



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN: Inter y Multidisciplinarios

Área del proyecto: Ciencias Básicas Ciencias Aplicadas

FACULTAD: INGENIERÍA ELÉCTRICA T ELECTRÓNICA

DEPARTAMENTO: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

LINEA DE INVESTIGACIÓN: ROBOTICA Y MECATRONICA, INSTRUMENTACIÓN, INFORMÁTICA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE EQUIPOS

1 Proyecto de Investigación

Título:

INVESTIGACIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS INTELIGENTES PARA EXPLORACIÓN Y TRANSPORTE DE OBJETOS EN ZONAS NOCIVAS PARA SERES HUMANOS

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

Después de los desastres industriales producidos en Japón muchos grupos de investigación como DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), han demostrado interés en sistemas inteligentes que puedan reconocer entornos y mapearlos con el fin de usar soluciones robóticas en la búsqueda de personas o realizar trabajos en lugares de alto riesgo.

El presente proyecto se realizará una investigación analítica de sistemas robóticos que desarrollen tareas de exploración y recolección en ambientes no estructurados y a distancia, con la finalidad de desarrollar una herramienta adecuada para que el personal de rescate tenga el menor riesgo posible al operar en ambientes nocivos. Se consideran ambientes nocivos aquellos en los que se manipula objetos explosivos o el ingreso a estructuras colapsadas por fenómenos naturales o no naturales

El sistema robótico será teleoperado con ayuda de algoritmos inteligentes para evasión de obstáculos y tendrá un tiempo de autonomía que le permita cumplir una misión de al menos una hora.

Palabras clave (3-5):

Manipulador móvil, visión artificial, robótica, teleoperación, almacenamiento de energía



4 **Objetivos, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación**

- **Objetivos**

Realizar el análisis situacional del entorno del problema para seres humanos en zonas nocivas en el Ecuador.

Identificar y caracterizar los involucrados en situaciones de riesgo en zonas nocivas en el Ecuador.

Realizar un estudio de sistemas robóticos apropiados para dar una solución al problema identificado.

- **Hipótesis**

Si se desarrolla un sistema robótico capaz de identificar objetos explosivos, navegar en estructuras colapsadas y evadir obstáculos físicos, entonces será posible localizar de manera oportuna y segura víctimas en zonas nocivas.

- **Resultados esperados**

Caracterización de los entornos nocivos para personal de rescate.

Identificación de situaciones de riesgo en entornos nocivos para víctimas y rescatistas.

Estudio de soluciones basadas en sistemas robóticos para reducir el riesgo en actividades de rescate en zonas nocivas.

Arquitectura e ingeniería de sistemas robóticos para actividades de rescate en zonas nocivas.

Al menos 2 Artículos técnicos (papers).

Al menos un Seminario o taller dirigido a estudiantes y docentes.

Proyectos de titulación y tesis de grado (concluidos al final del proyecto).

- Robot móvil con control y seguimiento de trayectorias.

- Control de un manipulador móvil

- Sistema de visión artificial para que un móvil haga seguimiento de marcas

- Robot cartesiano con control de posición usando visión artificial

- Controlador electrónico de velocidad

- **Potenciales Usuarios**

- Unidades de Gestión de Riesgo (Secretaría de Gestión de Riesgos).

- Bomberos, fuerza terrestre y policía en tareas de exploración y rescate.

- Empresas con tareas productivas riesgosas para el ser humano como transporte de materiales explosivos.



5	<p>Relevancia de esta propuesta de investigación con los objetivos científicos del departamento y su Línea de Investigación.</p> <p>Las Líneas Prioritarias de Investigación los departamentos participantes: DACI, DICC, DIM sin excluir otras, son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none">• Control Electrónico de Potencia (CEP), dirigida a la conversión estática para aplicaciones en sistemas de energías alternativas y regenerativas.• Instrumentación (AI), dirigida al control de procesos industriales, control distribuido con sistemas SCADA, control en tiempo real, y control predictivo.• Robótica y Mecatrónica (RM), dirigida a los sistemas mecatrónicos, aplicaciones robóticas tanto académicas, industriales o militares y los sistemas inteligentes.• Informática y Tecnologías de Información (ITI)• Diseño y Construcción de Equipos (DCE) <p>Por tanto, el presente Proyecto de Investigación se enmarca dentro de las Líneas de Investigación planteadas, ya que está orientado a desarrollar investigación aplicada tendiente a la obtención de resultados innovadores tanto teóricos como prácticos en las áreas de diseño, análisis, implementación de sistemas robóticos para exploración y transporte de objetos en zonas nocivas para seres humanos.</p> <p>Se consideran zonas nocivas aquellas en las que se manipula objetos explosivos o el ingreso a estructuras colapsadas por fenómenos naturales o no naturales. Con el presente proyecto se espera proporcionar al personal de rescate una herramienta tecnológica que disminuya los riesgos antes indicados.</p> <p>Por todo lo expuesto, con el presente proyecto se tratará de vincular a la EPN con la sociedad, para que en un futuro esta tecnología sea parte de las empresas a nivel nacional, ya que se encuentra en fase de investigación y desarrollo a nivel mundial.</p> <p>Es importante recalcar que este proyecto está alineado al <u>Objetivo 11 del Plan Nacional del Buen Vivir: "Establecer un sistema económico social, solidario y sostenible"</u>, bajo la política:</p> <ul style="list-style-type: none">• <u>Política 11.9. Promover el acceso a conocimientos y tecnologías y a su generación endógena como bienes públicos.</u>
---	---

6	<p>Descripción del proyecto, metodología, cronograma de trabajo y justificación del equipo requerido</p> <p>Descripción del proyecto (Máximo una carilla)</p> <p>En el país el personal de rescate no cuenta con sistemas robóticos que ayuden a la exploración, y rescate de víctimas en zonas nocivas, por lo que en el proyecto planteado se realizará una investigación exploratoria de la operación y riesgos a los que está expuesto el personal de rescate en ambientes nocivos.</p> <p>Realizar una investigación analítica de sistemas robóticos que desarrollen tareas de exploración y recolección en ambientes no estructurados y a distancia, con la finalidad de desarrollar una herramienta adecuada para que el personal de rescate tenga el menor riesgo posible al operar en ambientes nocivos.</p> <p>Implementar una solución robótica que permita al personal de rescate minimizar los riesgos de operación.</p>
---	--



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



Trabajos recientes se han enfocado en el desarrollo de controladores para el correcto funcionamiento de los manipuladores (Andaluz et al., 2010), trabajos enfocados a teleoperación, control servovisual en manipuladores y seguimiento de trayectorias (Andaluz et al., 2011a) se han trabajado en la actualidad, grupo de manipuladores en tareas cooperativas para el transporte de objetos (Andaluz et al., 2012). Trabajos orientados a maniobrar robots basado en la intención humana (Leica et al., 2013a, 2013b) tomando en cuenta la fuerza del humano generan interacciones más seguras y confortables para el humano.

Se tiene proyectos previos que servirán de aporte son: P. Arévalo, A. Herrera, N. Sotomayor, "Diseño, construcción y control de un robot industrial con arquitectura antropomórfica dotado de visión artificial"; M. Herrera, N. Sotomayor, "Ensamblaje y Control de una Plataforma Robótica Bípeda mediante un PC; Boada Y., Morales L., Sotomayor N., "Control de Seguimiento de Trayectoria y Paletización de un Robot de Tres Grados de Libertad Tipo SCARA; Medina J. Nono M., Rosales A., Banda H., "Control de un brazo robótico para clasificar objetos sólidos con formas definidas utilizando visión estereoscópica".

En este ámbito se han realizado varios trabajos aplicando visión artificial para dotar a un robot de mayor percepción del entorno, con el fin de usarlos para los objetivos planteados en este proyecto. (E. Molinos et al, 2013; J. Sotomayor et al, 2013; A. Cela et al, 2013)

-Bibliografía

- Mario E. Serrano, Gustavo Scaglia, Sebastian Godoy, Vicente Mut and Oscar Ortiz, (2013), "Trajectory Tracking of Underactuated Surface Vessels: a Linear Algebra Approach", IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, doi: 10.1109/TCST.2013.2271505
- Mario E. Serrano, Gustavo J. E. Scaglia, Vicente Mut, Oscar A. Ortiz, Mario Jordan, (2013), "Linear Algebra Based Controller Design: a case study in Underactuated Surface Vessels", Control Engineering and Applied Informatics Journal. Vol.15, No.4 pp. 15-25, 2013. ISSN 1454-8658.
- Aballay, Pablo Marcelo, Scaglia, G. J. E., Vallejo, M. D., Ortiz, O. A. Minimización de los Consumos de Agua y Energía durante la Fermentación Alcohólica No Isotérmica en Vinos. 1º Congreso Nacional de Ingeniería de Procesos y de Productos y de la 3º Jornada del Programa de Ingeniería de Procesos y de Productos – PIPP2013. V. único, Área 3 - Control y Dinámica de Procesos. Cód. 36. Buenos Aires, Argentina: 6 al 8 de noviembre. (2013).
- Godoy S, Serrano E., Scaglia G., Ortiz O., Secchi H. "Control de trayectoria basado en Métodos Numéricos aplicado a un biorreactor fed-batch". Congreso RPIC 2013, S. C. de Bariloche, Rio Negro, Argentina, Septiembre 2013.
- Aballay, P. M., Scaglia, G. J. E., Vallejo, M. D., Ortiz, O. A., Serrano, M. E., Mengual, C. A., Rómoli, S. (2013). Validation of a Phenomenological Model for the State Variables in the Non-Isothermal Wine Fermentation. En el CD y Libro de Resúmenes del VII Congreso Argentino de Ingeniería Química - CAIQ2013. ISSN 1850-3519 (CD trabs. compls.) y 1850-3500 (libro de res.). V. único, Área 05a-ID1447, p. 44-45. Rosario, Argentina, 20 al 23 de octubre.
- Romina B. Suvire, Gustavo J. E. Scaglia, Mario E. Serrano, Jorge R. Vega and Oscar A. Ortiz (2013) Trajectory tracking controller design based on linear algebra with integral action: application to CSTR systems. En el CD y Libro de Resúmenes del VII Congreso Argentino de Ingeniería Química - CAIQ2013. ISSN 1850-3519 (CD trabs. compls.) y 1850-3500 (libro de res.). V. único, Área 01g-ID1391, p. 19-20. Rosario, Argentina, 20 al 23 de octubre.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



- Claudio Rosales, Gustavo Scaglia, Alexandre S. Brandao, Mario Sarcinelli-Filho, Ricardo Carell. Trajectory tracking for a four rotor mini-quadrotor. Simposio Brasileiro de Automatización Inteligente (SBAI 2013). Fortaleza-CE, 13 a 17 de October de 2013. Brasil.
- P. Leica, D. Chavez, A. Rosales, F. Roberti, J. M. Toibero and R. Carelli, "Strategy based on multiple objectives and null space for the formation of mobile robots and dynamic obstacle avoidance", Revista Politécnica, vol. 33, pag: 88-98. ISSN. 1390-0129.
- Paulo Leica, Juan M. Toibero, Flavio Roberti and Ricardo Carelli, "Switched control algorithms to robot-human bilateral interaction without contact", , 6th International Conference on Advanced Robotics ICAR\IEEE, ISBN: 978-9974-8194-8-1, Uruguay, 2013.
- Paulo Leica, Juan M. Toibero, Flavio Roberti and Ricardo Carelli, "Bilateral human-robot interaction with physical contact", 6th International Conference on Advanced Robotics ICAR\IEEE, ISBN: 978-9974-8194-8-1, Uruguay, 2013.
- Juan M. Toibero, Paulo Leica, Flavio Roberti y Ricardo Carelli , "seguimiento de caminos para un robot móvil tipo car-like ante efectos de deslizamientos", 23º Congreso Argentino de Control Automático AADECA, Argentina, 2012.
- Víctor Andaluz, Paulo Leica, Flavio Roberti y Ricardo Carelli , "seguimiento de caminos para robots móviles tipo unicycle", VI Jornadas Argentinas de Robótica JAR, Argentina, 2010.
- Paulo Leica y Luis Corrales, "Algoritmos de inteligencia artificial para sistemas distribuidos robotizados", Conferencia Internacional de la ISA Latinoamérica, INTECH, ISSN 1518-6024, Brasil, 2008.
- Roberti Flavio, and Carelli Ricardo, 2010, "Robust Control with Redundancy Resolution and Dynamic Compensation for Mobile Manipulators", IEEE-ICIT International Conference on Industrial Technology, pp. 1449-1454.
- Bayle B., Renaud M. and Fourquet J.-Y., 2003, "Nonholonomic Mobile Manipulators: Kinematics, Velocities and Redundancies", Journal of Intelligent and Robotic Systems 36: pp. 45-63.
- Chen M.W. and Zalzada A. M., 1997, "Dynamic modelling and genetic-based trajectory generation for non-holonomic mobile manipulators", Control Engineering and Practice, vol 5, pp. 39-48.
- Khatib O., Yokoi K., Chang K., Ruspini D., Holmberg R., and Casal A., 1996, "Vehicle/Arm Coordination and Multiple Mobile Manipulator", Intelligent Robots and Systems, pp. 546 - 553 vol.2.
- J. Sotomayor, A. Cela, A. Gómez, 2013, "Sistema de Visión Artificial para el Análisis de Imágenes de Cultivo basado en Texturas Orientadas", Revista Politécnica Vol 33.
- E. Molinos, A. Llamazares, N. Hernández, R. Arroyo, A. Cela, J. Yebes, M. Ocaña, and L. M. Bergasa, 2012, "Perception and Navigation in unknown environments: The DARPA Robotics Challenge", Springer, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 253 ISBN 978-3-319-03653-3 pp(321-329).
- A. Cela, L.M. Bergasa, R. Arroyo, 2012, "Gate Recognition and Reconstruction for DARPA Robotics Challenge using Bayesian Classifier Optimized by Mahalanobis Distance", European Modelling Symposium 2013 EMS 2013, ISBN978-1-4799-2578-0/13 pp(242-247)
- * Raga, C.; Barrado, A.; Quesada, I.; Lazaro, A.; Anocibar, C.; Sierra, J.F.; "Analysis and comparison of four regenerative power distribution architectures based on fuel cell, supercapacitors and batteries", 34th Annual Conference of Industrial Electronics. IECON 2008. Pp: 545-550
- Mohamed A. El-Sayed Osama A. Al-Naseem, "Efficient Utilization of Photovoltaic Energy for Supplying of Remote Electric Loads ", Universities Power Engineering



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



Conference (UPEC), Proceedings of 2011 46th International, ISBN: 978-3-8007-3402-3

- Sai Dinesh P, Ananthapadmanabha J, Aditya K, Balakrishnan Shankar, Vishnu Aravind, Avinash S Nair, Joshua Udar Freeman, "Low Cost and Real Time Electronic Speed Controller of Position Sensorless Brushless DC Motor", Information and Automation for Sustainability (ICIAFs), 2010 5th International Conference on, 978-1-4244-8551-2/10/\$26.00 ©2010 IEEE

- Método y diseño de la investigación (Máximo una carilla)

Investigación exploratoria: En una primera aproximación se intenta detectar variables, relaciones y condiciones en las que se da el fenómeno de interés. Se trata de encontrar indicadores que puedan servir para definir con mayor certeza el fenómeno o evento planteado.

Investigación Descriptiva: En esta fase se describirán las características más importantes del objeto de estudio con respecto a su comportamiento en diferentes contextos. Se espera conseguir información para desarrollar posibles alternativas de solución al problema identificado.

Investigación Analítica: En esta fase se establecerán las relaciones entre las variables que caracterizan el problema a fin de identificar y caracterizar opciones del sistema robótico que permitan validar la hipótesis planteada.

Fase de Experimentación: Se establecerá la arquitectura e ingeniería de un sistema robótico, el cual se desarrollará en base a las características y especificaciones que darán solución al problema.

Fase de Validación: Se verifican las propuestas teóricas realizadas por medio de los resultados de simulación y experimentación.

Cronograma de trabajo anual:

Año 1

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Realizar investigación exploratoria de la operación y riesgos a los que está expuesto el personal de rescate en ambientes nocivos.						
Estudio de Sistemas robóticos, inteligencia artificial, sistemas de energía y teleoperación.						
Adquisición de equipo						
Diseño y construcción del prototipo de sistema robótico						
Desarrollo de algoritmos y software de control						
Pruebas preliminares con el sistema robótico comercial para ajustes						



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE
INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL**



Simulación de algoritmos de control						
Pruebas de funcionamiento del prototipo desarrollado						
Redacción del informe 1er año						

Año 2

Actividad	MESES					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
Sensorización del prototipo y pruebas de funcionamiento						
Modelación de la cinemática y dinámica del sistema robótico desarrollado						
Pruebas experimentales de los algoritmos de Control desarrollados						
Pruebas de Campo						
Redacción del informe						
Redacción de trabajos técnicos						
Seminario o taller dirigido a estudiantes y docentes						

- Justificación del equipo requerido

Como se mencionó anteriormente en la fase de experimentación se realizará el ajuste de los algoritmos de control propuestos sobre un manipulador móvil de prueba. Esto permitirá estudiar las dificultades y limitaciones de este tipo de sistemas robóticos, y los resultados de este estudio permitirán diseñar y construir un sistema robótico que cumpla con los objetivos planteados en la presente investigación. Cabe recalcar que este tipo de sistemas no se encuentra disponibles en la EPN, por lo cual la compra de este equipo permitirá no solo probar los algoritmos ya desarrollados mientras se construye el prototipo final, sino además construir un prototipo robusto y aplicable a las necesidades antes mencionadas.

Además uno de los objetivos de esta investigación es identificar y caracterizar situaciones de riesgo en zonas nocivas, por lo cual es importante la adquisición de un grupo de sensores que envíen información del medio al humano, este a su vez operara al sistema robótico a largas distancias, para lo cual se prevé la compra de dos dispositivos hápticos, que permiten maniobrar al sistema robótico y a la vez realimenta la fuerza generada por el sistema robótico según el medio u objeto que manipule.

7 Fecha de inicio

JULIO 2014



8 Tiempo dedicación docentes, infraestructura, equipamientos y fondos adicionales

Tiempo de Dedicación

- Nelson Sotomayor - 200 horas
- Paulo Leica - 160 horas
- Andrés Cela - 160 horas
- Leonardo Ortega - 160 horas
- Hugo Banda - 160 horas
- Iván Zambrano - 160 horas

Infraestructura y equipos disponibles para la ejecución del proyecto.

Laboratorio de Robótica del DACI, ubicado en el primer piso del Edificio de aulas y relación con el medio externo.

- Robot Pioneer 3AT (en proceso de compra)

Laboratorio de Control y Sistemas

- 2 Robotinos FESTO
- 4 Osciloscopios
- Computadores de Escritorio
- Cámaras

Laboratorio de Electrónica de Potencia

- Fuentes de continua
- Analizador de Frecuencia
- Analizador de Armónicos