

Revisión de la literatura: tecnologías basadas en visión por computadora en la seguridad vial y peatonal.

Literature Review: computer vision-based technologies for road and pedestrian safety.

Alex Pérez Mera, Diego Teran-Pineda.

Resumen

La seguridad vial es un desafío global, con los accidentes de tránsito como una amenaza significativa para peatones y conductores. A pesar de los esfuerzos implementados, los resultados no han sido los esperados. Las tecnologías basadas en visión por computadora (VC) se han convertido en una alternativa prometedora al integrarse en dispositivos como radares y drones, utilizando técnicas avanzadas de detección y reconocimiento de objetos. Este estudio presenta una revisión sistemática de la literatura enfocada en analizar las aplicaciones de la VC en la seguridad vial y peatonal, destacando avances como la detección de carriles, peatones y otros objetos, así como su implementación en sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS, por sus siglas en inglés). Los resultados muestran que la VC está en constante evolución, con innovaciones como el uso de drones para monitorear el tránsito. Además, estas tecnologías buscan no solo reconocer accidentes, sino prevenirlos mediante el análisis de patrones. Se recomienda evaluar su eficacia bajo diversas condiciones climáticas y desarrollar sistemas portátiles para mejorar su accesibilidad. La investigación, basada en la metodología PRISMA, identifica las técnicas, aplicaciones y tendencias futuras de la VC, consolidándola como una herramienta clave en la mejora de la seguridad vial.

Palabras clave: Seguridad vial, Visión por computadora, detección de objetos, reconocimiento predictivo de riesgos.

Abstract.

Road safety is a global challenge, with traffic accidents posing a significant threat to both pedestrians and drivers. Despite the implementation of various measures, the expected results have not yet been achieved. Computer vision (CV) technologies have emerged as a promising alternative, integrating advanced object detection and recognition techniques into devices such as radars and drones. This study presents a systematic literature review focused on analyzing the applications of CV in road and pedestrian safety, highlighting advancements such as lane detection, pedestrian identification, and other objects, as well as its implementation in Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). The results indicate that CV is continuously evolving, with innovations such as the use of drones for traffic monitoring. Furthermore, these technologies aim not only to recognize accidents but also to prevent them by analyzing patterns. It is recommended to evaluate their performance under different weather conditions and to develop portable systems to enhance accessibility. This research, based on the PRISMA methodology, identifies the techniques, applications, and future trends of CV technologies, positioning them as a key tool for improving road safety.

Keywords: Road safety, Computer vision, artificial intelligence, object detection, predictive risk recognition.

- CIENCIA E INNOVACIÓN EN DIVERSAS DISCIPLINAS CIENTÍFICAS.

Julio - Diciembre, V°5-N°2;
2024

- ✓ **Recibido:** 01/12/2024
- ✓ **Aceptado:** 23/12/2024
- ✓ **Publicado:** 31/12/2024

PAIS

- Ecuador – Portoviejo
- Ecuador – Portoviejo

INSTITUCION

- Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.
- Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador

CORREO:

- ✉ aperez5619@utm.edu.ec
- ✉ diego.teran@utm.edu.ec

ORCID:

- <https://orcid.org/0009-0004-9995-1574>
- <https://orcid.org/0000-0003-0899-3564>

FORMATO DE CITA APA.

Pérez, A. Terán, D. (2024). Revisión de la literatura: tecnologías basadas en visión por computadora en la seguridad vial y peatonal. Revista G-ner@ndo, V°5 (N°2), 2516 – 2538..

Introducción

La seguridad vial a nivel mundial es una problemática urgente que demanda atención inmediata. A pesar del proyecto de Acción de Seguridad Vial de la OMS (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2023), la cifra de muertes ha llegado a 1.19 millones de personas cada año por esta causa. Esta situación crítica exige la búsqueda de soluciones innovadoras y adaptadas a la realidad regional para garantizar la seguridad de todos los usuarios de las vías.

La capacidad de las máquinas para interpretar imágenes y videos, conocida como visión por computadora, ha evolucionado notablemente en los últimos años gracias a los avances en inteligencia artificial. Este campo se encuentra en la intersección de diversas disciplinas, incluyendo la inteligencia artificial y la robótica, y se utiliza para analizar imágenes capturadas por cámaras, como lo afirma (Jara et al., 2023). En el ámbito de la seguridad vial, la visión por computadora ha tomado en consideración algoritmos de predicción. En (Noh & Yeo, 2022) se introduce una innovadora métrica para evaluar el riesgo de colisión entre vehículos y peatones. Denominada Riesgo de Colisión Predictivo (PCR), esta métrica utiliza secuencias de video CCTV y técnicas de aprendizaje profundo para analizar las trayectorias de ambos, vehículos y peatones. Otro claro ejemplo de la visión por computadora sería el análisis de bordes para los riesgos entre vehículos y peatones, como se presenta en NaviBox (Lee et al., 2023), este trabajo presenta un sistema de detección de bordes, que consolida dentro de una unidad cuatro canales principales: captura de video en movimiento, detección y seguimiento de objetos, refinamiento de trayectoria y reconocimiento predictivo de riesgos, así como toma de decisiones de advertencia.

A pesar del creciente interés en la visión por computadora para la seguridad vial y peatonal, aún falta una evaluación exhaustiva de sus diversas aplicaciones y eficacia. Esta revisión sistemática pretende llenar esta brecha mediante un análisis detallado de la literatura,

incluyendo libros, artículos y proyectos relevantes, para identificar las tecnologías más prometedoras, sus limitaciones y áreas que necesitan más investigación.

Esta revisión sistemática tiene como objetivo principal identificar los avances recientes en visión por computadora aplicada a la seguridad vial mediante una búsqueda exhaustiva y rigurosa. El informe se organiza de la siguiente manera: la Sección 1 aborda el estado del arte en el área de interés. La Sección 2 detalla la metodología PRISMA (Yepes-Nuñez et al., 2021), utilizada para la revisión como se aplica en (Rijo-García et al., 2022). La Sección 3 planificación describe el proceso de selección y análisis de estudios relevantes según criterios específicos. La Sección 4 presenta un resumen de los resultados, evaluando su eficacia y limitaciones. La discusión interpreta estos resultados en el contexto de la literatura existente y explora sus implicaciones para futuras investigaciones y políticas. Finalmente, se ofrecen conclusiones y recomendaciones para el desarrollo y la implementación de tecnologías de visión por computadora en la seguridad vial.

La seguridad vial a nivel mundial es una problemática urgente que demanda atención inmediata. A pesar del proyecto de Acción de Seguridad Vial de la (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2023), la cifra de muertes ha llegado a 1.19 millones de personas cada año por esta causa. Analizando las cifras de mortalidad en Ecuador según las Estadísticas de Transporte brindadas por el INEC(INEC, 2024), solamente en el primer trimestre de 2024 se registraron 4678 víctimas por accidentes. Esta situación crítica exige la búsqueda de soluciones innovadoras y adaptadas a la realidad regional para garantizar la seguridad de todos los usuarios de las vías.

Los accidentes de tráfico en el periodo 2020-2022 se redujo la cantidad de accidentes por la pandemia y confinamiento de la humanidad lo que se tradujo en un decaimiento de estos, pero a la vez se redujo la recopilación de datos con respecto a la seguridad vial. En el desarrollo de soluciones basadas en IoT en la lucha contra COVID-19. Según lo afirmado por Friji et al. (Friji et al., 2022), el cual presentan un marco de navegación inteligente que utiliza IoT Social (SlOT)

y técnicas de IA para ofrecer rutas seguras a los peatones en entornos urbanos, evitando zonas de alto riesgo de contagio.

La capacidad de las máquinas para interpretar imágenes y videos, conocida como VC, ha evolucionado en los últimos años gracias a avances en inteligencia artificial. Este campo hay diversas disciplinas, inteligencia artificial y robótica, se utiliza en analizar imágenes capturadas por cámaras, como lo afirma Torres et al (Jara et al., 2023).

Integración Con Otras Tecnologías: La visión por computadora se integra con sistemas de transporte inteligentes y el IoT, creando redes interconectadas que mejoran la respuesta a incidentes y optimizan el flujo de tráfico. Por ejemplo, en (Khan et al., 2023), se destaca su uso para monitorear somnolencia en conductores basada en IoT revela bordes, esquinas y estructuras. Cámaras equipadas con visión por computadora pueden comunicarse con semáforos inteligentes para gestionar mejor el tránsito. En(Sarraf et al., 2021), se señala cómo se diseñan modelos basados en concepto del cerebro humano y el desarrollo de una CNN y sus arquitecturas, que han demostrado una gran eficiencia en la detección de objetos, reconocimiento facial y clasificación de imágenes, de modelos LeNet, AlexNet y ZFNet, entre otros los avances de la visión por computadora y el aprendizaje profundo observamos los sistemas evolucionando.

Las técnicas de visión por computadora han emergido como herramientas clave para mejorar la seguridad en el entorno vial y peatonal. Estas técnicas permiten automatizar y optimizar varias tareas críticas, como la detección de objetos, el reconocimiento de patrones y señales de tráfico.

Tabla 1: *Técnicas de tecnologías que implementan la VC en la seguridad vial.*

Artículo	Técnicas	Ventajas
----------	----------	----------



(Kaya et al., 2023)	Detección de objetos (Object detection)	Presenta una ventaja clave en la aplicación de técnicas de detección de objetos con Faster R-CNN y YOLOv7 para la detección automática de pasos peatonales.
(Sharma & Shah, 2017)	Detección de objetos (Object detection)	La ventaja clave es que permite el desarrollo de un sistema de bajo costo que puede detectar animales en las carreteras para evitar colisiones con vehículos
(Lee et al., 2023)	Detección de objetos (Object detection)	Una ventaja en la detección de objetos con Deep learning, YOLOv8. Permite identificar y seguir manera precisa a vehículos, peatones en tiempo real.
(Fang et al., 2021)	Reconocimiento de Patrones (Pattern recognition)	En el modelo del reconocimiento de patrones radica en su capacidad para identificar de manera precisa pasos de cebra en tiempo real, utilizando la detección de bordes del operador Canny y las líneas de Hough.
(Li et al., 2022)	Reconocimiento de Patrones (Pattern recognition)	La ventaja de la técnica de reconocimiento de patrones en la detección de comportamiento de distracción del conductor, radica alta precisión, velocidad de detección rápida y bajo consumo de memoria.
(Zhong et al., 2020)	Segmentación (Segmentation)	Segmentación rápida y precisa de pasos peatonales en imágenes capturadas.

En la tabla 1 observamos las ventajas de las técnicas de cada uno de los artículos contemplados en esta sección de las cuales se identificaron 3 técnicas (detección de objetos, reconocimiento de patrones, segmentación) las cuales sugieren una ventaja en cada uno de los modelos como AB-DLM (An Improved Deep Learning Model Based on Attention Mechanism) el reconocimiento de patrones con una alta precisión, o una segmentación rápida y precisa.

Aplicaciones En Seguridad Vial Y Peatonal.

Las aplicaciones de visión por computadora (VC) en la seguridad vial destaca mucho el aplicarlo en: sistemas ADAS, detección de peatones, detección de carriles, monitoreo de tráfico. En Dixit et al. (Dixit et al., 2021), presentan un análisis sobre la seguridad de vehículos autónomos, destacando importancia de sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) y sistemas autónomos de conducción (ADS) para detección de carriles y predicción de trayectorias, utilizando visión por computadora y redes neuronales.

Uno de los principales sistemas que implementan la VC son sistemas ADAS, como lo observamos en (De-Las-Heras et al., 2021), el cual integrando VC y aprendizaje profundo para asistir a los conductores. Detecta señales y las traduce en alertas visuales y auditivas, contribuyendo a una conducción más segura y eficiente. Otras de las aplicaciones de la VC son en la detección de carriles, según lo afirmado en (Guerrero-Ibáñez et al., n.d.), presenta un modelo que se caracteriza por detectar carriles en las carreteras, ayudando a que vehículos puedan conducirse de forma autónoma. Al aplicar el algoritmo, se obtuvo una alta precisión en la detección de carriles, lo que facilita la conducción sin intervención humana.

Otros de las aplicaciones de la VC se dan en el monitoreo de tráfico esto se da para así controlar la circulación de autos y prevenir accidentes, en según (Masud et al., 2020), presenta un modelo que se caracteriza por la detección y conteo de vehículos en tiempo real usando un clasificador en cascada y estimación de fondo. Optimiza el flujo de tráfico ajustando los semáforos según la densidad vehicular. El Reconocimiento de señales de tráfico es una de las aplicaciones utilizadas, según lo afirmado en (Güney et al., 2022), se caracteriza por ser sistema portátil de ADAS en reconocimiento de señales de tráfico en tiempo real y su comparación con otros modelos.

Método y materiales

La presente investigación se trabajará con un método analítico el cual nos ayudará en el análisis de la estructura, significado, propósito. El proceso se basa en la metodología aplicada por (Rijo-García et al., 2022), siguiendo un enfoque estructurado, esta revisión sistemática de la literatura sigue la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Yepes-Nuñez et al., 2021), contiene enfoque sistemático para identificar evidencia relevante de literatura científica.

En este apartado se procede al desarrollo de una búsqueda exhaustiva de la literatura científica referente al tema de interés tomando como principal método de adquisición de información la base de datos, donde se analizó la información relevante para la investigación donde se incluyó las estrategias de búsqueda. Los criterios de inclusión y exclusión consideran artículos en inglés y español, publicados entre 2019 y 2024, que sean relevantes para la visión por computadora aplicada a la vial seguridad y peatonal, excluyendo trabajos de otros campos o con baja relevancia científica, todo esto lo notamos en la **tabla 2**.

Tabla 2: *Criterios de exclusión e inclusión.*

Id	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
CIE1	Periodo de publicación 2019- 2024	Investigaciones previas al 2019.
CIE2	Artículo de revista indexadas	Documentos publicaciones en redes sociales o estudios duplicado.
CIE3	Documentos que aborden tecnologías de visión por computadora en seguridad vial y peatonal	Documentos que no referente a temas como visión por computadora en la seguridad vial y peatonal

Estrategia de búsqueda

Para llevar a cabo este estudio, hemos recurrido a diversas bases de datos científicas en línea, las cuales se detallan en la **tabla 3**. Estas fuentes permiten acceder a amplia gama de artículos para la investigación.

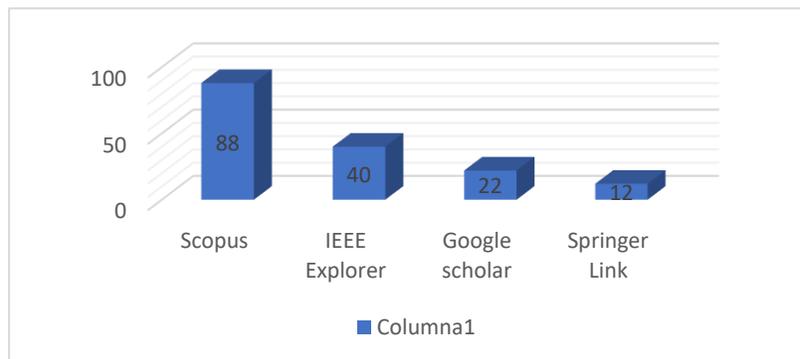
Tabla 3: *Base de Datos científicas en línea.*

Cadena de búsqueda	Base de datos académica.
('Computer vision') AND ('Security of technology')	Scopus
('Computer vision') AND ('Security of technology')	IEEE Xplore
('Security of technology') AND ('Road and pedestria'OR 'Road and Safety')	Springer Link
('Security of technology') AND ('Road and pedestria'OR 'Road and Safety')	Google Scholar

Estudios encontrados

En la **figura 1** se evidencia la cantidad de estudios encontrados con un total de 162 sin aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

Figura 1: Exploración inicial de artículos



En base a la búsqueda realizadas se nota como la mayoría de estudios se encontraron en Scopus con 88 estudios de 162.

Selección De Estudios.

Se realizó filtración de información referente a criterios de la tabla 2 una guía para la elaboración de la **tabla 4** aplicando a estudios encontrados.

Tabla 4: Resultados de la búsqueda de información sobre criterios de inclusión y exclusión

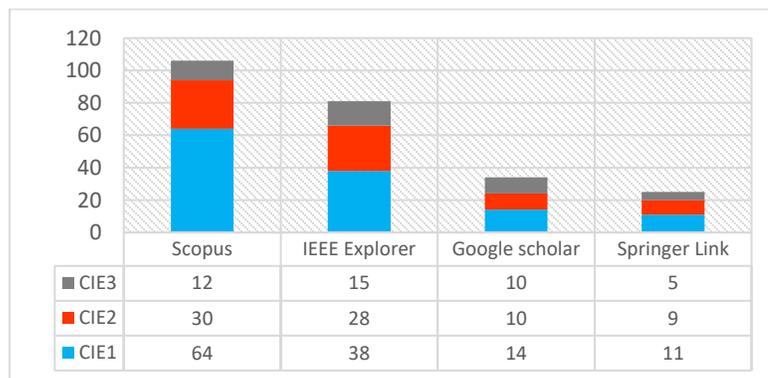
Fuente	Total	CIE1	CIE2	CIE3
Scopus	88	64	30	12
IEEE Explorer	40	38	28	15
Google scholar	22	14	10	10
Springer Link	12	11	9	5
Total	162	127	77	42

Luego de someter los resultados de la búsqueda de la literatura a los criterios de selección en la tabla 4 dejó como resultado 42 estudios seleccionados.

Resumen De Los Trabajos De La Revisión

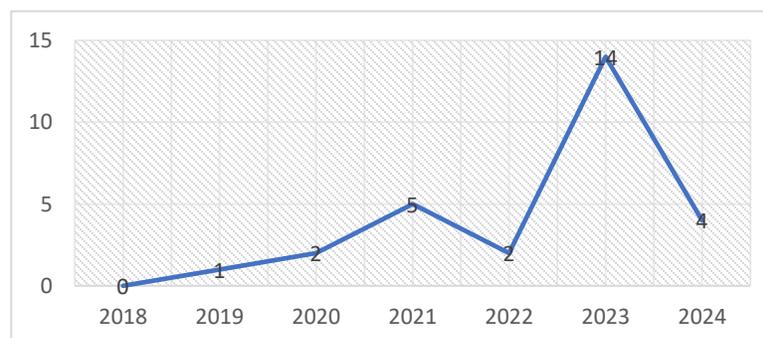
Mediante una metodología de cuatro etapas y criterios de selección, se realizó un proceso de filtrado de artículos académico. Se identificaron 162 trabajos, encontrándose la mayoría en Scopus, IEEE Xplore y otros repositorios, como es en la **Figura 2**.

Figura 2: Resultado de la búsqueda según los criterios de selección



Al aplicar todos los criterios de selección se obtuvo 42 papers. En su porcentaje más significativo tenemos 36.59% de IEEE, así como Scopus 26.83%, Google Scholar 24.39%, SpringerLink 12.20%. La **figura 3** se muestra una los artículos que se han seleccionado por año.

Figura 3: Análisis de los artículos publicados por año



Tras aplicar la metodología PRISMA (Yepes-Nuñez et al., 2021), se analizaron minuciosamente 42 artículos. El filtro aplicado es eficaz, la mayoría de artículos de fuentes como Scopus, IEEE Explorer, Google Scholar, como se muestra en la figura 1. Un análisis adicional en la figura 3, revela un aumento en publicaciones durante 2023.

Análisis De Los Resultados

En las tecnologías basadas en vision por computadora en la seguridad vial y peatonal se identificaron en estudios analizados técnicas, sistemas y tecnologías en esta área. En la **tabla 5** análisis estudios destacando el modelo utilizado en cada una de estas tecnologías y los resultados de cada uno de ellos.

Tabla 5: Literatura desde 2019 sobre tecnologías basadas en visión por computadora.

Enfoque	Id	Modelo	Resultados
Detección de objetos en tiempo real.	(Güney et al., 2022)	YOLO v5, se entrenó con GTSRB.	El modelo mAP@.5 es muy bueno en encontrar objetos en imágenes, con una precisión promedio del 93.4%.
Reconocimiento y lectura de VMS	(De-Las-Heras et al., 2021)	Lectura de VMS, Retina Net, basada en ResNet50	ResNet50 con una precisión media de 0,703, que reconoce las VMS en una imagen indica la localización de la misma con porcentaje confianza.
Segmentación y detección de objetos	(Malbog, 2019)	Mask R-CNN, red troncal ResNet-101	Los resultados tenían una probabilidad superior al 97 % de poder detectar un peatón
Predicción de colisiones en cruces peatonal.	(Noh & Yeo, 2022)	Redes LSTM profundas para la predicción.	La proporción de escenas peligrosas es mayor en Punto A (0,115) que en Punto B (0,077) al aplicar mejor modelo de rendimiento a cada punto.
Detección de vehículos con CNN	(Djenouri et al., 2022)	IRCNN-VD red neuronal Convocional	IRCNN-VD alcanzó 0,85 manejar 1,9 vehículos y 200.000 imágenes. mAP inferior a 0,75 mismo de instancias
Detección pasos peatones	(Kaya et al., 2023)	Red Faster R-CNN Y Yolov7	La precisión de YOLOv7 fue del 98,6 %, mientras que la precisión de Faster R-CNN fue del 98,29 %.
Detección de cruces peatonales	(Meem et al., 2019)	Hough, ROI, Canny Edge, SVM.	En condiciones atmosféricas, precisión fue del 97,95%, diferentes condiciones de iluminación 98,17%.
Segmentación	(Zhong et al., 2020)	ResNet-34, U-Net.	Mostró una precisión del 94,6.
Detección y clasificación	(Chen et al., 2022)	EfficientNet B4 y EfficientNet B5	El modelo de detección precisión del 98,35 %, recuperación 98,34 % puntuación F1 del 98,34 %.

Detección de cruces tiempo real	(Zhang et al., 2022)	YOLOv5, NST, ROI, SVM y FOG.	YOLOv5 obtuvo una puntuación F1 del 94,83 % en escenarios complejos y menos complejos el 98 %.
Identificar pasos cebra detección de bordes	(Fang et al., 2021)	Detección de línea recta de Hough	Se identificaron el 96% de los cruces de peatones en 51 imágenes de prueba, todas ellas en buenas condiciones de iluminación.
Detección de conductas de distracción del conductor	(Li et al., 2022)	AB-DLM y módulo BiFPN en la red del cuello.	Tasa de precisión media (mAP) promedio de 0,956. En comparación con el modelo original, la mAP mejoro en un 13,2 %
Detección de objetos	(Lee et al., 2023)	NAVIBox, YOLO V8	Peatones: 0,70 - Vehículos: 0,81
Detección de colisiones de animales	(Shubham et al., 2024)	HOG, clasificador en cascada.	Se logra una precisión general de casi el 82,5% con el método propuesto.
Monitorear del conductor	(Khan et al., 2023)	Infraestructura de IoT	Se logra una precisión general del 96%.
Detección de peatones en condiciones de iluminación severas	(Nowosiel ski et al., 2020)	Microordenador ODROID XU4 - Ubuntu MATE	Precisión promedio del 75.7% con un 4.4% de falsos positivos, YOLOv2 un 63.6% de precisión con un 0.6% de falsos positivos.
Detección de objetos	(Sadien & Bekaroo, 2024)	Distracke	Distracke con precisión de clasificación general del 93,63%.
Sistema de prevención congestiones de tráfico	(Masud et al., 2020)	F-Measure, tasa de error, histograma de gradientes.	Es más eficiente en términos de la puntuación FMETRO, alcanzando valores de 0,9844 y 0,9849 en las secuencias M-30 y M-30HD.
Detección de carriles	(Guerrero-Ibáñez et al., n.d.)	Lenguaje Python, OpenCV Métrica Miu	La tasa promedio para la detección de carriles de todos los caculos fue de 0.91, lo que nos proporciona un alto grado de precisión.
Detección de grietas en pavimento asfáltico	(Jonpaul Nnamdi Opara et al., 2021)	YOLOV3	Precisión es 0,7 y el IoU promedio de 50,39% método basado en YOLOv3 detecto daño con buena precisión
Clasificador ADAS para monitorización	(Berri et al., 2022)	ADAS, Redes Neuronales Artificiales	El sistema logró resultados 79,65% de precisión en diferentes niveles de alarma (corto y largo plazo).

Detección automatizada del deterioro	(Maluya et al., 2023)	YOLOv8 datos imágenes UAV	y de de	El modelo YOLO entrenado obtuvo una precisión del 99,98 %, recuperación del 80,12 % y una precisión media promedio 87,21 %.
Detección, clasificación y seguimiento	(Rathod et al., 2024)	Empleo del modelo YOLOv8		Los resultados son prometedores, como lo demuestra el 0,86 mAP50 después del entrenamiento.
Detección de grietas en la carretera	(Gao et al., 2023)	U-Net, (DR-Block), Atrous (ASAM)		El método logra un 76,41 % de MIOU y un 74,24 % de F1-Score en el conjunto de datos de fabricación.
Detección inteligente de accidentes en tiempo real	(Senthil et al., 2024)	IoT, GSM, GPS, CNN		Es capaz de predecir alrededor del 95%, la probabilidad de una colisión vehicular cuando se le proporciona una imagen de entrada.

Como se evidencia en la **tabla 5** el modelo más utilizado es la YOLO con un total de 7 referencias en los estudios mencionados en este trabajo que arroja como resultados en el análisis en promedio de 90% de precisión, notamos que en su mayoría la detección de objetos está muy presente en la mayoría de los trabajos con modelos como (YOLO, CNN) que con sus diferentes versiones y variaciones ayudan a la precisión de las tecnologías con métodos de un rango entre 70% y 99%. lo que nos deja una gama de estudios que presentan prototipos lo que nos enseña como las tecnologías están en constante evolución y especializándose en aspecto como lo es la detección de peatones, pasos cebras, monitoreo y control del tráfico entre muchas más incluso observamos tecnologías que toman en cuenta situaciones climatológicas para el funcionamiento de sus modelos en condiciones extremas y poca luz con precisión del 90- 99% de precisión, los autores en (Ghari et al., 2024), analiza los desafíos de la detección de peatones en condiciones de poca luz. Explora metodologías de vanguardia desarrollada para abordar estos desafíos, lo que refleja una tendencia hacia soluciones más adaptadas a condiciones adversas. Entre la literatura seleccionada se describe el nivel de impacto de la revista para 25 de los estudios esto midiéndolo por medio de los cuartiles así notar calidad de una revista científica como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Impacto de la literatura estudiada

Estudio	QI
(Güney et al., 2022),(Khan et al., 2023),(Nowosielski et al., 2020),(Masud et al., 2020),(Berri et al., 2022),(Noh & Yeo, 2022), (Djenouri et al., 2022).	Q1
(De-Las-Heras et al., 2021),(Kaya et al., 2023),(Chen et al., 2022),(Zhang et al., 2022), (Li et al., 2022),(Lee et al., 2023),.	Q2
(Jonpaul Nnamdi Opara et al., 2021),(Rathod et al., 2024),(Gao et al., 2023)	Q3
(Sadien & Bekaroo, 2024).	Q4

La literatura estudiada comprende de 42 estudios de los cuales se obtuvo 25 modelos entre los cuales 17 estudios se identificó el impacto y 8 de estos no se identificaron todo esto comprobado en la página Scimago Journal & Country Rank SJR.

RQ1. ¿Cuáles son las técnicas implementadas en las tecnologías basadas en visión por computadora en el campo de la seguridad vial?

Para identificar las técnicas en la visión por computadora tenemos que analizar los la literatura de la cual se toma una porción de 8 estudios para responder a esta pregunta de investigación técnicas como detección y seguimiento de objetos, reconocimiento de señales de tráfico y monitoreo de conductores.

Tabla 7: Técnica de visión por computadora en la seguridad vial.

Id	Técnicas	Contribución	Referencia
1	Detección de objetos (Object detection)	Detección automática de un cruce peatonal en una red de carreteras.	(Kaya et al., 2023)
2	Detección de objetos (Object detection)	Un sistema que detecta animales aplicando técnica de detección de objetos	(Sharma & Shah, 2017)
3	Detección de objetos (Object detection)	NAVIBOX detecta vehículos, personas en movimiento y predice riesgos de colisión.	(Lee et al., 2023)
4	Reconocimiento de Patrones (Pattern recognition)	Este sistema nos ayuda Identificar los pasos de cebra según la detección de bordes del operador.	(Fang et al., 2021)
5	Reconocimiento de Patrones (Pattern recognition)	El modelo AB-DLM Identificación automática regularidades en datos a través del uso de algoritmos informáticos	(Li et al., 2022)

6	Segmentación (Segmentation)		Este contribuyo detección de objetos mediante CNN a un cruce de peatones.	(Noh & Yeo, 2022)
7	Segmentación (Segmentation)		Modelo mejorado basado en U-Net segmentar rápidamente de forma estable los pasos de peatones en imágenes	(Zhong et al., 2020)
8	Reconocimiento de señales de tráfico. (Traffic recognition)	sign	Modelo portátil del sistema ADAS para la detección en tiempo real de las señales de tráfico utilizando algoritmo YOLO v5	(Güney et al., 2022)
9	Reconocimiento de señales de tráfico. (Traffic recognition)	sign	Contribuye a la detección y transcripción de señales de mensajes variables en la carretera mediante RetinaNet.	(De-Las-Heras et al., 2021)

En total, se identifican 4 técnicas de vision por computadora entre la muestra de literatura analizados para las tecnologías en seguridad vial la cual comprende 9 estudios y las que más destacadas: Detección de objetos, el cual en la mayoría de los estudios se encuentra la cual representa una gran contribución a las tecnologías, el reconocimiento de patrones, la segmentación, reconocimiento de señales de tráfico las cuales se encuentran en un aproximado del 40% de los estudios son técnicas que trabajan en conjunto con otras es decir que en lo analizado podemos llegar a encontrar tecnologías que implementen dos técnicas o incluso las 4, por ejemplo en NAVIbox (Lee et al., 2023), combina captura de video, seguimiento, predicción de riesgos y advertencias en tiempo real. Sin embargo, los desafíos incluyen el rendimiento limitado en condiciones adversas, como poca luz, aunque algunas soluciones ya se están enfocándose en este problema.

RQ2. ¿Cuáles son las aplicaciones y sistemas de la visión por computadora en la seguridad vial?

Para determinar las aplicaciones de la visión por computadora en la seguridad vial es necesario identificar con los estudios analizados como se ha aplicado. En la **tabla 8** se muestra

cuáles han sido las aplicaciones tomando como muestra 7 estudios que ayuden a responder esta pregunta.

Tabla 8: *Aplicaciones y sistemas más destacados en la visión por computadora.*

Id	Aplicaciones	Contribución	Art
1	Sistema ADAS	Es un prototipo de sistema de lectura de VMS al abordar el problema de distracciones al volante.	(De-Las-Heras et al., 2021)
2	Sistema ADAS	Esta propuesta sugiere evaluar tanto al conductor y lo que ocurre fuera del vehículo, para detectar fallos graves al conducir.	(Berri et al., 2022)
3	Detección de peatones	Demuestra que se puede construir un sistema móvil para la detección de peatones en condiciones de iluminación severas.	(Nowosielski et al., 2020)
4	Detección de carriles	Muestra una alta exactitud de detección de carriles, lo que permite contribuir al proceso de automatización del coche.	(Guerrero-Ibáñez et al., n.d.)
5	Monitoreo del tráfico	Mask R-CNN para detección de objetos con red troncal ResNet-101 monitorear el tráfico	(Malbog, 2019)
6	Monitoreo del tráfico	Dos técnicas para mejor rendimiento en puntuación F-Measure y tasa de error mostraron un rendimiento bueno en días.	(Masud et al., 2020)

Como se muestra en la tabla 8 las aplicaciones que se le pueden dar a la visión por computadora en la seguridad vial al menos la que se lograron identificar en la muestra de los estudios literarios son: Sistemas ADAS, detección de peatones detección de carriles, Monitoreo de tráfico cada una de las aplicaciones contribuyen algo novedoso en su forma al campo de la seguridad vial. Sistema ADAS, según lo afirmado por (Darapaneni et al., 2022), los sistemas ADAS combinan una variedad de sensores, incluyendo LiDAR, cámaras IR, radar, sensores ultrasónicos y cámaras de espectro visual, para realizar la detección de objetos y obtener un conocimiento integral de la situación del vehículo en su entorno.

Los sistemas ADAS se clasifican en varias subcategorías basadas en sus funciones de apoyo. Entre ellas, según (Bruno et al., 2023), muestra categorías como control lateral, control longitudinal, entre otras los sistemas de prevención de colisiones su objetivo evitar posibles problemas de accidente en curso. Pese a avance está limitado a vehículos modernos y sistemas portátiles están en evolución lo y surge como necesidad para su avance.

RQ3. ¿Cuál es el panorama a futuro de la visión por computadora dentro del campo de seguridad vial?

Para identificar el panorama de visión por computadora en la seguridad vial es necesario indagar en literatura recientes. Una de las áreas emergentes es el uso de drones UAV para el monitoreo y control del tráfico, destacándose como herramientas eficientes y sostenibles. Según (Gohari et al., 2022), los drones han demostrado ser útiles en diversos campos de investigación, como el transporte y la detección de objetos, consolidándose como aliados clave en la gestión de ciudades inteligentes. Los autores en (Outay et al., 2020), resaltan el impacto de drones en la seguridad vial, el monitoreo del tráfico y gestión de infraestructura. La integración de visión artificial en UAV permitido avances notables en la captura de imágenes y videos, convirtiéndolos en herramientas esenciales en control de carreteras e identificación de accidentes. Esto consolida a los drones como tecnología clave en detección con visión por computadora.

Entre estos destaca los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS). El artículo de (Ragesh & Rajesh, 2019) señala avances en las técnicas de detección de peatones han mejorado significativamente los sistemas ADAS. Sin embargo, su precisión sigue siendo insuficiente para garantizar la seguridad en situaciones automotrices complejas. Además, en (Güney et al., 2022), presenta un sistema ADAS portátil basado en el algoritmo YoloV5 para la detección en tiempo real de señales de tráfico. Este desarrollo marca un avance significativo el acceso a herramientas de seguridad avanzada.

Los drones destacan por su capacidad para ofrecer una visión amplia y detallada del tráfico desde puntos estratégicos. Un ejemplo en (Tran et al., 2023), es un conjunto de datos UIT-ADrone diseñado para detectar eventos anómalos en escenarios complejos con objetos de diferentes tamaños. Sin embargo, estas tecnologías enfrentan desafíos como la duración de la batería, las condiciones meteorológicas y los puntos de despegue, lo que requiere evaluaciones rigurosas para garantizar su operatividad en condiciones reales. Los autores (Rathee et al., 2023), destacan en su revisión sistemática sobre los Sistemas de Detección Automatizada de Defectos y Anomalías en Carreteras (ARDAD) cómo los avances en sensores, visión por computadora y aprendizaje automático están transformando el sector.

La visión por computadora, apoyada por avances en inteligencia artificial y aprendizaje automático, está transformando la seguridad vial hacia un futuro más seguro y eficiente. No obstante, superar los retos técnicos y operativos seguirá siendo fundamental para garantizar su implementación efectiva en condiciones reales.

Conclusión

Se realizó una revisión sistemática de la literatura sobre “Tecnologías basadas en vision por computadora en seguridad vial y peatonal” la cual se enfocó en registrar avances y el panorama a futuro. Para cumplir con esto se realizó una búsqueda con 162 artículos encontrados de los cuales se tomaron 42 estudios que cumplieron con el criterio de selección y 25 de estos con resultados incluido.

Al analizar las tecnologías se identificaron técnicas que se utilizan en conjunto con la vision por computadora las cuales tiene un impacto significativo en el reconocimiento y detección de objetos con una precisión en modelos desde 70% al 99% en base al análisis de la literatura

se identificó como la detección de objeto como la técnica más utilizada en tecnología con vision por computadora con un 64% en los estudios.

La visión por computadora está transformando la seguridad vial mediante aplicaciones como los sistemas ADAS, la detección de peatones, la detección de carriles y el monitoreo del tráfico. Estas tecnologías, utilizan cámaras, LiDAR y radar, mejoran la percepción del entorno y ayudan a prevenir accidentes. Aunque los sistemas ADAS han avanzado, su implementación aún está limitada a vehículos modernos, cada aplicación contribuye significativamente a crear un entorno vial seguro y automatizado.

El futuro de la visión por computadora en la seguridad vial es prometedor, gracias a su capacidad para transformar la forma en que se gestionan los riesgos en las carreteras. Tecnologías como los drones, los sistemas ADAS y los algoritmos avanzados están marcando un antes y un después en la detección de peatones, señales y anomalías en tiempo real. En base a este análisis de la literatura se llega a la conclusión que se puede mejorar la precisión de los modelos para una mayor efectividad y se reconoce como la vision por computadora en la seguridad vial y peatonal a crecido de manera significativa implementadas en tecnologías aplicando técnicas sin embargo es necesario que tecnologías y sistemas evolucionen para mitigar los accidentes de tránsito y riesgo hacia peatones.

Referencia Bibliográfica

- Berri, R. A., Bruno, D. R., Borges, E., Lucca, G., & Osório, F. S. (2022). ADAS classifier for driver monitoring and driving qualification using both internal and external vehicle data. *Proceedings*.
- Bruno, D. R., Berri, R. A., Barbosa, F. M., & Osório, F. S. (2023). CARINA Project: Visual Perception Systems Applied for Autonomous Vehicles and Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). *IEEE Access*, 11, 69720–69749. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3287491>
- Chen, C., Chandra, S., Han, Y., & Seo, H. (2022). Deep Learning-Based Thermal Image Analysis for Pavement Defect Detection and Classification Considering Complex Pavement Conditions. *Remote Sensing*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/rs14010106>
- Darapaneni, N., Parikh, B., Paduri, A. R., Kumar, S., Beedkar, T., Narayanan, A., Tripathi, N., & Khoche, T. (2022). Distracted Driver Monitoring System Using AI. *2022 Interdisciplinary Research in Technology and Management (IRTM)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/IRTM54583.2022.9791545>
- De-Las-Heras, G., Sánchez-Soriano, J., & Puertas, E. (2021). Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) Based on Machine Learning Techniques for the Detection and Transcription of Variable Message Signs on Roads. *Sensors*, 21(17). <https://doi.org/10.3390/s21175866>
- Dixit, A., Kumar Chidambaram, R., & Allam, Z. (2021). Safety and Risk Analysis of Autonomous Vehicles Using Computer Vision and Neural Networks. *Vehicles*, 3(3), 595–617. <https://doi.org/10.3390/vehicles3030036>
- Djenouri, Y., Belhadi, A., Srivastava, G., Djenouri, D., & Chun-Wei Lin, J. (2022). Vehicle detection using improved region convolution neural network for accident prevention in smart roads. *Pattern Recognition Letters*, 158, 42–47. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patrec.2022.04.012>
- Fang, N., Zhang, Z., Xia, B., & Yao, Z. (2021). Polite Zebra Crossing Driver Reminding System Design. *Proceedings of the 2021 International Conference on Bioinformatics and Intelligent Computing*, 390–394.
-

- Friji, H., Khanfor, A., Ghazzai, H., & Massoud, Y. (2022). An End-to-End Smart IoT-Driven Navigation for Social Distancing Enforcement. *IEEE Access*, *10*, 76824–76841. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3192860>
- Gao, Y., Cao, H., Cai, W., & Zhou, G. (2023). Pixel-level road crack detection in UAV remote sensing images based on ARD-Unet. *Measurement*, *219*, 113252. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.113252>
- Ghari, B., Tourani, A., Shahbahrami, A., & Gaydadjiev, G. (2024). Pedestrian detection in low-light conditions: A comprehensive survey. *Image and Vision Computing*, *148*, 105106. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imavis.2024.105106>
- Gohari, A., Ahmad, A. Bin, Rahim, R. B. A., Supa'at, A. S. M., Abd Razak, S., & Gismalla, M. S. M. (2022). Involvement of Surveillance Drones in Smart Cities: A Systematic Review. *IEEE Access*, *10*, 56611–56628. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3177904>
- Guerrero-Ibáñez, J. A., Contreras-Castillo, J. J., & Santana-Mancilla, P. C. (n.d.). *Modelo basado en visión por computadora para detección de carriles viales para la autonomía de vehículos*.
- Güney, E., Bayılmış, C., & Çakan, B. (2022). An Implementation of Real-Time Traffic Signs and Road Objects Detection Based on Mobile GPU Platforms. *IEEE Access*, *10*, 86191–86203. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3198954>
- INEC, I. N. de E. y C.-. (2024). *Estadísticas de Transporte: Siniestros de Tránsito. I Trimestre, 2024*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/estadisticas-de-siniestros-de-transito-a-escala-nacional-2024.html>
- Jara, M., Torres, V., Martínez, A., & Torres, A. (2023). Systematic review of state-of-the-art applications in the field of computer vision. In C. Digital (Ed.), *Ciencia Digital* (no. 4, Vol. 7). <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v7i4.2710>
- Jonpaul Nnamdi Opara, Aunt Bo Bo Thein, Shota Izumi, Hideaki Yasuhara, & Pang-Jo Chun. (2021). DEFECT DETECTION ON ASPHALT PAVEMENT BY DEEP LEARNING. *GEOMATE Journal*, *21*(83), 87–94. <https://geomatejournal.com/geomate/article/view/715>
- Kaya, Ö., Çodur, M. Y., & Mustafaraj, E. (2023). Automatic Detection of Pedestrian Crosswalk with Faster R-CNN and YOLOv7. *Buildings*, *13*(4). <https://doi.org/10.3390/buildings13041070>
-

- Khan, M. A., Nawaz, T., Khan, U. S., Hamza, A., & Rashid, N. (2023). IoT-Based Non-Intrusive Automated Driver Drowsiness Monitoring Framework for Logistics and Public Transport Applications to Enhance Road Safety. *IEEE Access*, 11, 14385–14397. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3244008>
- Lee, H., Cho, H., Noh, B., & Yeo, H. (2023). NAVIBox: Real-Time Vehicle–Pedestrian Risk Prediction System in an Edge Vision Environment. *Electronics (Switzerland)*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/electronics12204311>
- Li, T., Zhang, Y., Li, Q., & Zhang, T. (2022). AB-DLM: An Improved Deep Learning Model Based on Attention Mechanism and BiFPN for Driver Distraction Behavior Detection. *IEEE Access*, 10, 83138–83151. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3197146>
- Malbog, M. A. (2019). MASK R-CNN for Pedestrian Crosswalk Detection and Instance Segmentation. *2019 IEEE 6th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICETAS48360.2019.9117217>
- Maluya, M. M. O., Aleluya, E. R. M., Opon, J. G., & Salaan, C. J. O. (2023). Lane Tracking for Autonomous Road Pavement Inspection with Unmanned Aerial Vehicles. *2023 6th International Conference on Applied Computational Intelligence in Information Systems (ACIIS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ACIIS59385.2023.10367228>
- Masud, U., Jeribi, F., Alhameed, M., Tahir, A., Javaid, Q., & Akram, F. (2020). Traffic Congestion Avoidance System Using Foreground Estimation and Cascade Classifier. *IEEE Access*, 8, 178859–178869. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3027715>
- Meem, M. I., Dhar, P. K., Khaliluzzaman, Md., & Shimamura, T. (2019). Zebra-Crossing Detection and Recognition Based on Flood Fill Operation and Uniform Local Binary Pattern. *2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering (ECCE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ECACE.2019.8679453>
- Noh, B., & Yeo, H. (2022). A novel method of predictive collision risk area estimation for proactive pedestrian accident prevention system in urban surveillance infrastructure. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 137, 103570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103570>
- Nowosielski, A., Małecki, K., Forczmański, P., Smoliński, A., & Krzywicki, K. (2020). Embedded Night-Vision System for Pedestrian Detection. *IEEE Sensors Journal*, 20(16), 9293–9304. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2020.2986855>
-

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Global status report on road safety 2023*.
- Outay, F., Mengash, H. A., & Adnan, M. (2020). Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) in road safety, traffic and highway infrastructure management: Recent advances and challenges. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 141, 116–129. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.018>
- Ragesh, N. K., & Rajesh, R. (2019). Pedestrian Detection in Automotive Safety: Understanding State-of-the-Art. *IEEE Access*, 7, 47864–47890. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2909992>
- Rathee, M., Bačić, B., & Doborjeh, M. (2023). Automated Road Defect and Anomaly Detection for Traffic Safety: A Systematic Review. *Sensors*, 23(12). <https://doi.org/10.3390/s23125656>
- Rathod, V. V., Rana, D. P., Mehta, R. G., & Nath, V. (2024). A computer vision approach to vehicle detection, classification, and tracking from UAV data for Indian traffic analysis. *IETE Journal of Research*. <https://doi.org/10.1080/03772063.2024.2378478>
- Rijo-García, S., Segredo, E., & León, C. (2022). Computational Thinking and User Interfaces: A Systematic Review. *IEEE Transactions on Education*, 65(4), 647–656. <https://doi.org/10.1109/TE.2022.3159765>
- Sadien, Y. K., & Bekaroo, G. (2024). Distracker: An Intelligent Assistant for Real-Time Distracted Driving Detection and Mitigation. In A. Seeam, V. Ramsurrun, S. Juddoo, & A. Phokeer (Eds.), *Innovations and Interdisciplinary Solutions for Underserved Areas* (pp. 33–47). Springer Nature Switzerland.
- Sarraf, A., Azhdari, M., Sarraf, S., & others. (2021). A comprehensive review of deep learning architectures for computer vision applications. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 77(1), 1–29.
- Senthil, G. A., Lakshmi Priya, R. V, Geerthik, S., Karthick, G., & Lavanya, R. (2024). Safe Road AI: Real-Time Smart Accident Detection for Multi-Angle Crash Videos using Deep Learning Techniques and Computer Vision. *2024 3rd International Conference on Applied Artificial Intelligence and Computing (ICAAIC)*, 617–622. <https://doi.org/10.1109/ICAAIC60222.2024.10575074>
-

- Sharma, S. U., & Shah, D. J. (2017). A Practical Animal Detection and Collision Avoidance System Using Computer Vision Technique. *IEEE Access*, 5, 347–358. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2642981>
- Shubham, K., Satyam, K., Kapisway, P., Memani, R., Anand, A., & Sathiya Kumar, C. (2024). IoT-based Car Driver Assistance System using Computer Vision and Machine Learning. *2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence For Internet of Things (AlloT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/AlloT58432.2024.10574759>
- Tran, T. M., Vu, T. N., Nguyen, T. V., & Nguyen, K. (2023). UIT-ADrone: A Novel Drone Dataset for Traffic Anomaly Detection. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 16, 5590–5601. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2023.3285905>
- Yepes-Nuñez, J. J., Urrútia, G., Romero-García, M., & Alonso-Fernández, S. (2021). The PRISMA 2020 statement: *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Zhang, Z.-D., Tan, M.-L., Lan, Z.-C., Liu, H.-C., Pei, L., & Yu, W.-X. (2022). CDNet: A real-time and robust crosswalk detection network on Jetson nano based on YOLOv5. *Neural Computing and Applications*, 34(13), 10719–10730.
- Zhong, J., Feng, W., Lei, Q., Le, S., Wei, X., Wang, Y., & Wang, W. (2020). Improved U-net for Zebra-crossing Image Segmentation. *2020 IEEE 6th International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, 388–393. <https://doi.org/10.1109/ICCC51575.2020.9345244>
-