



Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado

SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA (SICyT)

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: CCECBCO0008477

1. Unidad Científico-Tecnológica

FR Córdoba - CIII: CENTRO DE INVESTIGACION EN INFORMATICA PARA INGENIERÍA

2. Denominación del PID

NAVEGACIÓN Y CONTROL DE ROBOT MÓVIL INDUSTRIAL TIPO AMR BASADO EN ROS2

3. Resumen Técnico del PID

Los AGVs (Automated Guided Vehicles) son un componente clave en la logística interna en muchos tipos de industrias y sectores de producción que implementen métodos de fabricación flexible (FMS), debido a la capacidad de mover productos y piezas de manera eficiente en relación al tiempo de manipulación. Actualmente, el sistema de navegación de los AGVs está basado en sensores magnéticos y de barrido láser para seguridad, y tienen la limitación de que las rutas o camino a seguir están previamente definidas, sin la capacidad de elegir un camino diferente. Recientemente, ha habido importantes avances en los vehículos autónomos y su aplicación como plataforma de robótica de servicio, conocidos con el nombre de AMR (Autonomous Mobile Robot), enfocados principalmente a promover la flexibilidad dentro de fábricas e impulsar la realización de la Industria 4.0. Los AMRs resultan así ser más flexibles que los AGVs, fácilmente programables, seguros, colaborativos y precisos, mediante la incorporación de diferentes tecnologías que hace pocos años estaban reservadas solo al ámbito académico y de investigación, tales como: generación de mapas, visión por computadoras, tecnología SLAM, aplicación del Sistema Operativo de Robótica (ROS), entre otras. En este contexto, el presente proyecto plantea elaborar esquemas innovadores de navegación y control para robots móviles industriales tipo AMR utilizando el entorno de desarrollo de robótica ROS-2 con aplicación a tareas de logística interna a partir de técnicas del estado del arte en robots móviles autónomos.

4. Programa

Electrónica, Computación y Comunicaciones

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: PID EQUIPOS EN CONSOLIDACIÓN SIN INCENTIVOS TIPO B

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
INDUSTRIAL (Producción y tecnología)	Otros - Industrial (Especificar)	Logística interna
PROMOCION GENERAL DEL CONOCIMIENTO	Otros - Promoción General Del Conocim. (Especificar)	Navegación autónoma de robot móvil

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Control	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Robótica	-

Palabras Clave

Robótica, control, navegación, planificación, AGV, AMR, ROS2

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/01/2022	01/01/2025	36 meses	-

7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)

N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

Código SCTyP: CCEBCO0008477

Disposición SCTyP:

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

EN TRÁMITE

9. Avals (presentación obligatoria de avals)**10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID**

Apellido	Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos	Cargo docente	Año cargo docente	Categ. Investigador Universitario	Categ. Prog. Incentivos
PEREZ PAINA	GONZALO FERNANDO	DIRECTOR	15	01/01/2022	01/01/2025		Profesor Adjunto	2019	Investigador D	Investigador III
ARAGUÁS	ROBERTO GASTÓN	CO-DIRECTOR	15	01/01/2022	01/01/2025		Profesor Asociado	2010	Investigador B	Investigador III
SCHINQUEL	GUSTAVO	BECARIO BINID	20	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
RESTREPO BLANDON	FREDY ALEXANDER	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/01/2022	01/01/2025		Ayudante de 1ra	2020	Investigador E	Ninguna
GAYDOU	DAVID ALEJANDRO	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/01/2022	01/01/2025		Jefe de Trabajos Prácticos	2021	Investigador B	Investigador V
GONZÁLEZ DONDO	DIEGO	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/01/2022	01/01/2025		Jefe de Trabajos Prácticos	2018	Investigador D	Investigador V
SCHNEIDER	AXEL CRISTIAN	BECARIO ALUMNO UTN-SCYT	12	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
CARREÑO MARÍN	SEBASTIÁN	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	6	01/01/2022	01/01/2025				Ninguna	Ninguna
PEREYRA	MAIRA ESTEFANIA	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	01/01/2022	01/01/2025		Ayudante de 1ra	2018	Investigador D	Ninguna

11. Datos de la investigación**Estado actual de concimiento del tema**

Los AGVs por sus siglas en inglés de Automated Guided Vehicles o Vehículos de Guiado Automatizado son un componente clave en la logística interna en muchos tipos de industrias y sectores de producción que implementan métodos de fabricación flexible (FMS, Flexible Manufacturing Systems) [1]. Los AGVs brindan la capacidad de mover productos y piezas de manera eficiente en relación al tiempo de manipulación. Los AGVs puede ser: a) Towing Vehicles, o remolcadores para arrastrar la carga a transportar; b) Unit Load Vehicles, que incorpor una plataforma para levantar la carga a transportar; c) Pallet Truck, para el manejo de palé o d) Fork Lift, similares a montacarga tradicionales con control automático [2]. Existen también versiones híbridas que aprovechan lo mejor de cada formato de vehículo.

Los AGVs tienen sus orígenes a mediados de la década de 1950 con el primer modelo similar a un tractor remolque. Los primeros sistemas desarrollados y construidos mostraron características básicas que siguen siendo parte de cualquier AGV actual: el sistema de tracción, de guiado y protección del personal [1]. Entre los años 1970 y principios de la década del 1990 se introdujo la electrónica de control usando computadoras de a bordo. El AGVs clásico se desarrolló finalmente en la década de 1970. Entra 1990 y 2010, se establecieron los estándares tecnológicos y nuevos mercados y los AGVs pasan a estar controlados por PC estándares.

Los primeros AGVs estaban guiados mediante conductores eléctricos que se montaba en el suelo, conocido como guía inductiva [1]. Las estaciones de cargas y descarga se codificaban con guías magnéticas incrustadas en el suelo las cuales se detectan por sensores a bordo del vehículo. Más recientemente se comenzó a utilizar el guiado mediante cintas magnéticas y de color sobre el suelo, las cuales se reconocen utilizando sensores adecuados [2]. Debido a la simpleza del sensor utilizado, el sistema de guiado y control resulta relativamente sencillo [3]: los vehículos recorren caminos predeterminados de una estación a otra, se ponen en marcha al recibir una orden y se detienen cuando reconocen el marcador de parada. Este tipo de operación no permitían mayor flexibilidad, el transporte puede cubrir grandes distancias, los puntos de parada se visitan de forma sucesiva y en general el vehículo se mueve solo hacia adelante. Actualmente, las navegación está basada en sensores magnéticos y de barrido láser para la seguridad [4]. Sin embargo, las rutas o camino a seguir están en la mayoría de los casos definidas previamente y el AGV no tiene la capacidad de elegir un camino diferente.

Recientemente, ha habido importantes avances en los vehículos autónomos y su aplicación como plataforma de robótica de servicio [5], conocidos con el nombre de AMR por sus siglas en inglés de Autonomous Mobile Robot o AIV de Autonomous Intelligent Vehicles, enfocados principalmente a promover la flexibilidad dentro de fábricas e impulsar la realización de la Industria 4.0. Los AMRs/AIVs resultan así ser más flexibles que los AGVs (aplicados principalmente a la distribución de material y partes en grande volúmenes), fácilmente programables, seguros, colaborativos y precisos. Su mayor "inteligencia" para la navegación puede aplicarse así a reducir los kilómetros que el personal de una planta recorre todos los días empujando carros para distribuir productos [6]. Los AMRs/AIVs deben entonces ser capas de navegar de forma autónoma (sin intervención humana) aplicando diferentes tecnologías que hace pocos años estaban reservadas solo al ámbito académico y de investigación, tales como [6,7]: a) navegación autónoma de robots móviles [8], creación de mapas c) sensores LiDAR 2D o laser rangefinder, d) sistemas de visión por computadoras, e) tecnología de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) [9] y f) ROS (Robot Operating System) [10].

Por lo tanto, existe una oportunidad para la investigación y el desarrollo de esquemas de navegación y control de robots tipo AMR/AIV capaces de operar en ambientes industriales de forma completamente autónoma, llevando los algoritmos del estado del arte a esta aplicación en particular. Para esto es necesario desarrollar algoritmos de navegación y control, algunos de los cuales se deben implementar en sistemas embebidos de recursos limitados y otros en computadoras de alto desempeño, lo que conforma una red heterogénea de hardware y software.

El Sistema Operativo Robot (ROS) es un conjunto de bibliotecas de software y herramientas para la construcción de aplicaciones de robots de código abierto y libre. Incluye controladores de hardware hasta algoritmos de navegación de robots del estado del arte [11]. El proyecto ROS se inició en 2007 en la Universidad de Stanford bajo el nombre Switchyard. Más tarde, en 2008, el desarrollo se llevó a cabo por una start-up de investigación robótica llamada Willow Garage. Desde 2013, ROS ha sido administrado por la Open Source Robotics Foundation (OSRF), ahora llamada Open Robotics, que apoya "el desarrollo, distribución y adopción de software de código abierto para su uso en investigación, educación y robótica desarrollo de productos".

Aún cuando el objetivo principal de gran parte del desarrollo de ROS dentro Willow Garage estuvo orientado al robot de investigación PR2, también fue adoptado por una amplia variedad de robots, incluyendo robots con ruedas de todos los tamaños, humanoides con patas, brazos industriales, vehículos aéreos y más. Además, se observa la adopción de ROS en dominios más allá de la comunidad de investigación académica que fue el enfoque inicial [12]. Existen en la actualidad productos basados en ROS en el mercado, incluyendo robots de fabricación, robots agrícolas, robots de limpieza y otros [13]. Es por ello que, el equipo de ROS consideró que se podrían satisfacer mejor las necesidades de la comunidad abordando sus nuevos casos de uso. Así nació la plataforma ROS de próxima generación, ROS-2. Los nuevos casos de uso de ROS, considerados al inicio del desarrollo de ROS-2, han sido: a) Equipos de múltiples robots, b) aplicación en sistema embebidos (incluyendo microcontroladores "bare-metal"), c) sistemas en tiempo real, d) redes de comunicación no ideales, e) ambientes de producción, entre otros [14].

Por otro lado, y debido principalmente a que los robots contienen en general gran cantidad de sistemas embebidos a bordo, algunos de los cuales están basados en microcontroladores de baja gama, es que surge el proyecto micro-ROS [15]. micro-ROS es un sistema operativo de robot que ofrece la mayoría de las herramientas y funcionalidades del ecosistema ROS-2 completamente implementado, combinado con la capacidad adecuadas de sistemas embebidos basados en microcontroladores de bajos recursos. Está compuesto por un conjunto de bibliotecas en capas que reutilizan directamente las de ROS-2 o las adaptan a las capacidades y necesidades de los dispositivos con recursos limitados utilizados.

Referencias:

[1] Günter Ullrich. Automated Guided Vehicle Systems. A Primer with Practical Applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.

[2] Liam Lynch, Thomas Newe, John Clifford, Joseph Coleman, Joseph Walsh, and Daniel Toal. Automated ground vehicle (agv) and sensor technologies- a review. In 2018 12th International Conference on Sensing Technology (ICST), pages 347?352, 2018.

[3] Faiza Gul, Syed Sahal Nazli Alhady, and Wan Rahiman. A review of controller approach for autonomous guided vehicle system. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 20(1):552?562, 2020.

[4] Constantin Ilas. Electronic sensing technologies for autonomous ground vehicles: A review. In 2013 8TH International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE), pages 1?6, 2013.

[5] IRF service robots definition. <https://ifr.org/service-robots>. Accessed: jul-2021.

[6] Con Cronin, Andrew Conway, and Joseph Walsh. State-of-the-art review of autonomous intelligent vehicles (AIV) technologies for the automotive and manufacturing industry. In 2019 30th Irish Signals and Systems Conference (ISSC), pages 1?6, 2019.

[7] Liam Lynch, Fintan McGuinness, John Clifford, Muzaffar Raa, Joseph Walsh, Daniel Toal, and Thomas Newe. Integration of autonomous intelligent vehicles into manufacturing environments: Challenges. In 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, volume 38, pages 1683?1690, 2019.

[8] Spyros G. Tzafestas. Mobile robot control and navigation: A global overview. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 91:35?58, 2018.

[9] Dinh Van Nam and Kim Gon-Woo. Solid-state lidar based-slam: A concise review and application. In 2021 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp), pages 302?305, 2021.

[10] Lin Zhang, Robert Merrifield, Anton Deguet, and Guang-Zhong Yang. Powering the world's robots?10 years of ros. Science Robotics, 2(11), 2017.

[11] Ramkumar Gandhinathan and Lentin Joseph. ROS Robotics Projects (2nd Editino). Packt Publishing, Dec 2019.

[12] Lin Zhang, Robert Merrifield, Anton Deguet, and Guang-Zhong Yang. Powering the world's robots?10 years of ros. Science Robotics, 2(11), 2017.

[13] The Rise of ROS: Nearly 55% of total commercial robots shipped in 2024 Will Have at Least One Robot Operating System package Installed. <https://www.businesswire.com/news/home/20190516005135/en/Rise-ROS-55-total-commercial-robots-shipped>. Accessed: jul-2021.

[14] ¿Por qué ROS-2? http://design.ros2.org/articles/why_ros2.html. Accessed: jul-2021.

[15] Micro-ROS. <https://micro.ros.org/>. Accessed: jul-2021.

Grado de Avance

El Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería -CIII- donde se ejecutará el proyecto cuenta con una vasta experiencia en el diseño y construcción de robots móviles de diferentes configuraciones, pudiendo nombrar como casos más exitosos el Robot Móvil de Arquitectura Abierta -RoMAA-[16,17], y el robot Quadricóptero Autónomo de Arquitectura Abierta -QA3-[18]. El robot móvil RoMAA es un robot móvil con ruedas de tracción diferencial que ha sido desarrollado íntegramente en el CIII, desde la mecánica, el sistema de tracción, sistema energético, sistema de control de bajo nivel [19], y software de programación de alto nivel [20]. También se ha desarrollado un módulo de sensores adecuado para robots móviles que consiste en un conjunto de sensores de distancia por ultrasonido y una unidad inercial para la estimación del movimiento [21].

Se cuenta también con aportes en líneas de investigación relacionada a la navegación autónoma de robots móvil. En particular, en algoritmos de SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) y planificación de caminos. En [22] se presenta un esquema de SLAM monocular que utiliza técnicas del estado del arte para la inicialización de características, donde la estimación se realiza con un filtro UKF (Unscented Kalman Filter), mientras que en [23] se describe un esquema similar utilizando el filtro EKF (Extended Kalman Filter). En cuanto a la planificación de trayectorias se pueden destacar tanto trabajos con un único vehículo [24] como con múltiples VANTS (Vehículos aéreos no tripulados) [25]. En los últimos años se han desarrollado además diferentes propuestas como solución del problema de guiar una formación de múltiples robots en un entorno conocido utilizando métodos clásicos de búsqueda de caminos, como Dijkstra y A* [26,27] y métodos heurísticos basados en algoritmos genéticos (AG) [28,29]. Cabe destacar que en esta temática se encuentra en desarrollo un trabajo de tesis doctoral con un alto grado de avance y pronta finalización. Otros aportes relevantes concierne a las investigaciones relativas al calibrado de cámaras para su uso en odometría visual [30].

Por otro lado, se adaptó el framework de programación ROS en el robot de investigación RoMAA-II. Para lo cual se implementó un paquete de ROS con un nodo driver que permite adecuar los comandos de bajo nivel del sistema embebido del robot a los mensajes de ROS [31]. Este paquete se encuentra públicamente disponible en [32].

Más recientemente se firmó el Convenio Específico de Transferencia Tecnológica "Robot móvil autónomo i-Move", con la empresa Caima Segall SRL. El objeto específico de dicho convenio consistía en el desarrollo, construcción y transferencia de un robot móvil autónomo, para su posterior integración y puesta a punto en la línea de producción de la planta industrial de la empresa multinacional Denso Manufacturing Argentina S.A., de la ciudad de Córdoba. El convenio finalizó con éxito y el robot se encuentra operativo en la planta. El sistema de navegación del robot i-Move está desarrollado utilizando ROS-1, y presentan las prestaciones mínimas para navegar siguiendo caminos simples.

Referencias

- [16] D.A. Gaydou, G.F. Pérez Paina, G.M. Steiner, and J. Salomone. "Plataforma móvil de arquitectura abierta". In Proceedings of the V Jornadas Argentinas de Robótica (JAR). Ediuns, November 2008. ISBN 978-987-655-011-6.
- [17] G. Perez Paina, G. Araguas, D. Gaydou, G. Steiner, and L. Canali. "RoMAA-II, an open architecture mobile robot". Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), 12(5):915-921, Aug 2014.
- [18] D. Gaydou, G. Suarez, C. Paz, G. Perez Paina, and G. Araguás. "Robot volador no tripulado QA3. Diseño y construcción de un cuatrirrotor para experimentación". In Proceedings of the VIII Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), 2014.
- [19] G.F. Perez Paina, D.A. Gaydou, N.L. Palomeque, and L.A. Martini. "Librerías embebidas para microcontroladores LPC2000 de aplicación en robótica". In Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE), 2011b. ISBN 978-987-9374-69-6.
- [20] G.F. Perez Paina and D.A. Gaydou. "Programación y simulación en robótica móvil utilizando Player/Stage". In Proceedings of the VI Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), pages 150-155, November 2010a.
- [21] G.F. Perez Paina, F.E. Elizondo, D.A. Soares, and L.R. Canali. "Design and implementation of a multi-sensor module for mobile robotics applications". In Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE), pages 269-274, 2012b. ISBN 978-987-9374-82-5.
- [22] Gonzalo Perez Paina, Claudio Paz, Martín Baudino, and Luis Canali. "SLAM monocular basado en UKF para la localización de un robot móvil". In Proceedings of the VIII Jornadas Argentinas de Robótica, JAR. 2014.
- [23] Gonzalo F. Perez Paina, Eduardo Destéfani. "Monocular simultaneous localization and mapping system for a wheeled mobile robot". In Proceedings of the XV Workshow on Information Processing and Control, RPIC. 2013.
- [24] Martín A. Pucheta, Nicolas Alberto, Claudio J. Paz, Gonzalo Perez Paina. "Trajectory Planning for an Unmanned Quadrotor". XXII Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, ENIEF. 2016.
- [25] Diego Gonzalez Dondo, Maira E. Pereyra, Gastón Araguás. "Multirobot path planning using distributed target tracking in a camera network". International Symposium of Experimental Robotics, ISER. 2018.
- [26] Maira E. Pereyra, Gastón Araguás, Miroslav Kulich. "Path planning for a formation of mobile robots with split and merge." Modelling & Simulation for Autonomous Systems (MESAS). 24-26 de octubre 2017, Roma, Italia.
- [27] Maira E. Pereyra, Gastón Araguás, Miroslav Kulich. "Sequential path planning for a formation of mobile robots with split and merge." IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI). 8-10 de noviembre 2017, Arequipa, Perú.
- [28] Maira E. Pereyra, Gonzalo Perez Paina, Martín Pucheta, Gastón Araguás. "Planificación de caminos para Múltiples Robots basado en Algoritmo Genético." ENIEF 2019, XXIV Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones. 5 al 7 de noviembre 2019, Santa Fe, Argentina.
- [29] Maira E. Pereyra, Gonzalo Perez Paina, Gastón Araguás. "Planificación de caminos para múltiples robots mediante algoritmo híbrido de búsqueda." Jornadas Argentinas de Robótica (JAR2019). 13 al 15 de noviembre 2019, Neuquén, Argentina.

[30] Gastón Araguás, Gonzalo Perez Paina, Guillermo Steiner, and Luis Canali. "Extrinsic calibration of a camerarobot system under non-holonomic constraints". In Proceedings of the AST in 40th Argentine Conference on Informatics (JAIIO), pages 157–167, 2011.

[31] Gonzalo Perez-Paina, David Gaydou y Gastón Araguás. "Driver de ROS para el robot móvil RoMAA" . X Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), Neuquén, Argentina. Nov. 2019.

[32] ROS driver for the RoMAA mobile robot. https://github.com/ciiutnfr/romaa_ros.

Objetivos de la investigación

Generales

Realizar aportes innovadores de esquemas de navegación y control para robots móviles industriales tipo AMR utilizando el entorno de desarrollo de robótica ROS-2 con aplicación a tareas de logística interna a partir de modificaciones o adaptaciones de técnicas del estado del arte.

Particulares

1. Desarrollar el firmware para el sistema embebido de control de bajo nivel utilizando micro-ROS.
2. Diseñar esquemas de navegación para aplicaciones de logística industrial utilizando ROS-2.
3. Implementar algoritmos de navegación y control para los esquemas propuestos.
4. Desarrollar modelo de simulación de robot tipo AMR para el simulador Gazebo.
5. Evaluar los esquemas propuestos mediante simulaciones y con robots propios existentes adecuados para tal fin.

Descripción de la metodología

Como metodología de trabajo se propone llevar a cabo 4 líneas de investigación y desarrollo, orientadas a: 1) desarrollo del sistema de control de bajo nivel del robot utilizando micro-ROS, 2) propuesta de esquemas de navegación y control con ROS-2, 3) creación de modelos de simulación de robot tipo AMR y entorno de trabajo del robot utilizando el simulador Gazebo, y 4) elaboración de algoritmos de navegación y control. Para cada una de estas líneas de trabajo se comenzará con el estudio de las herramientas de software relacionadas (middleware micro-ROS, el Sistema Operativo de Robótica ROS-2 y el simulador Gazebo). Además, se hará un estudio exhaustivo de los algoritmos de navegación y control del estado del arte tanto para aplicaciones generales como particulares a tareas de logística.

Para el desarrollo de 1) se adoptará una de las placas de sistema embebido soportadas por micro-ROS como sistema de control de bajo nivel sobre la cual se desarrollará el firmware asociado que será evaluado utilizando el robot de investigación RoMAA-II. Para el desarrollo del punto 2) se partirá del esquema de navegación y control desarrollado para el robot tipo AMR i-Move y realizarán propuestas de nuevos esquemas que permitan mayor flexibilidad de navegación y configuración del robot, esto último enmarcado bajo el punto 4). Los esquemas de navegación serán evaluados mediante simulaciones y con robots reales disponibles en el CIII adaptados para tal fin.

La organización del trabajo colectivo se hará según el siguiente esquema: a partir de los objetivos formulados de cada línea de trabajo se definen las tareas a realizar y se asignan un equipo de personas para su ejecución. Estos grupos concertan las condiciones de las interfaces entre los diferentes componentes del sistema final como así también los tiempos para alcanzar objetivos intermedios y finales.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

Los avances teóricos y algoritmos obtenidos del presente proyecto de investigación y desarrollo permitirán acercarse más a solucionar problemas y necesidades actuales, como lo es la logística interna y promover así la flexibilidad dentro de fábricas e impulsar la realización de la Industria 4.0. Aunque también se espera que se puedan aplicar a cualquier proceso que cuente con robots como herramientas de transporte, ya que se esperan aportes en lo que respecta a navegación, planificación y control de robot móviles autónomos.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

Dada la importancia que tiene la ciencia y tecnología en el desarrollo de un país, se espera incorporar a estudiantes de grado al equipo de investigadores formados y en formación para fortalecer su interés en la investigación aplicada. Además, se espera con este proyecto contribuir con la formación continua de los becarios doctorales del centro de investigación donde está radicado el proyecto.

Específicamente se prevé:

1. Incorporar dos (2) becarios de grado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
2. Incorporar un becario graduado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
3. Continuar con el desarrollo de la tesis de doctorado "Planificación de camino y trayectoria de una formación de robots autónomos" de la Ing. Maira Estefanía Pereyra, Dirigida por el Dr. R. Gastón Araguás y Co-Dirigida por el Dr. Gonzalo F. Perez Paina.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Estudio del middleware micro-ROS	01/01/2022	4 meses	30/04/2022
1	Selección de placa de desarrollo	01/04/2022	1 meses	30/04/2022
1	Desarrollo del firmware para el sistema embebido de control de bajo nivel	01/05/2022	5 meses	30/09/2022
1	Estudio del simulador Gazebo	01/06/2022	2 meses	31/07/2022
1	Desarrollo del modelo de simulación con Gazebo del robot	01/07/2022	4 meses	31/10/2022
1	Evaluación con el robot RoMAA-II	01/09/2022	3 meses	30/11/2022
1	Documentación del firmware desarrollado	01/11/2022	1 meses	30/11/2022
1	Desarrollo de modelos de simulación del entorno de trabajo	01/11/2022	2 meses	31/12/2022
2	Integración y evaluación con algoritmos de navegación existentes en ROS-2	01/01/2023	4 meses	30/04/2023
2	Difusión de los resultados	01/01/2023	2 meses	28/02/2023
2	Estudio de algoritmos de navegación del estado del arte	01/01/2023	3 meses	31/03/2023
2	Propuesta de adecuación de algoritmos existentes para aplicación de logística	01/03/2023	2 meses	30/04/2023
2	Implementación de algoritmos propuestos	01/04/2023	4 meses	31/07/2023
2	Documentación de los modelos desarrollados	01/05/2023	1 meses	31/05/2023
2	Difusión de los resultados	01/06/2023	2 meses	31/07/2023
2	Integración de algoritmos de navegación con el resto del sistema de software	01/08/2023	3 meses	31/10/2023
2	Adaptación de robot para los ensayos	01/10/2023	3 meses	31/12/2023
2	Ensayo en simulación de los esquemas de navegación propuestos (1/2)	01/11/2023	2 meses	31/12/2023
3	Ensayo de navegación en robot real	01/01/2024	8 meses	31/08/2024
3	Ensayo en simulación de los esquemas de navegación propuestos (2/2)	01/01/2024	2 meses	29/02/2024
3	Documentación de los algoritmos desarrollados	01/02/2024	2 meses	31/03/2024
3	Difusión de los resultados	01/04/2024	2 meses	31/05/2024
3	Documentación de resultados de navegación en robot real	01/08/2024	3 meses	31/10/2024
3	Difusión de los resultados	01/11/2024	2 meses	31/12/2024