PONENCIA 67
COM-22

# RARO: A Robotic Platform for Deployment of Artificial Intelligence Algorithms, and Search and Rescue Applications

1st Juan Carlos Elizondo-Leal
*Facultad de Ingeniería y Ciencias*
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*
Cd. Victoria, México
jcaelizondo@docentes.uat.edu.mx

2nd Alan Diaz-Manriquez
*Facultad de Ingeniería y Ciencias*
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*
Cd. Victoria, México
amanriquez@docentes.uat.edu.mx

3rd Vicente Paul Saldivar-Alonso
*Facultad de Ingeniería y Ciencias*
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*
Cd. Victoria, México
vpsaldiv@docentes.uat.edu.mx

4th José Hugo Barrón-Zambrano
*Facultad de Ingeniería y Ciencias*
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*
Cd. Victoria, México
hbarron@docentes.uat.edu.mx

5th Jorge Luis Colunga-Delgado
*Facultad de Ingeniería y Ciencias*
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*
Cd. Victoria, México
a2143010050@alumnos.uat.edu.mx

6th Joxman Rafael Antúnez-Medina
*Facultad de Ingeniería y Ciencias*
*Universidad Autónoma de Tamaulipas*
Cd. Victoria, México
a2143010025@alumnos.uat.edu.mx

***Abstract*—Robots have been a determining factor in the advancement of the society, they are used in industry, medicine, transportation, planetary exploration, and search and rescue in disaster areas. In this paper we present the design of the robotic platform RARO (*Robot semi-Autónomo de Rescate a Orugas*) for deployment of Artificial Intelligence algorithms and search and rescue applications. The RARO robot has the ability to move through rough terrain, to be teleoperated or autonomous, besides being able to generate three-dimensional maps, to detect obstacles around it, to recognize people and objects, to be located by means of GPS, and to know its current status by means of an inertial movements unit of 9 degrees of freedom. The robot was developed with the purpose of having an open platform capable of supporting the execution of Computer Vision and Artificial Intelligence algorithms.**

***Index Terms*—Rescue Robot, Autonomous Robot, Mapping, Object Detection, Artificial Intelligence**

## I. Introducción

Los robots han tenido un gran impacto en la sociedad, al día de hoy tienen una gran variedad de aplicaciones como lo es en la industria, en la medicina, en el transporte, en la exploración planetarea y oceánica y en la búsqueda y rescate en zonas de desastre.

En el caso de el uso de robot en zonas de desastre, éste es capaz de proporcionar información en tiempo real proveyendo así de una herramienta que permite analizar la situación actual sin necesidad de poner en riesgo vidas humanas. Los robots utilizados en zonas de desastre pueden ser teleoperados o autónomos, los robots teleoperados deben ser capaces de enviar información obtenida a través de los sensores del robot al operador, mientras que los robot autónomos deben de ser capaces de navegar, explorar y generar mapas del ambiente haciendo uso de los sensores embebidos en el robot.

Dentro de los robot de rescate existe una gran variedad de desarrollos, uno de éstos es el robot iRobot 510 PackBot [1], el cual es un robot con tracción a orugas, es teleoperado y cuenta con un manipulador, cuenta además con un módulo de audio de dos vías para comunicación y un GPS.

En [2] los autores rediseñaron el robot Quince para ser enviado a la Fukushima Daiichi Nuclear Power Station con las misiones de explorar y tomar medidas por la parte exterior e interior de los edificios del reactor y de tomar muestras de agua contaminada e instalar un medidor de agua en el sótano de los edificios del reactor. El robot diseñado en [2] es teleoperado por medio de un control diseñado para ser manejado por operadores novatos, para comunicarse utiliza una red combinada inhalámbrica y cableada, además de sensores como el Dosímetro (CPXANRFA30, Fuji Electric Co., Ltd), para la generación del mapa en 3D utiliza un sensor laser, puede ser teleoperado a una distancia de hasta 2 Km.

En [3] Avilés-Arriaga et al. presentan el robot de servicio Markovito. Markovito tiene como base el robot a ruedas PatrolBot, al ser un robot a ruedas se desplaza de manera eficiente en ambientes planos, dificultandose desplazarse en lugares accidentados. En su investigación desarrollaron módulos para tareas comunes que son coordindaos por *Markov Decision Process* (MDP), este robot es capaz de generar mapas, localizarse dentro de éste, planificar trayectorias, reconocer voz, detectar rostros y objetos.

En [4] Birk et al. describen el IUB Rugbot, el cual tiene la capacidad de ser teleoperado y autónomo, cuenta con sensores láser, ultrasónico, giroscópio, cuatro cámaras y una cámara térmica. El robot IUB Rugbot es capaz de generar mapas en 2D, detectar humanos y de tener un control completamente

Este proyecto fue financiado por el proyecto UAT-PTC-203 de la Subsecretaría de Educación Superior, Programa para el Desarrollo Profesional Docente, para el Tipo Superior.

LA **PONENCIA 67,** ES RECOMENDADA POR EL **COMITE DE COMPUTACION** DEL **IEEE SECCION MEXICO,** PARA SER PRESENTADA EN LA **XXVIII REUNION INTERNACIONAL DE OTOÑO, ROC&C'2018-2019**, ACAPULCO GRO., DEL 6, 7 Y 8 DE MARZO DE 2019.

autónomo.

En [5] los autores presentan un robot que usa como base el Pionner II el cual cuenta con una cámara Sony DFW-V500 un sensor láser Sick LMS200, en este caso el robot es teleoperado y tiene la capacidad de generar un mapa del ambiente y agregar a dicho mapa información sobre la localización de víctimas que son detectadas durante la navegación.

En el Laboratorio de Inteligencia Artificial de la UAT nos hemos enfocado en el diseño y construcción de la plataforma robótica a orugas llamada RARO (Robot semi-Autónomo de Rescate a Orugas) para ser usado en el desarrollo e implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial y en aplicaciones en busqueda y rescate en zonas de desastre. El robot RARO tiene la capacidad de ser teleoperado o autónomo, ésto dependiendo de las necesidades del ambiente. Para el diseño del robot RARO utilizamos como base el LT2 ATR de SuperDroids Robots [6].

## II. Desarrollo

El robot RARO utiliza como base el LT2 ATR de SuperDroids Robots [6], al cual se le agregaron características y sensores que le permiten hacer un reconocimiento de objetos, mapeo tridimensional, detección de obstáculos en 2D, además de proporciona información sobre su inclinación, orientación y aceleración.

Los principales componentes del robot son:

- LT2 ATR de SuperDroids Robots [6] incluye Spektrum remote control.
- Módulo NVIDIA Tegra TX2 (6 ARM cores + 256 core Pascal GPU) [7].
- Cámara estéreo StereoLabs ZED [8] conectado a través de USB 3.0.
- Estabilizador de cámara de 3 ejes Smooth-Q [9].
- Sensor de movimientos inerciales Razor IMU 9DoF [10].
- Sensor de distancia láser 360 LDS-01 (LIDAR) [11].
- GPS Garmin 18x USB [12].
- Arduino Mega 2560 [13].
- Convertidor HDMI a Audio Video
- Transmisor de video inhalámbrico TS832
- Receptor de video inhalámbrico RC832
- Batería de 12V a 8Ah para la alimentación de la tarjeta NVIDIA Tegra TX2, los sensores y el Arduino Mega 2560.

El procesamiento de los algoritmos se realiza en el módulo NVIDIA Tegra TX2, mientras que el Arduino Mega 2560 se encarga de analizar y generar las señales PWM que van hacia los motores. El esquema general de las conexiones del robot se muestra en la Fig. 1.

Para poder instalar los componentes adicionales fue necesario realizar algunas perforaciones en la plataforma LT2 ATR, en dichas perforaciones se agregaron elemntos del kit PITSCO TETRIX a fin de hacer modular la adaptación de sensores, además se hicieron las perforaciones necesarias para agregar un ventilador, también se agregó una batería de 12V, un regulador de voltaje entre otros dispositivos electrónicos encargados de las rutinas de encendido.

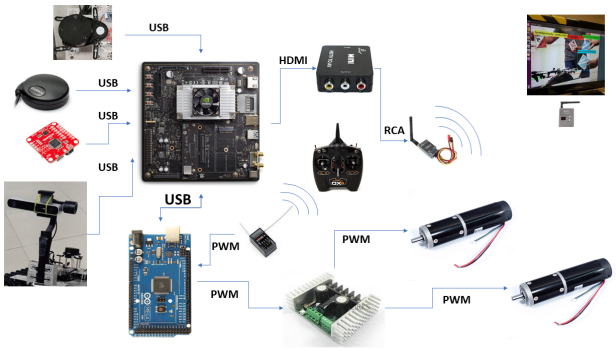


Fig. 1. Esquema general de los componentes.

En la parte exterior de la plataforma LT2 ATR fueron instalados los sensores LIDAR LDS-01, Razor IMU 9DoF, GPS Garmin 18x y el estabilizador Smooth-Q con la cámara StereoLabs ZED sobre él. En la Fig. 2 se muestra la parte exterior del robot RARO.

Fig. 2. Componentes exteriores del robot RARO.

En la parte interior del robot fueron instalados la tarjeta NVIDIA Tegra TX2, el Arduino Mega 2560, las baterías de alimentación, el convertidor de HDMI a Audio Video, el transmisor de video y la electrónica para el ventilador y para el encendido de la tarjeta. En la Fig. raroint se muestra lo instalado dentro del robot.

El robot RARO cuenta con dos modos de operación, los cuales son, teleoperado y autónomo, esto con la finalidad de dar robustez al robot y de que sea el operador el encargado de tomar esta desición. Para determinar el modo de operación, al robot le fue adaptado un Arduino, el cual lee la información PWM del receptor del control remoto y, con base en la información del interruptor asignado al canal 5 se toma la decisión de reenviar las señales PWM asignadas a los otros canales hacia los motores, o en caso de que el interruptor se encuentre en modo autónomo, el Arduino lee la información

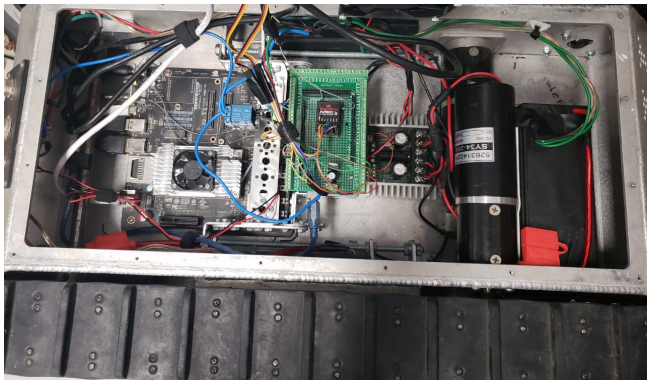

Fig. 3. Componentes interiores del robot RARO.

generada por la tarjeta NVIDIA Tegra TX2 y a su vez genera las señales PWM que deben enviarse hacia los motores, en caso de que el robot salga del rango de alcance del control, el Arduino es capaz de detectarlo y a su vez poner al robot en modo de espera; esto se muestra en el Algoritmo 4. Un esquema general de las conexiones necesarias para determinar el modo de operación se muestra en la Fig. 4.

**Algoritmo 1** Modo de operación del Robot

```
Señal de actuadores = punto medio
CICLO
  SI Recibe señal desde el control remoto ENTONCES
    SI switch en modo teleoperado ENTONCES
      Señal de actuadores = señal de control
    SINO SI switch en modo autónomo ENTONCES
      Señal de actuadores = lectura de Tegra TX2
    FIN SI
  SINO
    Señal de actuadores = punto medio
  FIN SI
FIN CICLO
```

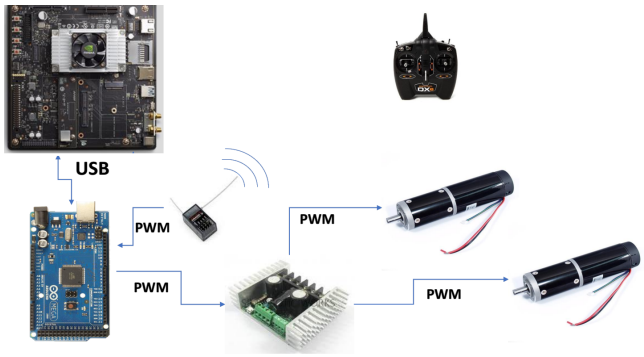


Fig. 4. Modo de operación teleoperado/autónomo del robot RARO.

Para que el operador observe la información de los sensores del robot, se cuenta con un receptor de video RC832 el cual recibe la señal de un transmisor de video TS832, el cual tiene como entrada la señal de Aduio Video de un convertidor HDMI2AV, se decidió usar este tipo de canal de transmisión ya que tiene un alcance de hasta 5Km, la conexión de estos dispositivos se puede apreciar en la Fig. 5

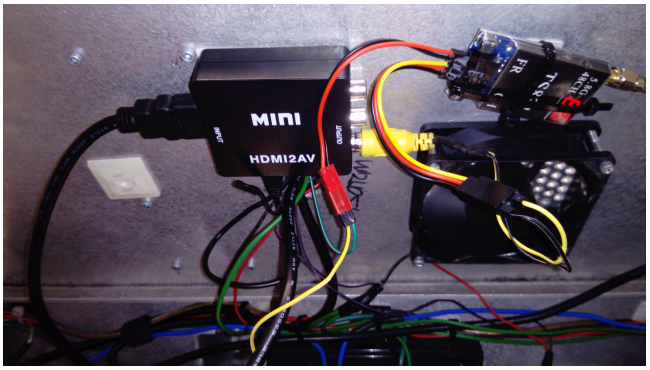


Fig. 5. Transmisior de video inhalámbrico.

El robot RARO tiene la capacidad de ejecutar algoritmos de visión e Inteligencia Artificial, esto gracias al gran poder de cómputo que le proporciona la tarjeta NVIDIA Tegra TX2 el cual cuenta con 256 núcleos CUDA de GPU NVIDIA Pascal y un CPU HMP Dual Denver 2/2 MB L2 + Quad ARM A57/2 MB L2, a esta tarjeta le fueron instaladas las siguientes paqueterías.

- Sistema operativo L4T 3.3.
- ZED SDK for Jetson v2.7, para la generación de mapas tridimensionales.
- Stereolabs ZED - YOLO 3D, para el reconocimiento de objetos.
- gpsd SDK, para la obtención del posicionamiento en exteriores.
- SparkFun MPU-9250 DMP Arduino Library, para la obtención de datos del IMU.
- ROS package for HLDS HLS-LFCD LDS, para la obtención de datos del sensor LIDAR.

El robot RARO actualmente es capaz de recnocer personas y determinar su distancia respecto a la cámara ZED, esto se lleva a cabo mediante el uso de la cámara Stereolabs ZED en conjunto con YOLO 3D. En la Fig. 6 se puede apreciar que el robot tiene la capacidad de reconocer personas incluso si se encuentran totalmente sobre el suelo, en la Fig. 7 se muestra que además de lo anterior, es capaz de reconocer multiples objetos y personas en un mismo escenario.

Para la generación de mapas tridimensionales se hace uso del SDK de StereoLabs ZED, en este caso, mientras el robot se desplaza se genera un mapa en línea, el cual puede ser utilizado para la detección de obstáculos, la planificación de trayectorias y la toma de decsiones por parte del operado o del algoritmo de navegación autónoma, un ejemplo de mapa generado se muestra en la Fig. 8.

Para la detección de obstáculos en 360 grados se instaló en el robot el sensor láser 360 LDS-01 de Robotis, el cual tiene una distancia de detección de 120mm a 3500mm, con una resolución de $1^o$, para visualizar los obstáculos se desarrolló

Fig. 6. Reconocimiento de personas y determinación de su distancia.

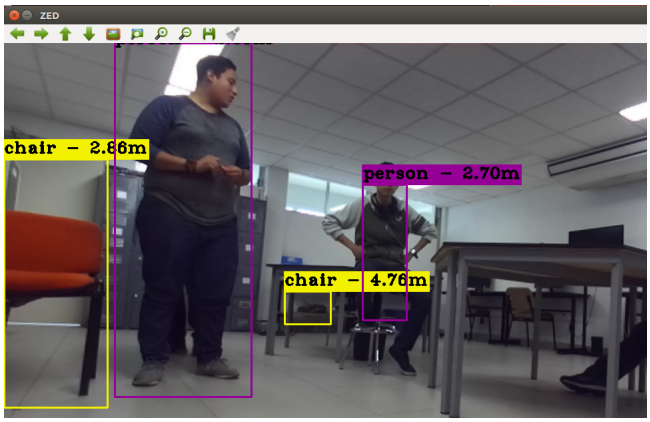


Fig. 7. Reconocimiento de objetos y personas y determinación de su distancia.

una interfaz donde se muestran los obstáculos en negro. Un ejemplo del uso del sensor LIDAR se muestra en la Fig. 9.

Para determinar el estado actual del robot en cuanto a su inclinación, su aceleración y su oreintación se hizo uso de un sensor de movimientos inerciales (IMU) SparkFun 9DoF Razor IMU M0 el cual cuenta con 9 grados de libertad. La información proporcionada por este sensor le permite al operador determinar en todo momento el estado actual del

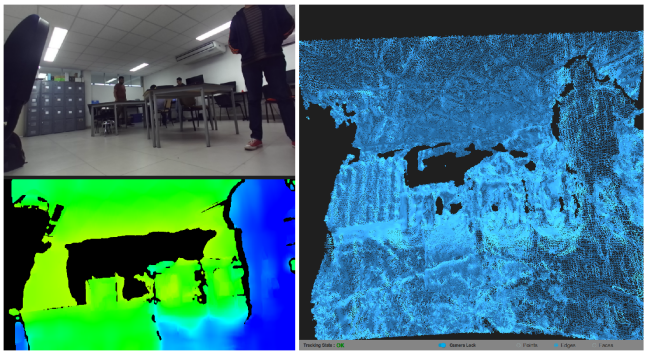

Fig. 8. Generación de mapas tridimensionales a partir de la cámara StereoLabs ZED.

Fig. 9. Detección de obstáculos en 360 grados obtenida a partir del sensor LIDAR LDS-01.

robot pudiendo así corregir el curso en caso de que el robot se encuentre en una posición crítica, la cual pudiera ocasionarle algún daño a éste. Por otra parte, la información proporcionada puede servir de entrada a algoritmos de Inteligencia Artificial que le permitan al robot determinar los siguientes movimientos. Un ejemplo de la información generada por el IMU a manera de interfaz gráfica se muestra en la Fig. 10.

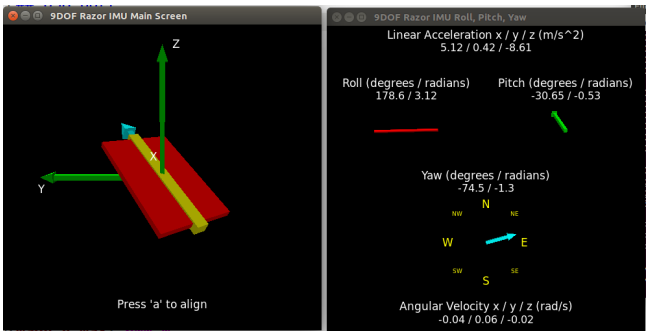


Fig. 10. Datos generados a partir de la información generada por la unidad de movimientos inerciales.

Para determinar la posición en exteriores, el robot fue dotado con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) Garmin 18x, el cual proporciona las coordenadas a manera de latitud y longitud, el cual demostró tener buena respuesta en los ambientes probados, para acceder a los datos del GPS se utilizó la biblioteca libgps, parte del proyecto GPSD. Un ejemplo de los datos proporcionados por el GPS se muestra en la Tabla I.

TABLA I
DATOS OBTENIDOS POR EL GPS GARMIN 18X

| Latitud | Longitud |
|---|---|
| 23.714327 | -99.15372 |
| 23.714319 | -99.153629 |
| 23.714327 | -99.153484 |
| 23.714359 | -99.153336 |
| 23.714415 | -99.153165 |
| 23.714469 | -99.153047 |
| 23.714538 | -99.152942 |
| 23.714619 | -99.152835 |
| 23.714695 | -99.152757 |
| 23.714774 | -99.152628 |
| 23.714855 | -99.152548 |
| 23.714921 | -99.152473 |
| 23.715036 | -99.152389 |
| 23.715002 | -99.152263 |
| 23.714945 | -99.152164 |
| 23.714894 | -99.152062 |

## III. CONCLUSIONES

En el presente artículo se presentó el diseñó y construcción del Robot Semi-Autónomo de Rescato a Orugas "RARO", el cual está basado en la plataforma LT2 ATR. Al robot RARO se le pueden implementar algoritmos de Inteligencia Artificial gracias al poder de cómputo que supone el uso del Kit de Desarrollo Jetson Tegra TX2, además es capaz de generar mapas tridimensionales, de reconocer objetos y determinar su distancia, de localizarse en exteriores por medio del GPS, de conocer el estado interno del robot gracias al sensor IMU y de detectar obstáculos a su alrededor gracias al sensor LIDAR. Una de las características más notables del robot RARO es que tiene la capacidad de ser teleoperado o autónomo, la forma de trabajo se determina gracias al análisis que realiza el Arduino Mega 2560 sobre las señales PWM generadas por el control remoto.

## REFERENCIAS


[1] "iRobot 510 PackBot", 10 de enero del 2019. Disponible en https://www.army-technology.com/projects/irobot-510-packbot-multi-mission-robot/

[2] K. Nagatani et al., "Redesign of rescue mobile robot Quince," 2011 IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, Kyoto, 2011, pp. 13-18. doi: 10.1109/SSRR.2011.6106794

[3] H. Aviles-Arriaga, L. Sucar, E. Morales, B. Vargas, and E. Corona, "Markovito: A Flexible and General Service Robot," in Design and Control of Intelligent Robotic Systems, ser. Studies in Computational Intelligence, Springer Berlin / Heidelberg, Ed. Springer, January 2009, vol. 177/2009, pp. 401-423.

[4] A. Birk, K. Pathak, S. Schwertfeger, and W. Chonnaparamutt, "The IUB Rugbot: an intelligent, rugged mobile robot for search and rescue operations". In IEEE International Workshop on Safety, Security, and Rescue Robotics (SSRR), 2006. IEEE Press (Vol. 10).

[5] A. Kleiner, B. Steder, C. Dornhege, D. Höfer, D. Meyer-Delius, J. Prediger, J. Stueckler, K. Glogowski, M. Thurner, M. Luber, M. Schnell, R. Kuemmerle, T. Burk, T. Brauer, and B. Nebel, "RoboCupRescue-Robot League Team RescueRobots Freiburg (Germany)", in Robo Cup 2005 (CDROM Proceedings), Team Description Paper, Rescue Robot League, 2005.

[6] Robots, SuperDroid, "LT2 Tracked ATR Robot Platform", 10 de enero del 2019. Disponible en https://www.superdroidrobots.com/shop/item.aspx/lt2-tracked-atr-robot-platform/1513/

[7] NVIDIA "Jetson TX2 Developer Kit", 10 de enero del 2019. Disponible en https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems-dev-kits-modules/?section=jetsonDevkits

[8] "StereoLabs ZED Camera", 10 de enero del 2019. [online] Disponible en https://www.stereolabs.com/zed/specs/

[9] Zhiyun, "Smooth-Q", 10 de enero del 2019. Disponible en https://www.zhiyun-tech.com/smoothQ/en

[10] P. Bartz. "Building an AHRS using the SparkFun "9DOF Razor IMU" or "9DOF Sensor Stick.", 10 de enero del 2019. Disponible en https://github. com/ptrbrtz/razor-9dof-ahrs/wiki/Tutorial

[11] Robotis, "360 Laser Distance Sensor LDS-01 (LIDAR)", 10 de enero del 2019, Disponible en http://www.robotis.us/360-laser-distance-sensor-lds-01-lidar/

[12] Garmin, "Garmin 18x OEM", 10 de enero del 2019, Disponible en https://support.garmin.com/en-US/?productID=27594

[13] Arduino. "Arduino Mega 2560", 10 de enero del 2019, Disponible en https://arduino.cl/arduino-mega-2560/

**Juan Carlos Elizondo Leal** Es profesor en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. Es Doctor en Ciencias en Computación y Maestro en Ciencias en Computación por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav) unidad Tamaulipas, obtuvo su Licenciatura en Ingeniería Electrónica por el Intituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Sus principales áreas de interés incluyen la inteligencia artificial, la planificación de trayectorias y la coordinación multirobot.

**Alan Díaz Manríquez** recibió el grado de Doctor en Ciencias Computacionales por el Laboratorio de Tecnologías de Información del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, CINVESTAV-Tamaulipas, México, en el 2014. Ha participado en diversos proyectos con financiamiento externo. Sus intereses actuales de investigación incluyen la computación evolutiva y el uso de modelos sustitutos para la resolución de problemas costosos.

**Vicente Paul Saldivar-Alonso** obtuvo el grado de Ingeniero en Telemática por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México y el grado de Maestro en Ingeniería por la Universidad Politécnica de Cataluña, España. Es profesor de tiempo completo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y sus principales intereses incluyen servicios telemáticos, redes de sensores y robótica.

**José Hugo Barrón Zambrano** es profesor de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas adscrito a la Facultad de Ingeniería y Ciencias. El Dr. Barron obtuvo el grado de Maestro en Ciencias por el Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE) y el grado de doctor en Ciencias Computacionales por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (Cinvestav) unidad Tamaulipas. Sus principales líneas de investigación son en el área de cómputo reconfigurable, visión por computadora y sistemas neuromórficos. El Dr. Barron cuenta gran experiencia en el diseño de arquitecturas hardware de alto desempeño basadas en FPGAs, las cuales han sido respaldadas con múltiples artículos científicos en revistas internacionales.

**Jorge Luis Colunga Delgado** es alumno de la Licenciatura en Ingeniería en Telemática de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipa, sus principales áreas de interés son la robótica móvil y la inteligencia artificial.

**Joxman Rafael Antúnez Medina** es alumno de la Licenciatura en Ingeniería en Telemática de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipa, sus principales áreas de interés son la robótica móvil y el análisis de señales biomédicas.