

Monitoring of Vulnerable Domestic Animals Using Intelligent Algorithms

Cristian J. Pinzón¹ ; Jean Gómez² ; Cristian I. Pinzón³ 

^{1,2,3}Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, cristian.pinzon@utp.ac.pa, jean.gomez1@utp.ac.pa,
cristian.pinzon@utp.ac.pa

ABSTRACT. *This article presents the development of an innovative tool based on a geolocation-enabled web application designed to monitor and report domestic animals in vulnerable conditions. The primary objective is to centralize and validate citizen-submitted reports, thereby reducing response times and strengthening the operational capacity of rescuers, organizations, and relevant authorities. The methodology focused on building a functional prototype through the integration of state-of-the-art technologies, including a convolutional neural network (CNN) trained to automatically identify two animal categories—dogs and cats—along with interactive map-based visualization modules and database systems for report management.*

The CNN achieved a peak validation accuracy of 98.75% and a final training accuracy of 98.55% for animal-category classification. In addition, usability and performance evaluations indicated stable operation and a favorable user experience.

Field tests were conducted in the province of Veraguas, Panama, to validate the prototype. The project represents a meaningful contribution to the adoption of technological solutions for animal protection, showing high user acceptance and strong potential for national-scale deployment, supporting community-based surveillance and the planning of more efficient interventions.

Keywords— *Animal welfare, Mobile application, Web platform, Report validation, Interactive maps.*

Monitoreo de Animales Domésticos Vulnerables Utilizando Algoritmos Inteligentes

Cristian J. Pinzón¹; Jean Gómez²; Cristian I. Pinzón³

^{1,2,3}Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, cristian.pinzon@utp.ac.pa, jean.gomez1@utp.ac.pa, cristian.pinzon@utp.ac.pa

Resumen- El artículo presenta la construcción de una aplicación de software innovadora, basada en una aplicación web con geolocalización, destinada a monitorear y reportar animales en condición de vulnerabilidad. El objetivo principal es monitorizar y validar los reportes realizados por la ciudadanía, reduciendo los tiempos de respuesta y fortaleciendo la capacidad de actuación de organizaciones rescatistas y autoridades responsables. La investigación se enfocó en aplicar encuestas de percepción antes y después de la construcción e implementación del prototipo, con el propósito de evaluar los cambios en la percepción de los participantes. Además, se desarrolló un prototipo funcional mediante la integración de tecnologías actuales, incluyendo un modelo de red neuronal convolucional entrenado para identificar automáticamente dos categorías de animales: perros y gatos, así como módulos de visualización interactiva en mapas y el uso de bases de datos para la administración de reportes.

La red CNN alcanzó una precisión de validación máxima de 98.75% y una precisión de entrenamiento final de 98.55% en la clasificación de las categorías de los animales. Del mismo modo, las pruebas de usabilidad y desempeño mostraron un funcionamiento estable y una experiencia de uso favorable.

Se realizaron pruebas de funcionamiento en la provincia de Veraguas, Panamá para validar el prototipo. El proyecto constituye un aporte innovador a la incorporación de soluciones tecnológicas para la protección animal, con una alta aceptación y posibilidades de ampliarse a nivel nacional, apoyando la vigilancia comunitaria y la planificación de intervenciones más eficientes.

Palabras clave-- Bienestar animal, Aplicación móvil, Plataforma web, Validación de reportes, Mapas interactivos.

*Corresponding author: cristian.pinzon@utp.ac.pa

I. INTRODUCCIÓN

El abandono y la presencia de animales domésticos en condición de calle, particularmente perros y gatos, constituye una problemática creciente en distintas regiones de Panamá. Esta situación no solo refleja carencias de alimentación, refugio y atención veterinaria, sino que también genera implicaciones sociales, sanitarias y de bienestar animal. En entornos urbanos, la presencia constante de animales vulnerables en vías públicas y espacios comunitarios incrementa el riesgo de accidentes, reproducción no controlada, propagación de enfermedades y casos de maltrato o abandono que muchas veces no reciben atención oportuna [1].

La Ley 70/2012 de Protección de Animales Domésticos provee un marco para sancionar el maltrato de animales, brindando a las autoridades instrumentos legales para intervenir [2].

En la actualidad, los rescatistas y ONG suelen recibir denuncias fragmentadas, principalmente a través de redes

sociales y canales informales, sin un sistema único que permita validar los casos y darles seguimiento. Esto provoca duplicidades, retrasos y, en consecuencia, un deterioro en la atención y en la efectividad de los operativos de rescate. En la práctica, la alta carga diaria de reportes dispersos dificulta priorizar, verificar y cerrar cada caso con acciones concretas, lo que incrementa el sufrimiento animal y limita el alcance de los esfuerzos de respuesta.

La presencia de animales sin tutor también incrementa riesgos para la salud pública (figura 1.a). Un estudio realizado en 2023 en los corregimientos de San Martín de Porres y Canto del Llano, en la provincia de Veraguas, encontró que entre 61% y 74% de las muestras fecales (figura 1.b) evaluadas en perros callejeros presentaban huevos de parásitos intestinales del género *Ancylostoma*, un agente con potencial zoonótico, lo que sugiere exposición de la población a enfermedades transmitidas por animales abandonados [3]. Además, se observa un incremento sostenido de denuncias por maltrato y desatención, según registros del Sistema de Estadísticas Criminales (SIEC), con máximos de hasta 23 casos por mes en 2023 y una tendencia ascendente durante el primer cuatrimestre de 2024 [4].



Figura.1. (a). Animales en situación de Calle[5]. (b). Heces de animales en las calles[6].

Considerando esta problemática se plantea un proyecto innovador. A nivel de literatura se han identificados trabajos como referencia para el proyecto propuesto. El primero es un localizador GSM para mascotas, basado en un dispositivo de hardware que utiliza tecnología GSM y GPS, con cobertura dependiendo de la red celular, pero sin interacción comunitaria, ya que su función es exclusivamente individual[7]. El segundo proyecto es una aplicación móvil desarrollada orientada a reportar mascotas perdidas; utiliza GPS y una API REST, y permite una interacción moderada mediante el envío de avisos[8]. El tercer caso es una app implementada, que incorpora servicios en la nube como AWS y bases de datos PostgreSQL, con un enfoque en la participación ciudadana a través de notificaciones y colaboración en tiempo real, [9]. Estas soluciones, aunque innovadoras, presentan limitaciones para su adopción o escalamiento.

A partir de este análisis, se identifica un vacío en la disponibilidad de soluciones tecnológicas que combinen, dentro de una misma plataforma, la participación ciudadana, la

geolocalización de incidentes y la validación inteligente de evidencias visuales para mejorar la gestión de reportes de animales vulnerables, especialmente en el contexto panameño.

La pregunta de investigación que orienta el presente estudio es la siguiente: ¿Cómo una plataforma web geolocalizada, usando algoritmos de Inteligencia Artificial, contribuye a optimizar la monitorización y gestión de reportes de animales domésticos en condición de vulnerabilidad?

Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo es desarrollar y evaluar una aplicación de software innovadora, accesible desde la web y dispositivos móviles, que permita la monitorización y reporte geolocalizado de animales en condición de calle mediante la integración de visualización cartográfica, almacenamiento estructurado de reportes y validación automática de imágenes a partir de modelos de visión por computadora.

II. Materiales y Métodos

El presente estudio se desarrolla como una investigación aplicada orientada a resolver una problemática real. Desde el punto de vista metodológico, el estudio se enmarca en un diseño no experimental, de corte transversal, con enfoque mixto y alcance descriptivo. A continuación, los pasos realizados en el proyecto.

2.1 Tecnologías implicadas

Identificación de herramientas: El desarrollo del sistema se apoyó en un conjunto de tecnologías y herramientas orientadas a garantizar escalabilidad, rendimiento y facilidad de uso. A continuación, se describen los principales componentes:

- MapBox GL JS [10]: Esta biblioteca permite la visualización y geolocalización de reportes en el mapa.
- Multer [11]: Herramienta especializada en la gestión de archivos subidos a través de formularios, como las imágenes enviadas en los reportes.
- Sharp [12]: Librería de procesamiento de imágenes utilizada para optimizar y ajustar el tamaño de las fotos antes de su almacenamiento y análisis.
- Nginx [13]: Servidor web utilizado para gestionar las peticiones de los usuarios hacia la aplicación.
- TensorFlow.js (COCO-SSD)[14]: Biblioteca de aprendizaje automático en JavaScript utilizada para las validaciones de imágenes en el cliente.

Adicional, es importante mencionar React-Bootstrap, para interfaces ligera, Bootstrap para el componente visual, Node.js como principal lenguaje de programación en la aplicación, Express.js para la gestión de rutas, controladores, etc. con Node.js. Docker para desplegar la aplicación, MongoDB para el almacenamiento de datos, Mongoose para el manejo de operaciones en MongoDB, Kamatera para el hosting y despliegue de la aplicación y Git, GitHub para la gestión del código y como repositorio del proyecto.

2.2 Modelos de aprendizaje profundo

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son modelos de aprendizaje profundo diseñados para procesar datos en forma de cuadrícula, especialmente imágenes [15]; su funcionamiento se basa en aplicar filtros (kernels) que recorren la entrada para detectar patrones locales como bordes o texturas y, al combinar múltiples capas de convolución, activación y agrupamiento, permiten extraer características cada vez más abstractas hasta llegar a una clasificación o predicción final. El modelo matemático más simple de una CNN en la operación de convolución se expresa como

$$y_{i,j} = \sum_m \sum_n x_{i+m, j+n} w_{m,n} + b \quad (1)$$

Donde x es la entrada (imagen), w los pesos del filtro, b un sesgo y $y_{i,j}$ la salida en la posición (i,j) .

- MobileNetV2[16]: Es una arquitectura de red neuronal convolucional (CNN) diseñada para tareas de visión por computadora en dispositivos con recursos limitados, como teléfonos móviles y sistemas embebidos. Se caracteriza por el uso de convoluciones separables en profundidad y bloques residuales invertidos, lo que reduce significativamente el número de parámetros y el costo computacional sin sacrificar el rendimiento.
- COCO-SSD [17]: Es un modelo de detección de objetos en tiempo real basado en la arquitectura Single Shot MultiBox Detector (SSD), entrenado sobre el dataset COCO (Common Objects in Context). Se caracteriza por su alta velocidad de inferencia y bajo costo computacional, lo que lo hace adecuado para su implementación en navegadores mediante TensorFlow.js y en aplicaciones que requieren procesamiento en tiempo real con recursos limitados.

2.3 Diseño conceptual

Diseño: A continuación se presenta el diseño conceptual de la aplicación web móvil geolocalizada (figura 2) con los diferentes componentes y el flujo de la información que debe realizar el prototipo para llevar a cabo su funcionamiento.



Figura 2. Diseño Conceptual. Fuente: Propia

El proceso inicia cuando el usuario accede a la aplicación y selecciona o captura una imagen desde su dispositivo móvil. Posteriormente, la fotografía es optimizada en tamaño y calidad, y validada mediante un modelo de detección de objetos ejecutado en el navegador (TensorFlow.js – COCO-SSD).

Cuando la red CNN clasifica correctamente la categoría del animal fotografiado, el reporte que contiene especie, ubicación, comentarios e imagen, se almacena en MongoDB y se visualiza en tiempo real en el mapa interactivo de la aplicación (MapBox). La información también se integra en el panel de administración, desde el cual los reportes pueden gestionarse según su estado (pendiente, resuelto o cancelado), cerrarse con observaciones y mantenerse en un historial accesible para futuras consultas.

2.4 Construcción del prototipo

Construcción del Prototipo: El desarrollo siguió una estrategia iterativa que convirtió un mapa básico en un sistema web operativo. Los pasos son los siguientes:

- Mapa y geolocalización: prototipo en React + Mapbox GL JS que centra al usuario en su ubicación.
- Servicios y datos: API REST en Node.js/Express con MongoDB (Mongoose) para guardar reportes con especie, comentario, coordenadas y estado.
- Carga y validación de imágenes: Multer gestiona la subida y TensorFlow.js (COCO-SSD) valida la foto antes de aceptarla como válida.
- Visualización: los reportes se muestran en pines interactivos y capas de calor para detectar concentraciones.
- Panel de administración: Las asociaciones pueden gestionar casos y el super-usuario controla cuentas, permisos y sanciones por falsos reportes.

2.5 Utilización de la CNN

La red neuronal convolucional (CNN) empleada en este proyecto se basó en la arquitectura MobileNetV2 y se entrenó en dos etapas: inicialmente se mantuvo congelada la red base y, posteriormente, se aplicó un proceso de *fine-tuning*. Esta estrategia permitió mantener un balance adecuado entre exactitud y eficiencia computacional, aspecto fundamental para la ejecución del modelo en dispositivos con recursos limitados, como teléfonos móviles.

El proceso de ajuste se condujo mediante la función de pérdida de entropía cruzada binaria, la cual cuantifica la discrepancia entre las etiquetas reales y las probabilidades estimadas por la red al clasificar imágenes de perros y gatos. De forma general, la función de pérdida se define como:

$$\mathcal{L}(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [-y_i \log \hat{p}_i - (1 - y_i) \log(1 - \hat{p}_i)] \quad (2)$$

$$\hat{p}_i = f_{\theta}(x_i) \in (0,1)$$

Donde $\hat{p}_i = f_{\theta}(x_i) \in (0,1)$ representa la probabilidad predicha para la clase positiva (perro), y_i es la etiqueta real, y N es el número de muestras. Esta función penaliza más severamente las predicciones incorrectas con alta confianza, favoreciendo el ajuste progresivo de los parámetros hasta maximizar la probabilidad de la clase correcta.

La selección de esta función de pérdida se justifica por su compatibilidad con modelos de salida probabilística basados en

activación sigmoide, así como por su efectividad en tareas de clasificación binaria en el ámbito de visión por computadora.

2.6 Origen y características del Dataset

Dataset de Entrenamiento: El conjunto de datos utilizado para el entrenamiento del modelo se basa en imágenes de perros y gatos provenientes del Oxford-IIIT y de tensorflow_datasetload("cat_vs_dog") unos de los datasets ampliamente utilizados en tareas de clasificación de imágenes en visión por computadora. Estos dataset contienen una gran variedad de imágenes de mascotas en diferentes condiciones de iluminación, fondos y perspectivas, lo que favorece la capacidad de generalización del modelo en escenarios reales[18].

Las imágenes utilizadas corresponden a ejemplos representativos de perros y gatos, considerando variabilidad en condiciones de captura tales como iluminación, ángulo, fondo y contexto. Esta variabilidad permite aproximar el comportamiento del modelo a condiciones reales de uso, donde los usuarios capturan imágenes desde dispositivos móviles en entornos no controlados.

Dado que el sistema está orientado a la validación de reportes ciudadanos en tiempo real, la selección de las imágenes se enfocó en representar situaciones comunes de animales en espacios abiertos, priorizando la diversidad visual sobre la homogeneidad de los datos.

Es importante señalar que, al tratarse de un conjunto de datos enfocado en dos categorías específicas, el modelo presenta limitaciones en su capacidad de generalización hacia otras especies animales, lo cual constituye una restricción del alcance actual del sistema y una oportunidad para trabajos futuros.

2.6 Hiperparámetros del modelo

Entrenamiento del Modelo: Basado en la arquitectura MobileNetV2 se realizó mediante la configuración de un conjunto de hiperparámetros orientados a garantizar estabilidad en el proceso de aprendizaje y un adecuado equilibrio entre precisión y eficiencia computacional.

El tamaño de lote se fijó en 32 muestras por iteración, lo que permite un balance entre estabilidad en la actualización de los gradientes y eficiencia en el uso de recursos computacionales. Asimismo, el modelo fue entrenado durante un total de 10 épocas, número suficiente para observar la convergencia del modelo sin incurrir en sobreajuste, considerando el tamaño del dataset y la naturaleza de la tarea.

Durante la fase inicial del entrenamiento, las capas convolucionales base de MobileNetV2 se mantuvieron congeladas, permitiendo entrenar únicamente las capas superiores encargadas de la clasificación. Posteriormente, se aplicó un proceso de fine-tuning, desbloqueando parcialmente la red para ajustar los pesos a las características específicas del dataset utilizado.

III. Resultados

Evaluación de la Aplicación: A nivel de la interfaz de la aplicación geolocalizada, en la figura 3, se muestra el panel de administración, que centraliza los reportes recibidos con datos de especie, ubicación, comentarios y estado, permitiendo resolver o cancelar cada caso. La Figura 4 ilustra la visualización geográfica de los reportes: en (a) con marcadores individuales y en (b) con una capa de calor que resalta zonas de mayor concentración. Estas funciones facilitan tanto el seguimiento puntual como la identificación de patrones espaciales en la problemática.

Especie	Comentario	Foto	Ubicación	Fecha	Reportado por	Resuelto/Cancelado por	Comentario de cierre	Acciones
Gato	En mal estado de un control de la vía interamericana		8.0866, -80.9307 3.34.25	26/03/25	-	-	-	Ver Cancelar
Gato	abandonado		8.0747, -80.9343 12.36.48	26/03/25	usuario@gmail.com	-	-	Ver Cancelar
Gato	gato en abandono		8.0871, -80.9304 25.21.14	25/03/25	usuario@gmail.com	-	-	Ver Cancelar

Figura 3. Interfaz del panel de administración. *Fuente:* Propia

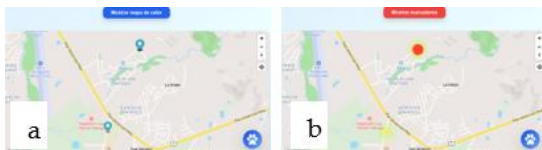


Figura 4. Interfaz del mapa interactivo: a) Mapa interactivo con marcadores individuales. B) Mapa interactivo con capa de calor. *Fuente:* Propia.

Con respecto a la CNN, durante la validación, el desempeño del modelo se evaluó mediante una matriz de confusión, que resume los aciertos y errores en la clasificación de las dos especies. Los resultados obtenidos muestran una alta capacidad discriminativa, lo que evidencia que la CNN aprendió a diferenciar ambas clases con gran precisión durante la validación como se muestra en la figura 5.

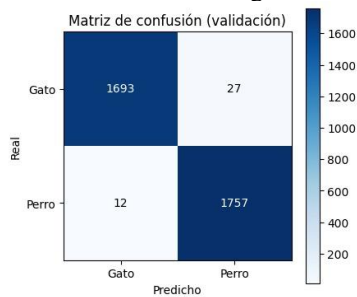


Figura 5. Gráfico de matriz de confusión. *Fuente:* Propia

Además de la matriz de confusión, se obtuvo la gráfica de precisión durante el entrenamiento y la validación del modelo. Esta gráfica permite observar el comportamiento del aprendizaje de la red neuronal a lo largo de las épocas. La CNN alcanzó una precisión de validación máxima de 98.75% y una precisión de entrenamiento final de 98.55%, estabilizándose a partir de la época 5. A continuación, se presenta la gráfica 6.

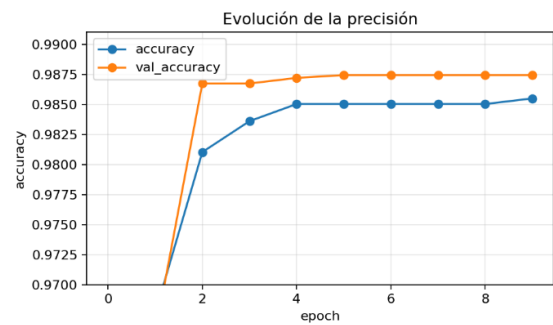


Figura 6. Gráfico de evaluación de precisión. *Fuente:* Propia

Limitaciones del modelo

El sistema presenta limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados y al analizar su aplicabilidad en entornos reales.

En primer lugar, el modelo fue entrenado únicamente para la clasificación de dos categorías específicas, perros y gatos, lo que restringe su capacidad de generalización hacia otras especies animales.

En segundo lugar, el desempeño del modelo depende en gran medida de la calidad y características de las imágenes de entrada. Factores como baja iluminación, desenfoque, ángulos extremos, oclusión parcial del objeto o fondos complejos pueden afectar negativamente la capacidad de clasificación.

Adicionalmente, el modelo puede presentar sesgos derivados de la distribución del conjunto de datos utilizado en el entrenamiento.

Resultados de los Usuarios: Usabilidad y Funcionamiento

Como resultado de la aplicación de la encuesta antes de la utilización del prototipo, se identificó una alta aceptación de la aplicación móvil para el reporte de animales vulnerables, donde el 56% de los participantes indicó que probablemente la utilizaría y el 34% manifestó que la usaría siempre. Después de la utilización del prototipo, se aplicó un formulario a 10 usuarios, enfocado en dos métricas: usabilidad y funcionamiento. A continuación, se resumen los resultados.

- **Usabilidad:** Los resultados reflejan una percepción muy positiva de la interfaz. Siete de los diez participantes (70 %) otorgaron una calificación de 4/5, ver Figura 7.

- **Funcionamiento:** La evaluación del funcionamiento evidencia una alta estabilidad del prototipo. Siete usuarios (70 %) calificaron con 5/5, describiendo un desempeño rápido y estable, sin errores; ver figura 8.



Figura 7. Valoración de la usabilidad de la aplicación por los usuarios.

Fuente: Propia



Figura 8. Valoración del funcionamiento de la aplicación por los usuarios. **Fuente:** Propia

IV. Conclusiones

Se ha desarrollado una aplicación de software innovadora para la monitorización y reporte geolocalizado de animales vulnerables, en la provincia de Veraguas, Panamá.

Los aspectos más destacados del proyecto incluyen:

- La creación de una aplicación web funcional, que permite a los usuarios capturar o subir imágenes desde dispositivos móviles, validar automáticamente si contienen la imagen de un perro o un gato válido, utilizando redes CNN, registrar comentarios, especie y ubicación exacta.
- La aplicación permite al usuario capturar o cargar imágenes, recibir verificación automática, adjuntar metadatos (especie, comentario, coordenadas) y visualizar los reportes como pines o capa de calor. Las pruebas de usabilidad y estrés indicaron un desempeño estable y tiempos de respuesta < 300 ms bajo carga simulada.
- A nivel de las métricas, tanto a nivel de usabilidad como funcionamiento, los usuarios perciben la aplicación intuitiva con una navegación amigable.

La herramienta propuesta basada en una aplicación web geolocalizada se percibe como una herramienta positiva para monitorizar mascotas vulnerables, no obstante, un beneficio paralelo es que también permite canalizar denuncias y emitir llamados de atención de forma responsable ante el maltrato animal. El proyecto continuo en desarrollo, evaluando la ampliación a otras categorías de animales.

REFERENCIAS

- [1] R. A. Valdespino, "El drama de la vida de los perros sin hogar en Panamá," <https://www.panamaamerica.com.pa/opinion/el-drama-de-la-vida-de-los-perros-sin-hogar-en-panama-1193027>.
- [2] Asamblea Nacional, Asamblea Nacional República de Panamá Legispan Legislación de la República de Panamá de Protección a los Animales Domésticos. Panamá, 2012, p. 2. Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: https://s3-legispan.asamblea.gob.pa/legispan/NORMAS/2010/2012/L EY/Administrador%20Legispan_27145-A_2012_10_18_ASAMBLEA%20NACIONAL_70.pdf
- [3] C. Solís and J. J. Him F., "Presencia de parásitos intestinales en heces de perros en los corregimientos de San Martín de

- Porres y Canto del Llano, Santiago, Panamá", *Revista Colegiada de Ciencia*, vol. 5, pp. 78–87, Oct. 2023, doi: 10.48204/j.colegiada.v5n1.a4404.
- [4] Ministerio de Seguridad Publica - Panamá, "Boletín Informativo," <https://siec.minseg.gob.pa/wp-content/uploads/2024/02/Boletín-Informativo-maltrato-animal.pdf>
- [5] A. Marquinez, "Día Mundial del Perro Callejero | La realidad que sufre el 'mejor amigo del hombre.'" [Online]. Available: https://www.tvn-2.com/nacionales/dia-mundial-del-perro-callejero-realidad-que-sufre-el-mejor-amigo-del-hombre-abandono-de-animales-maltrato-animal_1_2148699.html
- [6] guijuelonoticias, "El Ayto Guijuelo analizará ADN de excrementos de perro para multar a los dueños que no las limpian," Guijuelo Noticias. [Online]. Available: <https://guijuelonoticias.com/2017/05/04/el-ayto-guijuelo-analizara-adn-de-excrementos-de-perro-para-multar-a-los-duenos-que-no-las-limpian/>
- [7] A. L. Villacorte Riascos, "Construcción de un prototipo de localizador GSM para la ubicación de mascotas," <http://repositorio.umariana.edu.co/handle/20.500.14112/28371#page=1>.
- [8] A. Sanjuan Quiles, "Desarrollo de una aplicación móvil en Android para un sistema de aviso y localización de animales perdidos," 2015, Accessed: Jun. 16, 2025. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/275605312.pdf>
- [9] M. F. Estrada Cornejo and C. K. Sandoval García, "Aplicación móvil para la reubicación de animales callejeros y localización de mascotas extraviadas en la capital de Guatemala,," <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/4294>.
- [12] MapBox GL, "Mapbox | Maps, Navigation, Search, and Data," <https://www.mapbox.com/>. Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.mapbox.com/>
- [13] Inc. npm, "multer." Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.npmjs.com/package/multer>
- [14] Inc. npm, "sharp." Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.npmjs.com/package/sharp>
- [18] Nginx, "nginx." Accessed: Jun. 11, 2025. [Online]. Available: <https://nginx.org/>
- [19] "Modelos TensorFlow.js." Accessed: Aug. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.tensorflow.org/js/models?hl=es>
- [20] "CS231n Deep Learning for Computer Vision." Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://cs231n.github.io/convolutional-networks/>
- [21] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov, and L. C. Chen, "MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks," *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 4510–4520, Jan. 2018, doi: 10.1109/CVPR.2018.00474.
- [22] "@tensorflow-models/coco-ssd - npm." Accessed: Sep. 11, 2025. [Online]. Available: <https://www.npmjs.com/package/%40tensorflow-models/coco-ssd?>
- [23] O. M. Parkhi, A. Vedaldi, A. Zisserman, and C. V Jawahar, "Cats and Dogs".