

# La robótica en actividades de búsqueda y rescate urbano. Origen, actualidad y perspectivas

Robotics in search and urban rescue activities. Origin, present time and perspectives

**GIOVANNI RODRIGO BERMÚDEZ BOHÓRQUEZ**

Ingeniero Electricista Universidad Nacional de Colombia, Magíster en Ingeniería Electrónica y de Computadores Universidad de los Andes. Docente de tiempo completo Universidad Distrital Francisco José de Caldas adscrito a la Facultad Tecnológica. Director del Grupo de Investigación en Robótica Móvil Autónoma (ROMA).  
gbermudez@udistrital.edu.co

**KRISTEL SOLANGE NOVOA**

Ingeniera en Control Electrónico e Instrumentación y Especialista en Informática Industrial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Profesora de la misma Universidad adscrita a la Facultad Tecnológica, investigadora del Grupo ROMA.  
krisnovoa@hotmail.com

**WILLSON INFANTE**

Ingeniero en Control Electrónico e Instrumentación y Especialista en Informática Industrial Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Profesor adscrito a la Facultad Tecnológica de la misma Universidad, investigador del Grupo ROMA.  
krisnovoa@hotmail.com

Fecha de recepción: septiembre 13 de 2004

Clasificación del artículo: Reflexión  
Fecha de aceptación: diciembre 20 de 2004

**Palabras clave:** Búsqueda urbana y rescate, robótica móvil, técnicas de rescate.

**Key words:** Urban search and rescue, mobile robotics, rescue techniques.

**RESUMEN**

Las operaciones de búsqueda y rescate en desastres son un suceso de gran importancia social, en el cual interactúan diversos agentes con diferentes características con un fin específico: salvar vidas. Estos agentes tienen que enfrentarse a ambientes devastados y a factores que ponen en riesgo su integridad y disminuyen las probabilidades de éxito en los rescates. Este artículo busca proveer información relevante en este campo de investigación y desarrollo, para que en un futuro cercano pueda contarse con tecnología apropiada para la atención de los desastres eventuales, en particular en

actividades de búsqueda y rescate urbano; el documento es el resultado del estudio y reflexión del Grupo de Investigación en Robótica Móvil Autónoma (ROMA) acerca de las técnicas y procedimientos de búsqueda urbana y rescate de víctimas, y de la tecnología de apoyo a este tipo de actividades desarrollada en la actualidad, con el propósito de identificar alternativas de solución a la problemática nacional en este campo.

## ABSTRACT

The search and rescue operations in disasters are a high social importance event in which different agents interact with different characteristics with a specific end: life saving. These agents face desolated environments and factors that risk their integrity and decrease the success possibilities in the rescues. This article looks to provide relevant information in this field of investigation and development to have in a near future the appropriate

technology for the attention of eventual disasters; in particular, in search and urban rescue activities. The document is the result of the study and reflection of the Group of Search in Mobile Robotics (ROMA) about the techniques and procedures of urban search and victims rescue and of the support technology to this type of activities currently developed to identify solution alternatives for the national problem in this aspect.

## 1. Introducción

En la época actual se presentan diversas catástrofes de tipo natural y artificial: terremotos, inundaciones, huracanes y terrorismo, entre otros. En estas situaciones de emergencia se despliegan diferentes grupos de personas (policía, bomberos, paramédicos, etc.) que cooperan para preservar la vida humana, proteger infraestructuras y evacuar víctimas.

En estas circunstancias, los grupos de rescate (incluyendo perros especializados) deben tomar decisiones rápidas bajo presión e intentar salvar víctimas (a menudo bajo su propio riesgo), determinando el estado de las víctimas o la estabilidad de las estructuras tan rápido como sea posible; por fortuna, la tecnología también está jugando un papel importante, apoyando algunas tareas que los seres humanos y los perros, por sí solos, no pueden hacer.

Tratando de reducir el número de afectados, a través del tiempo se han utilizado diferentes herramientas para la búsqueda y rescate de víctimas (Micire, 2002), (Casper, 2002) (DPAE, 2002), así:

- En 1985, en Armero (Colombia), una avalancha de lodo y piedra sepultó más de 24.740 personas; grupos de rescate de todo el mundo buscaron y localizaron miles de víctimas entre el barro.
- En septiembre de 1985, un terremoto en México produjo 10.000 víctimas; la cifra pudo

ser mayor, sino es por la intervención de los cuerpos de salvamento.

- En los terremotos ocurridos en Turquía, Taiwán y Grecia en 1999, se rescataron cinco personas vivas, se recuperaron 39 cadáveres y se localizaron 44 víctimas.
- La Asociación Canina de Desastres de Suiza realizó en el año 2000 nueve misiones a Gujarat (India); se lograron ocho rescates con vida, 20 cuerpos recuperados y 45 localizaciones de víctimas.
- El ataque terrorista más grande de los últimos tiempos contra Estados Unidos, ocurrido el 11 septiembre de 2001, produjo 1.029 cadáveres (190 en el World Trade Center, 266 pasajeros, 300 bomberos, 85 policías y 188 personas en el Pentágono); el número total aproximado de desaparecidos fue de 6.452 víctimas; las personas heridas fueron más de 2.700 y se rescataron cerca de 12 personas sobrevivientes a la caída de las torres gemelas.
- El 24 de junio de 2002 en Teherán (Irán) un terremoto produjo 230 víctimas fatales, localizadas buscando vida entre los escombros.

Las anteriores cifras, entre otras, ilustran la importancia de las labores de búsqueda y rescate de víctimas para las miles de familias afectadas, que esperan ver a sus parientes y allegados con vida, o recuperar sus cuerpos para darles sepultura.

## 2. Búsqueda y rescate urbano (USAR)

En la literatura internacional, la sigla USAR (*Urban Search and Rescue*) se define como un conjunto de acciones que van desde la búsqueda y localización de personas afectadas por emergencias o desastres hasta el acceso a ellas, su valoración clínica y operativa, estabilización y evacuación de la zona de impacto, involucrando grupos de socorro especializados, intermedios y básicos (Cortés, 2000).

La atención de una emergencia exige preparación técnica, planificación y capacidad de coordinación entre quienes participan en ella; de lo contrario puede incurrirse en improvisación, desorden, omisión de funciones, conflictos, desesperación y, en general, en deficientes niveles de calidad en la atención de la emergencia que significan mayores tiempos, costos, pérdida de vidas y riesgos de operación, menores expectativas de recuperación futura de sobrevivientes, retardo en la reconstrucción de la comunidad y otras consecuencias negativas.

Aunque la aplicación del concepto varía entre organizaciones, en general las operaciones de USAR se realizan en cuatro fases, independientemente de su alcance o complejidad: 1. incertidumbre; 2. alerta/ búsqueda; 3. rescate/ recuperación; y 4. fase final. Las operaciones van desde la atención de sucesos sencillos como búsqueda de individuos perdidos en la selva hasta la atención de accidentes complejos como la caída de un avión comercial o el hundimiento de un barco de pasajeros en alta mar (JID, 2001).

Cuando se comienza a trabajar en un desastre, los socorristas instalan un comando de incidentes

cerca del lugar afectado; desde allí se coordinan todas las actividades necesarias para el buen desarrollo de la búsqueda, que depende, entre otros factores, de la disponibilidad del equipo apropiado para este tipo de labores.

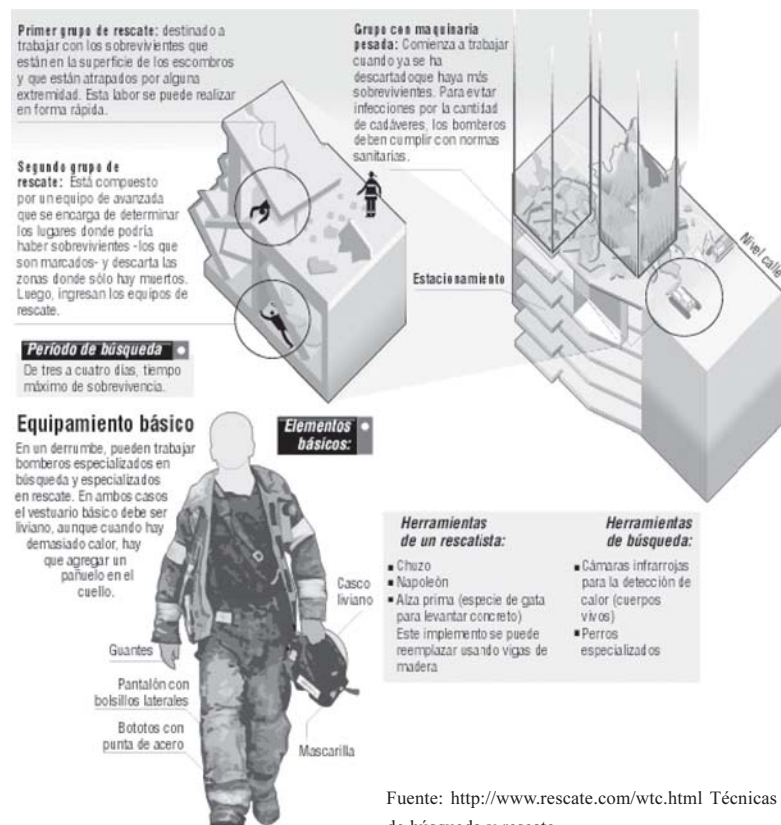
La figura 1 muestra una descripción rápida de equipos básicos para un rescatista y un procedimiento sencillo para un grupo de rescate; la figura 2 muestra algunas técnicas avanzadas de apuntalamiento y localización de víctimas sobrevivientes en estructuras gravemente colapsadas, entre ellas:

- Localización por sonido: por ecografía o detección de pequeños ruidos vitales.

Figura 1. Equipos de rescate

### Trabajo en el desastre

Cuando se comienza a trabajar en un desastre, los bomberos establecen un comando de incidentes cerca del lugar afectado



Fuente: <http://www.rescate.com/wtc.html> Técnicas de búsqueda y rescate

- Localización por video e imágenes térmicas a través de sensores remotos y microcámaras.
- Localización por medio de perros olfateadores, especialmente entrenados en localización de sobrevivientes.

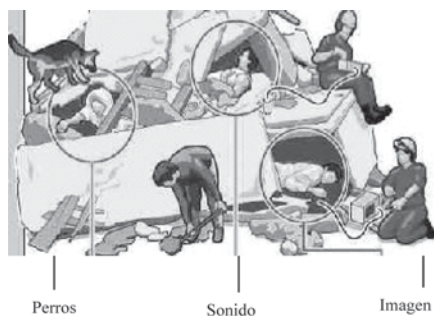
### 3. Técnicas de búsqueda y rescate

#### 3.1. Socorristas

Son un grupo organizado de personas seleccionadas y capacitadas para apoyar una o más áreas de operación en una emergencia; cuentan con equipos especializados, de acuerdo con el lugar y el tipo de siniestro, así:

- Para operaciones rurales: casco homologado, chaqueta impermeable, overol impermeable resistente al rozamiento y al fuego y botas de montaña.
- Para operaciones que obligan al uso de lanchas y botes se agrega chaleco salvavidas.
- Para operaciones urbanas: casco, monogafas, tapaoídos, overol resistente al rozamiento y fuego, guantes resistentes al rozamiento y objetos cortopunzantes, rodilleras, coderas, botas con plantillas y punteras de acero. Si el evento produce humos, vapores o partículas suspendidas en el aire, filtros respiratorios, de acuerdo con el contaminante.
- Para ambientes más lesivos (fuego, humos y vapores densos, tóxicos, asfixiantes o de efecto desconocido) es obligatorio el uso de elementos especializados.

Figura 2. Técnicas avanzadas de búsqueda



A pesar del empleo del equipo recomendado, la capacidad física del personal de los grupos de salvamento no permite, por ejemplo, levantar escombros demasiado pesados para remover y rescatar personas que se encuentren atrapadas en ellos. Tampoco es posible emplear equipo pesado apto para este tipo de funciones, porque este no puede acercarse lo suficiente a los lugares requeridos debido a la obstrucción de materiales que impiden su paso. De otra parte, el uso de equipo pesado podría desestabilizar la estructura, colocando en mayor riesgo las vidas de los rescatadores y de las víctimas enterradas en los escombros; asimismo, la remoción de estructuras puede liberar gases tóxicos, peligrosos para la vida humana. Por las anteriores razones, solo es posible remover cemento pulverizado, vidrios, muebles y otros escombros, en forma manual o con elementos sencillos.

#### 3.2. Perros de salvamento

Por sus atributos sensoriales, superiores a los humanos e incluso a las soluciones tecnológicas, los perros son utilizados en diversas situaciones de la vida cotidiana: guardia y defensa controlada, cacería, cobro de piezas, pastoreo, correo, apoyo de personas con discapacidades y, por supuesto, búsqueda y rescate en situaciones de emergencia. Hace cuatro siglos los monjes del Hospicio del Gran San Bernardo fueron los primeros que emplearon perros en tareas de salvamento, con el objeto de localizar las personas que se extraviaban en la zona (Cortés, 2002).

La especialidad de rescate canino en catástrofes consiste en el empleo de perros bien entrenados para la búsqueda de personas sepultadas en derrumbes causados por explosiones, terremotos, fallos estructurales, atentados terroristas, bajo nieve o extraviadas en el monte. Así, un perro es capaz de hacer la labor de muchas personas en poco tiempo, porque además de sus características

<sup>1</sup> Solución diluida de ácido clorhídrico y de ácido sulfúrico.

físicas, agilidad y resistencia, posee los siguientes sentidos, mejor desarrollados que los humanos:

- *Olfato*: empleando este sentido, el perro realiza la búsqueda y señala la localización de la víctima por medio de ladridos; él puede percibir sustancias inoloras para el hombre como la quinina<sup>1</sup>, y detectar olores orgánicos como orina, sangre, sudor y cabello<sup>2</sup>.
- *Oído*: este sentido tiene un umbral de frecuencia audible hasta 35 kHz (rango ultrasónico), superior al de los seres humanos.
- *Visión*: la vista periférica de los perros es por lo menos 60° mayor que la humana; así, cubre casi todo el horizonte aunque manejan solo dos dimensiones (alto y ancho, sin profundidad). Por su relación de células fotosensibles, prácticamente no perciben colores, pero aprovechan mejor la penumbra.

Además de las capacidades físicas y psicológicas del perro, también contribuyen a su buen desempeño sus condiciones síquicas: disposición, interés por el trabajo a realizar, motivación y energía para servir, entre otros. Sin embargo, a pesar del entrenamiento, en algunos casos la sensibilidad canina puede ser afectada por condiciones resultantes de variables como temperatura, humedad, sustancias químicas presentes, ruido de sirenas o cantidad de humo, que conducen a reacciones con signos de agresividad y miedo; en consecuencia, su temperamento y relación con el guía no son estables, haciendo que la adaptación y respuesta ante un siniestro no sean siempre correctos y predecibles.

A diferencia de los productos tecnológicos, el perro es un ser vivo y, por tanto, debe considerarse como una clase especial; no es infalible y existen varios factores que lo afectan y limitan su capacidad, incluyendo las características de su adiestrador y/o acompañante en las labores de rescate; estas personas deben estar en buena condición física y poseer un carácter tranquilo, pero también emprendedor y enérgico, pues su actitud general de alerta influye en las acciones de un perro de

salvamento, cuya capacidad de comprensión de aquello que se quiere de él cambia de uno a otro.

### 3.3. Productos tecnológicos disponibles

A pesar de disponerse de equipos USAR que actúan cada vez con mayor rapidez, la pérdida de vidas en catástrofes sigue siendo inevitable; por las características de los escenarios, los integrantes de bloques de búsqueda y rescate continúan exponiendo sus vidas a grandes riesgos, con el ánimo de salvar víctimas: explosiones inesperadas, fugas de gases tóxicos o desestabilización de terreno y estructuras, entre otros; por esto, los avances tecnológicos apuntan hacia el mejoramiento de las tareas de salvamento: equipos capaces de penetrar un incendio sin afectarse por el fuego o humo; luego de un sismo, equipos con posibilidad de abrirse paso entre escombros, avanzar entre ellos y ser capaces de localizar personas atrapadas y rescatarlas sin correr demasiado peligro. Los avances de la robótica permiten el desarrollo de robots con las características necesarias para penetrar en este tipo de escenarios sin sufrir daños ni arriesgar vidas humanas (Barajas, 1994).

#### 3.3.1. Sistemas satelitales.

Los satélites de Inmarsat III cuentan con un sistema SAR a bordo; el sistema Cospas-Sarsat<sup>3</sup> es actualmente el máximo exponente en aplicaciones de búsqueda y rescate. Consiste en una constelación de satélites con cobertura global dispuestos en una

<sup>2</sup> El cuerpo humano vivo produce permanentemente productos volátiles (más livianos que el aire) como monóxido y dióxido de carbono, sulfato de hidrógeno, metano, nitrógeno, acetona, amoníaco y otros gases, por las vías respiratorias, digestivas o dérmicas; ellos no pueden ser detectados por el olfato humano. Por su parte, en principio los cuerpos muertos huelen igual a los vivos pero con el tiempo, dependiendo de las condiciones ambientales, la descomposición exagera los olores con una mayor producción de los gases mencionados.

<sup>3</sup> Este sistema nace de la unión Sarsat (Search and Rescue Satellite-Aided Tracking) y su homólogo soviético COSPAS (Acrónimo ruso de Sistema Espacial para la Búsqueda de Buques en Peligro).

órbita polar, y una red de estaciones terrestres que envían señales de alerta o información de localización a las autoridades pertinentes en tierra, mar o aire; así, la localización geográfica de los accidentes y otros datos conexos son transmitidos al centro de coordinación de rescates más apropiado. La velocidad y precisión de la comunicación incrementa en forma significativa la probabilidad de supervivencia de las víctimas que el siniestro haya generado.

### 3.3.2. Sensores.

El avance de la electrónica y la automatización industrial han hecho que en la actualidad se

disponga de herramientas especializadas en prolongar y mejorar los órganos de los sentidos humanos, facilitando las acciones de búsqueda y rescate en operaciones de emergencia. Por ejemplo, el localizador acústico de personas atrapadas (TPL) es un instrumento electrónico de búsqueda dotado con sensores acústicos y sísmicos (figura 3); es utilizado para localizar personas atrapadas entre escombros mediante la detección y amplificación de sonidos como golpes secos, gritos, quejidos o rasguños; proporciona también la capacidad de comunicación con la persona atrapada<sup>4</sup>.



**Figura 3.** Localizador acústico de personas atrapadas



**Figura 4.** Cámara de búsqueda



**Figura 5.** Detectores de gases

Las cámaras de búsqueda (*search cam*) son equipos de apoyo para socorristas. El operario principal de la cámara desarrolla el protocolo principal de búsqueda; también existe un operario auxiliar que ayuda en el montaje del equipo y en el desplazamiento por la zona de escombros. Las perforaciones a explorar deben tener una profundidad mínima de 20 cm, para permitir que la articulación entre de manera completa entre los escombros<sup>5</sup> (Shah y Choset, 2003).

Los detectores de gases (figura 5) son equipos especializados con la facultad de captar el grado de concentración de gases peligrosos en atmósferas de alta vulnerabilidad. Algunos ejemplos de aplicación son: la detección de ácido sulfhídrico,

de vital importancia en zonas afectadas por erupciones volcánicas; la concentración de oxígeno en la atmósfera, que permite determinar si ella es respirable (21% de concentración) o explosiva (16%); la detección de monóxido y dióxido de carbono, comunes en los gases de escape de motores de combustión interna; la identificación de metano, común en lugares en los cuales se descomponen sustancias orgánicas.

<sup>4</sup> Modelo israelí TPL 310B.

<sup>5</sup> Modelo 1000c.

La cámara térmica es un instrumento electrónico que mide la emisión de energía infrarroja de cualquier objeto con temperatura superior al cero absoluto, y aprovecha que esta energía viaja en todas las direcciones a la velocidad de la luz. Los bomberos usan este tipo de cámaras para orientarse en zonas de baja visibilidad y localizar personas y animales atrapados, difícilmente visibles por la densidad del humo (figura 6).

**Figura 6.** Uso de la cámara en cortinas de humo



### 3.3.3. Robots.

La robótica aplicada a la búsqueda y rescate es un campo de investigación amplio y activo para la academia y la industria de hoy; los robots tienden a ser ideales para trabajar en ambientes peligrosos para la vida humana; a continuación se presentan los avances en robots desarrollados para este tipo de funciones.

#### 3.3.3.1. Investigación académica.

Los grandes desarrollos en el contexto académico provienen de Estados Unidos, Japón y Europa; a continuación se citan algunos de los más avanzados.

- Crasar (Center for Robot-Assisted Search and Rescue): ubicado en la Universidad del Sur de Florida, desarrollan quizá el proyecto más avanzado en el campo; su objetivo es ayudar a los grupos de rescate en los lugares de difícil acceso y poder explorar y ubicar víctimas

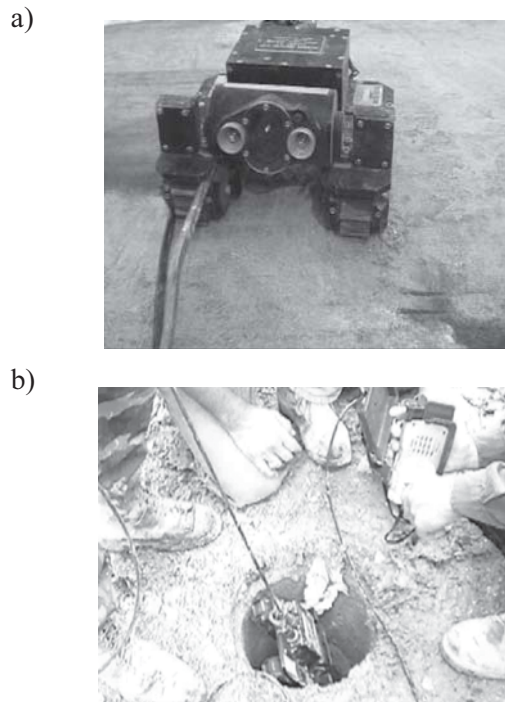
**Figura 7.** Robot *Packbot* en el World Trade Center



(Casper, 2002). Su robot (figura 7) fue utilizado en actividades de búsqueda y rescate durante el atentado del 11 de septiembre en el World Trade Center (Crasar, 1999); para detección del calor humano usa diferentes sensores de distancia, cámara de video y de infrarrojos; está equipado con un sensor para medir la cantidad de oxígeno en la sangre ( $SpO_2$ ) y detectar si la víctima está viva; es operado por un ser humano, quien toma las decisiones de movimiento y operación.

Otro de los proyectos de la Universidad del Sur de Florida, también utilizado en el rescate de víctimas del World Trade Center, investiga en robots que trabajan con sistemas marsupiales, guiados por programas especiales inteligentes, especialmente útiles por su capacidad de desplazamiento en zonas cubiertas de escombros. El robot “madre” libera a otros más pequeños, que se encargan de explorar zonas estrechas o inaccesibles por otros medios (Dallaert *et al.*, 2002)

**Figura 8.** Robots usados en el World Trade Center. a) robot marsupial; b) robot micro-VGTV<sup>6</sup>



**Figura 9:** Robot USV



Diseñados para mantener el equilibrio y deslizarse por todas partes, los robots pequeños pueden captar y transmitir información de lugares peligrosos o de difícil acceso para los seres humanos. En la tragedia del 11 de septiembre el robot “madre” no pudo ser llevado hasta la zona afectada debido al mal estado del terreno, pero los pequeños, del

tamaño de una caja de zapatos (figura 8), sí fueron desplegados. Los robots ayudaron a encontrar cinco víctimas y otros restos; este éxito relativo en un lugar tan desolado proporciona un nuevo impulso para seguir mejorando los aparatos y el concepto marsupial.

- UVS (*Utility Vehicle for Search*) de la Universidad de Kobe (Japón). Son robots pequeños, homogéneos y articulados (UVS Project, 1995), que pueden unirse para formar un robot mayor, con la posibilidad de desplazarse entre cualquier tipo de obstáculos (figura 9). La mayoría de los procesos de investigación de este grupo académico se concentran en el área de apoyo logístico de desastres después de terremotos (Shah y Choset, 2002).

**Figura 10.** Robot de cadena serpentina



Robot “Kohga”, de la Universidad de Tokio. El proyecto se encuentra en desarrollo; se trata de robots de cadena serpentina provistos con cámara y micrófono para la exploración de espacios pequeños en sitios del desastre; su diseño permite desarmarlos en varias partes para facilitar el transporte, pero su movilidad en el área del desastre está limitada por su misma topología (figura 10).

<sup>6</sup> Este robot pertenece al centro de investigación CRASAR; fue insertado en una tubería del sótano de una de las torres gemelas de New York.

### 3.3.3.2. Productos industriales.

Aunque diversas compañías comercializan robots móviles, sensores y productos electrónicos útiles para la búsqueda y rescate de víctimas (USAR), son pocas las que tienen robots disponibles comercialmente; por esta razón, la NASA y el Departamento de Defensa de los Estados Unidos mantienen actividades continuadas con varias universidades para desarrollar robots inteligentes con diferentes sensores. Los proyectos industriales más avanzados para USAR se describen a continuación.

**Figura 11.** Robot de iRobot



- *iRobot* (figura 11): Financiados por el gobierno estadounidense, desarrollan robots que reemplazan al hombre en varias intervenciones, demasiado peligrosas o realizables en sitios muy estrechos; el robot *Packbot* tiene cuerpo de aluminio y sensores como cámaras, micrófonos, láser, sonares y sensores de IR (iRobot, 2002).
- *Inuktun* (figura 12): en general, sus robots se usan en ambientes mojados o inundados; también pueden tener aplicaciones en búsquedas urbanas y aprovechar su capacidad de rescate.

**Figura 12** Robots de *Inuktun*



### 3.3.3.3. Robocup Rescue.

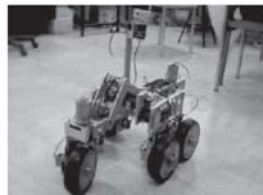
El desafío en el desarrollo de robots de rescate es aumentar el conocimiento necesario para el dominio de los procesos de búsqueda y rescate de víctimas; asimismo, realizar evaluaciones objetivas de las aplicaciones de la robótica en los ambientes representativos y promover la colaboración entre investigadores.

Los robots demuestran sus capacidades en términos de movilidad, percepción sensorial, planificación, cartografía y unión de operaciones prácticas, mientras buscan víctimas simuladas en los ambientes de una construcción (USAR Robocup Contest). La figura 13 muestra los tres robots premiados en el evento Robocup 2003; los ganadores están provistos de sensores de localización (GPS), sensores para el descubrimiento de víctimas y visión artificial.

**Figura 13.** Robots premiados en el evento Robocup 2003: a) robot de equipo checo; b) robot de equipo iraní; c) robot de equipo iraní



a)



b)



c)

#### 4. Actividades de rescate en el World Trade Center

Después de las 9:15 a.m. del 11 de septiembre de 2001, en la localización Ground Zero, el lugarteniente coronel John Blich<sup>7</sup> empezó a localizar un grupo de investigadores y fabricantes especialistas en robótica para organizar un grupo de rescate en la devastación de las denominadas Torres Gemelas. Entre los organismos reunidos de mayor importancia estaban: Crasar (*Center of Robot Assisted Search & Rescue*), Spawar, iRobot y Foster-Miller (Davids, 2002).

La tecnología combinada por estos grupos permitió que los equipos de rescate ubicaran más de 10 víctimas (más del 2% de las víctimas descubiertas). La tecnología utilizada por estos robots enlazó sistemas de comunicación potentes, de video infrarrojo, de posicionamiento global, de cartografía y sonar. La tabla 1 muestra detalles técnicos de los sistemas robóticos utilizados. Los investigadores presentes en este tipo de actividad afirman que uno de los principales éxitos de la labor desarrollada en la búsqueda de víctimas fue la aceptación de este tipo de tecnología por parte de los grupos de rescate.

**Tabla 1.** Robots empleados en Ground Zero

TEAM	ROBOT	CARACTERÍSTICAS
SPAWAR	Urbots	Robot operado remotamente con un <i>joy stick</i> y controlado de forma serial por medio de enlace RF.
Foster-Miller	Solem	Tiene una cámara a color para reconocimiento, una garra que usa para llevar a sus hijos hasta el lugar en donde se separan para remover escombros.
University of South Florida	Packbot	Tiene un sistema autónomo de localización y un sistema tipo oruga.
iRobot	ATRV2	Es un robot tipo marsupial cuya madre incorpora el programa de exploración. Los robots hijos están equipados con sistemas de RF para comunicación con víctimas, y con sensores de calor.
CRASAR	MicroVGTV	Sus dimensiones eran: 6 cm de alto, 16 cm de ancho y 31 cm de largo. Presentaba habilidad para superar escombros y obstáculos fácilmente.

Entre de las limitaciones encontradas en la utilización de los robots en las actividades de búsqueda en el World Trade Center están los tiempos perdidos por parte de los ingenieros civiles en determinar las características físicas de la zona colapsada y la inestabilidad de la estructura, y el exceso de ruido, que implicaron lecturas equivocadas de instrumentación electrónica y comunicaciones inalámbricas. Adicionalmente, las posibilidades de movilidad fueron limitadas; las grandes temperaturas presentadas en las estructuras colapsadas provocaron daño en tarjetas electrónicas, y se emplearon aplicaciones de software muy rígidas, con pocas posibilidades de implementación de nuevos dispositivos (Micire, 2002; Casper, 2002).

#### 5. El futuro tecnológico de la búsqueda y rescate de víctimas

La robótica es una ciencia que se desarrolla en forma vertiginosa; sus descubrimientos han permitido al hombre realizar tareas antes consideradas como difíciles o imposibles; por eso, diversos grupos de investigación desean desarrollar, a partir de los existentes, mejores robots para el desempeño de tareas de búsqueda y rescate.

<sup>7</sup> John Blich era el director del Center for Robotic-Assisted Search and Rescue (CRASAR) en Colorado.

Por ejemplo, un equipo de ingenieros de la Universidad del Estado de Michigan ha sido patrocinado por Darpa (*Defense Advanced Research Project Agency*) con US\$1,6 millones para diseñar micro-robots adaptables y reconfigurables para ser aplicados en tareas de recolección de información, detención de delincuentes, búsqueda de accidentados y rescate (Conacyt, 2000); los robots podrán moverse con rapidez y acercarse a las víctimas, penetrando por lugares insospechados; la idea es construirlos con un tamaño de menos de 5 cm y equiparlos con pequeñas cámaras, sensores térmicos e infrarrojos, micrófonos, etc.; los datos así captados serán esenciales para la toma de decisiones, cuando sea necesaria la intervención humana. El principal desarrollo de este sistema será en el área de *software*, pues se pretende que los robots tengan autonomía para actuar de manera coordinada frente a situaciones inesperadas.

En el futuro, los robots carecerán de cables y se guiarán solo por control remoto y subrutinas de inteligencia artificial en el mundo virtual; se espera desarrollar programas que permitan distinguir colores y formas, y con ello localizar más víctimas, vivas o muertas (Durrant-Whyte, 2002).

En Colombia, se realizan investigaciones aisladas para el apoyo a grupos de rescate en el desarrollo de los UAV (*Unmanned Autonomous Vehicles*) por grupos de investigación de la Universidad del Cauca (proyecto Efigenia<sup>8</sup>), la Universidad EAFIT (proyecto Colibrí<sup>9</sup>) y la Universidad Nacional de Colombia (proyecto UN-UMT); así mismo, el Grupo ROMA de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas ha realizado un primer acercamiento al Cuerpo Oficial del Bomberos de Bogotá para el

desarrollo del robot Flamebot, que detectará el foco de un incendio en etapa latente y soportará temperaturas hasta de 1.000 °C; el grupo también comienza acercamientos con el Sistema Nacional de Atención y Prevención de Desastres, para unificar criterios y realizar el primer desarrollo de un sistema USAR en el país.

## 6. Conclusiones

En la actualidad, no existen perceptores mecánicos, electrónicos o quimiotérmicos que superen la detección canina, no solo por su capacidad olfativa y de discriminación de sonidos sino por la velocidad empleada para descubrir víctimas sepultadas; así, su gran “intuición” se constituye en una virtud inexistente en aparatos y máquinas, resultado de la sumatoria de sus receptores, la fineza de sus sentidos, pero especialmente de la voluntad y/o la obstinación canina generada por caprichos o afectos.

No obstante, investigaciones culminadas y en ejecución demuestran que el desarrollo tecnológico, en especial en el área de la robótica, es y será una importante herramienta en casos en que los límites de la fisiología humana se constituyen en obstáculo para tareas de búsqueda y rescate de personas en siniestros.

En las más importantes universidades, diferentes grupos de investigación llevan a cabo arduas investigaciones en robótica e inteligencia artificial, pretendiendo que el robot se asemeje cada vez más al hombre; sin embargo, no puede olvidarse que los robots no son inteligentes ni obedecen órdenes humanas, sino máquinas programadas para realizar determinadas tareas y, por tanto, con limitaciones infranqueables.



<sup>8</sup> Proyecto Efigenia. En: <http://www.control-systems.net/recursos/articulos/001.htm>

<sup>9</sup> Proyecto Colibrí. En: <http://www.control-systems.net/colibri/index.htm>

## Referencias bibliográficas

- [1] BARAJAS, O. (1994). "Búsqueda y rescate con tecnología". Revista de la Asociación de Ingenieros Mecánicos, Universidad Nacional de Colombia, 16: 10-12.
- [2] \_\_\_\_\_ (1998). *Programa de gestión de mantenimiento en operaciones de emergencia y crisis*. Bogotá, Cruz Roja Colombiana.
- [3] CASPER, J. (2002). *Human-robot interactions during the robot-assisted urban search and rescue response at the World Trade Center*. M. Sc. tesis, Computer Science and Engineering, USF, South Florida, mayo.
- [4] CONACYT. (2000). "Micro-robots contra el crimen y al rescate". Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología 1 (107), Bolivia.
- [5] CORTES, E. (2000). *Protocolos operativos nacionales de búsqueda y rescate*. En: Guía de actuación del alto gobierno en caso de un desastre súbito de carácter nacional. Directiva presidencial No. 005 Bogotá, Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres.
- [6] \_\_\_\_\_ (2002). *¿Por qué usar perros en búsqueda y rescate?* En: <http://www.voraus.com/v2/modules/wfsection> [citada el 27 de abril].
- [7] DALLAERT, F.; M. BALCH y R. KAESS (2002). *The Georgia tech yellow jackets: a marsupial team for urban search and rescue*, In *Proc. of AAAI Mobile Robot Competition & Exhibition Workshop*, Technical Report WS-02-18, AAAI Press, pp. 44-52.
- [8] DAVIDS, A. (2002). *Urban search and rescue robots: from tragedy to technology*. IEEE Intelligent Systems, marzo-abril, pp 81-83.
- [9] DPAE (2003). Bogotá y sus amenazas. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, Bogotá D.C.
- [10] DURRANT-WHYTE, H. (2002). *Introduction to sensor data fusion*. Lessons, Australian Centre for field robotics. University of Sydney.
- [11] JID (2001). *Guía de la Junta Interamericana de Defensa sobre programas de búsqueda y rescate a nivel internacional*. Asamblea de la Junta Interamericana de Defensa - JID, 1202, noviembre.
- [12] MATTHIES, L.; Y. XIONG y R. HOGG (2000). *A portable, autonomous, urban reconnaissance robot*. The 6<sup>th</sup> International Conference on Intelligent Autonomous Systems. Venice, Italy.
- [13] MICIRE, M. (2002). *Analysis of robotic-assisted search and rescue response to the World Trade disaster*. M.S. Thesis, University of South Florida, julio.
- [14] MURPHY, R. (1997). *Intelligent sensor fusion for the 1997 AAAI Mobile Robot Competition*. AAAI/IAAI, pp 795-795.
- [15] \_\_\_\_\_ et al. (2000). *Mobility and sensing demands in USAR* (invited), IECON 2000, Nagoya, Japan.
- [16] MURPHY, R. (2004). *Rescue Robotics for H*, Communications of the ACM. Vol 47, No. 3, march
- [17] SIEGWART, R. e I. NOURBAKHSI (2002). *Introduction to Autonomous Mobile Robotics*. EPFL & CMU, Lausanne, Pittsburgh.
- [18] SHAH, B. y H. CHOSSET (2003). *Survey on Urban Search and Rescue Robotics*. Scientific Report, Carnegie Mellon University, Pittsburgh.

## Infografía

- [19] [www.rescate.com/wtc.html](http://www.rescate.com/wtc.html)
- [20] <http://crasar.csee.usf.edu/> (homepage CRASAR )
- [21] <http://crasar.eng.usf.edu/MainFiles/index.asp> (homepage CRASAR Project)
- [22] <http://www.r.cs.kobe-u.ac.jp/uvs/> (homepage UVS Project (Japan))
- [23] <http://www.titech.ac.jp/publications/e/publications.html> (homepage Tokyo University)
- [24] <http://www.irobot.com/> (homepage iRobot)
- [25] <http://www.inuktun.com> (homepage Inuktun Compagny)
- [26] <http://robotarenas.nist.gov/competitions.htm> <http://www.r.cs.kobe-u.ac.jp/robocup-rescue/> (homepages USAR Robocup contest)
- [27] <http://robotics.jpl.nasa.gov/tasks/tmr/homepage.html> (homepage NASA urban robot)
- [28] [www.sciencenews.org](http://www.sciencenews.org)
- [29] [www.prevencionyseguiridad.org/](http://www.prevencionyseguiridad.org/)
- [30] [www.rescate.com/wtc.html](http://www.rescate.com/wtc.html)
- [31] [www.rescates\\_especiales.html](http://www.rescates_especiales.html)
- [32] [www.nasar.org](http://www.nasar.org) (National association for search and rescue, NASAR)