

 <b>Universidad Tecnológica Nacional</b> <b>Rectorado</b> <b>Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado</b>	<b>SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y          TECNOLOGIA (SiCyT)</b>
<b>FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO</b>	

**Código del Proyecto: CCUTNCO0004884**

#### 1. Unidad Científico-Tecnológica

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

#### 2. Denominación del PID

Robot móvil de hardware y software abierto con fines educativos en ingeniería electrónica

#### 3. Resumen Técnico del PID

Los robots móviles son una herramienta educativa de relevancia debido al entusiasmo que despierta en los estudiantes y a la gran variedad de disciplinas tecnológicas que involucra. Estos brindan un marco de trabajo en disciplinas tales como: electrónica, mecánica, sensorística, sistemas embebidos, procesamiento de señales e imágenes, comunicación inalámbrica, algoritmos y programación, inteligencia artificial, entre otras. Particularmente, en la carrera de ingeniería electrónica, los robots móviles resultan una plataforma educativa atractiva, ya que pueden ser utilizados en el proceso de enseñanza/aprendizaje en sus diferentes niveles, abarcando temas de electrónica y programación básica hasta desarrollos completos de sistemas autónomos complejos. Existe robots móviles, o mejor dicho plataformas educativas completas, disponibles comercialmente orientadas a la educación en sus diferentes niveles, siendo la más difundida los de la marca LEGO. Sin embargo, son escasos los proyectos activos actualmente con un enfoque abierto, tanto en software como hardware, de robótica educativa. Vale la pena mencionar al proyecto Thymio que presenta una plataforma educativa completa de hardware y software abierto orientado a la educación pre-universitaria, y que resulta un modelo atractivo a seguir para el desarrollo de herramientas educativas. Por otro lado, en años reciente ha ido en constante crecimiento la disponibilidad de plataformas de sistemas embebidos educativas de hardware abierto, que cubren conocimientos en electrónica y programación desde los niveles iniciales hasta muy avanzados. En el nivel inicial se encuentra la plataforma Arduino (hardware y software abiertos), enfocado a personas con escasos o nulos conocimientos; y en los niveles más avanzados se dispone de una gran variedad de SBC (Single Board Computer) tales como la Raspberry Pi o BeagleBone, solo por mencionar un par de ellos, orientados a la programación de sistemas embebidos complejos. Un ejemplo de gran relevancia en nuestro país de plataforma abierta es la "Computadora Industrial Abierta Argentina" o CIAA, que además cuenta con su versión educativa -EduCIAA-. La misma está orientada a la enseñanza en el nivel universitario de sistemas embebidos. En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir diferentes versiones de plataforma robótica móvil de hardware y software abierto. Las cuales estarán adecuadas para utilizar, como electrónica de control y procesamiento, las diferentes plataformas de sistemas embebidos educativas de hardware abierto disponibles en la actualidad. Además de generar bibliotecas de programación, ejemplos completos funcionales para cada caso, manuales paso a paso de puesta en funcionamiento y material adicional para su utilización. Generando así un marco educativo orientado a la ingeniería electrónica, cubriendo los niveles iniciales, medios y avanzados de la carrera.

#### 4. Programa

Electrónica, Computación y Comunicaciones

#### 5. Proyecto

**Tipo de Proyecto:** UTN (PID UTN) SIN INCORPORACION EN PROGRAMA INCENTIVOS

**Tipo de Actividad:** Investigación Aplicada

**Campos de Aplicación:**

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
INDUSTRIAL (Producción y tecnología)	Otros - Industrial (Especificar)	Software
INDUSTRIAL (Producción y tecnología)	Equipos de procesamiento (hardware)	
DESARROLLO DE LA EDUCACION	Ciencia y tecnología	

**Disciplinas Científicas:**

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

**Palabras Clave**

Robótica móvil, hardware abierto, software abierto, educación

**6. Fechas de realización**

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/01/2018	31/12/2019	24 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 : CCUTNCO0004884

Disposición SCTyP:

Código Ministerio:

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

EN TRÁMITE

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

Apellido y Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos
PEREZ PAINA, GONZALO FERNANDO	DIRECTOR	20	01/01/2018	31/12/2019	
GONZÁLEZ DONDO, DIEGO	INVESTIGADOR TESISTA	10	01/01/2018	31/12/2019	
BUFFALO, JOSÉ IGNACIO	BECARIO BINID	20	01/01/2018	31/12/2019	-
PAZ, CLAUDIO JOSÉ	CO-DIRECTOR	15	01/01/2018	31/12/2019	
REDOLFI, JAVIER ANDRES	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	01/01/2018	31/12/2019	-
GUIZZO, EDIO JOSÉ	BECARIO ALUMNO UTN-SCYT	10	01/01/2018	31/12/2019	
TORRES, IGNACIO	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	6	01/01/2018	31/12/2019	-

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

Existen en la actualidad robots móviles disponibles con fines educativos tanto comerciales como de proyectos de código abierto. El más popular dentro de los productos comerciales es el robot Mindstorm de LEGO [1], enfocado principalmente a la enseñanza de programación en niveles iniciales. Otro caso relevante es el robot Khepera [2], el cual fue originalmente diseñado como herramienta de investigación y educativa en la EPFL (Suiza). Este robot

resulta de utilidad al momento de evaluar algoritmos reales de robótica tales como planificación de trayectoria, evasión de obstáculos, procesamiento de información sensorial, etc. Vale la pena mencionar también, como ejemplo local, los diferentes modelos de robots comerciales como el N6 y N8, de la firma RobotGroup [3], pensados para la educación tanto a nivel de grado como de pregrado.

Por otro lado, en lo que respecta a proyectos de código abierto (Open Source Software and Hardware), existe gran variedad de robot con potencial uso en educación, sin embargo la gran mayoría de ellos son desarrollos sin continuidad y que por lo tanto han quedado obsoletos. En [4] se presenta un listado de diferentes diseños y construcción de robots móviles bajo licencia "Open Source Hardware" (OSHW) [5]. En dicho listado se mencionan catorce proyectos (desde 1997 a 2012) incluyendo robots de muy bajo costo obtenidos a partir de impresoras 3D, además de otros de diferentes arquitecturas y propósitos como ser veh?culos sub-acuáticos, robots de servicios, e incluso robots humanoides. El primer ejemplo relevante para el presente proyecto es el robot SERB (Arduino-based SErvo RoBot) [6]. Este es un robot de tracción diferencial cuya estructura está construida de acr?lico cortado con láser, tiene dos servomotores y el hardware de control está basado en un microcontrolador Arduino [7]. Otro ejemplo es el robot Veter [8], también de tracción diferencial aunque en este caso cuenta con orugas. Esta construido a partir de piezas realizadas con impresoras 3D y pensado para ser operado con computadoras Open Source como la BeagleBoard. Otro ejemplo interesante construido a partir de impresora 3D y principalmente con fines educativos es el robot Mini-Skybot [9]. El diseño de este robot imprimible se presenta en detalles en [10]. Su diseño es completamente abierto, tanto la parte mecánica como electrónica. Para su diseño se utilizaron exclusivamente herramientas también libres como OpenSCAD, FreeCAD y KiCad. Mini-Skybot es un robot de tracción diferencial compuesto de partes imprimibles y dos servos modificados.

Algunos casos importante en relación a desarrollos de hardware y software abiertos pensados desde sus inicios como plataformas educativas son el robot e-puck [11], y más recientemente el robot Thymio [12,13], ambos creados en la EPFL (Suiza). El e-puck es un robot de tracción diferencial orientado principalmente a la educación. Una de las caracter??sticas principales de este proyecto es su modularidad y la disponibilidad de diferentes configuraciones, la que se modifican agregando o quitando placas de circuitos impresos (PCB) con diferentes sensores. El Thymio es un robot miniatura de tracción diferencial adecuado para operar sobre un escritorio, construido en base a plástico inyectado. Tiene una batería embebida recargable mediante conexión USB que provee de energía por un tiempo de entre 3 a 5 horas. Esta basado en un microcontrolador PIC24F de Microship y cuenta con un conjunto de sensores de bajo costo incluyendo un acelerómetro de tres ejes, un termistor, y un micrófono, además de un teclado capacitivo y un conjunto de LEDs que hace de interfaz con el usuario.

En lo que respecta a las plataformas electrónicas abiertas resulta de gran relevancia la Computadora Industrial Abierta Argentina -CIAA- desarrollada y fabricada en el país. La CIAA [14] nace en el año 2013, siendo una iniciativa conjunta del sector académico e industrial representados por la Asociación Civil para la Investigación, Promoción y Desarrollo de los Sistemas Electrónicos Embebidos (ACSE) y la Cámara Argentina de Industrias Electrónicas, Electromecánicas y Luminotécnia (CADIEEL). Uno de los principales motivos de su desarrollo surge e las etapas iniciales del análisis, donde se concluye que "muchas empresas argentias de sectores productivos no incorporaban electrónica en sus procesos o productos; otras utilizaban sistmas electrónicos obsoletos; muchas usaban sistemas importados y unas pocas adoptaban diseños propios basados en tecnologías vigentes. También se observó que muchas eran reticentes a invertir en desarrollos electrónicos pero, a la vez, hacían inversiones iguales, o mayores, en ampliaciones edilicias. Es decir, el problema no era la limitación económica sino el riesgo tecnológico que le atribuían a la incorporación de sistemas electrónicos en sus productos o procesos, debido al desconocimiento". A esta iniciativa se sumaron luego a las dos primeras instituciones el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y al Red Universitaria de Sistemas Embebidos (RUSE), además de 12 universidades, 20 empresas pequeñas y medianas que proveen del hardware, el software, circuitos impresos, componentes, etc., y más de 60 desarrolladores. La CIAA es la primera y única computadora del mundo que reúne dos cualidades: 1) Es industrial dado que su diseño está preparado para las exigencias de confiabilidad, temperatura, vibraciones, ruido electromagnético, tensiones, cortocircuitos, etc., que demandan los productos y procesos industriales; y 2) es abierta, ya que toda la información sobre su diseño de hardware, firmware, software, etc., esta libremente disponible en internet bajo la Licencia BSD, para que cualquiera la utilice como quiera. Por otro lado, su diseño no está atado a los procesadores de una determinada compañía, como ocurre con otras computadoras abiertas.

A partir del desarrollo de la plataforma CIAA surge la CIAA Educativa o Edu-CIAA [15]. Esta es una versión de bajo costo de pensada para la enseñanza universitaria, terciaria y secundaria. Además, con el objetivo de permitir el desarrollo de prácticas sencillas sin que sea necesario recurrir a hardware adicional, incluye algunos recursos que no están presentes en la CIAA.

En lo que respecta al desarrollo de software de robótica, una herramienta ampliamente utilizada es el Sistema Operativo de Robots o ROS (Robot Operating System) [16]. ROS es un framework para el desarrollo de software de robots que brinda la funcionalidad de un sistema operativo sobre un sistema de cómputo heterogéneo. ROS provee los servicios estándares de un sistema operativo tales como abstracción del hardware, control de dispositivos de bajo nivel, implementación de funcionalidad de uso común, paso de mensajes entre procesos y mantenimiento de paquetes. Está basado en una arquitectura de grafos donde el procesamiento toma lugar en los nodos que pueden recibir, mandar y multiplexar mensajes de sensores, control, estados, planificaciones y actuadores, entre otros. En el marco del entorno de programación de robótica ROS, existen diferentes plataformas de hardware, algunas de las cuales son de código abierto, útiles para evaluar los algoritmos disponibles. El más representativo son la serie de robots TurtleBot, del cual su última versión TurtleBot3 [17] fue anunciado en el ROSCon de 2016. Las diferentes versiones del robot TurtleBot3 fue desarrollado por la compañía surcoreana Robotis y la Fundación Robótica de Código Abierto (OSRF, Open Source Robotics Foundation). Desde su concepción el robot fue anunciado como completamente abierto, modular, y altamente configurable. El robot TurtleBot3 está basado en la nueva generación de electrónica embebida y sensores de bajo costo, y utiliza ROS como plataforma software.

### Referencias

- [1] F. B. V. Benitti, "Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review", *Computers Educ.*, vol. 58, no. 3, pp. 978–988, 2012.
- [2] F. Mondada, E. Franzi, and P. lenne, "Mobile robot miniaturization: A tool for investigation in control algorithms", in *Proc. Third Int. Symp. Simulation on Experimental Robotics*, T. Yoshikawa and F. Miyazaki, Eds., vol. 200 of *Lecture Notes in Control and Information Sciences*, Berlin, Germany: Springer, 1993, pp. 501–513.
- [3] RobotGroup. Robótica para la acción. <http://www.robotgroup.com.ar/>
- [4] FreeIO. The state of free hardware for robotics. <http://freeio.org/2013/01/the-state-of-free-hardware-for-robotics/>, 2013
- [5] E. Möller, B.M. Hill, A. Beesley, M. Garlick, and Eds. E. Stark. Open source hardware (oshw) statement of principles 1.0, 2012.
- [6] Arduino controlled servo robot (serb). <http://www.instructables.com/id/How-to-Make-an-Arduino-Controlled-Servo-Robot-SER/>
- [7] Arduino. <http://www.arduino.cc/>
- [8] Veter - robotics vehicle for researchers and markers. <http://veterobot.com/>
- [9] Mini-skybot. <http://www.thingiverse.com/thing:7989>
- [10] J. Gonzalez-Gomez, A. Valero-Gomez, A. Prieto-Moreno, and M. Abderrahim. A new open source 3d-printable mobile robotic platform for education. In Ulrich Rückert, Sitte Joaquin, and Werner Felix, editors, *Advances in Autonomous Mini Robots*, pages 49–62. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [11] F. Mondada, M. Bonani, X. Raemy, J. Pugh, C. Cianci, A. Klaptocz, S. Magnenat, J.C. Zufferey, D. Floreano, and A. Martinoli, "The e-puck, a robot designed for education in engineering", in *Proc. 9th Conf. Autonomous Robot Systems and Competitions*, 2009, vol. 1, pp. 59–65.
- [12] F. Riedo, M. Chevalier, S. Magnenat, and F. Mondada, "Thymio ii, a robot that grows wiser with children", in *Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)*, 2013 IEEE Workshop on. IEEE, 2013, pp. 187–193.
- [13] F. Mondada, M. Bonani, F. Riedo, M. Briod, L. Pereyre, P. Rétornaz, and S. Magnenat, "Bringing Robotics to Formal Education. The Thymio Open-Source Hardware Robot", in *IEEE Robotics & Automation Magazine*, volume 24, issue 1, March 2017.
- [14] Proyecto CIAA. <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/>
- [15] La CIAA en la educación. <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=educacion>
- [16] M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey, J. Faust, T. Foote, J. Leibs, R. Wheeler and Y. Andrew. "ROS: an open-source Robot Operating System", *ICRA Workshop on Open Source Software*, 2009.
- [17] E. Ackerman and E. Guizzo, "Hands-on With TurtleBot 3, a Powerful Little Robot for Learning ROS", *IEEE Spectrum*, May 2017.

### Grado de Avance

Al presente 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- [1,2], y el robot Quadricóptero Autónomo de Arquitectura Abierta -QA3- [3].

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 [4], y software de programación de alto nivel [5]. El mismo ha sido utilizado en diferentes experimentos de la robótica móvil y visión por computadoras como SLAM visual [6], odometría visual [7], y calibración cámara-robot [8]. En [9] se describe 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.

También se cuenta con experiencia en el diseño y desarrollo de versiones prototipo de robots de bajo costo, los cuales se llevaron a cabo en el marco del proyecto "Soluciones tecnológicas para el monitoreo distribuido mediante redes inalámbricas de sensores (WSNs) -Asistencia Exportadora Manuel Belgrado- (2014)". Proyecto conjunto entre la Facultad Regional Córdoba de la UTN, la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC e InSus (Ingeniería Sustentable) de la incubadora de empresas de la UNC. En el marco de este proyecto se desarrollaron algunos prototipos que han sido utilizado luego como parte de trabajos de grado en la cátedra integradora del cuarto nivel de la carrera de ingeniería electrónica de la UTN-FRC como se muestra en [10].

## Referencias

- [1] 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
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] G.F. Perez Paina and E. Destéfani. "Monocular simultaneous localization and mapping system for a wheeled mobile robot". In Proceedings of the XV Workshow on Information Processing and Control (RPIC), pages 248-253, 2013. ISBN 978-987-27739-7-7.
- [7] G. Araguás, J. Sánchez, and L. Canali. "Monocular visual odometry using features in the fourier domain". In Proceedings of the VI Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), pages 211-215, November 2010.
- [8] G. Araguás, G. Perez Paina, G. Steiner, and L. Canali. "Extrinsic calibration of a camera-robot system under non-holonomic constraints". In Proceedings of the AST in 40th Argentine Conference on Informatics (JAIIO), pages 157-167, 2011.
- [9] G.F. Perez Paina, F.E. Elizondo, D.A. Suares, 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.
- [10] F. Trasobares, M. Griffa, L. Yoaquino, and C. Falco. "Sensorística para el control de plataforma robótica destinada al estudio de redes de sensores móviles". In Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE), pages 121-126, 2015

## Objetivos de la investigación

### Generales

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir robots móviles de hardware y software de código abierto adecuados para la enseñanza en ingeniería electrónica, que permita incorporar a la robótica como parte de la curricula de la carrera en sus diferentes niveles.

Esto está motivado principalmente debido a que la robótica se presenta como una herramienta educativa de relevancia dado el entusiasmo que despierta y a su naturaleza multi-disciplinaria. Por lo tanto, visto como plataforma educativa para niveles iniciales, un robot móvil ya construido puede servir de herramienta para el proceso de enseñanza/aprendizaje de algoritmos y programación o de sistemas electrónicos básicos. Mientras que visto como un sistema complejo que incorpora diferentes sensores y debe realizar una tarea de forma autónoma, involucra conceptos de diseño electrónico, sistema de energía, control, procesamiento de señales e imágenes, sensorística, e inteligencia artificial, entre otros.

**Particulares**

- Diseñar y construir diferentes variantes de plataformas robóticas móviles de dimensiones reducidas y de bajo costo, utilizando técnicas de fabricación actuales y económicas como el corte láser e impresión 3D.
- Adecuar a robots las diferentes plataformas de sistemas embebidos educativos existentes en la actualidad, como ser Arduino, EduCIAA, RaspberryPi, BeagleBone, etc.
- Diseñar y construir el hardware y firmware necesarios para incorporar diferentes módulos de sensores a los robots desarrollados, que se adapte a los sistemas embebidos utilizados.
- Implementar ejemplos de funcionamiento para cada sensor y cada sistema embebido particular.
- Adoptar para las versiones más avanzadas de los robots el framework de software ROS, e implementar ejemplos funcionales completos.
- Poner a disposición de la comunidad educativa el diseño íntegro del proyecto (hardware y software abiertos).

**Descripción de la metodología**

Dado que el presente proyecto está orientado a obtener una plataforma de hardware, firmware y software de código abierto, se plantea como punto inicial para el desarrollo de cada etapa del proyecto la búsqueda y posible reutilización de proyectos similares ya existentes. Algunos de estos proyectos ya han sido mencionados anteriormente, como ser el proyecto Arduino, la Computadora Industrial Abierta Argentina y los diferentes modelos de SBC como ser Raspberry Pi y BeagleBone.

En el desarrollo concreto de los diferentes modelos de la plataforma robótica móvil se proponen básicamente dos etapas: 1) diseño, construcción y evaluación de la plataforma móvil y electrónica auxiliar, y 2) diseño, construcción y evaluación de las interfaces necesarias que permitan adaptar el sistema embebido de control de cada modelo (Arduino, CIAA, RPi, etc.) al robot desarrollado en la etapa anterior. Previo a la primer etapa se deben definir los requerimientos de la plataforma de las que luego, para cada uno de los modelos o versiones elaborados, se prevé un número de iteraciones para llevar el prototipo inicial a un equipo final con las prestaciones definidas.

La utilización de herramientas libres para el diseño y el desarrollo del proyectos, y la adopción de formatos de archivos estándares (libres) permite la reutilización y la difusión de los diseños que se logren con el presente proyecto. Es por ello que para el diseño de las diferentes partes de la plataforma se utilizarán herramientas libres. Para el diseño de las partes mecánicas se utilizará el software FreeCAD, que es una aplicación libre de diseño asistido por computadora en tres dimensiones. Para el diseño de las partes electrónicas se utilizará KiCad, que es un entorno de software usado para el diseño de circuitos electrónicos y placas de circuitos impresos (PCB) modernos de nivel profesional.

Para la programación de los distintos sistemas embebidos se utilizarán lenguajes estándares, como ser C, C++ y Python, como así también las herramientas de compilación y depuración en sus versiones libres.

Toda la documentación generada será publicada de tal manera que facilite la utilización de las plataformas que a partir del proyecto se generen.

La organización del trabajo colectivo se hará según el siguiente esquema: a partir de los objetivos formulados se definen el conjunto de tareas a realizar, se las agrupa por categorías y se asigna un equipo de personas a su ejecución. Estos grupos concertan las condiciones de las interfaces entre los bloques que desarrollan cada uno como así también los tiempos para alcanzar objetivos intermedios y finales coordinados.

**12. Contribuciones del Proyecto****Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio**

El principal aporte que se pretende alcanzar con el proyecto es obtener una plataforma de robótica de código abierto que permita mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje en temas relacionados a los sistemas embebidos y su programación. Además, se pretende acercar una disciplina de gran relevancia actual e importante impacto en el futuro, como lo es la robótica móvil, a los contenidos curriculares de las diferentes cátedras de la carrera de ingeniería electrónica. Por otro lado, en cuanto al aporte tecnológico, se pretende poner a disposición de la comunidad científica y educativa los desarrollos llevados a cabo en el marco del proyecto para su libre utilización. Desde un punto de vista de investigación y científico, en lo que respecta al desarrollo de software para

robots como sistemas complejos autónomos, el presente proyecto sirve como punto de partida en la adopción del framework ROS como plataforma de programación, utilizado en la actualidad por un gran número de grupos de investigación alrededor del mundo.

#### Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El desarrollo del proyecto propuesto implica la conformación de un grupo de trabajo integrado por investigadores formados, estudiantes doctorales, graduados con vistas a iniciar sus estudios doctorales y alumnos de grado. La interacción entre los miembros con diferente grado de avance en su formación académica permite que aquellos en estadíos inferiores se enriquezcan con la experiencia y el conocimiento de los avanzados. Además, todo el conjunto ejercita las prácticas de cooperación y trabajo en equipo.

### 13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Búsqueda y documentación de proyectos de relevancia relacionados con robots móviles educativos	01/01/2018	2 meses	28/02/2018
1	Diseño, construcción de plataforma robótica móvil (selección de componentes, sensores, etc.)	01/02/2018	3 meses	30/04/2018
1	Evaluación de la plataforma con sistema de control basado en Arduino, selección de placas de expansión (shield)	01/04/2018	2 meses	31/05/2018
1	Publicación de los diseños, CAD, software, firmware, bibliotecas, ejemplos y documentación	01/05/2018	8 meses	31/12/2018
1	Evaluación de Arduino como plataforma de control y procesamiento de sensores	01/05/2018	1 meses	31/05/2018
1	Diseño de shield Arduino a medida para los modelos robots desarrollados y sus sensores	01/06/2018	3 meses	31/08/2018
1	Desarrollo de bibliotecas y ejemplos de funcionamiento	01/08/2018	4 meses	30/11/2018
1	Difusión de los resultados mediante publicaciones en revistas y congresos	01/10/2018	3 meses	31/12/2018
2	Diseño y construcción de placas de expansión para EduCIAA (ponchos) para el control de los robots desarrollados y sus se	01/01/2019	2 meses	28/02/2019
2	Evaluación de placas de expansión como sistema de control y sensado de los robots	01/03/2019	1 meses	31/03/2019
2	Generación de bibliotecas y ejemplos de funcionamiento	01/04/2019	1 meses	30/04/2019
2	Publicación de los diseños, CAD, software, firmware, bibliotecas y ejemplos elaborados	01/05/2019	8 meses	31/12/2019
2	Diseño y construcción de placas de expansión para SBC (ej. Raspberry Pi o BeagleBone) para los robots	01/05/2019	2 meses	30/06/2019
2	Evaluación de las placas de expansión como sistema de control y sensado de los robots	01/06/2019	1 meses	30/06/2019
2	Desarrollo de bibliotecas para adaptar los robots al framework de robótica ROS	01/07/2019	4 meses	31/10/2019
2	Desarrollo de ejemplos de funcionamiento utilizando ROS	01/10/2019	2 meses	30/11/2019
2	Difusión de los resultados mediante publicaciones en revistas y congresos	01/10/2019	3 meses	31/12/2019

### 14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
Intelligent and Mobile Robotics	Kulich	Miroslav	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Técnica de Praga	Prage, República Checa	Desarrollo en cooperación de un sistema multi-robot	Proyecto de cooperación MINCYT ARC/13/13 - MEYS 7AMB14AR015. Nombre del proyecto: Sistemas autónomos multi-robots. Instituciones participanetes: UTN, UBA, CVUT
MITech	Klette	Reinhard	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad de Auckland	Auckland, Nueva Zelanda	Cooperación en proyecto de SLAM visual para UAV.	Implementación de SLAM visual con UKF