias, las cuales podrían haber contribuido a estas imprecisiones.

La transformada wavelet, por ejemplo, puede verse influenciada por la calidad de la imagen de entrada, el ruido, los artefactos o las distorsiones significativas en las imágenes de las matrículas, lo cual puede haber obstaculizado su capacidad para extraer con precisión las características pertinentes.

La transformada wavelet, asimismo, es sensible a los cambios de iluminación. Los cambios bruscos de iluminación entre diferentes vehículos u horas del día podrían haber impedido la detección precisa de las matrículas.

Por otra parte, es posible que la transformada wavelet no funcione de manera uniforme para todos los tipos de vehículos y configuraciones de placas. Las variaciones en la forma, el tamaño y la ubicación de las placas en los vehículos podría haber presentado desafíos adicionales.

El uso preciso de la transformada wavelet a menudo depende de la elección de parámetros adecuados, como el tipo y la escala de wavelet. Los ajustes óptimos para imágenes específicas y condiciones de estudio podrían haber afectado los resultados.

Si bien es valiosa, la transformada wavelet a veces es más efectiva cuando se combina con otros métodos de procesamiento de imágenes o aprendizaje automático. Es posible que confiar únicamente en la transformada Wavelet no haya aprovechado plenamente su potencial para mejorar la precisión.

Las detecciones nocturnas son más desafiantes debido a la falta de condiciones lumínicas óptimas, lo cual puede afectar la calidad de las imágenes que son registradas por la cámara. Para mejorar las detecciones nocturnas, es necesario considerar medidas adicionales, como la incorporación de sensores de luz o algoritmos de procesamiento de imágenes adaptativos.

## 5 Conclusiones

Se cumplió con el objetivo de desarrollar un sistema de reconocimiento de matrículas de vehículos utilizando la transformada Wavelet para mejorar la seguridad de los estacionamientos. Los objetivos eran analizar la eficacia de la transformada Wavelet en diversas condiciones de iluminación y ruido de fondo, desarrollar un sistema de reconocimiento de matrículas y verificar su rendimiento.

Se eligió la transformada Wavelet debido a su capacidad de analizar simultáneamente los dominios de tiempo y frecuencia, lo que la hace valiosa para procesar señales no estacionarias como imágenes. Fue particularmente útil para identificar regiones de matrículas. Sin embargo, el sistema evidenció ciertas limitaciones atribuidas a la transformada Wavelet, como la sensibilidad a la calidad de la imagen, dependencia de la iluminación, diversidad de vehículos, selección de parámetros y técnicas complementarias.

En general, el sistema logró 92 reconocimientos precisos de placas, pero tuvo 49 detecciones incorrectas, lo cual indica que hay significativo margen de mejora. Es fundamental tener en cuenta estas limitaciones al planificar mejoras. El abordaje de desafíos específicos, como la detección nocturna y la variabilidad del color, puede conducir a obtener un sistema de reconocimiento de matrículas más sólido.

La transformada de wavelet puede tener varios beneficios, como la capacidad para analizar detalles de diferentes escalas en una imagen; esto puede ser útil para identificar características de placas de matrícula en condiciones variables de iluminación y con diferentes colores de automóviles.

Los resultados obtenidos indican que el modelo es altamente preciso en la clasificación de placas válidas; sin embargo, es conservador al no predecir ninguna instancia como positiva a menos que esté seguro. Esto puede ser una estrategia adecuada para evitar falsos positivos, pero también puede resultar en la pérdida de detecciones válidas con muy bajo margen de error que no fueron ponderados.

Para trabajos futuros, el sistema de detección y reconocimiento de placas de matrícula basado en la transformada discreta de wavelet y CNN puede mostrar un rendimiento prometedor, pero todavía hay margen para mejoras. Para aumentar la precisión, se pueden considerar varias estrategias, como la mejora de la iluminación nocturna, la optimización de los algoritmos de detección de colores y la incorporación de más datos de

entrenamiento para el modelo CNN. Este análisis detallado de los resultados proporciona información valiosa para guiar futuros desarrollos y mejoras en el sistema.

## Referencias

1. Ecuador, D.L.H.: El parque automotor aumentó 11% en 2023 de la mano de los bajos precios de los vehículos chinos., <https://www.lahora.com.ec/pais/parque-automotor-aumento-2023-mano-bajos-precios-vehiculos-chinos/>, last accessed 2023/07/20.
2. Ecuador, D.L.H.: Parque automotor creció 13% en los últimos tres años., <https://www.lahora.com.ec/pais/crecimiento-parque-automotor-desde-2018/>, last accessed 2023/07/20.
3. Naito, T.; Tsukada, T.; Yamada, K.; Kozuka, K.; Yamamoto, S.: Robust recognition methods for inclined license plates under various illumination conditions outdoors. In: Proceedings 199 IEEE/IEEJ/JSAI International Conference on Intelligent Transportation Systems (Cat. No.99TH8383). pp. 697–702 Institute of Electrical and Electronics Engineers, Tokyo, Japan (1999). <https://doi.org/10.1109/ITSC.1999.821146>.