

Detección y clasificación de vehículos a través de redes neuronales convolucionales

María Carmona Pastor

Tutor:
José María Armingol Moreno

Universidad Carlos III de Madrid

Año académico 2023-2024



Índice

- 1 Introducción
- 2 Estado del arte
- 3 Marco teórico
- 4 Metodología y desarrollo
- 5 Resultados y análisis
- 6 Conclusiones



Índice

- 1 Introducción
 - 2 Estado del arte
 - 3 Marco teórico
 - 4 Metodología y desarrollo
 - 5 Resultados y análisis
 - 6 Conclusiones



Introducción

Sistemas inteligentes de transporte

Evolución →

De comunicación unidireccional a sistemas cooperativos de transporte.

Tipos →

Semáforos, señales, peajes, gestión de transporte público y flotas...

Ventajas →

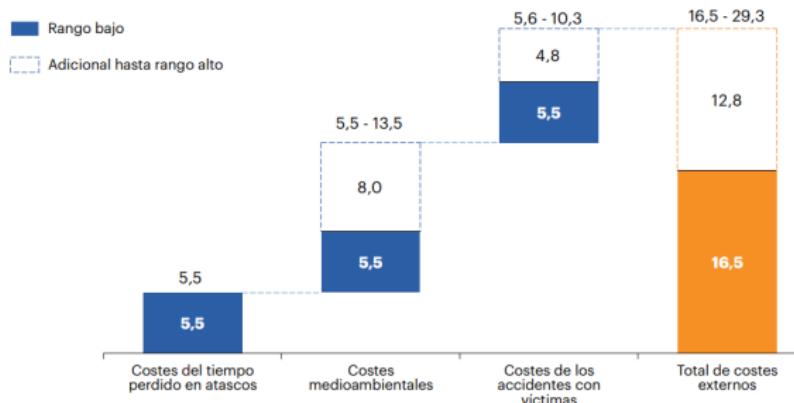
Comodidad, sostenibilidad, seguridad, rentabilidad.



Introducción

Sistemas inteligentes de transporte

Costes externos del transporte en España (miles de millones de euros anuales)



Costes anuales externos del transporte en España en 2018 [1].



Objetivos

Objetivo principal:

Obtener una red que distinga correctamente entre furgonetas ligeras y pesadas.

Subobjetivos:

- ① Creación del *dataset*.
- ② Ajuste de hiperparámetros y entrenamiento de la red.



Índice

1 Introducción

2 Estado del arte

3 Marco teórico

4 Metodología y desarrollo

5 Resultados y análisis

6 Conclusiones



Sistemas de cobro electrónico de peajes

Sistemas basados en barreras

- Identificación por Radiofrecuencia (RFID)
- Tarjetas de pago o efectivo.



Sistemas de cobro electrónico de peajes

Sistemas de flujo libre

- Sistema Global de Navegación por Satélite (GNSS)
 - Comunicación dedicada a corto alcance (DSRC).
 - Cámaras de vídeo
 - Móviles inteligentes



Sistemas de cobro electrónico de peajes

Implementación en Europa

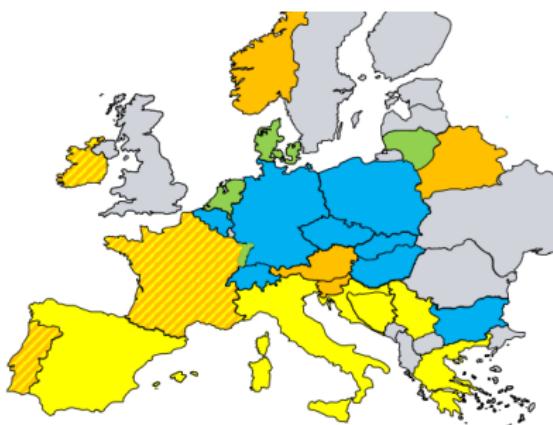
| |
|----------------------|
| Switzerland 2001 |
| Germany 2005 |
| Slovakia 2010 |
| Hungary 2013 |
| Belgium 2016 |
| Bulgaria 2020 |
| Czech Republic 2019* |
| Poland 2021* |

* GNSS replaced DSRC

| |
|---------------------|
| Lithuania 2024 |
| Denmark 2025 |
| Alsace, France 2025 |
| Netherlands 2026 |

All new systems will rely heavily on the European Electronic Toll Service (EETS)

- GNSS MLFF
 - MLFF using DSRC
 - MLFF partially introduced
 - Toll Plazas with DSRC lanes
- (MLFF = Multi-Lane Free-Flow)



Distribución de los diferentes sistemas de peaje en Europa a fecha de 2020 [2].

Sistemas de reconocimiento de vehículos

Sensores

- Cámaras de fotos y vídeo
- Sensores magnéticos
- Radares
- LiDAR
- Sensores infrarrojos
- Comunicación WiFi



Sistemas de reconocimiento de vehículos

Procesamiento de la información

Tipos de algoritmos[2]:

- Detección en dos fases (RCNN).
- Detección en una fase (YOLO, RetinaNet).



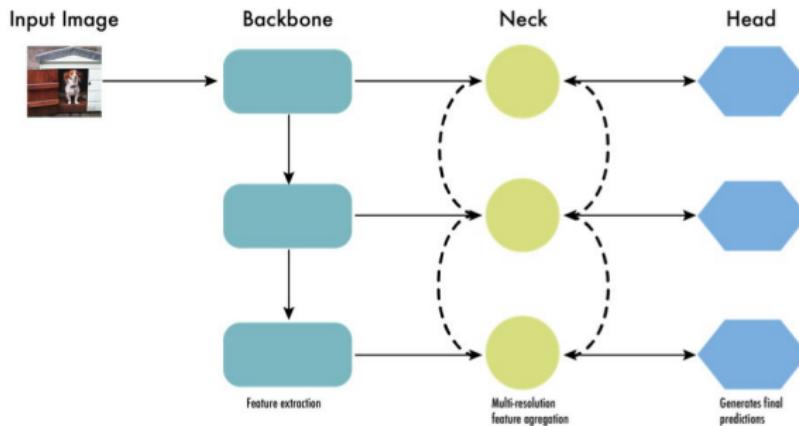
Sistemas de reconocimiento de vehículos

Tendencias futuras

- Tecnología 5G.
 - Vehículos autónomos.
 - Sistemas de cobro más personalizados.



YOLOv8



Arquitectura general de un modelo de detección de objetos.



Índice

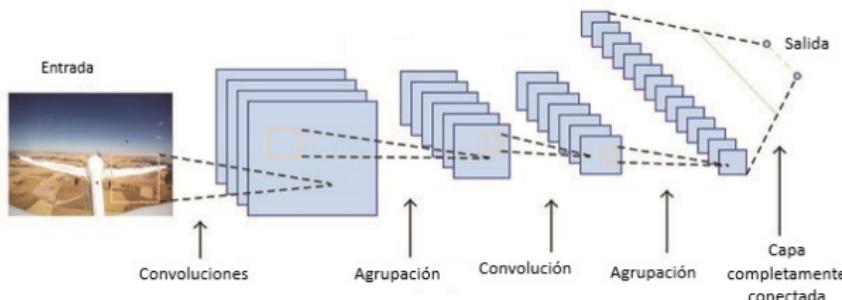
- 1 Introducción
- 2 Estado del arte
- 3 Marco teórico
- 4 Metodología y desarrollo
- 5 Resultados y análisis
- 6 Conclusiones



Redes neuronales convolucionales

Se componen de:

- Capa convolucional
- Capa de agrupación
- Capa totalmente conectada



Estructura general de una CNN [3].

Validación y métricas

- Precisión
 - Recuperación o *recall*
 - FP1
 - mAP50
 - mAP50-95



Índice

- 1 Introducción
- 2 Estado del arte
- 3 Marco teórico
- 4 Metodología y desarrollo
- 5 Resultados y análisis
- 6 Conclusiones



Herramientas utilizadas



A Albumentations



Creación y etiquetado del conjunto de datos

Definición de clases



0 - Moto (M)



1 - Coche (C)



2 - Furgoneta ligera (FL)



3 - Furgoneta pesada (FP)



4 - Autobús (A)



5 - Camión ligero (CL)



6 - Camión pesado (CP)



7 - Camión pesado articulado (CPA)



Creación y etiquetado del conjunto de datos

Definición de clases



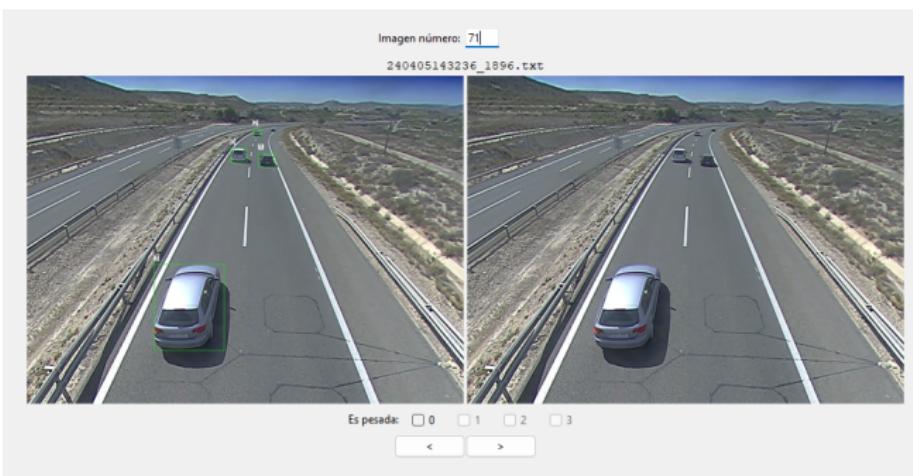
Furgonetas pesadas



Furgonetas ligeras

Creación y etiquetado del conjunto de datos

Proceso de etiquetado



Herramienta de etiquetado personalizada

Análisis de limitaciones

Problemas detectados

- **Redundancia**
- **Ambigüedad**
- Poca variación de **color**
- Poca variedad de **localizaciones**
- Poca variación del estado del **tráfico**
- Poca variedad de **perspectivas**
- Poca variedad de condiciones de **visibilidad**
- Desequilibrio de **clases**



Análisis de limitaciones

Obtención de información del dataset

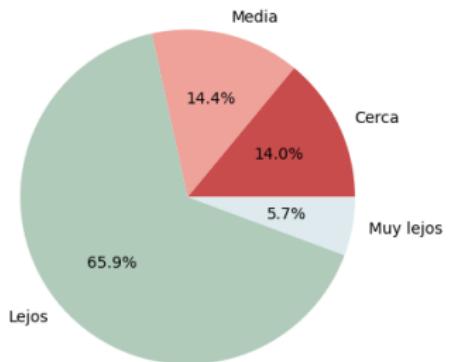


Funcionalidad añadida para guardar información del dataset.

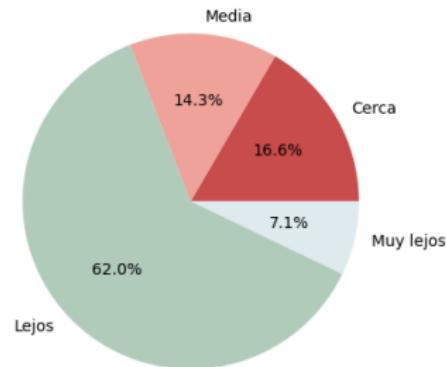
Análisis de limitaciones

Obtención de información del dataset

Distancias en dataset completo



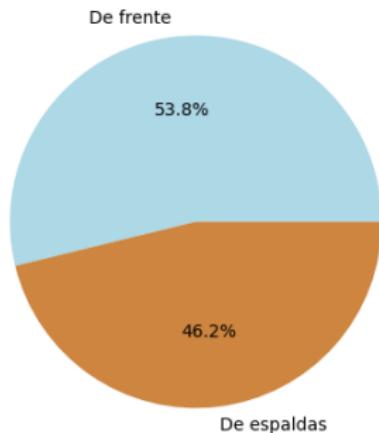
Distancias en dataset reducido



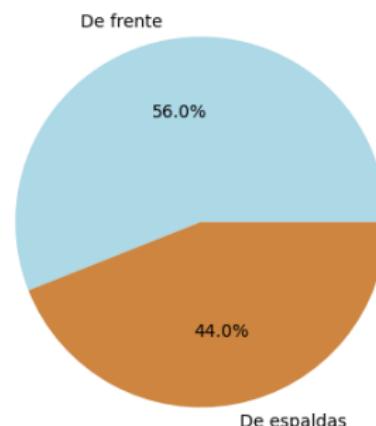
Análisis de limitaciones

Obtención de información del dataset

Sentidos en dataset completo



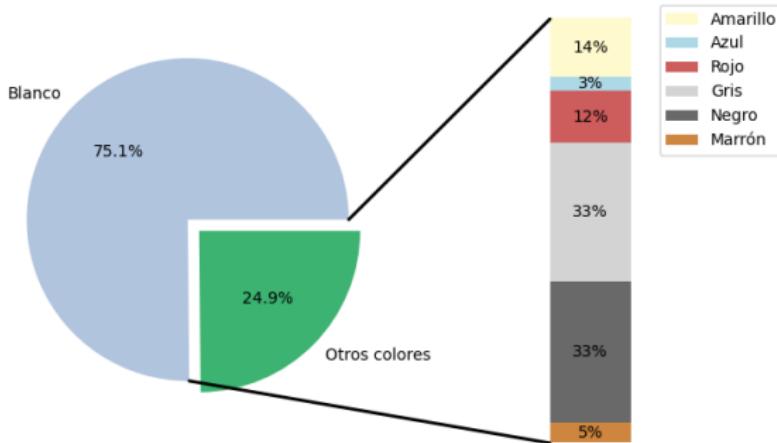
Sentidos en dataset reducido



Análisis de limitaciones

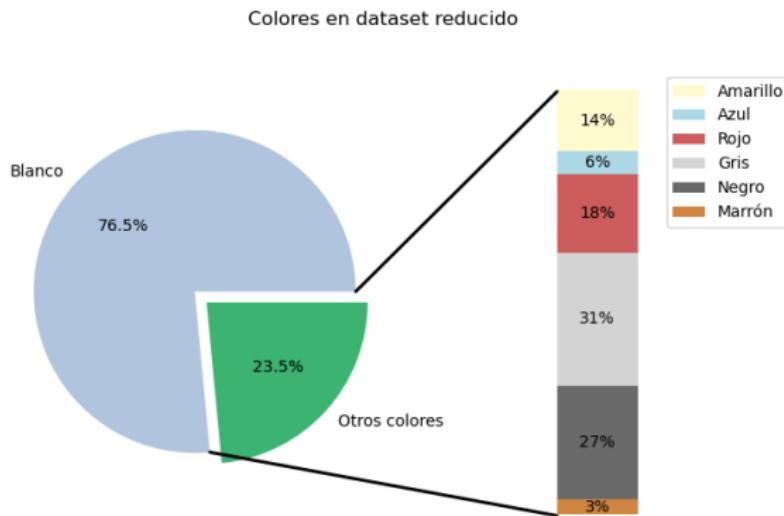
Obtención de información del dataset

Colores en dataset completo



Análisis de limitaciones

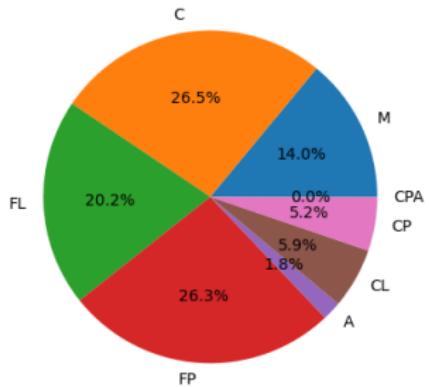
Obtención de información del dataset



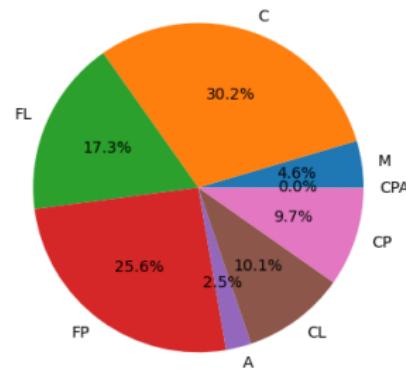
Análisis de limitaciones

Obtención de información del dataset

Distribución de clases en el dataset completo



Distribución de clases en el dataset reducido



Análisis de limitaciones

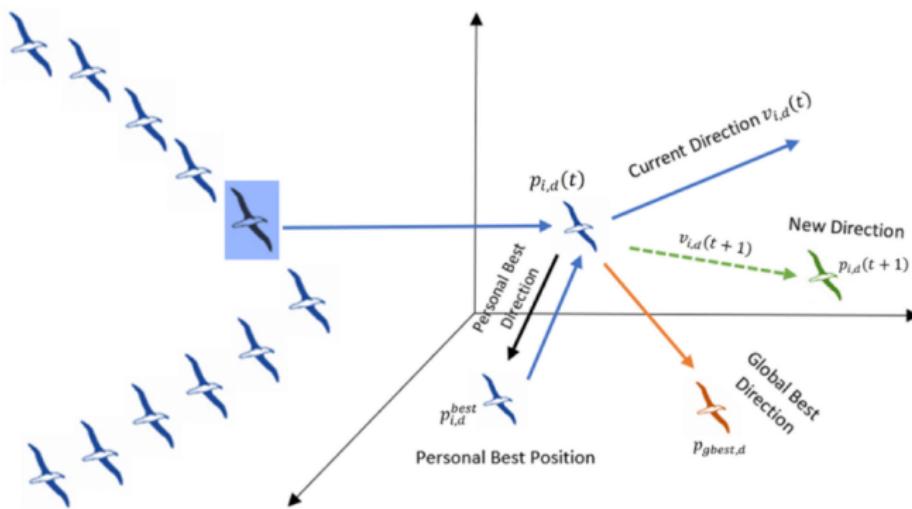
Aumento de datos

El mayor problema es la falta de diversidad en los datos, para paliarlo podemos:

- Modificar los valores de **matiz, saturación y brillo**.
- Añadir filtros de **lluvia, niebla o reflejos solares**.
- **Girar, rotar** o utilizar **recortes** de imágenes.
- Aumentar imágenes con muchos vehículos de **clases subrepresentadas**.

Ajuste de hiperparámetros

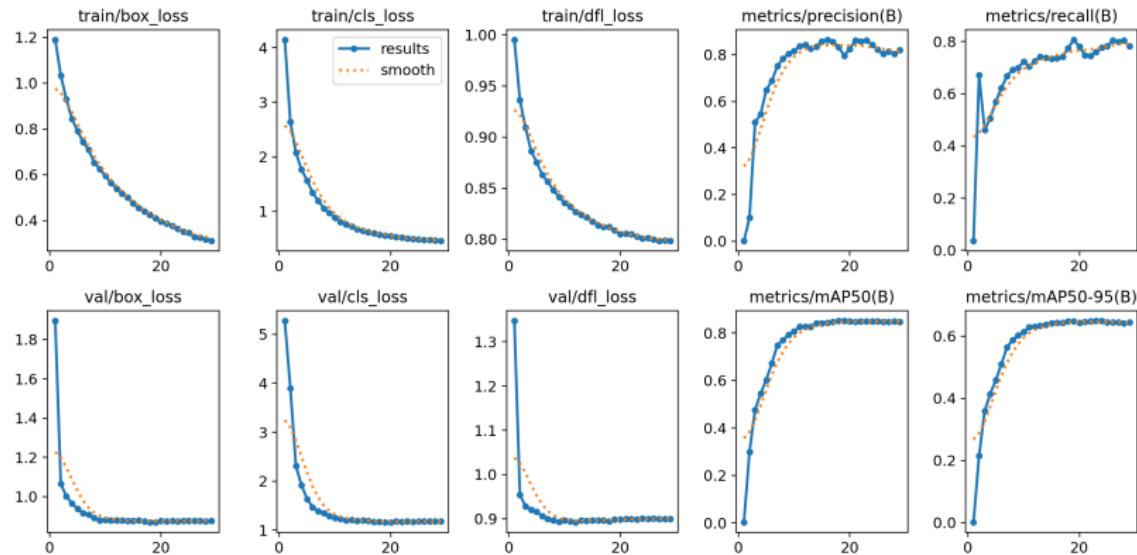
Algoritmo de optimización por enjambre de partículas (PSO)



Representación gráfica de PSO [4].

Ajuste de hiperparámetros

Primer entrenamiento: elección de optimizador



Resultados al entrenar la red con Adam.

Ajuste de hiperparámetros

Función de coste PSO → $mAP50 - 95$

Entrenamiento sobre yolov8n.pt sin aumento de datos

epochs = 40

paciente = 5

imgsz = 608

optimizer = "Adam"

Parámetros PSO → $\omega = 0.7$ y $c_1 = c_2 = 1.7$

Hiperparámetros a optimizar:

lr0 batch

lrf weight_decay

momentum cls

Entrenamiento con aumento de datos a partir del mejor resultado.



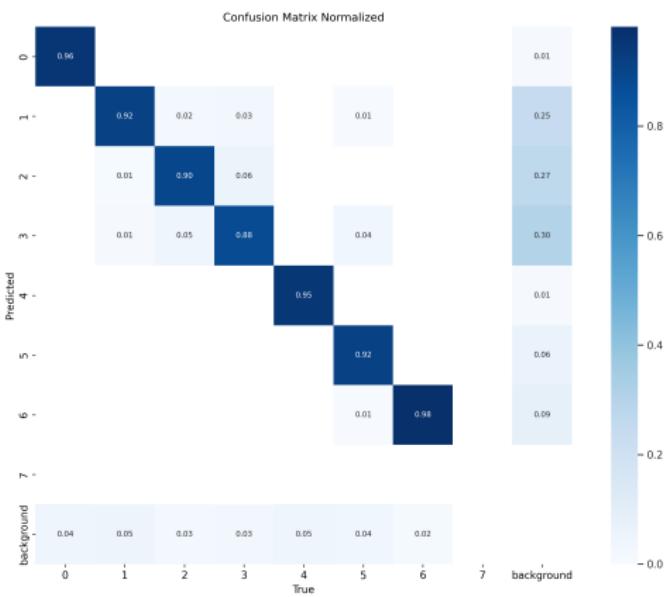
Índice

- 1 Introducción
- 2 Estado del arte
- 3 Marco teórico
- 4 Metodología y desarrollo
- 5 Resultados y análisis
- 6 Conclusiones



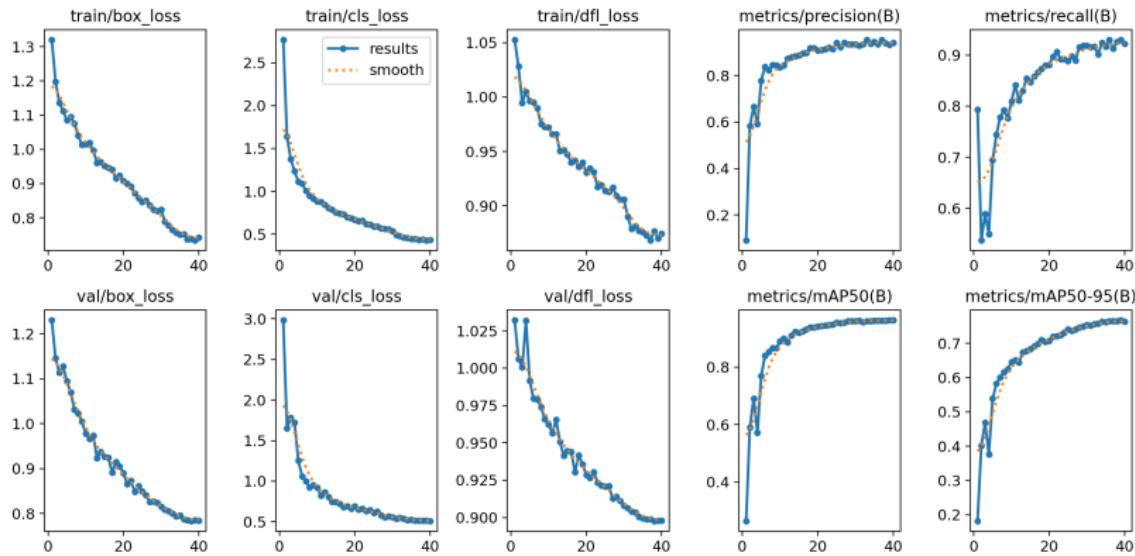
Resultados y análisis

Matriz de confusión normalizada



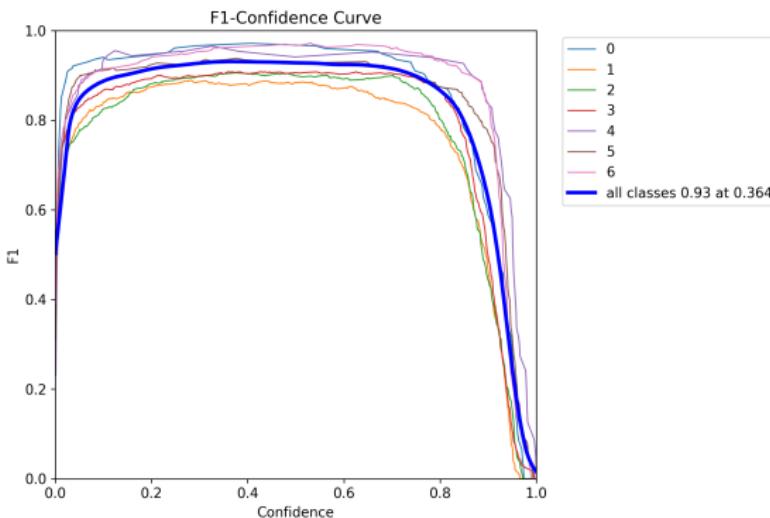
Resultados y análisis

Métricas



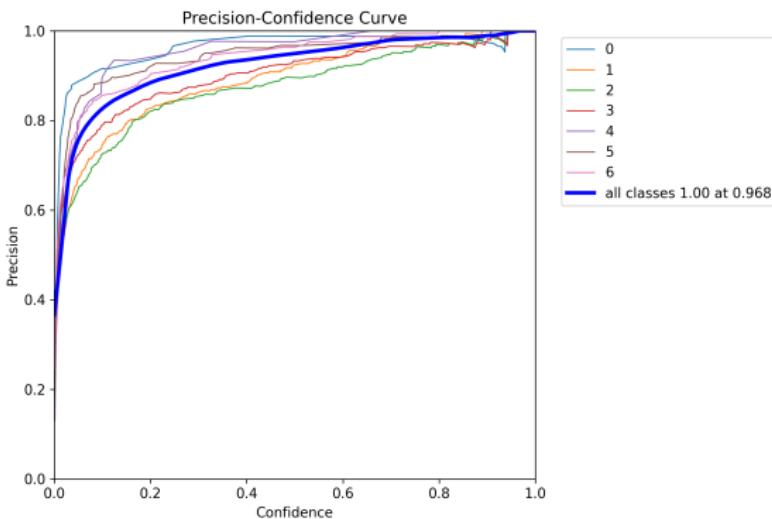
Resultados y análisis

Curva F1



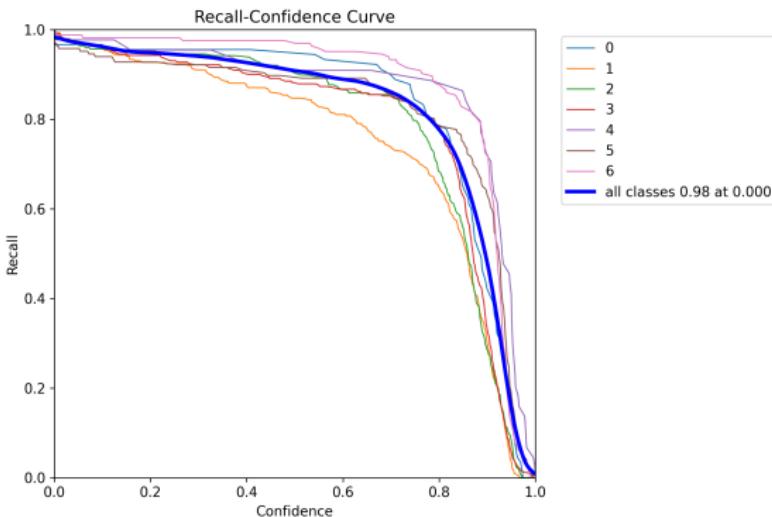
Resultados y análisis

Curva de precisión



Resultados y análisis

Curva de recall



Índice

- 1 Introducción
- 2 Estado del arte
- 3 Marco teórico
- 4 Metodología y desarrollo
- 5 Resultados y análisis
- 6 Conclusiones



Conclusiones

- Se han conseguido los objetivos.
 - Existe margen de mejora (más variedad de imágenes, mejor ajuste de la red, ...).



Trabajo futuro

- Conseguir más imágenes para el *dataset*.
 - Entrenar partiendo de un modelo que ya reconozca el resto de clases.
 - Ejecutar PSO utilizando el *dataset* aumentado e integrando validación cruzada en la función de coste.
 - Realizar un ajuste de los parámetros de entrada de PSO.



¡GRACIAS!



Bibliografía I

- [1] . *Peajes que reducen el tráfico y la contaminación en España.*
<https://www.bankinter.com/blog/finanzas-personales/los-nuevos-peajes-inteligentes-espana>. [Último acceso: 08-09-2024].
- [2] Mark Bugeja, Alexiei Dingli, Maria Attard, et al. “Comparison of Vehicle Detection Techniques applied to IP Camera Video Feeds for use in Intelligent Transport Systems”. In: *Transportation Research Procedia* 45 (2020). Transport Infrastructure and systems in a changing world. Towards a more sustainable, reliable and smarter mobility. TIS Roma 2019 Conference Proceedings, pp. 971–978. ISSN: 2352-1465. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.069>. URL:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520301198>.

Bibliografía II

- [3] Adrian Carrio, Carlos Sampedro Pérez, Alejandro Rodríguez Ramos, et al. “A Review of Deep Learning Methods and Applications for Unmanned Aerial Vehicles”. In: *Journal of Sensors* 2017 (Aug. 2017), pp. 1–13. DOI: 10.1155/2017/3296874.
- [4] Jaydev Teraiya and Apurva Shah. “Optimized scheduling algorithm for soft Real-Time System using particle swarm optimization technique”. In: *Evolutionary Intelligence* 15 (Sept. 2022). DOI: 10.1007/s12065-021-00599-6.