

CHAPTER X

ROBOTS MÓVILES PARA TAREAS DE DESMINADO HUMANITARIO

MANUEL ARMADA¹, ROEMI FERNÁNDEZ¹, HÉCTOR MONTES^{1,2},
JAVIER SARRIA¹, CARLOTA SALINAS¹

¹Centro de Automática y Robótica CAR (CSIC-UPM); ²Facultad de Ingeniería Eléctrica – Universidad Tecnológica de Panamá
manuel.armada@csic.es

La eliminación de minas antipersona es un problema de dimensión internacional que requiere del empleo de nuevas tecnologías tales como el desarrollo de sensores avanzados y el empleo eficiente de robots móviles. Organizaciones tales como el *International Advanced Robotics Programme* (IARP) han constituido grupos de trabajo (*Working Group HUDEM*) focalizados en el complejo problema del desminado humanitario. En este trabajo se presenta una breve revisión de diversas contribuciones y de investigaciones previas encaminadas a la solución de este problema que han sido propuestas por Grupo de Trabajo HUDEM de IARP. El trabajo recoge y analiza una amplia selección bibliográfica de trabajos de interés en este campo de desminado humanitario.

1 Introducción

El *International Advanced Robotics Programme* (IARP) es un proyecto internacional cuyo origen se remonta al *Versailles Economic Summit* de 1982. Todos los países miembros de IARP han acordado el siguiente objetivo general: “...to foster international cooperation aiming to develop robot systems able to dispense with human exposure to difficult activities in harsh, demanding or dangerous conditions or environments”. El programa IARP ha constituido un Grupo de Trabajo en desminado humanitario (*Working Group HUDEM*) en el año 2000 focalizado en este importante problema con la siguiente finalidad: “All members of the WG Hudem have

agreed to foster international cooperation aiming to develop performing techniques and robotics systems speeding up the demining of infested countries.” A partir de un Workshop de IARP que tuvo lugar en Toulouse (Francia), una reunión en la que se dio a varios científicos la oportunidad de presentar sus trabajos en el dominio de los robots móviles de exteriores, se siguió una propuesta formal al Dr. Tom Martin (Alemania) para la constitución del grupo de trabajo HUDEM, quien organizó un primer workshop en Zimbabwe. Estos workshops iniciales fueron seguidos sistemáticamente por los siguientes workshops internacionales de IARP HUDEM (2002, Vienna; 2003 Pristina; 2004 Brussels; 2005 Tokyo; 2006, Cairo; 2007, Sousse; y desde 2009 hasta la actualidad en Sibenik, Croacia). El Prof. Yvan Baudoin, de la *Royal Military Academy* (Bélgica) ha sido el *Chairman* del *IARP Working Group HUDEM* desde 2002.

La detección y eliminación del terreno de minas antipersona es, actualmente, un problema grave con una dimensión política, social y económica notable. Hay un claro interés en la comunidad científica internacional por resolver este problema, lo que se aborda desde diferentes perspectivas y con diferentes metodologías. La detección y eliminación de terrenos infestados de minas antipersona de estos artefactos es reconocido como un problema a nivel mundial (Baudoin *et al.*, 1999). Minas antipersona (AP), explosivos remanentes de guerra (ERW), y explosivos improvisados (IED) son un legado de situaciones de conflicto. Estos dispositivos pueden permanecer activos durante décadas, no son consecuentes con las negociaciones o de los tratados de paz, y no distinguen entre personal militar o civil.

Existen todavía minas AP y explosivos no explotados (UXO) de la Segunda Guerra Mundial en la mayor parte de los países de Europa y del norte de África (El-Qady *et al.*, 2005). En 2010, se han contabilizado un total de 4191 nuevas víctimas de minas, un 5% más que en 2009, y un total de 27 estados así como siete áreas en conflicto han sido confirmados o como sospechosos de estar afectados por minas (*Landmine Monitor Report*, 2011). La mejor solución a este problema, aunque quizás no la más rápida, podría ser aplicar sistemas completamente automáticos. Sin embargo, e independientemente de los últimos avances en la materia, esta solución parece estar lejos de ser posible.

Se requieren, en primer lugar, sensores más eficientes, detectores y sistemas de posicionamiento, para detectar, localizar, y si es posible, identificar las minas. En segundo lugar, el desarrollo de vehículos apropiados es de la mayor relevancia para llevar a bordo dichos sensores y desplazarlos sobre los campos infestados y, de esta manera, alejar al operador humano del riesgo directo. Dado que los sistemas completamente automáticos para esta aplicación de desminado humanitario son muy complejos y difíciles

de conseguir, una solución intermedia puede ser el empleo de teleoperación y de colaboración persona-robot en el lazo de control.

Cualquier tipo de vehículo puede, en principio, llevar a cabo sensores sobre un área infestada de minas: vehículos con ruedas, con orugas e incluso vehículos con patas, pueden llevar a cabo tareas de desminado con eficiencia y seguridad. Los robots con ruedas son los más sencillos y de menor coste; los robots con orugas presentan una excelente capacidad de desplazamiento sobre casi cualquier tipo de terreno; los robots con patas exhiben asimismo un muy interesante potencial para esta actividad.

Este trabajo presenta una breve revisión de diversas contribuciones específicamente seleccionadas y de investigaciones previas relacionadas con el empleo de robots móviles para desminado humanitario encaminadas a la solución de este problema que han sido propuestas por IARP (Baudoin *et al.*, 2011; González de Santos *et al.*, 2004; Marques *et al.*, 2002). Para ello, el trabajo recoge y sintetiza la información de anteriores workshops de IARP.

2 Robots móviles para desminado humanitario

Varios workshops de IARP (Marques *et al.*, 2012) han mostrado cómo el empleo de la robótica puede mejorar de forma notable la eficiencia y la seguridad en operaciones de desminado humanitario, y cómo los sistemas robóticos de diversos tipos pueden suponer una herramienta de trabajo muy prometedora en esta dirección.

Hay tres clases principales de robots móviles investigados por la comunidad científica internacional para HUDEM: con ruedas, con orugas y con patas (también hay algunos trabajos con tracción híbrida ruedas-patas (Caltabiano *et al.*, 2004; Bostater *et al.*, 2004; Amati *et al.*, 2004)). La idea de emplear robots con patas para desminado humanitario se ha desarrollado, al menos, en los últimos 15 años, y se conocen diversos prototipos que han sido probados experimentalmente. TITAN VIII (Hirose *et al.*, 1998), AMRU-2 (Baudoin *et al.*, 1999a) y RIMHO2 (González de Santos *et al.*, 1995) son algunos de los ejemplos de plataformas de prueba para desminado humanitario que emplean robots caminantes. El robot COMET-1 ha sido quizás el primer robot con patas que se ha desarrollado específicamente para tareas de desminado (Nonami *et al.*, 2000). Estos cuatro robots se basan en configuraciones de patas tipo insecto, pero se han desarrollado otras configuraciones diferentes de robots caminantes para desminado, tales como sistemas deslizantes (Habumuremyi *et al.*, 1998), (Marques *et al.*, 2002a). El robot SILO6 del proyecto DYLEMA (González de Santos *et*

al., 2007; González de Santos *et al.*, 2002) ha sido diseñado específicamente para desminado humanitario y ha sido probado con excelentes resultados. La siguiente figura (Fig. 1), en forma de tabla, recoge algunos de los sistemas de robots móviles más relevantes en relación con la tarea de desminado humanitario.

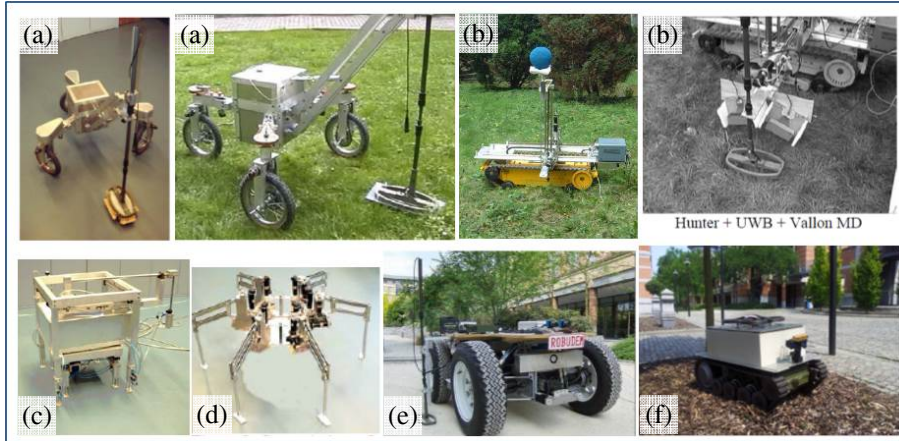


Fig. 1. (a) TRIDEM, (b) Hunter, (c) AMRU4 y (d) AMRU5, (e)ROBUDEM y (f) TEODOR/MAV. Department of Applied Mechanics. Royal Military Academy.30 Renaissance Av. 1000 Brussels, Belgium; Department of Electronics and Information Processing VUB-ETRO-IRIS, Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1050 Brussels; Service des Systèmes Logiques et Numériques, Université Libre de Bruxelles 50, Av. F. Roosevelt, B-1050 Bruxelles.

La necesidad de emplear robots caminantes en ciertas situaciones de desminado humanitario donde los sistemas con ruedas o con orugas no pueden operar de forma adecuada o presentan bajo rendimiento, ha sido investigada por la *Royal Military Academy* (RMA) y por la Universidad Libre de Bruselas. Se muestran en la Fig. 1 los prototipos de robots con patas desarrollados para llevar a bordo sensores de detección con la finalidad de probarlos en campos minados. Se muestran en dicha figura los robots TRIDEM, AMRU4 y AMRU5. Robots con orugas como el HUNTER y con ruedas como ROBUDEM también realizados por la RMA (Baudoin *et al.*, 2011; Baudoin *et al.*, 1999; Habumuremyi, 1998; Habumuremyi, 1998a; Habumuremyi *et al.*, 2002; Baudoin, *et al.*, 2003; Habumuremyi *et al.*, 2004; Baudoin, *et al.*, 2005; Marques *et al.*, 2012).



Fig. 2. COMET II, COMET III (*Dept. of Electronics and Mechanical Engineering, Chiba University, Japan*) y ROBHAZ-DT (*Advanced Robotics Research Center, KIST & Department of Mechanical Engineering, KAIST, Korea*).

La Fig. 2 muestra una vista del robot hexápodo COMET II (actuado eléctricamente) y la versión final del sistema completamente autónomo COMET III (actuado hidráulicamente), para la detección de minas antipersona, que son los dos sistemas de robots caminantes investigados por la Universidad de Chiba (Nonami, 2002). A la derecha de la Fig. 2 se muestra ROBHAZ-DT, un robot móvil con doble sistema de orugas (Munsang *et al.*, 2002).



Fig. 3.- Concepto de locomoción para HUDEM (*Vienna University of Technology Division Intelligent Handling and Robotics, Viena, Austria*); y sistema para ensayar diversos detectores basados en GPR, MD, y el sistema dual ALIS (*Tohoku University, Sendai 980-8576, Japón*).

La Fig. 3 presenta un concepto de locomoción para HUDEM (Kopacek y Silberbauer, 2008) realizado por la Universidad Tecnológica de Viena, y el *Mine Hunter Vehicle*, empleado para la evaluación de GPR (*array-antenna GPR-SAR*) y para la evaluación de diversos tipos de detectores de minas: *Metal Detector* y el sistema dual ALIS (GPR+MD) realizados por la Universidad de Tohoku (Sato *et al.*, 2005; Sato *et al.*, 2005a).



Fig. 4.- RIMHO 2 y SILO 6 (proyecto DYLEMA). Detalle del diseño del manipulador embarcado (Centro de Automática y Robótica CAR (CSIC-UPM). Ctra. Campo Real, Km. 0,200- La Poveda. 28500 Arganda del Rey, Madrid, Spain).

El Centro de Automática y Robótica (CSIC-UPM) ha llevado a cabo diversas investigaciones relacionadas con el desminado humanitario. La Fig. 4 muestra el robot cuadrúpedo RIMHO 2 y el robot hexápodo SILO 6, un sistema totalmente autónomo equipado con un brazo de cinco grados de libertad para el barrido de áreas infestadas y dotado de sensores diversos (entre ellos un detector de minas). El proyecto DYLEMA (MICINN) ha tenido como finalidad el desarrollo de robots caminantes que integren las tecnologías relevantes en locomoción, manipulación y sensores para desminado humanitario (González de Santos *et al.*, 2004; González de Santos y Jimenez, 1995; Galvez *et al.*, 2000; Cobano *et al.*, 2008; González de Santos *et al.*, 2007; Sanz *et al.*, 2012; González de Santos *et al.*, 2002; Armada *et al.*, 2005; Marques *et al.*, 2012).

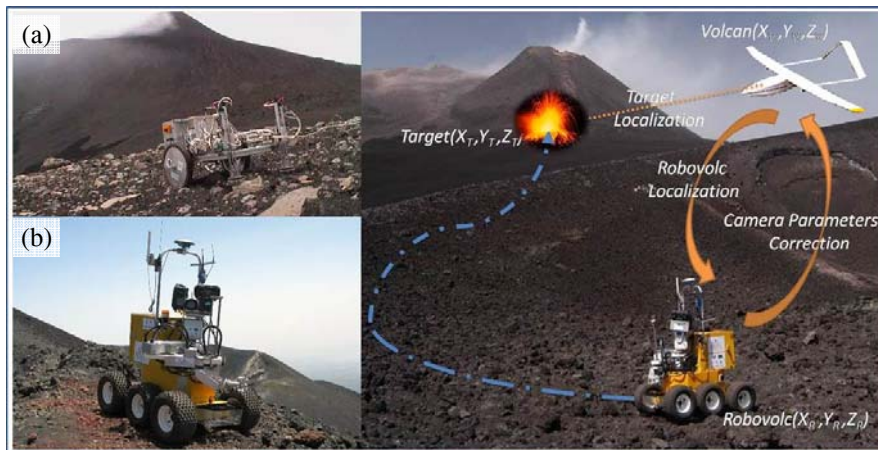


Fig. 5. (a) WHEELLEG y (b) ROBOVOLC (DIEES Università degli Studi di Catania, viale A. Doria 6, 95125 Catania, Italy).

La Fig. 5 muestra los robots WHEELLEG, un robot móvil híbrido que usa ruedas y patas para la locomoción, y el robot ROBOVOLC durante la realización de pruebas en el cráter del volcán Etna. A la derecha se muestra la cooperación de robots terrestres y aéreos (UAV VOLCAN). La cooperación entre robots heterogéneos para intervenciones en medios hostiles ha sido particularmente investigada por la Universidad de Catania (Caltabiano *et al.*, 2004; Bruno *et al.*, 2012).

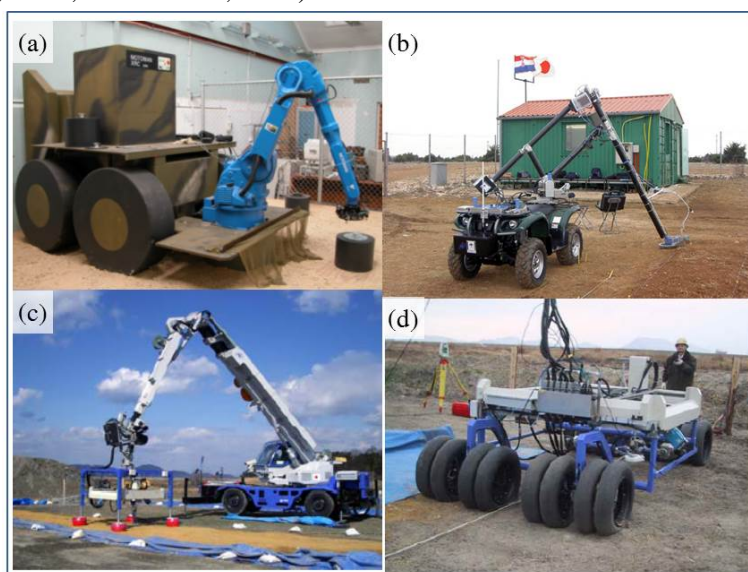


Fig. 6. (a) Semi-Autonomous Vehicle for Mine Neutralisation , (b) Humanitarian Demining Robot Gryphon, (c) Advanced Mine Sweeper, (d) Teleoperated Buggy Vehicle and Weight Balanced Arm (Systems Sciences Laboratory and Land Operations Division. Systems. DoD, Australia; Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, 152-8550 Tokyo, Japan; Dept. of Micro-Nano Systems Engineering, Nagoya University; Dept. of Intelligent Interaction Technologies, University of Tsukuba; Dept. of Bioengineering and Robotics, Tohoku University; National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST); Mitsui Engineering & Shipbuilding CO., LTD; Tokyo Institute of Technology, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8552, JAPAN)

La Fig. 6 muestra los robots *Semi-Autonomous Vehicle for Mine Neutralisation* (Ide *et al.*, 2004), *Humanitarian Demining Robot Gryphon-An Objective Evaluation* (Cepolina y Snobar, 2008), *Environment-Adaptive Antipersonnel Mine Detection System-Advanced Mine Sweeper* (Fukuda *et al.*, 2005), y *Teleoperated Buggy Vehicle y Weight Balanced Arm for*

Mechanization of Mine Detection and Clearance Tasks (Fukushima *et al.*, 2005). Estos robots (entre otros) han sido el resultado de las investigaciones financiadas por el Gobierno de Japón en esta área de desminado humanitario.

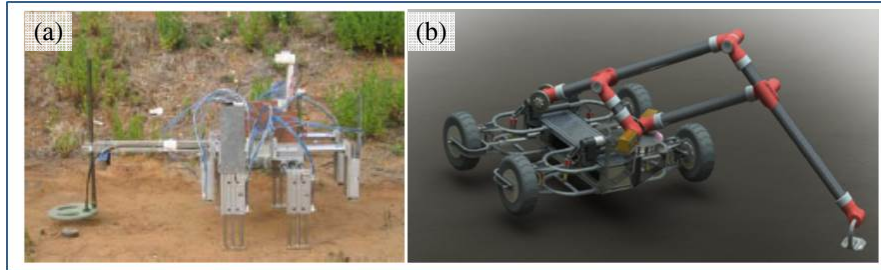


Fig. 7. (a) *Demining Robot* y (b) *Autonomous demining ISR-TT* (Institute of Systems and Robotics, University of Coimbra, Polo II, 3030-290 Coimbra, Portugal)

La Fig. 7 muestra los resultados de algunas de las investigaciones en desminado humanitario con diversas plataformas en el ISR (Instituto de Sistemas Robóticos) de la Universidad de Coimbra (Marques *et al.*, 2002; Marques *et al.*, 2002a; Larionova *et al.*, 2011; Larionova *et al.*, 2004; Marques *et al.*, 2012).



Fig. 8.- Pruebas de evaluación del empleo de GPR sobre vehículo robóticos (Japan Science and Technology Agency, Shibuya-Property-Tokyu Bldg., 10F, 1-32-12 Higashi, Shibuya-ku, Tokyo 150-0011, JAPAN; Tokyo Denki

University, Ishizaka, Hatoyama-machi, Hiki-gun, Saitama 350-0394, Japan; University, 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan; Fuji Heavy Industries Ltd. , 1-1-11 Yonan, Utsunomiya, Tochigi, 320-8564, Japan)

La Fig. 8 muestra las pruebas llevadas a cabo para evaluar los sistemas GPR para la detección de minas antipersona (AMS) (Ishikawa *et al.*, 2005), y el robot Mine Hunter (Nonami *et al.*, 2000; Nonami y Aoyama, 2005).



Fig. 9.- Pruebas de evaluación de sistemas de teleoperación y de simulación (*Industrial Research Institute for Automation and Measurements PIAP, Warsaw, Poland; Institute of Mathematical Machines, Warsaw, Poland; Institute of Automation and Robotics, Warsaw, Poland.*)

La Fig. 9 muestra el robot INSPECTOR empleado en tareas en entornos hostiles y detección de explosivos. La importancia de los sistemas de simulación y de entrenamiento se investigan de forma amplia en el *Institute of Mathematical Machine* y en el *Institute of Automation and Robotics* (Varsovia) (Bedkowski y Maslowski, 2008; Będkowski *et al.*, 2008; Będkowski *et al.*, 2012; Bedkowski y Maslowski, 2011).



Fig. 10.- LOCOSTRA, pruebas en Jordania.

La Fig. 10 muestra las pruebas de evaluación de LOCOSTRA, sistemas para desminado humanitario que se basan en el empleo de tractores para agricultura. Estos sistemas son investigados por la Universidad de Génova, PIERRE y SNAIL AID (Cepolina y Snobar, 2008; Cepolina *et al.*, 2011).

3 Conclusión

El desarrollo de robots móviles para desminado humanitario ha sido sujeto de una gran atención por el Grupo HUDEM de IARP en los últimos 10 años. En este artículo se ha presentado un resumen de los principales resultados obtenidos en este campo, referidos exclusivamente al caso de los robots móviles. Es de esperar que esta revisión sea útil para una mejor comprensión de los desarrollos más recientes en esta aplicación tan compleja. De la literatura revisada se desprende que la configuración de robots móviles más utilizada es la que emplea ruedas para su desplazamiento (Marques *et al.*, 2002a; Larionova *et al.*, 2011; Caltabiano *et al.*, 2004; Larionova *et al.*, 2004; Sato *et al.*, 2005; Fukuda *et al.*, 2005; Fukushima *et al.*, 2005; Kopacek y Silberbauer, 2008; Freese *et al.*, 2008; Bedkowski y Maslowski, 2008; Będkowski *et al.*, 2008; Będkowski *et al.*, 2012; Bruno *et al.*, 2012; Bedkowski y Maslowski, 2011; Cepolina *et al.*, 2011; Sato *et al.* 2005). La configuración de robots caminantes (Baudoin *et al.*, 2011; González de Santos *et al.*, 2004; Marques *et al.*, 2002; Baudoin *et al.*, 1999a; González de Santos y Jiménez, 1995; Nonami *et al.*, 2000; Galvez *et al.*, 2000; Cobano *et al.*, 2008; González de Santos *et al.*, 2007; Sanz *et al.*, 2012; Nonami, 2002; González de Santos *et al.*, 2002; Armada *et al.*, 2005) ha sido investigada como segunda opción, quizás a causa de la versatilidad y de las propiedades específicas de este tipo de robots. Sorprendentemente, los desarrollos basados en el empleo de vehículos con orugas han sido los menos empleados (Nonami *et al.*, 2000; Munsang *et al.*, 2002; Nonami y Aoyama, 2005).

Agradecimientos

Los autores desean reconocer la financiación recibida de la Comisión Europea (REA) en el 7PM (TIRAMISU Grant Agreement N° 284747), la financiación de la Comunidad de Madrid en el programa Robocity2030 S-0505/DPI-0176, y especialmente la financiación recibida de la CICYT (MEC) en el proyecto Detección y localización eficiente de minas antipersonas (DYLEMA) (DPI-2001-1595). Agradecimiento especial para el Prof. Y. Baudoin (RMA) que ha organizado el *Working Group HUDEM* y los workshops de IARP. Se extiende el agradecimiento a todos los autores que han contribuido a los workshops de IARP en los últimos 10 años.

Referencias

- Baudoin, Y., et al. 1999. EC Brite/Euram TN on Climbing and Walking Robots, including the Support Technologies for Mobile Robotic Machines, (CLAWAR), Year 2 Report: TASK 9, Humanitarian demining.
- El-Qady, G., Sato, M., and Ushijima, K. 2005. Mine problem in Egypt: Demand for new technology. Sixth IARP Workshop HUDEM'2005, Tokyo.
- Landmine Monitor Report 2011. Landmine and Cluster Munition Monitor.
- Miles, R. B., Dogariu, A., and Michael, J. B. 2012. Bringing bombs to light. *IEEE Spectrum*, 49(2).
- Baudoin, Y., Habib, M.K., Doroftei, I. 2011. Mobile robotics systems for humanitarian de-mining and risky interventions. Using robots in hazardous environments. Woodhead Publishing Limited.
- Gonzalez de Santos, P., Garcia, E., Cobano, J.A., and Guardabrazo, T. 2004. Using Walking Robots for Humanitarian De-mining Tasks. In Proc. 35th ISR, Paris, Francia.
- Marques, L., Rachkov, M., and Almeida, A.T. 2002. Mobile pneumatic robot for demining. In Proc. IEEE Int. Conf. On Robotics and Automation (ICRA 2002), Washington DC, pp. 3508-3513.
- Hirose, S. and Kato, K. 1998. Quadruped walking robot to perform mine detection and removal task. In Proc. of the 1st International Conference on Climbing and Walking Robots, Brussels, Belgium, pp. 261-266.
- Baudoin, Y., Acheroy, M., Piette, M. and Salmon, J.P. 1999a. Humanitarian Demining and Robotics. *Mine Action Information Center Journal*, 3(2).
- Gonzalez de Santos, P. and Jimenez, M.A. 1995. Generation of discontinuous gaits for quadruped walking machines. *Journal of Robotics Systems*, 12(9): 599-611.
- Nonami, K., Huang, Q.J., Komizo, D., Shimoi, N., and Uchida, H. 2000. Humanitarian mine detection six-legged walking robot. In Proc. of the 3rd International Conference on Climbing and Walking Robots, pp. 861-868, Madrid, Spain.
- Habumuremyi, J.C. 1998. Rational designing of an electropneumatic robot for mine detection. In Proc. of the 1st International Conference on Climbing and Walking Robots. Brussels, Belgium, pp. 267-273.

Marques, L., Rachkov, M., and Almeida, A.T. 2002a. Control system of a demining robot. In Proc. of the 10th Mediterranean Conference on Control and Automation. Lisbon, Portugal.

Galvez, J.A., Estremera, J., and Gonzalez de Santos, P. 2000. SILO4-a versatile quadruped robot for research in force distribution. In Proc. 3rd International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, Professional Engineering Publisher, U.K., pp. 371-383.

Cobano J, Ponticelli R, y Gonzalez de Santos P. 2008. Mobile robotic system for detection and location of antipersonnel land-mines: field tests. *Industrial Robot: an International Journal*, 35(6):520-527.

Gonzalez de Santos P, Cobano J, Garcia E, Estremera J, Armada M. 2007. A six-legged robot-based system for humanitarian demining missions. *Mechatronics*, 17: 417-430.

Sanz Merodio, D., Garcia, E., y Gonzalez de Santos. 2012. Analyzing energy-efficient configurations in hexapod robots for demining applications. *Industrial Robot: An International Journal*, 39(4).

Habumuremyi, JC. 1998a. Rational designing of an electro-pneumatic robot for mine detection. *CLAWAR'98, First International Symposium*, Brussels, Belgium.

Larionova, S., Almeida, A.T., Marques, L. 2011. *Sensor Fusion for Automated Landmine detection on a mobile robot, Using Robots in Hazardous Environments*. Woodhead Publishing.

Munsang K., et al. 2002. Development of a Mobile Robot with Double Tracks for Hazardous Environment Applications (ROBHAZ-DT). *IARP WS on Robots for Humanitarian Demining*. Vienna, Austria.

Kenzo N. 2002. Development of Autonomous Mine Detection Six-Legged Walking Robot for Humanitarian Demining. *IARP WS on Robots for Humanitarian Demining*. Vienna, Austria.

Gonzalez de Santos, P., Garcia, E., Estremera, J., and Armada, M.A. 2002. Silo6: design and configuration of a legged robot for humanitarian demining. *IARP WS on Robots for Humanitarian Demining*. Vienna, Austria.

Habumuremyi, J-C., Doroftei, I., y Baudoin. Y. 2002. Interest of walking robots in humanitarian demining project. *IARP WS on Robots for Humanitarian Demining*. Vienna, Austria.

Baudoin, Y., et al. 2003. Robotics for Humanitarian Demining: a need ? Second on-site IARP Workshop on Humanitarian demining, Prishtina, Kosovo.

Habumuremyi, J-C., Kool, P., and Baudoin, Y. 2004. Adaptive Neuro-Fuzzy Control of AMRU5, a six-legged walking robot. IARP International Workshop Robotics and Mechanical assistance in Humanitarian Demining and Similar risky interventions, Brussels-Leuven, Belgium.

Caltabiano, D., Longo, D., Muscato, G., Prestifilippo, M., Spampinato, G. 2004. The Outdoor Robotics: challenges and requirements, promising tools and dual-use applications. IARP International Workshop Robotics and Mechanical assistance in Humanitarian Demining and Similar risky interventions. Brussels-Leuven, Belgium.

Bostater, C. R., Ghir, T., Bassetti, L. 2004. Remote Sensing System for Robotics and Aquatic Related Humanitarian Demining and UXO Detection. IARP International Workshop Robotics and Mechanical assistance in Humanitarian Demining and Similar risky interventions, Brussels-Leuven, Belgium.

Amati, N., Bona, B., Canova, A., Carabelli, S., Chiaberge, M., Genta, G. 2004. Light Hybrid Robotic Platform for Humanitarian Demining. IARP International Workshop Robotics and Mechanical assistance in Humanitarian Demining and Similar risky interventions, Brussels-Leuven, Belgium.

Ide, K., Jarvis, B. J., Beattie, B., Munger, P., and Yen, L. 2004. Towards a Semi-Autonomous Vehicle for Mine Neutralisation. IARP International Workshop Robotics and Mechanical assistance in Humanitarian Demining and Similar risky interventions, Brussels-Leuven, Belgium.

Larionova, S., Marques, L., and Almeida, A.T. 2004. Feature-Level Sensor Fusion for a Demining Robot. IARP International Workshop Robotics and Mechanical assistance in Humanitarian Demining and Similar risky interventions, Brussels-Leuven, Belgium.

Baudoin, Y., et al. 2005. Mobile robotics systems for humanitarian demining – RMA Projects. IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Sato, M., et al. 2005. Evaluation of an array-antenna GPR system (SAR-GPR). IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Fukuda, T., et al. 2005. Environment-Adaptive Antipersonnel Mine Detection System - Advanced Mine Sweeper. IARP International workshop on

Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Ishikawa, J., Kiyota, M., and Furuta, K. 2005. Evaluation of Test Results of GPR-based Anti-personnel Landmine Detection Systems Mounted on Robotic Vehicles. IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Fukushima, E. F., et al. 2005. Teleoperated Buggy Vehicle and Weight Balanced Arm for Mechanization of Mine Detection and Clearance Tasks. IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Cruz, H., et al. 2005. Two Sustainable and Compliant Robots for Humanitarian Demining. IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Jeonga, H.K., et al. 2005. Development of Double-Tracked Mobile Robot with Demining System. IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Nonami, K., and Aoyama. 2005. Research and Development of Mine Hunter Vehicle for Humanitarian Demining. IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Armada, M. A., Cobano, J., Garcia, E., and Gonzalez de Santos, P. 2005. Configuration of a legged robot for humanitarian de-mining activities. IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.

Kopacek, P., Silberbauer, L. 2008. A new Locomotion Concept for Humanitarian Demining Robots. 7th IARP International workshop on Humanitarian Demining, El Cairo, Egipto.

Doroftei, D., y Baudoin. Y. 2008. Development of a semi-autonomous demining vehicle. 7th IARP International workshop on Humanitarian Demining, El Cairo, Egipto.

Freese, M., Matsuzawa, T., Aibara, T., Fukushima, E. F., and Hirose, S. 2008. Humanitarian Demining Robot Gryphon – An Objective Evaluation. 7th IARP International workshop on Humanitarian Demining, El Cairo, Egipto.

Cepolina, E., y Snobar, B. 2008. Agricultural derived tools for ground processing in humanitarian demining operations: set up of testing facility in

Jordan. 7th IARP International workshop on Humanitarian Demining, El Cairo, Egipto.

Bedkowski, J., y Masłowski, A. 2008. Cognitive Theory – Based Approach for Inspection using Multi-Mobile Robot Control. 7th IARP International workshop on Humanitarian Demining, El Cairo, Egipto.

Będkowski, J., Kowalski, G., Masłowski, A. 2008. Framework for Creation of the Simulators for Inspection Robotic Systems. 7th IARP International workshop on Humanitarian Demining, El Cairo, Egipto.

Będkowski, J., Musialik, P., Masłowski, A., Baudoin, Y. 2012. Qualitative Spatio-Temporal Representation and Reasoning Framework for RISE mobile robot's operator training planning. 10th International IARP Workshop HUDEM'2012, Šibenik, Croatia.

Bruno, C., Longo, D., Melita, D., Muscato, G., Sessa, S., Spampinato, G. 2012. Heterogeneous robot cooperation for interventions in risky environments. 10th International IARP Workshop HUDEM'2012, Šibenik, Croatia.

Bedkowski, J., Masłowski, A. 2011. Semantic simulation for mobile robot operator training. IARP HUDEM'2011 Workshop, Šibenik, Croatia.

Cepolina, E., Zoppi, M., Polentes, G., Snobar, B., Abel, F., Kasesbeh, B. 2011. In-field tests of LOCOSTRA in Jordan. IARP HUDEM'2011 Workshop, Šibenik, Croatia.

Marques, L., Almeida, A. T., Armada, M., Fernández, R., Montes, H., González, P., y Baudoin, Y. 2012. State of the Art Review on Mobile Robots and Manipulators for Humanitarian Demining. IARP HUDEM'2012 Workshop, Šibenik, Croatia.

Sato, M., et al. 2005a. Evaluation of a Hand-held GPR MD sensor system (ALIS). IARP International workshop on Robotics and Mechanical Assistance in Humanitarian Demining, Tokyo, Japan.