

Autonomous Assistant Robot with Artificial Intelligence: A Multidisciplinary Approach for Education, Research and Inclusion

Oscar E. Goñi¹, Juan M. Toloza¹, and Marcelo A. Tosini¹

Facultad de Ciencias Exactas/INTIA
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Tandil, Argentina
`{oegoni, jmtoloza, mtosini}@labset.exa.unicen.edu.ar`

Abstract. This work presents the development of an open-source autonomous assistant robot based on ROS2 Humble, designed with three fundamental objectives: (1) serve as a research platform for emerging robotics and artificial intelligence technologies, (2) promote responsible research in computer science students, encouraging ethical use of AI, and (3) provide inclusive assistance through guided navigation and multimodal communication. The system integrates SLAM for mapping and localization, Navigation2 for autonomous navigation, facial recognition, natural language processing using local LLM (Ollama), and a Retrieval-Augmented Generation (RAG) system for contextual responses. As an open project oriented to implementation in universities and educational entities, the system architecture, implemented technologies, technical challenges faced during development, and future directions of the project are described.

Keywords: Mobile robotics , ROS2 , Artificial Intelligence , SLAM , LLM , Inclusive assistance , AI education , Open source software

Robot Asistente Autónomo con Inteligencia Artificial: Un Enfoque Multidisciplinario para la Educación, la Investigación y la Inclusión

Abstract. Este trabajo presenta el desarrollo de un robot asistente autónomo de código abierto basado en ROS2 Humble, diseñado con tres objetivos fundamentales: (1) servir como plataforma de investigación en tecnologías emergentes de robótica e inteligencia artificial, (2) fomentar la investigación responsable en estudiantes de carreras de computación y afines, promoviendo el uso ético de la IA, y (3) proporcionar asistencia inclusiva mediante navegación guiada y comunicación multimodal. El

sistema integra SLAM para mapeo y localización, Navigation2 para navegación autónoma, reconocimiento facial, procesamiento de lenguaje natural mediante LLM local (Ollama), y un sistema de Retrieval-Augmented Generation (RAG) para respuestas contextuales. Como proyecto abierto orientado a la implementación en universidades y entidades educativas, se describe la arquitectura del sistema, las tecnologías implementadas, los desafíos técnicos enfrentados durante el desarrollo, y las direcciones futuras del proyecto.

Keywords: Robótica móvil , ROS2 , Inteligencia Artificial , SLAM , LLM , Asistencia inclusiva , Educación en IA , Software de código abierto

1 Introducción

La robótica de servicio ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por avances en inteligencia artificial, visión por computadora y sistemas de navegación autónoma (International Federation of Robotics, 2023). Los robots asistentes representan una aplicación particularmente prometedora en entornos como hospitales, universidades y edificios públicos, donde pueden mejorar la accesibilidad y la eficiencia operativa.

Sin embargo, más allá de su aplicación práctica, estos sistemas ofrecen una oportunidad única para la investigación y la educación. El desarrollo de un robot asistente integra disciplinas como sistemas embebidos, procesamiento de señales, aprendizaje automático, planificación de movimiento y diseño de interfaces humano-robot, convirtiéndolo en una plataforma ideal para la formación de estudiantes de computación, ingeniería y ciencias afines.

Este proyecto surge con una triple finalidad: crear una plataforma de investigación en tecnologías de robótica e IA de vanguardia, proporcionar a estudiantes una experiencia práctica en desarrollo de sistemas complejos con énfasis en el uso responsable de la IA, y desarrollar una herramienta de asistencia inclusiva que facilite la navegación y el acceso a información dentro de edificios institucionales.

1.1 Motivación y Contexto

En el contexto educativo actual, resulta cada vez más desafiante atraer la atención de jóvenes potenciales estudiantes, especialmente ante la abundante oferta de contenido en redes sociales, juegos y otros sitios mediados por tecnología (Hargittai & Walejko, 2008). La robótica visible y tangible representa una oportunidad única para despertar el interés en carreras técnicas y científicas, particularmente en Ingeniería de Computación, Sistemas, Informática y carreras afines a la Inteligencia Artificial.

El proyecto se desarrolla como iniciativa de código abierto en el contexto de una institución educativa, utilizando hardware accesible y software libre, priorizando la reproducibilidad y la posibilidad de implementación en otras universidades y entidades educativas. El enfoque multidisciplinario del proyecto no solo atrae a estudiantes de carreras técnicas, sino que también habilita investigaciones en ciencias humanas y sociales, incluyendo estudios de interacción humano-robot, aceptación tecnológica, ética de la IA, accesibilidad e inclusión digital, y diseño centrado en el usuario desde perspectivas socioculturales.

2 Estado del Arte

La robótica asistencial y de servicio ha experimentado un crecimiento significativo en diversos contextos durante los últimos años, tanto a nivel internacional como regional.

2.1 Robótica de Servicio en Aeropuertos

Los aeropuertos han emergido como entornos pioneros en la adopción de robótica autónoma. El Aeropuerto de Amsterdam Schiphol implementó en 2023-2024 un sistema de sillas de ruedas autónomas WHILL, desplegando diez unidades en áreas no-Schengen (WHILL Inc., 2024). Estos dispositivos permiten a pasajeros con movilidad reducida seleccionar su puerta de embarque y ser transportados autónomamente, con sensores que detectan obstáculos y otros pasajeros.

El Aeropuerto Internacional de Atenas implementó en 2023 un ecosistema de robots de servicio equipados con capacidades de navegación ROS, procesamiento de lenguaje natural e integración 5G, como parte del proyecto Trial-sNet (Papadakis et al., 2025). El sistema proporciona asistencia en tiempo real a pasajeros, incluyendo información de vuelos, orientación espacial y recomendaciones para evitar congestión.

2.2 Robótica Móvil Autónoma Industrial

En el ámbito industrial, los robots móviles autónomos (AMR) han transformado la logística de almacenes y centros de distribución. A diferencia de los vehículos guiados automatizados (AGV) tradicionales que siguen rutas predefinidas, los AMR utilizan LIDAR, cámaras y algoritmos de IA para navegar dinámicamente (ResearchAndMarkets, 2024).

2.3 Investigación en Robótica Asistencial en Argentina

A nivel nacional, el Instituto de Automática (INAUT, CONICET-UNSJ) en San Juan desarrolla investigación en aplicaciones de robótica para asistencia a personas con discapacidad motriz (CONICET, 2018). Los proyectos incluyen sistemas de control de sillas de ruedas mediante señales biológicas y el diseño de un bastón robótico que utiliza sensores de fuerza y algoritmos de navegación autónoma. Encuentros como la JAR (Jornadas Argentinas de Robótica) reúnen investigadores de todo el país (Universidad Nacional del Comahue, 2024).

3 Objetivos y Ejes del Proyecto

El proyecto se estructura en torno a tres ejes fundamentales que guían tanto su desarrollo técnico como su propósito educativo y social.

3.1 Eje 1: Investigación en Tecnologías Emergentes

El proyecto involucra la investigación y aplicación de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), navegación autónoma con Navigation2 (Macenski et al., 2020), modelos de lenguaje grandes (LLM) implementados localmente con Ollama (Ollama, 2024), Retrieval-Augmented Generation (RAG) (Lewis et al., 2020), reconocimiento facial, procesamiento de audio mediante Vosk (Alpha Cephei Inc., 2023) y Piper (Rhasspy, 2023), y fusión sensorial con LIDAR, IMU y sensores ultrasónicos.

Su arquitectura en bloques permite la extensión de funcionalidades así como el reemplazo de las existentes con tecnologías alternativas. Como iniciativa de código abierto, toda la documentación técnica, código fuente y diseños están disponibles para su replicación e implementación en otras universidades y entidades educativas. El uso exclusivo de software libre (ROS2 (Macenski et al., 2022), Ollama, Vosk, Piper, SLAM Toolbox (Macenski & Jambrecic, 2021), Navigation2) elimina barreras económicas y licencias propietarias.

3.2 Eje 2: Educación y Uso Responsable de la IA

El proyecto sirve como plataforma educativa en múltiples dimensiones, incluyendo formación técnica en desarrollo de sistemas distribuidos con ROS2, integración de múltiples sensores y actuadores, implementación de algoritmos de IA en Backends, Edge y Sistemas embebidos, y optimización de rendimiento en hardware con recursos limitados.

Se enfatiza el desarrollo ético y responsable mediante: (1) **Privacidad** – implementación de reconocimiento facial con procesamiento local sin almacenamiento en la nube; (2) **Transparencia** – uso de modelos de IA de código abierto (Llama (Touvron et al., 2023), Phi) ejecutados localmente; (3) **Explicabilidad** – sistema RAG que permite auditar las fuentes de información; (4) **Equidad** – diseño inclusivo considerando usuarios con diferentes capacidades.

3.3 Eje 3: Asistencia Inclusiva

El robot está diseñado para asistir a personas en navegación física (guiado presencial a dependencias específicas), información contextual (respuestas a consultas sobre horarios y ubicaciones), interacción multimodal (comunicación mediante voz, visión y navegación física), personalización mediante reconocimiento de usuarios frecuentes, y accesibilidad con interfaz de voz que no requiere pantallas o dispositivos.

4 Arquitectura del Sistema

El sistema se ha diseñado siguiendo una arquitectura modular basada en ROS2 Humble Hawksbill (Macenski et al., 2022), la cual facilita la integración de componentes heterogéneos mediante un sistema de comunicación *publisher-subscriber*.

4.1 Componentes Principales

Subsistema de Locomoción. Un microcontrolador ESP32 ejecuta micro-ROS para comunicación con ROS2. Dos motores DC 24V proporcionan control diferencial. La estimación de pose está basada en la fusión de información de encoders de rueda junto con información de IMU MPU6050 para estimación de orientación y complementación de odometría.

Subsistema de Percepción. LIDAR Slamtec RPLIDAR C1/C3 con alcance de 12m y frecuencia de 8Hz; IMU MPU6050 para estimación de posición, orientación (pitch, roll, yaw) y detección de colisiones; sensores ultrasónicos HC-SR04 para detección de obstáculos cercanos y validación de LIDAR; cámara RGB HD para reconocimiento facial; micrófono para captura de audio y reconocimiento de voz; fusión de sensores mediante timestamps sincronizados y filtros complementarios.

Subsistema de Navegación. SLAM Toolbox (Macenski & Jambrecic, 2021) para generación de mapas 2D occupancy grid; AMCL (Adaptive Monte Carlo Localization) para estimación de pose complementada con datos de IMU; planificación global con algoritmo NavFn para cálculo de rutas óptimas; planificación local con DWB (Dynamic Window Approach) para evasión de obstáculos dinámicos; Navigation2 Behavior Trees para navegación robusta.

Subsistema de Inteligencia Artificial. El subsistema de IA implementa reconocimiento de voz (STT) con Vosk (Alpha Cephei Inc., 2023) utilizando el modelo `vosk-model-small-es-0.42` en español; síntesis de voz (TTS) con Piper (Rhasspy, 2023) usando el modelo `es_ES-davefx-medium` con calidad de voz natural mediante redes neuronales ONNX y mecanismo anti-retroalimentación; modelo de lenguaje (LLM) con Ollama (Ollama, 2024) ejecutado localmente con Llama 3.1 8B (Touvron et al., 2023) (cuantizado Q4_0) y Phi-3 Mini; sistema RAG con base de conocimiento en formato JSON, embeddings mediante `sentence-transformers/paraphrase-multilingual-MiniLM-L12-v2`, búsqueda semántica por similitud coseno, y prompts restrictivos que impiden alucinaciones; reconocimiento facial con `face_recognition` basado en dlib (King, 2009), procesamiento cada 5 frames para optimización y tolerancia configurable (0.6 por defecto). La Figura 1 ilustra el flujo de datos completo del subsistema de IA, destacando el mecanismo anti-retroalimentación implementado.

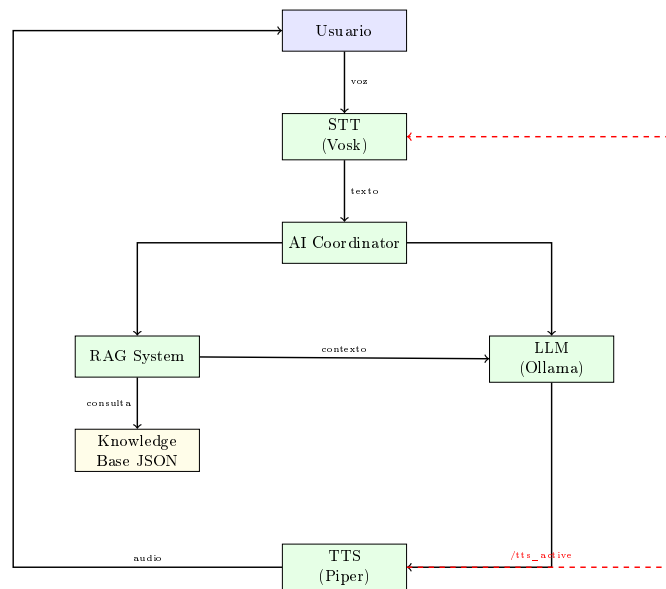


Fig. 1. Flujo de datos del subsistema de IA mostrando la integración STT-LLM-RAG-TTS con mecanismo anti-retroalimentación (línea roja punteada).

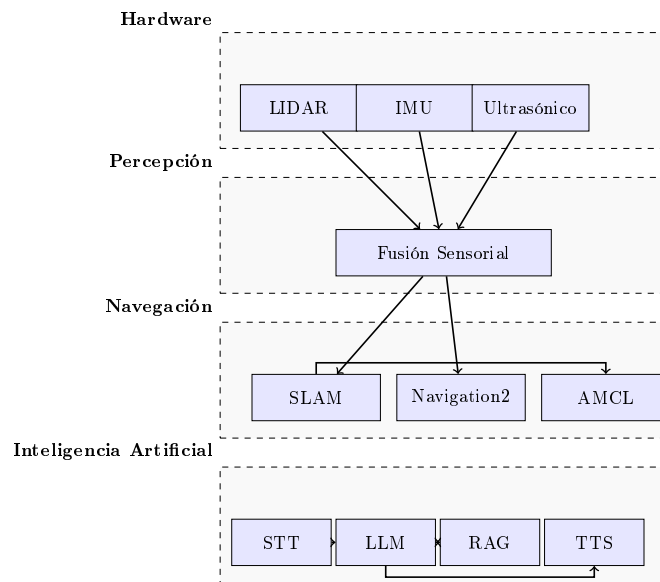


Fig. 2. Arquitectura modular del sistema en capas: Hardware, Percepción, Navegación e Inteligencia Artificial.

4.2 Diagrama de Arquitectura

4.3 Comunicación entre Componentes

El sistema utiliza el paradigma de comunicación de ROS2 basado en topics, services y actions. La sincronización temporal se garantiza mediante el sistema de transformadas (TF2) que mantiene el árbol de coordenadas: `map` $\rightarrow$ `odom` $\rightarrow$ `base_link` $\rightarrow$ `laser_frame` e `imu_link`. La Figura 2 muestra la arquitectura modular en capas del sistema.

5 Dificultades Técnicas Encontradas

5.1 Rendimiento del LLM en Hardware Limitado

Los modelos de lenguaje grandes presentaron desafíos significativos en hardware con recursos limitados, manifestándose en timeouts de >30 segundos durante la carga inicial del modelo y uso de RAM superior a 6GB con modelos completos como Llama 3.1 8B, resultando en latencias inaceptables para interacción en tiempo real. La solución implementada consistió en migrar a modelos cuantizados Q4_0 que reducen el uso de RAM aproximadamente un 50%, evaluar alternativas más ligeras como Phi-3 Mini (~ 3.8 B parámetros), precargar el modelo al inicio del sistema, y configurar timeouts adaptativos con mensajes informativos. Esta experiencia demostró que en contextos educativos con hardware limitado, la selección del modelo debe balancear cuidadosamente capacidad conversacional y recursos disponibles, siendo los modelos cuantizados un compromiso razonable entre calidad y rendimiento.

5.2 Retroalimentación STT-TTS: El Robot que Conversaba Consigo Mismo

Un desafío técnico particularmente curioso surgió cuando el sistema de reconocimiento de voz capturaba la salida del altavoz (TTS), generando un loop infinito de consultas al LLM donde el robot escuchaba su propia respuesta sintetizada y la interpretaba como nueva consulta del usuario, creando "conversaciones" autodirigidas que derivaban en respuestas cada vez más absurdas o descontextualizadas. La solución implementada consistió en crear un topic `/audio/tts_active` (Boolean) publicado por el nodo TTS, al cual el nodo STT se suscribe para pausar la captura de audio mientras TTS está activo, junto con limpieza de buffer de audio y reset del recognizer de Vosk. Esta experiencia demostró que los sistemas multi-modales requieren coordinación explícita entre componentes.

5.3 Sincronización de Transformadas (TF)

La visualización del sistema en RViz2 presentó desafíos de sincronización de transformadas, manifestándose en errores donde los datos de scan e IMU estaban siendo publicados correctamente pero no eran visualizables debido a un

árbol de transformadas incompleto. La solución implementada requirió la publicación explícita de static transforms definiendo la cadena completa `map → odom → base_link → laser_frame` e `imu_link`, la creación de un script `publish_robot_tf.sh` que ejecuta múltiples `static_transform_publisher` al inicio del sistema, y el uso de la herramienta `view_frames` para debugging y validación del árbol TF.

5.4 Integración de Sensores Heterogéneos

La integración de IMU y sensores ultrasónicos con diferentes frecuencias de muestreo presentó desafíos significativos, manifestándose en timestamps inconsistentes entre LIDAR (8Hz), IMU (100Hz) y sensores ultrasónicos (10Hz). La solución implementada requirió la aplicación de un filtro complementario para fusión IMU-odometría, validación cruzada entre LIDAR y ultrasónicos para detección robusta de obstáculos, sincronización temporal mediante `message_filters` de ROS2, y descarte automático de mediciones ultrasónicas fuera del rango de confianza establecido (0.15-3m).

6 Resultados actuales y Evaluación

6.1 Funcionalidades Implementadas

El sistema completa exitosamente los siguientes flujos de interacción: (1) Guiado físico con reconocimiento de usuario – la cámara detecta rostro, el usuario solicita destino por voz, AI Coordinator consulta RAG, LLM genera respuesta personalizada, y Nav2 planifica ruta para guiar físicamente al usuario; (2) Consulta de información – usuario pregunta por voz, RAG busca en knowledge base, LLM genera respuesta basada solo en contexto, y si no hay información el robot admite explícitamente sus limitaciones; (3) Navegación autónoma – Behavior Server procesa comandos, Global Planner calcula ruta, Local Planner evade obstáculos dinámicos, y el robot alcanza destino con tolerancia $< 0.5\text{m}$.

6.2 Métricas de Rendimiento

Las métricas medidas incluyen: precisión de localización AMCL $\pm 0.15\text{m}$ en entorno mapeado con fusión IMU; tasa de reconocimiento facial $\sim 85\%$ con buena iluminación a 0.5-2m; latencia STT $\sim 500\text{ms}$ por frase corta (5-10 palabras); latencia LLM (Phi-3) de 3-8s para respuesta completa (50-100 tokens); latencia TTS $\sim 200\text{ms}$ por frase de 10 palabras; precisión RAG (recall) $\sim 75\%$ en consultas de knowledge base; velocidad máxima 0.5 m/s con configuración conservadora para seguridad; autonomía estimada de 4-6h con batería 24V; precisión de detección de obstáculos (ultrasonido) $\pm 2\text{cm}$ en rango 0.15-3m; deriva de orientación (IMU) $< 5^\circ$ por minuto corregido con AMCL.

6.3 Validación del Enfoque Educativo y Multidisciplinario

El proyecto presenta las bases como plataforma de aprendizaje demostrando: integración exitosa de 10+ tecnologías heterogéneas, documentación exhaustiva (>600 páginas de instructivos y troubleshooting), casos de uso reales para discusión sobre ética en IA, código abierto reproducible con hardware accesible (<\$2000 USD estimado), y potencial para investigaciones desde múltiples disciplinas. Se espera que el proyecto pueda contribuir a despertar el interés de estudiantes secundarios en carreras técnicas, aunque se requieren estudios formales para validar esta hipótesis.

7 Desafíos y Trabajo Futuro

7.1 Limitaciones Actuales

Las limitaciones actuales del sistema incluyen: mapeo estático que requiere remapeo completo ante cambios en el entorno; dificultad en espacios dinámicos con multitudes de personas; navegación 2D únicamente sin considerar escaleras o rampas; knowledge base manual que requiere actualización humana; idioma único (solo español actualmente); reconocimiento facial sensible a iluminación y ángulo; LLM local limitado comparado con modelos cloud; autonomía limitada por batería (6-8h); sensores básicos sin cámara de profundidad RGB-D; ausencia de brazo manipulador para interacción física; dependencia de hardware específico (ESP32, RPLIDAR); y documentación extensa pero con curva de aprendizaje pronunciada.

7.2 Próximos Pasos Técnicos

Los próximos pasos técnicos incluyen en el corto plazo (3-6 meses): integración de SLAM Toolbox con actualización en tiempo real para mapeo dinámico, soporte multilenguaje para inglés y lenguas originarias, dashboard web de administración y monitoreo remoto, modelo 3D URDF completo del robot, e integración de YOLO para detección de objetos. A mediano plazo (6-12 meses): navegación semántica asociando lugares con descripciones naturales, aprendizaje por refuerzo para optimización de rutas, actualización automática de knowledge base mediante scraping, y sistema de citas para múltiples solicitudes simultáneas. A largo plazo (1-2 años): fleet management para coordinación de múltiples robots, manipulador robótico para interacción física con objetos, reconocimiento de emociones, integración con IoT del edificio, plataforma educativa documentada con módulos didácticos estructurados, y reconocimiento de lenguaje de señas para interacción con personas hipoacúsicas que permitan expandir su capacidad de inclusión social.

8 Conclusiones

Este trabajo presenta el desarrollo exitoso de un robot asistente autónomo de código abierto que integra navegación autónoma, inteligencia artificial y comunicación multimodal, diseñado con un enfoque triple en investigación, educación multidisciplinaria y asistencia inclusiva.

Las contribuciones principales incluyen: (1) arquitectura modular ROS2 completa demostrando integración de SLAM, Nav2, LLM local, RAG, IMU y sensores ultrasónicos en un sistema cohesivo y reproducible mediante software libre; (2) implementación de IA responsable con procesamiento local de datos sensibles, transparencia mediante RAG auditable, y admisión explícita de limitaciones del sistema; (3) plataforma educativa multidisciplinaria documentada con >600 páginas de documentación técnica que permite a estudiantes reproducir y extender el proyecto, con potencial para investigaciones desde ciencias humanas y sociales; (4) soluciones a desafíos técnicos reales documentadas detalladamente (anti-retroalimentación STT-TTS, optimización de LLM en hardware limitado, fusión sensorial multi-modal, sincronización TF); (5) demostración de viabilidad de IA local en contexto educativo mostrando que sistemas de IA conversacionales útiles pueden implementarse sin dependencias cloud; (6) modelo replicable de código abierto permitiendo que otras universidades y entidades educativas implementen y adapten el proyecto sin costos de licencias.

En el ámbito educativo, el proyecto proporciona una plataforma tangible para que estudiantes de computación, ingeniería y carreras afines experimenten con tecnologías emergentes mientras reflexionan sobre sus implicaciones éticas y sociales. La capacidad de atraer la atención de jóvenes potenciales estudiantes en un contexto saturado de estímulos digitales representa un valor adicional significativo. El enfoque multidisciplinario abre oportunidades para investigaciones desde perspectivas de ciencias humanas y sociales, enriqueciendo el proyecto más allá de su componente técnico.

En el ámbito de asistencia inclusiva, el sistema demuestra la viabilidad técnica de robots de servicio que pueden operar en entornos reales, aunque las limitaciones identificadas señalan áreas que requieren investigación adicional antes de despliegue en producción a gran escala.

En el ámbito de investigación, el proyecto contribuye conocimiento práctico sobre integración de tecnologías heterogéneas en contextos de recursos limitados, documenta sistemáticamente desafíos que no siempre se reportan en literatura académica pero son críticos para implementaciones reales, y proporciona una base para investigaciones futuras tanto técnicas como sociales.

En el contexto nacional y regional, el proyecto pretende sumarse a iniciativas como las del INAUT (CONICET-UNSJ) y la comunidad de las Jornadas Argentinas de Robótica, contribuyendo al ecosistema de investigación en robótica asistencial en Argentina. Como proyecto de código abierto específicamente documentado para replicación, representa una oportunidad para que otras instituciones educativas latinoamericanas puedan desarrollar capacidades en robótica e IA sin depender de soluciones propietarias costosas.

El desarrollo de sistemas robóticos inteligentes requiere no solo competencia técnica, sino también consideración cuidadosa de su impacto social, educativo y ético. Este proyecto demuestra que es posible crear tecnología avanzada manteniendo principios de privacidad, transparencia, accesibilidad y apertura (Floridi & Cowls, 2019). La convergencia de ingeniería, ciencias de la computación, ciencias humanas y sociales en torno a un proyecto tangible y funcional representa un modelo prometedor para la educación universitaria del siglo XXI.

El camino hacia robots asistentes verdaderamente útiles, éticos y culturalmente apropiados sigue abierto. Esperamos que este trabajo contribuya tanto técnica como filosóficamente a ese objetivo, y que inspire a otras instituciones a desarrollar proyectos similares adaptados a sus contextos locales, fortaleciendo así una red latinoamericana de investigación y educación en robótica e inteligencia artificial.

Acknowledgments. Este proyecto fue desarrollado en el contexto de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires con el apoyo de estudiantes y docentes del área de computación. Agradecemos a la comunidad de ROS2 y a los desarrolladores de todas las librerías de código abierto utilizadas, especialmente a los proyectos Ollama, Piper TTS, Vosk, Navigation2, SLAM Toolbox, y a la comunidad de las Jornadas Argentinas de Robótica (JAR). Reconocemos el trabajo pionero del INAUT (CONICET-UNSJ) en robótica asistencial en Argentina.

Disclosure of Interests. Los autores declaran no tener conflictos de interés relevantes al contenido de este artículo.

References

- Alpha Cephei Inc. (2023). Vosk speech recognition toolkit [Last accessed 2026/03/14]. <https://alphacephei.com/vosk/>
- CONICET. (2018). Robots asistenciales: Los engranajes de la inclusión [Last accessed 2026/03/14]. <https://www.conicet.gov.ar/robots-asistenciales-los-engranajes-de-la-inclusion/>
- Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for ai in society. *Harvard Data Science Review*, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>
- Hargittai, E., & Walejko, G. (2008). The participation divide: Content creation and sharing in the digital age. *Information, Communication & Society*, 11(2), 239–256. <https://doi.org/10.1080/13691180801946150>
- International Federation of Robotics. (2023). *World robotics 2023 - service robots report* (tech. rep.). International Federation of Robotics.
- King, D. E. (2009). Dlib-ml: A machine learning toolkit. *Journal of Machine Learning Research*, 10, 1755–1758.
- Lewis, P., et al. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive nlp tasks. *arXiv preprint arXiv:2005.11401*. <https://arxiv.org/abs/2005.11401>

- Macenski, S., Foote, T., Gerkey, B., Lalancette, C., & Woodall, W. (2022). Robot operating system 2: Design, architecture, and uses in the wild. *Science Robotics*, 7(66), eabm6074. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abm6074>
- Macenski, S., & Jambrecic, I. (2021). Slam toolbox: Slam for the dynamic world. *Journal of Open Source Software*, 6(61), 2783. <https://doi.org/10.21105/joss.02783>
- Macenski, S., Martín, F., White, R., & Ginés Clavero, J. (2020). The marathon 2: A navigation system. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*.
- Ollama. (2024). Ollama: Get up and running with large language models locally [Last accessed 2026/03/14]. <https://github.com/ollama/ollama>
- Papadakis, P., et al. (2025). Ai-powered service robots for smart airport operations: Real-world implementation and performance analysis in passenger flow management. *Sensors*, 26(3), 806. <https://doi.org/10.3390/s26030806>
- ResearchAndMarkets. (2024). *Warehouse autonomous mobile robots (amr) market report 2024: Leading players embrace robotics-as-a-service (raas) model* (tech. rep.). ResearchAndMarkets.
- Rhasspy. (2023). Piper: A fast, local neural text to speech system [Last accessed 2026/03/14]. <https://github.com/rhasspy/piper>
- Touvron, H., et al. (2023). Llama 2: Open foundation and fine-tuned chat models. *arXiv preprint arXiv:2307.09288*. <https://arxiv.org/abs/2307.09288>
- Universidad Nacional del Comahue. (2024). Xii jornadas argentinas de robótica – jar 2024 [Last accessed 2026/03/14]. <https://www.fi.uncoma.edu.ar/investigacion/jar-2024/>
- WHILL Inc. (2024). Schiphol continues trial with autonomous mobility vehicles [Last accessed 2026/03/14]. <https://whill.inc/us/news/schiphol-continues-trial-with-autonomous-mobility-vehicles/>