

ARQUITECTURA DE ROBOT SEMIAUTÓNOMO DE BÚSQUEDA Y RESCATE DE RÁPIDA MANUFACTURA

SEMI-AUTONOMOUS SEARCH AND RESCUE ROBOT ARCHITECTURE OF FAST MANUFACTURING

Yenikarina Salazar¹

¹Licenciatura en Ingeniería en Mecatrónica - Facultad de Informática
Electrónica y Comunicación - Universidad de Panamá,

Yenikarina.salazar@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0007-7603-859X>

Iván Armuelles²

²Facultad de Informática Electrónica y Comunicación - Universidad de Panamá.

Ivan.armuelles@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-3429-6546>

Recibido: 21-2-2023, Aceptado: 21-3-2024

DOI <https://doi.org/10.48204/3072-9696.6359>

RESUMEN

En este artículo, se expone el diseño de la arquitectura para desarrollar un prototipo de robot vehicular terrestre no tripulado de búsqueda y rescate de rápida manufactura, que tenga la capacidad de desplazarse en terrenos irregulares, escombros y planos inclinados a través de un sistema semiautónomo que pueda detectar y evaluar el estado de una víctima que se encuentre en peligro entre los escombros de una estructura colapsada. Realizar un vehículo terrestre no tripulado de rápida manufactura debe contar no solo con las capacidades de maniobrabilidad en lugares de difícil acceso, sino también obtener información sobre el entorno físico para localizar a las víctimas mediante sensores, identificar la orientación de desplazamiento dentro del campo, detectar presencia de calor, percibir movimientos en espacios confinados, captar altos niveles de dióxido de carbono y comunicarse con una víctima mediante micrófono y altavoz. El robot móvil debe desempeñar misiones y objetivos de búsqueda y rescate similares a los de un robot industrializado.

PALABRAS CLAVE

Búsqueda, rescate, robótica, telecomunicación.

ABSTRACT

In this paper we propose the development of a rapidly manufactured search and rescue unmanned ground vehicle prototype capable of traveling on uneven terrain, debris, and inclined planes through a semi-autonomous system that can detect and evaluate the state of a victim who is in danger among the rubble of a collapsed structure.

The development of a rapidly manufactured unmanned ground vehicle must not only have maneuverability capabilities in difficult access. Also, obtain information about the physical environment to locate victims through sensors. Being able to identify the orientation of movement within the field, detect the presence of heat, perceive motion in confined spaces, determine the presence of toxic gases, such as high levels of carbon dioxide; communicate with a victim through a microphone and speaker, and be able to respond in case of finding a person alive. The mobile robot must carry out search and rescue missions and objectives similar to those completed by an industrialized robot.

KEYWORDS

Search, rescue, robotics, telecommunication.

INTRODUCCIÓN

A través de la historia, los desastres naturales se han suscitado debido a diferentes factores ambientales y cambios climáticos ocasionados por la tala indiscriminada de bosques y contaminación ambiental provocada por los seres humanos. La mala planificación urbana sobre asentamientos informales es una de las consecuencias de colapso de viviendas por lluvias, inundaciones y terremotos, provocando el derrumbe de las estructuras que dejan atrapadas a personas y animales. El rescate de las víctimas debe ser lo más rápido posible porque cada segundo que transcurre define las posibilidades de sobrevivir de los afectados.

En Panamá, el día 10 de septiembre de 2015, tras intensas lluvias, se produjeron deslizamientos de tierras que afectaron a 55 viviendas en el área de San Miguelito y Juan Díaz, dejando un total de 1,063 personas afectadas (TVN Noticias, 2015). Muchas casas colapsaron y fueron desalojadas para evitar la pérdida de vidas humanas. El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) brindó el apoyo, seguridad y traslado para los damnificados que fueron reubicados. Éste es uno de los sucesos con más damnificados por el colapso de estructuras que se pudo registrar en ese año (UNDRR,2020).

Las siguientes instituciones gubernamentales de Panamá, son las encargadas de prestar servicios de ayuda y rescate a la ciudadanía:

- a. **Benemérito Cuerpo de Bomberos de la República de Panamá:** Institución encargada de la seguridad ciudadana, con personal altamente capacitada para salvaguardas y proteger vidas. Esta institución posee una unidad encargada de las operaciones de extinción de fuego, búsqueda y rescate de animales y personas en peligro, llamada Dirección de Operaciones de Extinción, Búsqueda y Rescate (DOEXBURE) (Cuerpo de Bomberos, 2022).
- b. **El Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC):** Institución encargada de salvaguardar la vida de los ciudadanos en situaciones de peligro y cuentan con un equipo especialmente entrenado en el rescate urbano, llamado "USAR PANAMÁ" (SINAPROC, 2019).

El Benemérito Cuerpo de Bomberos y el SINAPROC no disponen de un vehículo no tripulado terrestre para realizar las tareas de búsqueda y rescate de víctimas que se encuentren bajo los escombros en caso de colapso de estructuras; sólo cuentan con el personal técnico capacitado, instrumentos tecnológicos, indumentaria especializada y herramientas de trabajo para proceder a una labor de búsqueda y rescate, adaptándose a los sistemas de comandos, técnicas, normas y protocolos internacionales, pero arriesgando la vida de los colaboradores y la unidad canina.

Se pretende que, con el desarrollo de un vehículo no tripulado de rápida manufactura para la búsqueda y rescate, los rescatistas no arriesguen sus vidas al introducirse en espacios reducidos o de poco acceso, apoyándose en la tecnología para obtener un escaneo físico de la víctima y un mejor pronóstico para reducir el tiempo de exposición al peligro. Es importante que, al desarrollar un prototipo de rápida manufactura, se disminuyan los costos de producción, pero aumentando la resistencia en los materiales, utilizando impresoras 3D y máquinas de corte láser, para mantener las mismas características de operación de un prototipo de rescate desarrollado en países industrializados.

El objetivo del presente artículo es establecer el modelo de arquitectura que debe seguir al diseño e implementación de un robot semiautónomo de Búsqueda y Rescate de Rápida Manufactura. Por lo tanto, el presente artículo se estructura de la siguiente manera, después de la presente Introducción, en la sección 2 se muestra el estado del arte intentando establecer los trabajos previos para la definición de robots de búsqueda y rescate. En la sección 3 se justifica la importancia de esta investigación para la República de Panamá; en la sección 4, se aborda la metodología del trabajo de investigación general; en la sección 5 se definen los requisitos funcionales para el establecimiento de la arquitectura del robot semiautónomo de Búsqueda y Rescate de Rápida Manufactura. Finalmente, en la sección 6 se expresan las conclusiones del artículo, además se añaden agradecimientos y referencias.

ESTADO DEL ARTE

Partimos de un análisis documental de tipo cualitativo, en búsqueda de datos reciente sobre los robots de búsqueda y rescate, a través de documentos, investigaciones, avances tecnológicos y la adquisición de información en las bases de datos de revistas especializadas a nivel nacional e internacional. Se realizaron entrevistas para conocer el panorama real que se está estableciendo en las instituciones gubernamentales y competentes.

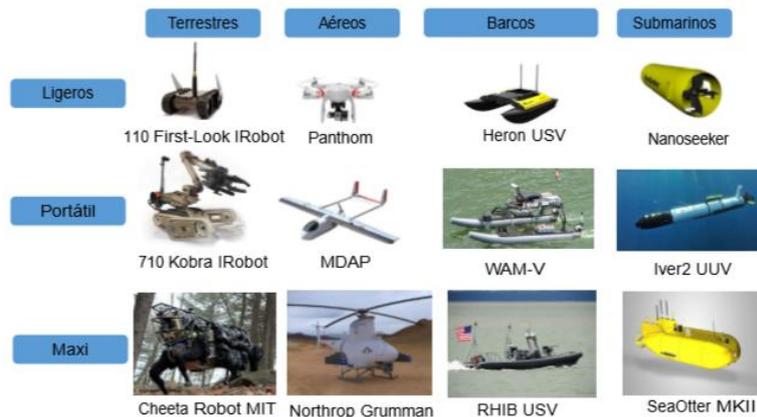
El diseño de un robot de búsqueda y rescate terrestre de rápida manufactura se inspira en las iniciativas internacionales para la creación de modelos de robots que tengan la posibilidad de ser construidos rápidamente. Una de estas iniciativas es la Competencia Internacional “Rapidly Manufactured Robot Challenge (RMRC) (RoboCup Junior, 2018) de la RoboCup Junior (Robocup Junior, 2022) que promueve el desarrollo de robots compactos (0.30m de ancho) de bajo costo y de fabricación rápida, dirigido por el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST, National Institute of Standards and Technology) de los Estados Unidos (NIST, 2019).

1.1. Tipos de robots de Búsqueda y Rescate

A continuación, realizamos una clasificación de los robots de búsqueda y rescate que se han desarrollado en la actualidad (Tordesillas, 2015) como se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Clasificación de los robots de búsqueda y rescate.



Nota: Fuente: J. Tordesillas Torres. “Diseño y Simulación del Sistema de Locomoción de un Robot Hexápodo para tareas de búsqueda y rescate”. Tesis de grado. Universidad Politécnica de Madrid, España. 2015-2016.

1.1.1. Ligeros (Man-packable)

Suelen ser los primeros en desplegarse en las situaciones de desastre y suelen transportarse fácilmente por los escombros o superficies.

1.1.2. Portátiles (Man -Portable)

Estos robots pueden ser llevados por dos personas a una distancia corta.

1.1.3. Maxis

Son muy pesados. Para ser transportados se necesitan de la ayuda de camiones o vehículos espaciales.

1.2. Tipos de robots según el entorno

1.2.1. Terrestres (UGVs - Unmanned Ground Vehicles)

Son los robots con mayor aplicación práctica en las tareas de evacuación de víctimas, retiro de escombros y búsqueda en estructuras colapsadas.

1.2.2. Aéreos (UAVs – Unmanned Aerial Vehicles)

Se usan principalmente para labores de reconocimiento y mapeo de la zona.

1.2.3. Barcos (USVs - Unmanned Surface Vehicles)

Su principal utilidad está en las labores de rescate tras inundaciones y tsunamis.

1.2.4. Submarinos (UUVs - Unmanned Underwater Vehicles)

Se suelen usar para inspección de zonas submarinas. De esta clasificación podemos concluir que nuestro proyecto se ubica dentro de la clasificación en la creación de un robot tipo ligero (man-packable) y terrestre no tripulado (UGV).

2. Importancia de la creación de un robot de búsqueda y rescate de rápida manufactura

En Panamá, y a nivel mundial, se incrementa el interés por el uso de la robótica para la realización de tareas rutinarias y/o de riesgo para los seres humanos. Debido al crecimiento de la población mundial, los cambios climáticos negativos, la falta de la planificación en la construcción de los entornos urbanos, etc., es cada vez más común y frecuente tener que enfrentar situaciones de riesgo como ciudadanos. Los países han tenido que implementar protocolos de acción y la creación de unidades responsables en el salvamento de víctimas de distintos tipos de eventos naturales o provocados. Muchos de estos eventos son peligrosos para los mismos rescatistas por lo que la Robótica ha sido un pilar de apoyo para la realización de salvamentos.

De todas las catástrofes acontecidas en núcleos urbanos, se ha estimado que el 80% de los sobrevivientes son víctimas que se encuentran en la superficie o fácilmente visibles. Sin embargo, el 20% restante son víctimas con mayor posibilidad de muerte bajo los escombros. Este porcentaje de afectados es la causa principal por la que nos motiva a crear robots de rescate, ya que los robots pueden explorar bajo las ruinas y encontrar sobrevivientes (Tordesillas, 2015).

En la base de datos del “Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar)” (UNDRR, 2020), de la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), se pueden encontrar estadísticas actualizadas de los desastres naturales más frecuentes en Panamá.

Gráfica 1.

Promedio de personas afectadas por estructuras colapsadas. Panamá: 2000-2020.



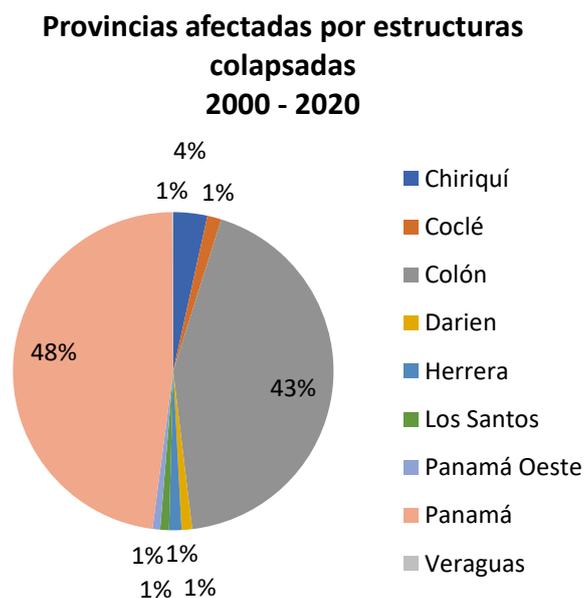
Nota: Datos suministrados en la página web: <https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=pan&continue=y>

La gráfica 1 muestra un promedio aproximado de personas afectadas por estructuras colapsadas que entre los años 2000 al 2020, siendo los años 2005 y 2015 con mayor número de damnificados a nivel nacional.

La mayor cantidad de registros de estructuras colapsadas corresponden a la provincia de Panamá (48%) y Colón (43%), estos datos fueron obtenidos en la base de datos Desinventar (UNDRR; 2020), como se muestra en la Gráfica 2. Esta base de datos se sigue actualizando manualmente por el SINAPROC (Gordón,2014).

Gráfica 2.

Porcentaje de Provincias afectadas por estructuras colapsadas. Panamá: 2000 - 2020.



Nota: Datos suministrados en la página web:

<https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp?countrycode=pan&contin ue=y>

Los desastres naturales más frecuentes en Panamá son los deslizamientos de tierra e inundaciones, causadas mayormente por la mala disposición de la basura, tala de árboles y malas edificaciones.

El objetivo principal de esta investigación es demostrar la capacidad de crear prototipos de robots de búsqueda y rescate de bajo costo, fácil replicación y que pueda utilizarse eficientemente en distintos escenarios en los que se requiera la movilidad terrestre.

METODOLOGÍA

La metodología que se utilizará para esta investigación se detalla a continuación:

- Se estudian los requisitos derivados del diseño de un robot de rescate para identificar los sistemas de locomoción más aptos utilizados en un rescate o búsqueda de víctimas a nivel terrestre.

- Se realiza un análisis y selección del tipo de ruedas que le darán movimiento al vehículo en terrenos planos e irregulares.
- Se investigan los requisitos funcionales que debe tener un robot de búsqueda y rescate en función a los objetivos planteados en el diseño y confección.
- El diseño involucra también la creación y planificación de diversos módulos como el de energía, de comunicaciones, la estación de tele-operación, módulo de instrumentación (sensores) para el reconocimiento del entorno y detección de víctimas, entre otros.
- Programación de los sensores y motores para las tareas de búsqueda y rescate de forma tele-operada.
- Concretar el sistema de comunicación entre el operador, el robot móvil y la víctima.
- Por último, verificar el funcionamiento del prototipo en un entorno de prueba estándar, evaluar su efectividad, identificar y corregir fallas para mejorar el rendimiento y eficiencia del equipo.

ARQUITECTURA FUNCIONAL

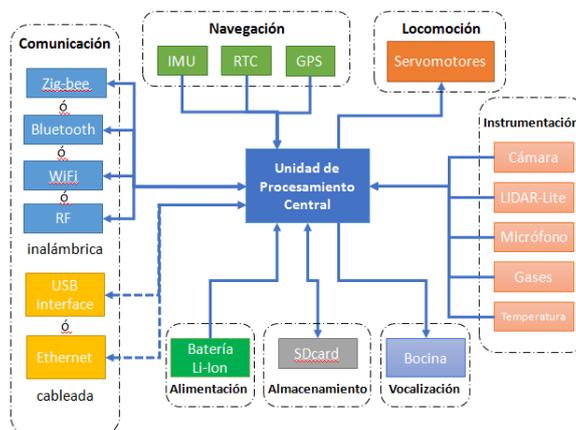
Los requisitos funcionales con los que debe contar un prototipo de vehículo no tripulado de búsqueda y rescate terrestre de rápida manufactura son los siguientes:

- Debe contar con sensores y múltiples herramientas para adentrarse entre estructuras no uniformes y espacios confinados.
- Deberá procesar sonidos e imágenes y transmitir la información en tiempo real, según las condiciones del medio.
- Las imágenes transmitidas serán usadas para su tele-operación y con el apoyo de los sensores se podrá mejorar la inspección del entorno (por ejemplo, con un láser portátil o LIDAR-Lite) para la toma de decisiones en menor tiempo y aumentando las probabilidades de rescate de las víctimas.
- Las dimensiones deben ser adaptadas al entorno en el que se va a desempeñar el prototipo de búsqueda y rescate.
- El robot móvil podrá identificar la orientación de desplazamiento dentro del campo (usando una Unidad de Medición Inercial –IMU), detectar presencia de calor, percibir movimientos en espacios confinados, determinar los altos niveles de dióxido de carbono; comunicarse con una víctima mediante micrófono y altavoz, detectar sonido y poder responder en caso de encontrar a una persona con vida.

Todos estos requisitos funcionales serán considerados en la implementación final, además no se mencionan otros requisitos de diseño como son la economía y rapidez de producción ya que son requisitos de fabricación.

Figura 2.

Arquitectura de alto nivel del vehículo no tripulado de búsqueda y rescate, utilizando un microcontrolador como memoria principal para el control de las funciones.



Cada proceso enumerado como requisito funcional será coordinado a través de la unidad de procesamiento Central (microprocesador), como se muestra en la figura 2, encargado de controlar los elementos de entrada/salida, vocalización, alimentación, comunicación, navegación, locomoción e instrumentación. Mediante el bloque de comunicación, el sistema debe comunicarse con un operador desde su consola, recibiendo información del entorno a través del robot móvil.

CONCLUSIÓN

Mediante la propuesta de la arquitectura de un robot de búsqueda y rescate, se espera que, en un futuro próximo, como resultado de nuestra investigación, se pueda implementar un vehículo móvil limitándose únicamente a las actividades de búsqueda y rescate en tierra a una distancia no mayor de 100 metros de línea de vista de los rescatistas.

Aunque se pretende el rescate de víctimas, dichas actividades no incluyen el desplazamiento ni extracción de las víctimas, sino su detección y el establecer un medio de comunicaciones y evaluación del estado de la víctima para facilitar el rescate. También se excluye de esta actividad, el retiro de los escombros, sino su navegación entre éstos.

Para la implementación del prototipo, se contemplan los parámetros requeridos para participar en la Competencia Internacional “Rescue Rapidly Manufactured Robot Challenge” de la RoboCup Junior y los reglamentos del NIST de los EE.UU que permiten calificar la eficiencia de un robot de rescate válido para actividades de la vida real dentro de un escenario de rescate.

REFERENCIAS

- [1] Redacción de TVN Noticias. (2015). “Samaria y Juan Díaz, los sectores más afectados por las lluvias en la capital”. TVN Noticias. República de Panamá.

Disponible: https://www.tvn-2.com/nacionales/panama/Samaria-Juan-Diaz-sectores-afectados-panama_0_4298570229.html

- [2] Benemérito Cuerpo de Bomberos de la República de Panamá. (2022). Misión y Visión. Disponible: <https://www.bomberos.gob.pa/mision-y-vision/>
- [3] Sistema Nacional de Protección Civil. (2019). Plataforma web CendiccGer. República de Panamá. Disponible: <http://prevencionpanama.com/>
- [4] RobocupJunior. (2018, Mayo 24). RobocupRescue League - RapidlyManufactured Robot Challenge. Robocup Junior. Disponible: <https://junior.robotcup.org/robocuprescue-league-rapidly-manufactured-robot-challenge/>
- [5] RobocupJunior. (2022). Robocup Junior: Creating a learning for today, fostering technological advancement for tomorrow. Robocup Junior. Disponible: <https://junior.robotcup.org/>
- [6] National Institute of Standards and technology. U.S. Department of Commerce. 2019. Disponible: <https://www.nist.gov/>
- [7] J. Tordesillas Torres. “Diseño y Simulación del Sistema de Locomoción de un Robot Hexápodo para tareas de búsqueda y rescate”. Tesis de grado. Universidad Politécnica de Madrid, España. 2015-2016.
- [8] UNDRR, DesInventar, SENDAI. Sistema gratuito de gestión de información sobre desastres de código abierto. Mapa de consulta de Panamá. Disponible: <https://www.desinventar.org/.2020>.
- [9] C. Gordón. “Caracterización de la ocurrencia e impacto por desastres de origen natural en Panamá”. Universidad Santa María La Antigua (USMA). República de Panamá. vol: 2. pág: 04-25. Diciembre 2014.