

FECHA	29 de junio de 2008
-------	---------------------

NÚMERO RA	
PROGRAMA	TECNOLOGIA EN ELECTRONICA

AUTOR (ES)	BAEZ, Erick; HUERTAS, Alexander Y HERNANDEZ, Alejandro
TÍTULO	ROBOT HEXAPODO DETECTOR DE MINAS ANTIPERSONAL

PALABRAS CLAVES	Robot, Hexápodo, Detector, Explosivo, Motor, Articulación, Actuador, servomecanismo. Microcontrolador, Sensor, Bobina, Oscilador.
-----------------	---

DESCRIPCIÓN	Dentro de este trabajo encontraremos el desarrollo del proyecto para realizar un robot hexápodo, que tiene como función principal la detección de minas antipersonales terrestres, que permita ser parte de la solución que tenemos en nuestro país de minas sembradas por grupos ilegales. Se trata de un robot caminante con una cabeza sensora capaz de detectar y avisar de forma visual y sonora el hallazgo de objetos con contenido metálico enterrados en el suelo.
-------------	---

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS	ANGULO USATEGUI, José María, ROMERO YESA, Susana. ANGULO MARTINEZ, Ignacio. Introducción a la robótica. Editorial thomson. Madrid. 2005. 86p ANGULO USATEGUI, José María. Curso de Robótica. Ed. Paraninfo. Madrid. 1998. 68p. BARRIENTOS, Antonio. PEÑIN, Luis Alfonso Carlos Balaguer. ARACIL, Rafael (Fundamentos de Robótica. 2da edición. Editorial Mc Graw Hill. 2007. 93p. http://www.derechoshumanos.gov.co/index.php?newsecc=minas http://www.enconor.com/ http://www.iearobotics.com/personal/juan/proyectos/sheila/sheila.html http://www.icrc.org/WEB/SPA/sitespa0.nsf/htmlall http://www.imm.cnm.csic.es/RedBiosensores/index.html
------------------------	---

<http://www.microbotica.es/web/artic.htm>

<http://www.minproteccionsocial.gov.co/discapacidad/minas.html>

<http://triton.uniandes.edu.co:5050/dspace>

<http://www.xbot.es/webs/robotika/phobos.htm>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN
(ICONTEC). Norma colombiana para la presentación de trabajos de
investigación. Quinta actualización. Bogotá. 2002. 34p

CONTENIDOS

Al diseñar y construir un robot, las patas son el mecanismo más complejo, por su diseño y control, pero a su vez brinda una ventaja potencial en aquellas zonas donde los vehículos con ruedas no se pueden movilizar. El hexápodo además requiere de mayor coordinación, para tan fin en el modelo que se proyecta construir no habrá completa independencia en el movimiento de cada pata, sino que de acuerdo al desarrollo del modelo las patas se unen por software, de tal manera que mientras un grupo de patas se levanta y avanza, el otro grupo retrocede y baja, con lo que es como si solo hubiese tres patas. Esta propiedad presenta mayor estabilidad y si falla la electrónica o el servo en una pata, el robot con alguna dificultad podrá seguir desplazándose.

El proyecto consta de tres etapas, la primera es la prueba de una las tres extremidades del autómatas, al finalizar esta se tendrá claridad sobre: los servomecanismos a utilizar y el grado de libertad del movimiento de cada pata. Una vez obtenido el mecanismo de la extremidad solo basta hacer una copia totalmente simétrica para las demás y realizar el diseño del chasis que unirá las seis extremidades.

En la segunda etapa se realizará la estructura y el ensamble mecánico del robot en aluminio perforado, que de acuerdo a los requerimientos y necesidades presentadas por el proyecto, es un material que consideramos óptimo por ser liviano y fuerte.

Para la tercera etapa se trabajará en el diseño electrónico y de software que se basa en una estructura de microcontroladores PIC que recolectan datos de los sensores de movimiento de cada pata y del patrón de navegación del robot, que consiste en caminar de frente en línea recta siempre que no encuentre obstáculos.

En la etapa final se instalará un sensor de proximidad inductivo que determinará el hallazgo de un objeto metálico y al momento de hacerlo se activará una señal luminosa y una señal sonora en el robot, para proceder a comprobar el hallazgo de la mina antipersonal.

OBJETIVOS

Diseñar y construir un robot hexápodo, que permita la detección de minas antipersonales terrestres por medio de un sensor de proximidad.

1.4.2 Objetivos específicos. Dentro de los objetivos particulares del proyecto podemos encontrar los siguientes.

- ✓ Diseñar estructuras mecánicas poli articuladas, capaces de posicionar de manera eficiente el sistema del robot.
- ✓ Estudiar y buscar sistemas mecánicos de servo control (minimización del tamaño, peso y costo, frente a optimización del control en el sentido de fuerza ejercida y reducción del error).
- ✓ Diseñar la electrónica de control y de los interfaces (estructuras digitales para el mantenimiento de las señales de posicionamiento y elección de dispositivos de entrada/salida para el control desde el software).
- ✓ Programar sistemas software estructurados en niveles de abstracción, capaces de planificar eficientemente movimientos complejos del robot (arquitecturas reactivas frente a arquitecturas jerarquizadas).
- ✓ Encontrar el interfaz adecuado para el manejo del robot por el usuario (facilidad de uso frente a potencia).
- ✓ Determinar de manera eficiente el sensor óptimo a utilizar para la eficaz detección de las minas terrestres.

ROBOT HEXAPODO DETECTOR DE MINAS ANTIPERSONAL



ERICK ALEXANDER BAEZ RODRIGUEZ
ALEXANDER HUERTAS GUAQUETA
NORMAN ALEJANDRO HERNANDEZ

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
TECNOLOGIA EN ELECTRONICA
PROYECTO DE GRADO
BOGOTA D.C
2008

ROBOT HEXAPODO DETECTOR DE MINAS ANTIPERSONAL

ERICK ALEXANDER BAEZ RODRIGUEZ
ALEXANDER HUERTAS GUAQUETA
NORMAN ALEJANDRO HERNANDEZ

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE TECNOLOGO EN
ELECTRONICA

ASESOR
NESTOR PENAGOS
INGENIERO ELECTRONICO

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
TECNOLOGIA EN ELECTRONICA
PROYECTO DE GRADO
BOGOTA D.C
2008

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Santafé de Bogotá, 14 de mayo de 2008

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.3. JUSTIFICACIÓN	12
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	14
1.4.1. Objetivo General	14
1.4.2. Objetivos Específicos	14
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	14
1.5.1 Alcances	14
1.5.2 Limitaciones	15
2. MARCO DE REFERENCIA	16
2.1 MARCO TEÓRICO	16
2.1.1 Robots poli articulados	16
2.1.2 Robots móviles	17
2.1.3 Robots Androides	17
2.1.4 Robots zoomórficos	18
2.1.5 Robots Híbridos	19
2.1.6 Estructura o manipulador	19
2.1.7 Controlador	20

2.1.8	Dispositivos de entrada y salida	20
2.1.9	Actuadores	20
2.1.10	Servomecanismo	21
2.1.11	Sensores	21
2.1.12	Sistema controlador	21
2.2	MARCO LEGAL O NORMATIVO	22
3.	TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION	24
4.	DESARROLLO DEL PROYECTO	29
4.1	DISEÑO DEL PROYECTO	29
4.1.1	Diseño mecánico	30
4.1.2	Diseño electrónico	32
4.1.3	Diseño del software	32
4.1.4	Navegación	34
4.1.5	Autonomía	34
5.	CONCLUSIONES	36
6.	RECOMENDACIONES	37
	BIBLIOGRAFÍA	38
	ANEXOS	39

INTRODUCCION

En estos últimos años el interés por los robots a crecido enormemente y ha habido una creciente propaganda de robots sobre diferentes aplicaciones que impactan, desde campeonatos de sumo-robot, jugadores de fútbol, rastreadores, hasta robots que intentan simular al hombre.

En la mayoría de los casos anteriores la investigación reside en el software y en la electrónica, y es ahí donde se invierten grandes sumas de dinero. El software evoluciona entre la inteligencia artificial, las redes neuronales, el control distribuido, etc. y la electrónica en conseguir dispositivos pequeños, mucho más rápidos, con una gran capacidad de cálculo. Un ejemplo se encuentra en los PCS domésticos, en donde de un año a otro se puede decir que un ordenador se ha quedado obsoleto.

Cuando la investigación anterior ha dado sus frutos hay que demostrar el avance conseguido, y es ahí donde en muchas ocasiones se elige la realización de un robot. Razones de esto pueden ser la innovación o la necesidad de crearlos para acciones específicas.

Hoy en día la robótica como disciplina ha crecido mucho y existe una gran cantidad de robots, cada uno de un estilo totalmente diferente al otro. Los típicos robots industriales son brazos mecánicos, muy pesados, con cierto número de grados de libertad y que se caracterizan por la versatilidad: pintan, sueldan, colocan piezas, etc. según el manipulador que se les enganche. Se utilizan en las plantas de montaje, haciendo trabajos repetitivos y que pueden ser peligrosos para los hombres.

Por otro lado, están los robots de investigación, que intentan aportar algo nuevo a la robótica: nuevos algoritmos más inteligentes, nuevas formas de movimiento, etc. Dentro de estos robots se puede hacer otra clasificación, agrupándolos en tres grandes familias: Robots humaniformes, robots tipo vehículo y robots que imitan animales.

Con la idea de buscar robots que puedan sustituir a los vehículos con ruedas, de manera que puedan moverse por superficies donde éstos no pueden, ingenieros y científicos están imitando animales, que se encuentran muy bien adaptados al medio en el que viven. Esta idea de imitar a la naturaleza es una fuente de inspiración muy fuerte para los técnicos. El problema es que los animales son tan tremendamente complejos que el hombre sólo puede hacer burdas imitaciones, de momento. Qué más quisieran los ingenieros de la Nasa que crear un vehículo de exploración que fuese un "mono robot" y que pudiese realizar sus mismos movimientos.

Los robots con patas intentan heredar las características de sus animales replicados. En la práctica son lentos y bastante torpes, como si fuesen crías recién nacidas. Conseguir movimiento con patas no es una tarea trivial. La coordinación entre las diferentes articulaciones es un problema que todavía no está resuelto de una forma elegante.

Según el número de patas del robot, se pueden denominar cuadrúpedos, hexápodos, octópodos, etc. Los robots hexápodos tienen sólo dos patas más que los cuadrúpedos pero son radicalmente opuestos a estos. Por tener mayor número de patas son mucho más estables, e intentan imitar diferentes insectos, como cucarachas u hormigas, que en sus movimientos son más firmes y logran esquivar obstáculos con gran facilidad.

Al diseñar y construir un robot, las patas son el mecanismo más complejo, por su diseño y control, pero a su vez brinda una ventaja potencial en aquellas zonas donde los vehículos con ruedas no se pueden movilizar. El hexápodo además requiere de mayor coordinación, para tan fin en el modelo que se proyecta construir no habrá completa independencia en el movimiento de cada pata, sino que de acuerdo al desarrollo del modelo las patas se unen por software, de tal manera que mientras un grupo de patas se levanta y avanza, el otro grupo retrocede y baja, con lo que es como si solo hubiese tres patas. Esta propiedad presenta mayor estabilidad y si falla la electrónica o el servo en una pata, el robot con alguna dificultad podrá seguir desplazándose.

El proyecto consta de tres etapas, la primera es la prueba de una las tres extremidades del autómatas, al finalizar esta se tendrá claridad sobre: los servomecanismos a utilizar y el grado de libertad del movimiento de cada pata. Una vez obtenido el mecanismo de la extremidad solo basta hacer una copia totalmente simétrica para las demás y realizar el diseño del chasis que unirá las seis extremidades.

En la segunda etapa se realizará la estructura y el ensamble mecánico del robot en aluminio perforado, que de acuerdo a los requerimientos y necesidades presentadas por el proyecto, es un material que consideramos óptimo por ser liviano y fuerte.

Para la tercera etapa se trabajará en el diseño electrónico y de software que se basa en una estructura de microcontroladores PIC que recolectan datos de los sensores de movimiento de cada pata y del patrón de navegación del robot, que consiste en caminar de frente en línea recta siempre que no encuentre obstáculos.

En la etapa final se instalará un sensor de proximidad inductivo que determinará el hallazgo de un objeto metálico y al momento de hacerlo se activará una señal

luminosa y una señal sonora en el robot, para proceder a comprobar el hallazgo de la mina antipersonal.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Nadie sabe exactamente cuántas minas antipersonales yacen en los campos y ciudades del mundo, pero la ONU señala que más de 80 países están afectados. Las minas antipersonal no hacen "distinción" entre soldados y personas civiles. Matan o mutilan a un niño que juega al fútbol con la misma facilidad que a un soldado que patrulla.

Las minas antipersonales tienen en su interior puntillas, balines, pedazos de lata, vidrios combinados con excrementos, ácidos o venenos para infectar o envenenar a las víctimas. Tienen diferentes formas, colores y tamaños, pueden estar fabricadas con madera, hierro, metal o plástico.

Figura 1. Mina antipersonal terrestre.



El propósito de estas armas es matar o, más a menudo, discapacitar de por vida a las víctimas. Están específicamente hechas para destrozar miembros y vidas sin posibilidad de reparación.

"Las minas no tienen lugar en el mundo civilizado", advirtió el secretario general de Naciones Unidas (ONU), Kofi Annan, en un mensaje con motivo de la conmemoración del primer Día Internacional de la Lucha contra las Minas¹.

¹ BBC MUNDO. Noticia internacional [en línea].

http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/international/newsid_4875000/4875126.stm [Citado el 12 mayo de 2008]

Si bien el número de víctimas de minas antipersonales ha caído en la última década, la ONU estima que cada año estos explosivos matan o mutilan entre 15.000 y 20.000 personas, un quinto de ellas niños.

Figura 2. Víctimas mutiladas por acción de las minas antipersonales.



Gran parte del progreso se debe a la entrada en vigencia en 1997 de la Convención de Ottawa, que prohíbe el uso, producción, almacenamiento y transferencia de minas antipersonales.

"Habiendo sido tan eficientes en la colocación de minas, debemos ahora serlo en su destrucción. Cada mina desactivada puede significar una vida salvada", señaló Annan.

Una de las respuestas a la plaga de las minas, es el desminado. Pero la tarea es ardua, dado que los sistemas existentes se mantienen a la zaga de los avances con que cuentan los nuevos modelos de minas y se diferencian poco de los desarrollados durante la década de los cuarenta. Además, las técnicas que se utilizan están concebidas esencialmente para la finalidad militar de abrir brechas, esto es, para despejar una franja de terreno que permita el paso de vehículos y personas en un momento determinado, en tanto que abrir brechas supone despejar un 10% de la zona afectada, una limpieza completa, que permita la actividad normal de la población civil, significa remover el 100% de las minas.

Llevar a cabo esta labor de una manera eficaz exige primero localizar las minas y, si es posible, identificarlas. Los partes de hospitales y clínicas, las indicaciones que proporcionan los habitantes o las organizaciones de cooperación pueden ser de gran ayuda, pero especialmente valiosos son los datos que puedan facilitar las partes en conflicto sobre la ubicación de los campos de minas. Sin una información correcta y precisa, la tarea puede ser larga y penosa. De aquí que los mapas y registros tengan tanta importancia, aun cuando hayan de tenerse en

cuenta las condiciones climáticas que pudieran haber variado la posición de las minas, como lluvias torrenciales, inundaciones, tormentas de arena, etc.

Pero una cosa es presumir dónde están las minas y otra, encontrarlas. Para este propósito se utilizan actualmente medios rudimentarios como el bastón buscaminas, el detector de metales o los perros adiestrados (ver Tabla 1). Sin embargo, ninguno es totalmente fiable.

Tabla 1. Sistemas utilizados para localizar minas terrestres.

SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN DE MINAS		
Medio	Funcionamiento	Inconvenientes
SONDEO	Se lleva a cabo mediante un bastón buscaminas de más de 1 m de largo que se introduce con cuidado en el suelo, con una inclinación de unos 30°. Esencialmente se trata de tentar la mina, para identificar su posición.	De gran fiabilidad, según los expertos, pero muy lento y peligroso. Ineficaz cuando las minas son pequeñas, están enterradas a bastante profundidad, cuando están camufladas entre piedras o cuando contienen dispositivos anti remoción muy sensible.
DETECTOR	Reconoce en el terreno los cambios del campo magnético.	Ineficaz ante minas con escasos componentes metálicos. Poco eficaz con minas activadas por control remoto, o con minas a tracción.
PERRO	Identifica los compuestos nítricos que contienen los explosivos.	Fiabilidad relativa según el grado de cansancio del perro y la existencia de otros olores. El animal corre un alto riesgo de activar la mina y sufrir las consecuencias.

La investigación para conseguir sistemas más eficaces ha llevado en los últimos años a mejorar la sensibilidad de los detectores de metales, con el fin de que sean capaces de percibir el mínimo contenido metálico de las minas de plástico. Sin embargo, esa mejora entorpece los trabajos cuando se trata de suelos ricos en hierro.

También se han fabricado aparatos que registran los cambios de la constante dieléctrica en el suelo, pero producen un gran número de falsas alarmas si se

utilizan en una zona donde la composición del terreno es muy variada (como en las Islas Malvinas). Otros procedimientos incluyen avances tecnológicos como los rayos infrarrojos o el radar de microondas. No obstante, todavía no se ha conseguido ningún instrumento totalmente eficaz y fiable.

Tampoco se ha avanzado mucho en la neutralización de las minas (ver tabla 2). En este ámbito resulta aun más obvia la finalidad bélica, cuya eficacia depende en gran medida de la rapidez. En aras de esa rapidez se prescinde de otras consideraciones como las futuras consecuencias de minas que no han explotado, en el caso de los medios mecánicos de remoción, o los daños ambientales que provoca la destrucción masiva con explosivos.

Tabla 2. Sistemas utilizados en la neutralización de minas terrestres.

SISTEMAS DE NEUTRALIZACIÓN DE MINAS				
Forma	Método		Funcionamiento	Inconvenientes
Individual	Desactivación y remoción		Desactivación in situ, y posterior traslado.	Lento y arriesgado. Requiere de un especialista.
	Destrucción		Destrucción in situ, generalmente mediante una pequeña carga explosiva.	Lento. Más seguro que la desactivación y remoción, pero más costoso.
Masiva	Medios mecánicos	Apisonado	Mediante vehículos especiales provistos de un rodillo que va apisonando el terreno.	Desgaste del rodillo. Poco eficaz en terreno irregular, blando o de densa vegetación. Limpieza parcial.

		Golpeo	Mediante vehículos especiales provistos de cadenas que, montadas sobre un tambor giratorio, golpean el suelo.	Desgaste de las cadenas. Poco eficaz en terreno irregular. Riesgo hundir más las minas. Limpieza parcial.
		Remoción	Mediante vehículos especiales provistos de una hoja dentada que remueve el terreno, desplazando tierra y minas a los lados.	Las minas no explotan, excepto las que llevan dispositivos anti remoción. Lentitud. Limpieza parcial.
	Explosivos	Cargas alargadas	Largos tubos rellenos de cargas explosivas que se colocan sobre el terreno.	Difícil colocación exacta. Costoso. Daños ambientales. Limpieza parcial.
		Gases	Contenidos en granadas-cohete que se disparan sobre la zona.	Efecto supeditado a la altura de la explosión y a la composición del gas. Daños ambientales. Limpieza parcial.
	Fuego		Incendio controlado de la zona.	Útil en campos de minas esparcibles, con densa vegetación. Limpieza parcial.

En consecuencia, para el desminado completo se utilizan por lo general los métodos más lentos, aquellos que neutralizan las minas una a una. Y en muchos

casos, se opta por la alternativa más económica, pero más arriesgada: desactivar la mina y trasladarla para su posterior destrucción.

Una investigación vanguardista pertenece al grupo del profesor Víctor de Lorenzo, del Centro Nacional de Biotecnología (CSIC) de Madrid España, quienes trabajan desde hace años en el campo de la Bioremedación², una rama de la investigación que persigue el uso de bacterias con fines medioambientales y cuyos beneficios se han visto recientemente en la limpieza de los restos del hundido barco Prestige.

Uno de sus proyectos más ambiciosos persigue la solución para un problema tan grave como el de la mina antipersonal. La eliminación de las más de diez millones de minas sembradas en más de 80 países supondría, por los medios tradicionales, un costo de más de 60.000 millones de dólares y miles de años de trabajo.

El equipo está trabajando en el desarrollo de biosensores que detectan contaminantes, basados en bacterias que emiten luz. De momento han hallado una proteína que reconoce uno de los componentes más frecuente de las minas antipersonal y se ha unido a un sistema de emisión de luz proveniente de los genes de la medusa.

Una vez desarrollado, el sistema de detección sería tan sencillo como introducir una cepa con miles de bacterias transgénicas en el interior de cápsulas que se arrojarían sobre el campo en cuestión. Dentro de estas cápsulas habrían sido inoculados los genes responsables de la fluorescencia de las medusas, manipuladas para su reacción ante la presencia de explosivos. Al deshacerse la cápsula, si existiera material explosivo cercano, las bacterias se iluminarían delatando la presencia del explosivo. De esta forma, decenas de puntos luminosos revelarían la posición de cada una de las minas, creando un mapa de luz que permitiría desactivarlas fácilmente.

Figura 3. Cápsulas con biosensores para la detección de minas.



² LYCOS. Noticias [En línea].

http://pobladores.lycos.es/channels/gente_y_ciudades/Fogonazos/news/view/22332 [Consultado el 22 de mayo 2008]

En cuanto a la aplicación específica que pretendemos desarrollar para el robot encontramos varios prototipos con diferentes con diferentes grados de tecnología aplicada y varias funciones desarrolladas, es el caso del el robot caminante diseñado por el INSTITUTO DE AUTOMÁTICA INDUSTRIAL (IAI) de España que consiste en mostrar una simulación del trabajo desarrollado por un vehículo robotizado capaz de transportar determinados manipuladores por terrenos irregulares³. Dispone de un DGPS (Differential Global Positioning System) que le proporciona su posición y le permite realizar un seguimiento de una trayectoria. En este caso va provisto de un manipulador que porta el detector de minas y realiza la exploración del terreno.

Figura 4. Robot SILO 6 detector de minas.



En el contexto nacional encontramos un excelente trabajo realizado por el grupo de investigación de Sistemas Inteligentes, Robótica y Percepción (Sirp) de la Universidad Javeriana que desarrolló el proyecto Úrsula⁴, un robot capaz de entrar en terreno de alto riesgo para identificar la presencia de minas anti persona.

El robot de 55 centímetros de ancho, 70 centímetros de largo y 22 centímetros de alto, es un carro que cuenta con seis ruedas que le permiten desplazarse a 40 centímetros por segundo. Tiene una cámara que refleja el terreno a la persona que lo maneja a distancia y un detector de metales capaz de identificar diferentes componentes que se encuentren enterrados en un promedio de 15 centímetros.

Adicionalmente, Úrsula posee un brazo de dos grados de libertad en la parte delantera que cumple la función de bastón de ciego, pues realiza un

³ INSTITUTO DE AUTOMÁTICA INDUSTRIAL. Proyectos [En línea].http://www.iai.csic.es/asp/bus_proyectos.asp [Consultado el 24 de septiembre de 2007]

⁴ UNIVERSIA COLOMBIA. Noticias-noticia del día [En línea]. <http://www.universia.net.co/noticias/noticia-del-dia/robot-contra-minas-antipersona.html>[Consultado el 10 de Agosto de 2007]

desplazamiento en arco a forma de barrido de izquierda a derecha permitiéndole al robot examinar el terreno. También puede soportar 100 kilos de peso, lo cual le permitiría a un hombre desplazarse sobre el robot y rescatar a un niño que haya sido víctima de una mina.

La idea del grupo Sirp es mejorar la primera versión del robot Úrsula y para esto trabajan actualmente, con el apoyo de Colciencias, un segundo proyecto llamado Amaranta. Esta segunda versión del robot espera reducir el peso de 70 kilos que tiene Úrsula a no más de 15 kilos, así como la adaptación a cualquier tipo de territorio altamente accidentado, con el fin de poder desempeñar más labores aparte de la identificación de minas, como por ejemplo recorrer terrenos después de desastres naturales e identificar sobrevivientes.

Figura 5. Robot Úrsula detector de minas en Colombia.



1.2 DESCRIPCION Y FORMULACION DEL PROBLEMA

Las minas anti personas de tipo terrestres tienen como objetivo, indiscriminado, la muerte o mutilación de la persona que provoque su explosión. No sólo se emplean en tiempos de guerra, sino que su disposición en determinados territorios cumple la misión de elemento disuasorio frente a posibles transgresiones territoriales.

Hoy por hoy hay minas en prácticamente todo el territorio colombiano; 627 municipios de 31 departamentos tienen la amenaza de esos artefactos⁵, sembrados por los grupos armados ilegales. Como posible solución al problema de mutilación y muerte por causa de las minas antipersonales sembradas en el

⁵ EMISORA DEL EJÉRCITO NACIONAL. Noticias [En línea].
///www.emisoraejercito.mil.co/index.php?idcategoria=596. [Consultado el 13 de mayo de 2008].

territorio de nuestro país, se propone un robot caminante hexápodo detector de minas terrestres. Las seis patas le confieren mejor estabilidad y le permiten desplazarse por terrenos irregulares. Al ir provisto de baterías de corriente continua, es autónomo.

El control es semiautónomo y la cabeza dispondrá de sensores de proximidad para detectar el suelo automáticamente. Será utilizado en terrenos rurales dentro del territorio colombiano y que tengan altas probabilidades de detección de minas antipersonales terrestres.

Por lo anterior y después de analizar los altos índices de mortalidad causados por las minas, surge la pregunta ¿Cómo crear un robot hexápodo detector de minas?

1.3 JUSTIFICACION

La infancia de al menos 68 países del mundo está hoy enmarcada por lo que se puede catalogar como la contaminación del medio ambiental más tóxica que existe: las minas terrestres colocadas en la tierra donde viven. Más de 110 millones de minas terrestres sin explotar permanecen ocultas en el mundo, esperando el momento que sean activadas por un inocente.

Colombia ocupa el primer lugar en el mundo en número de reportes de personas muertas y mutiladas por causa de las minas anti persona, le siguen Camboya y Afganistán. Desde 1990 hasta hoy hay un registro de 4.853 víctimas y cada año la cifra aumenta, según datos suministrados por el Observatorio de Minas de la Vicepresidencia de la República. Debido al fuerte conflicto existente en nuestro país se hace necesario poner a disposición de la sociedad, los conocimientos y la tecnología para ayudar a contrarrestar los efectos de la guerra en la población civil y especialmente en los niños, es esta la razón principal que motiva a desarrollar este proyecto, que busca disminuir el nefasto impacto que deja a nuestros campesinos la siembra de las minas terrestres.

El hexápodo es sin duda el más sencillo de todos para copiar el sistema de movimiento. Este sistema de tracción permite la ausencia de cualquier sistema adicional de equilibrio. Si esto es aplicado a los robots vemos que en todo momento el robot está sujeto por tres puntos, con lo cual será estable y hará que tres de sus patas que están conectadas a un mismo mecanismo se muevan simultáneamente, aumentando su sencillez.

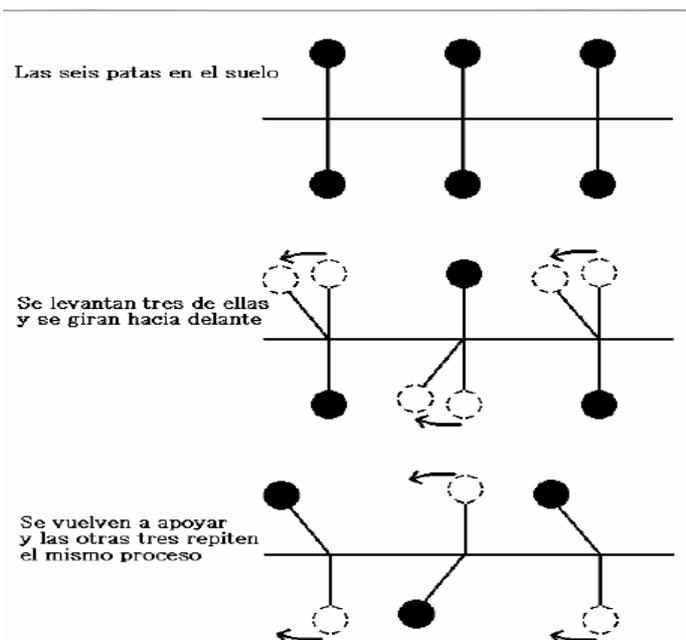
Si las características del robot precisan de una mayor complejidad, siempre ofrecerá mayor agilidad y velocidad un sistema de seis patas frente a uno de cuatro, ya que el sistema de cuatro obligará a mover pata a pata para que tres de ellas estén permanentemente en el suelo. Si lo que se pretende es construir un

robot todo terreno capaz de subir obstáculos muy grandes un hexápodo sería ideal.

Sin embargo lo que se quiere es un robot muy sencillo, un hexápodo simple se ve ampliamente superado por cualquier otro tipo de tracción en estabilidad y capacidad de subir obstáculos.

En la figura 6 encontramos el movimiento básico de avance de un hexápodo, en el cual nos basaremos para lograr el mejor desempeño de nuestro robot en los diferentes movimientos a los que sea sometido, igualmente para hacer mucho más sencilla la elaboración del mismo.

Figura 6. Movimiento básico de avance de un hexápodo.



Es posible que el alcance inicial del proyecto no sea el ideal por las limitaciones de la sensórica, la investigación para conseguir sistemas más eficaces ha llevado en los últimos años a mejorar la sensibilidad de los detectores de metales, con el fin de que sean capaces de percibir el mínimo contenido metálico de las minas de plástico. Sin embargo, esa mejora entorpece los trabajos cuando se trata de suelos ricos en hierro, centramos el trabajo inicialmente en la localización de minas terrestres artesanales con un sensor inductivo que nos permita su fácil ubicación, por el alto contenido metálico de estas.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1 Objetivo general. Diseñar y construir un robot hexápodo, que permita la detección de minas antipersonales terrestres por medio de un sensor de proximidad.

1.4.2 Objetivos específicos. Dentro de los objetivos particulares del proyecto podemos encontrar los siguientes.

- ✓ Diseñar estructuras mecánicas poli articuladas, capaces de posicionar de manera eficiente el sistema del robot.
- ✓ Estudiar y buscar sistemas mecánicos de servo control (minimización del tamaño, peso y costo, frente a optimización del control en el sentido de fuerza ejercida y reducción del error).
- ✓ Diseñar la electrónica de control y de los interfaces (estructuras digitales para el mantenimiento de las señales de posicionamiento y elección de dispositivos de entrada/salida para el control desde el software).
- ✓ Programar sistemas software estructurados en niveles de abstracción, capaces de planificar eficientemente movimientos complejos del robot (arquitecturas reactivas frente a arquitecturas jerarquizadas).
- ✓ Encontrar el interfaz adecuado para el manejo del robot por el usuario (facilidad de uso frente a potencia).
- ✓ Determinar de manera eficiente el sensor óptimo a utilizar para la eficaz detección de las minas terrestres.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

1.5.1 Alcances. La propuesta es desarrollar un robot sencillo y económico, suficientemente robusto para tener la capacidad de movilizarse en terrenos no estructurados, manteniendo su línea de marcha recta, sin la generación de trayectorias particulares.

El robot tendrá la capacidad de movilizarse por terrenos planos con la autosuficiencia necesaria para recorrer los terrenos rurales colombianos en los cuales halla posibilidad de encontrar minas quiebra patas terrestres.

Tendremos un hexápodo microcontrolado dotado de una cabeza sensora que permita detectar las minas por medio inductivo, ideal para la detección de las

minas sembradas en el territorio colombiano, las cuales son en su mayoría de tipo artesanal y con componentes metálicos.

Al finalizar el desarrollo de este proyecto contaremos con un robot hexápodo caminante, que permita el estudio y desarrollo de la robótica y la electrónica de manera didáctica, en las facultades que lo requieran en la Universidad de San Buenaventura.

1.5.2 Limitaciones. En el progreso del proyecto es posible encontrar diferentes condiciones que restringen la actuación del robot para la cual es creado.

- ✓ No será posible detectar objetos o minas que no tengan algún tipo de material metálico.
- ✓ No hay posibilidad de cubrir con el robot terrenos que sean altamente irregulares.
- ✓ Es posible que en suelos con alta cantidad de hierro se entorpezca la detección de la mina.
- ✓ No hay posibilidad de detectar objetos metálicos que sobrepasen los seis centímetros de profundidad.
- ✓ La trayectoria del robot no permitirá realizar curvas, ni esquivar objetos que sobrepasen cinco centímetros de altura aproximadamente.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEORICO

Un robot o autómatas es una máquina controlada y programada para moverse, manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interacciona con su entorno. Los robots son capaces de realizar tareas repetitivas de forma más rápida, barata y precisa que los seres humanos. El término procede de la palabra checa *robota*, que significa 'trabajo obligatorio'; fue empleado por primera vez en la obra teatral R.U.R. (Robots Universales de Rossum), estrenada en Enero de 1921 en Praga por el novelista y dramaturgo checo Karel Capek.⁶

La arquitectura, definida por el tipo de configuración general del robot, puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un robot a través del cambio de su configuración por el propio robot.

Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del robot, son muy diversos y es por tanto difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un análisis crítico y riguroso. La subdivisión de los robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: Poli articulados, móviles, andróides, zoomórficos e híbridos.

2.1.1 Robots poliarticulados. Bajo este grupo están los robots de muy diversa forma y configuración cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados y estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un número limitado de grados de libertad.

En este grupo se encuentran los manipuladores, los robots industriales, los robots cartesianos y algunos robots industriales y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o deducir el espacio ocupado en el suelo.

⁶ SLIDESHARE. Tecnología [En línea]. <http://www.slideshare.net/Alumnos/robotica-167676/> [Consultado el 15 de agosto de 2007].

Figura 7. Robot de brazo poli articulado.



2.1.2 Robots móviles. Son robots con gran capacidad de desplazamiento, basada en carros o plataformas y dotada de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores.

Estos robots aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación. Guiados mediante pistas materializadas a través de la radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoeléctricamente, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.

Figura 8. Robot spirit fabricado por la NASA.



2.1.3 Robots androides. Son robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación.

Uno de los aspectos más complejos de estos robots, y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos, es el de la locomoción bípeda. En este caso, el principal problema es controlar dinámicamente y coordinadamente en el tiempo real el proceso y mantener simultáneamente el equilibrio del robot.

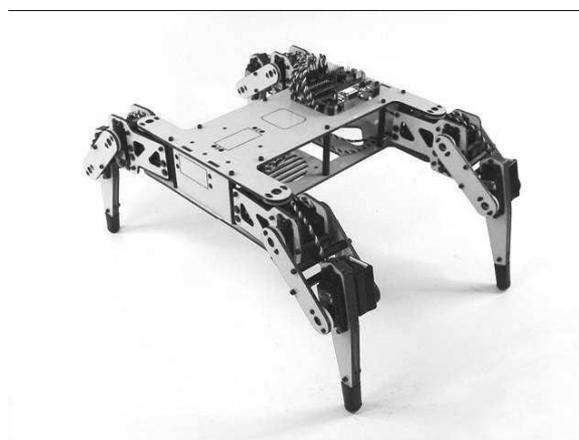
Figura 9. Robot humanoide Asimo de Honda.



2.1.4 Robots Zoomórficos. Los robots zoomórficos, que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos.

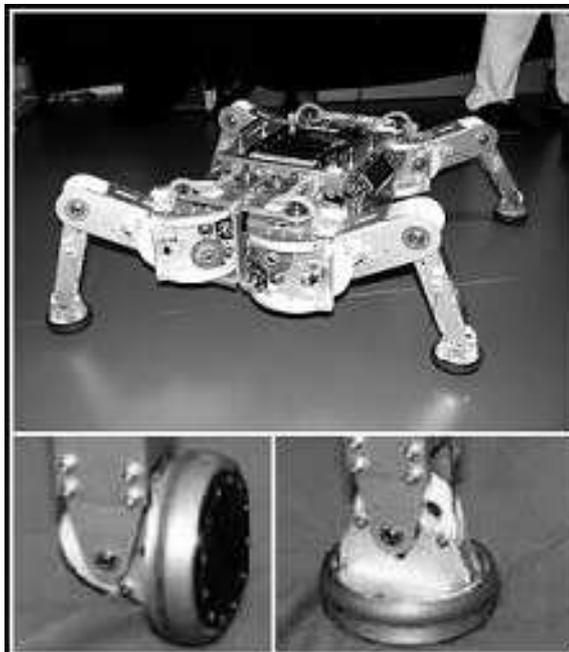
Los robots zoomórficos caminadores múltipedos son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos de terreno, piloteados o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Las aplicaciones de estos robots son interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.

Figura 10. Robot cuadrúpedo Extreme Quadrapod 3 Lynxmotion.



2.1.5 Híbridos. Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, un dispositivo segmentado articulado y con ruedas, es al mismo tiempo uno de los atributos de los robots móviles y de los robots zoomórficos. De igual forma pueden considerarse híbridos algunos robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los robots industriales. En parecida situación se encuentran algunos robots antropomorfos y que no pueden clasificarse ni como móviles ni como andróides, tal es el caso de los robots personales.

Figura 11. Robot Híbrido Roller-Walker.



En general un robot está formado por los siguientes elementos: estructura mecánica, transmisiones, actuadores, sensores, elementos terminales y controlador. Aunque los elementos empleados en los robots no son exclusivos de estos (máquinas herramientas y otras muchas máquinas emplean tecnologías semejantes), las altas prestaciones que se exigen a los robots han motivado que en ellos se empleen elementos con características específicas. Los elementos que forman parte de la totalidad del robot son:

2.1.6 Estructura o manipulador. Mecánicamente, es el componente principal. Está formado por una serie de elementos estructurales sólidos o eslabones unidos

mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos.

2.1.7 Controlador. Como su nombre indica, es el que regula cada uno de los movimientos del manipulador, las acciones, cálculos y procesado de la información. El controlador recibe y envía señales a otras máquinas-herramientas (por medio de señales de entrada/salida) y almacena programas. Existen varios grados de control que son función del tipo de parámetros que se regulan.

Dentro del control se distingue la clasificación entre control en bucle abierto y control en bucle cerrado. El control en bucle abierto da lugar a muchos errores, y aunque es más simple y económico que el control en bucle cerrado, no se admite en aplicaciones industriales en las que la exactitud es una cualidad imprescindible. La inmensa mayoría de los robots que hoy día se utilizan con fines industriales se controlan mediante un proceso en bucle cerrado, es decir, mediante un bucle de realimentación.

2.1.8 Dispositivos de entrada y salida. Los dispositivos de entrada y salida permiten introducir y, a su vez, ver los datos del controlador. Para mandar instrucciones al controlador y para dar de alta programas de control. Es necesario aclarar que algunos robots únicamente poseen uno de estos componentes. En estos casos, uno de los componentes de entrada y salida permite la realización de todas las funciones.

Las señales de entrada y salida se obtienen mediante tarjetas electrónicas instaladas en el controlador del robot las cuales le permiten tener comunicación con otras máquinas y/o herramientas.

2.1.9 Actuadores. Los elementos motrices que generan el movimiento de las articulaciones pueden ser, según la energía que consuman, de tipo hidráulico, neumático o eléctrico.

Los actuadores de tipo hidráulico se destinan a tareas que requieren una gran potencia y grandes capacidades de carga. Dado el tipo de energía que emplean, se construyen con mecánica de precisión y su coste es elevado. Los robots hidráulicos se diseñan formando un conjunto compacto entre la central hidráulica, la cabina electrónica de control y el brazo del manipulador.

La energía neumática dota a sus actuadores de una gran velocidad de respuesta junto a un bajo coste, pero su empleo está siendo sustituido por elementos eléctricos. Los motores eléctricos, que cubren la gama de media y baja potencia, acaparan el campo de la Robótica, por su gran precisión en el control de su movimiento y las ventajas inherentes a la energía eléctrica que consumen.

Dentro de los elementos particulares que conforman un robot, es posible encontrar gran variedad de partes mecánicas, electrónicas, motores y otros, a continuación se mencionan los más comunes.

2.1.10 Servomecanismos. Los Servomecanismos, o “servos”, son unos dispositivos electromecánicos que tienen un eje de salida que se puede situar dentro de un rango de posiciones. Son motores en los que podemos establecer electrónicamente la posición de su eje. Se utilizan mucho en aplicaciones de micro robótica y para la construcción de robots articulados.

2.1.11 Sensor. Es un dispositivo que detecta o censa manifestaciones de fenómenos físicos como energía, velocidad, posición, tamaño, cantidad, etc. y convierte el valor de la señal física en una señal eléctrica codificada, ya sea analógica o digital.

2.1.12 Sistema microcontrolado. El Micro controlador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica. Contienen los mismos elementos del sistema micro-procesado pero con la diferencia que todos estos dispositivos están en un solo integrado.

Hay varios fabricantes de micro-controladores en el mundo entre los más importantes están:

Intel, Philips, Zilog, Motorola, Microchip, Siendo los dos últimos los más conocidos en Colombia.

Aplicaciones de los micro-controladores: robótica; periféricos de computadores: teclados, mouse, impresoras, discos duros, floppys; industria automotriz, electrodomésticos, instrumentación, alarmas, electro medicina, sistemas de navegación espacial, Etc.

Figura 12. Representación en bloques del microcontrolador.



2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO

La Convención de Ottawa sobre la prohibición del empleo, almacenamiento, producción y transferencia de minas antipersonal, surgió como una respuesta internacional al sufrimiento generalizado que producen estos artefactos.

Mediante esta Convención se complementan las disposiciones relacionadas con la prohibición del empleo de armas que, por su naturaleza, no distinguen entre personas civiles y combatientes, causen sufrimientos innecesarios o daños superfluos. Se gestó en Oslo (Noruega) el 18 de septiembre de 1997 y estuvo abierta a todos los Estados para su firma en Ottawa (Canadá), del 3 al 4 de diciembre de ese año y en la sede de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en Nueva York⁷.

El gobierno colombiano la firmó el 4 de diciembre de 1997 y fue ratificada el 6 de septiembre de 2000, convirtiéndose en el Estado Parte 103. Hoy, 154 países la han suscrito (Ver anexo A).

Dentro de la normatividad nacional con respecto a los derechos de las víctimas de las minas antipersonal en Colombia. Se encuentran vigentes las siguientes leyes. De acuerdo con la ley 418 de 1997, la ley 548 de 1999 ó la ley 782 de 2002, las víctimas de minas antipersonal y artefactos explosivos abandonados y sus familias tienen derecho a recibir los servicios, subsidios y las ayudas humanitarias que ha determinado el estado en beneficio de las víctimas de la violencia política, sin necesitar ningún intermediario para reclamarlas y para recibir las⁸.

- ✓ Los subsidios de transporte para el traslado de un centro de atención en salud, se reconoce un valor de 10 salarios mínimos diarios vigentes en el año en que ocurre el evento.
- ✓ Asistencia médica, quirúrgica y hospitalaria. Todas las instituciones hospitalarias públicas o privadas del territorio nacional, deben prestar atención de manera inmediata a las víctimas sin exigir ninguna condición previa para su admisión. Esta atención consiste en hospitalización, material médico quirúrgico relacionado con sustitución de huesos, si así lo requiere el paciente. Transfusión de sangre, laboratorios, radiografías. El costo es sin límite, se debe prestar todos los servicios que necesita la víctima.
- ✓ Rehabilitación física y psicológica para apoyar a la víctima a lograr una vida con la mayor independencia posible.

⁷ VICEPRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Información de prensa [Documento en formato pdf]. <http://www.derechoshumanos.gov.co/minas/comunicadotawa.pdf> [Consultado el 18 de mayo de 2008]

⁸ DISCAPACIDAD COLOMBIA. Conflicto armado [En línea]. <http://www.discapacidadcolombia.com/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=25> [Consultado el 18 de mayo de 2008].

Las víctimas y sus familias tienen derecho a reclamar las ayudas humanitarias que da el gobierno en forma gratuita y directa, a través de las unidades territoriales de la red de solidaridad social las cuales están presentes en las ciudades capitales de cada departamento.

Las ayudas humanitarias a través de la red social:

- ✓ Asistencia humanitaria por incapacidad permanente en un valor máximo 42.29 salarios mínimos mensuales vigentes en el año en que ocurrió el accidente.
- ✓ Asistencia humanitaria por muerte. La reclama la familia más cercana a la víctima. Tiene un valor máximo de 42.29 salarios mínimos mensuales vigentes al año en que ocurrió el accidente.
- ✓ Asistencia humanitaria por pérdida de bienes o heridas leves sin incapacidad permanente. Con 2 salarios mínimos mensuales vigentes del año en que ocurrió el evento.
- ✓ Asistencia educativa a los niños y niñas víctimas de atentados terroristas tienen derecho al cupo a estudiar sin pago de matrícula únicamente durante el primer año.
- ✓ Subsidio a través de créditos solidarios: poder acceder a créditos solidarios para financiar la reposición o la reparación de vehículos, maquinaria, equipamiento, muebles, enseres, capital de trabajo e inmuebles destinados a locales comerciales

En cuanto normas para la construcción y utilización de robots para uso específico en ambientes explosivos, no existen registros de una legislación particular para este fin. Isaac Asimov, el creador del término robótica como ciencia de los robots, escribió infinidad de cuentos cortos y novelas sobre el tema de los robots humaniformes, pero desde un punto de vista no destructivo, tratando a los robots como máquinas inteligentes que realizan un trabajo muy útil para el hombre. Para garantizar la seguridad definió sus famosas tres leyes de la robótica⁹:

1. Un robot no puede hacer daño a un ser humano, o, por medio de la inacción, permitir que sea lesionado.
2. Un robot debe obedecer las órdenes recibidas por los seres humanos, excepto si estas órdenes entrasen en conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia en la medida en que esta protección no sea incompatible con la primera y la segunda ley.

⁹ NEOTEO. Artículos [En línea]. <http://www.neoteo.com/nuevas-leyes-de-la-robotica.neo> [Consultado el 17 de junio de 2007].

3. TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION

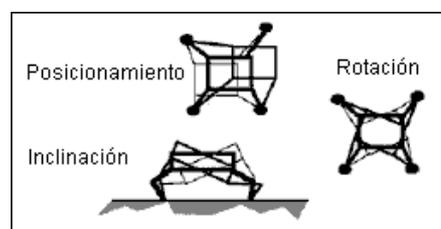
En el transcurso de la historia de la robótica se ha buscado el mecanismo más funcional para suplir o mejorar las labores que el hombre no puede realizar. En la peligrosa tarea de buscar minas antipersonales esta aplicación tiene un gran valor político y económico y está diseñada para un entorno tremendamente hostil y peligroso para los humanos.

El primer documento de un mecanismo andador aparece sobre 1870 basado en mecanismos de cuatro barras y fue inventado por el Ruso P. L. Chebyshev en un intento por imitar un mecanismo caminador de la naturaleza (Artobolevsky, 1964)¹⁰. Como suele ser habitual las primeras investigaciones fueron militares. Inglaterra y los Estados Unidos financiaron gran cantidad de proyectos que estudiaban el uso de mecanismos caminantes como maquinas de guerra.¹⁰

Como parte inicial del estudio y analizando las características de los robots móviles y las clasificaciones hechas según el número de patas que tiene el robot, serán bípedos como los humanos o los pájaros, cuadrúpedos como los reptiles y los mamíferos, hexápodos como los insectos y octópodos como las arañas. Los robots caminantes presentan ventajas sobre los que utilizan orugas o ruedas. En los siguientes apartados se explican cada una de estas ventajas:

Movilidad: Los robots con patas exhiben mayor movilidad que los que utilizan ruedas por que poseen intrínsecamente mecanismos de dirección omnidireccional. Esto significa que pueden cambiar de dirección sobre el eje principal del cuerpo tan solo moviendo sus apoyos (patas). También pueden girar sobre los ejes de su cuerpo sin necesidad de levantar las patas apoyadas con solo mover sus articulaciones, es decir puede rotar su cuerpo, inclinarlo y cambiar de posición como se indica en la figura13.

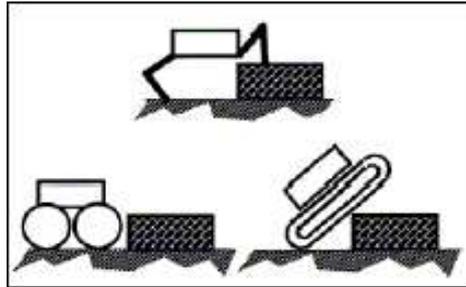
Figura 13. Posibilidades de movimiento de un robot caminador.



¹⁰ Pablo Gonzalez de Santos, Elena Garcia, Joaquin Estremera (2006) *Cuadrupedal Locomotion*. Ed. Springer

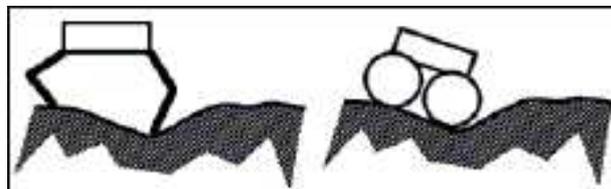
Superación de obstáculos: Un robot con patas puede superar obstáculos que estén a baja altura en comparación con el tamaño del robot. Donde un robot con ruedas quedaría atascado si el tamaño del obstáculo fuera mayor que el radio de la rueda.

Figura 14. Posibilidades de superar obstáculos con robots.



Suspensión activa: Intrínsecamente un robot con patas posee suspensión por adaptación mediante la variación de la altura de su cuerpo con la posición de sus patas a un terreno irregular. De esta manera su movimiento puede ser más suave que un robot con ruedas pues este último siempre estará paralelo al suelo adoptando posiciones similares al relieve del terreno. La figura 15 muestra de manera explícita este apartado.

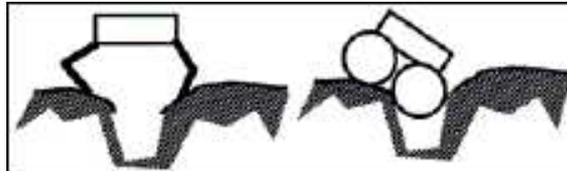
Figura 15. Suspensión activa.



Eficiencia Energética: Se ha vertido mucha tinta respecto a este tema pero fue Bekker quien probó la teoría de Hutchinson que fue el primero en atreverse a decir que un robot con patas sería más eficiente energéticamente que uno con ruedas en un terreno altamente irregular.

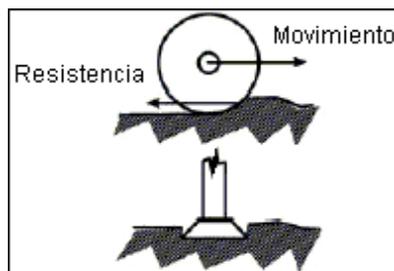
Terreno Natural o Terreno discontinuo: Los robots con ruedas requieren una superficie continua para desplazarse de manera eficiente. En un principio los robots con patas no requieren un terreno continuo y pueden desplazarse por terreno arenoso, fangoso, escarpado y liso.

Figura 16. Adaptabilidad en Terreno discontinuo.



Deslizamientos: Una rueda puede deslizar en una superficie por motivos de adherencia, las patas de un robot suelen depositar el peso del robot de forma directa sobre el suelo y las posibilidades de que resbale son menores. Dado que el movimiento siempre va en la dirección de la resistencia como se puede observar en la figura 17.

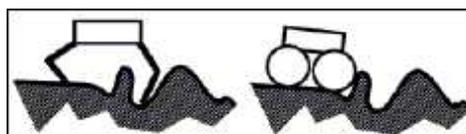
Figura 17. Deslizamientos sobre el suelo.



Daño medioambiental: las ruedas erosionan la superficie de la tierra cuando derrapan y la dejan desprotegida. Los robots con patas no desgarran la tierra de este modo, ya que se posan sobre esta de forma puntual y discreta.

Velocidad Media: Un robot con patas puede superar pequeños obstáculos manteniendo la velocidad del cuerpo constante con un movimiento uniforme y rectilíneo si fuera necesario o si el teleoperador o programador así lo deseara.

Figura 18. Velocidad Media.



Por supuesto los robots con patas no son la solución general a la locomoción robótica. Presentan una serie de problemas y desventajas que los han mantenido fuera de uso industrial y de servicios. El primer problema es la complejidad, los robots con patas son más complejos que los que utilizan ruedas sobre todo en lo

referente a electrónica y control. Otro problema importante es la velocidad y el más crítico, el costo. Pero al aplicación del robot busca minas las patas ofrecen más ventajas que de desventajas.

Una vez conocidas las ventajas y desventajas de los robots caminantes surge la siguiente cuestión, el número de patas. En la siguiente tabla se tratan los robots comunes con equilibrio estático. El equilibrio estático es aquel en el que el cuerpo del robot puede estar en reposo con velocidad cero.

Tabla 3. Diferencias en el equilibrio estático de robots caminantes.

DIFERENCIAS EN ROBOTS CON PATAS		
TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
OCTÓPODOS	Los más rápidos y estables, pueden cargar bastante peso	Tantas patas son redundantes, es complejo en su construcción. Se incrementa el costo.
HEXAPODOS	Más rápidos que cuadrúpedo y bípedos, estables y se reducen costos por tener 2 patas menos que el octópodos.	Menos rápido y estable que el octópodo
CUADRÚPEDOS	Velocidad muy inferior al hexápodo y octópodo. Un poco menos estable	Costo más reducido
BIPEDOS	Muy poca estabilidad. Al apoyarse en una sola pata se reduce mucho la autonomía. Alto costo	Plataforma de locomoción muy desarrollada por el ser humano, por su latente predisposición a replicarse a sí mismo.

Hay un motivo por el cual la robótica Hexápoda destaca con respecto al resto de las disciplinas. La naturaleza sigue una mecánica de ensayo error sin precedentes. Durante milenios ha probado y desarrollado sistemas de locomoción. Las ruedas no han sido desarrolladas por motivos técnicos y biológicos. Las plataformas de locomoción más desarrolladas por la naturaleza han sido las caminantes. Existen octópodos (arañas) hexápodos (insectos) cuadrúpedos y bípedos (mamíferos).

A parte de las razones evolutivas de la naturaleza se debe estudiar el número de patas del que se pretende dotar a un robot caminante en términos de estabilidad, velocidad, fiabilidad, peso y costes. Un robot hexápodo presenta mayor estabilidad que un cuadrúpedo dado que puede dejar apoyadas un máximo de cinco patas

mientras que un cuadrúpedo solo puede dejar hasta tres patas apoyadas mientras avanza.

En lo referente a velocidad un robot cuadrúpedo es tres veces más lento que un robot hexápodo puesto que el hexápodo solo tiene que realizar el avance de tres patas (las tres a la vez) mientras mantiene las otras tres apoyadas para poder avanzar, mientras que el cuadrúpedo tiene que avanzar las cuatro patas de una en una. En términos de fiabilidad, un robot hexápodo tiene un 50% más de posibilidades de tener un fallo en una de sus patas que un cuadrúpedo, dado que tiene un 50% más patas. Pero podría continuar caminando si una fallara, incluso si dos fallaran, al contrario que un cuadrúpedo con equilibrio estático que si perdiera una pata no podría continuar caminando. En cuanto al peso, un robot hexápodo es un 27% más pesado que un robot cuadrúpedo. [2]

El coste para un robot hexápodo ronda el 50% dado que lo más caro suelen ser las patas pues es la parte que no está suficientemente desarrollada aún y es la parte que se suele investigar. Por tanto un robot cuadrúpedo solo es superado por un hexápodo en cuando a estabilidad y velocidad, la cuales pueden ser mejoradas con algoritmos eficientes y patas mejor diseñadas.

4. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para proponer el diseño se tiene en cuenta los siguientes aspectos en orden de importancia:

- ✓ Dar la posibilidad de marcha en trayectos rectos.
- ✓ Dotar de dos grados de libertad cada extremidad.
- ✓ Sencillez en fabricación.
- ✓ Costo reducido tanto en materiales como en procesos de fabricación.
- ✓ Estructura de poco peso.

La realización del proyecto inició con la escogencia del material primario para la estructura general del robot, el cual en un alto porcentaje es de aluminio, la unión de las partes fue realizada con remaches metálicos, que permiten asegurar las formas de manera firme y confiable.

Con estos lineamientos definidos se decidió fabricar la plataforma y las extremidades del robot en aluminio calibre de 1mm, amoldados con ángulos del mismo material calibre $\frac{3}{4}$ mm. Para el soporte de la estructura o chasis, al igual que la mayoría de las partes móviles, con algunos acoples y accesorios en tubería de pvc y plástico, los cuales cumplen con las características requeridas de resistencia, ligereza y bajo costo.

Figura 19. Forma en aluminio para chasis del hexápodo.

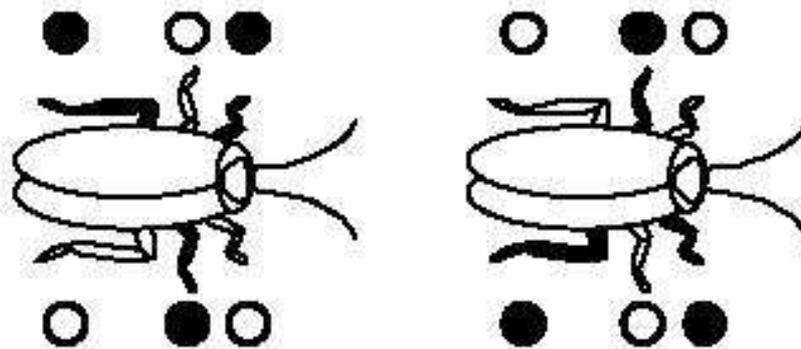


4.1.1 Diseño Mecánico. La máquina caminante está compuesta por dos partes primordialmente, el chasis o cuerpo y el mecanismo de accionamiento de las patas, que son las encargadas de soportar y movilizar el robot. El mecanismo de movimiento debe cumplir con dos requerimientos, el primero es que el extremo deberá elevarse una cantidad suficiente como para franquear pequeños obstáculos, y el segundo es que debe proporcionar los dos grados de libertad de cada pata: uno para la elevación del suelo y otro para generar el arrastre horizontal. El sistema más adecuado para generar el movimiento de elevación de las extremidades es de forma mecánica y con motores independientes para generar cada uno de los movimientos en las extremidades.

Una vez obtenido el mecanismo de la extremidad izquierda sólo basta hacer una copia totalmente simétrica para la derecha y realizar el diseño del chasis que unirá las seis patas, este es importante al analizar el patrón de marcha que va a tener el hexápodo, tanto porque define la distancia entre patas para evitar su colisión y la separación de “hombros” que debe tener para garantizar la estabilidad, como por la ubicación de los motores y todos los demás circuitos y componentes electrónicos.

El patrón más común es el trípode y es más fácil de generar que el cuadrúpedo, razón por la cual se escoge como modelo de marcha del robot. Los dos conjuntos de patas que se apoyarán para conformar el trípode en cada instante de tiempo se pueden apreciar claramente en la figura 20.

Figura 20. Patrón de marcha para el hexápodo.



En el diseño total se podrán apreciar los dos grados de libertad por cada extremidad, pero se escoge la configuración en tren (derecho e izquierdo) para generar el movimiento de avance con motores independientes para cada una de las extremidades y así reducir la complejidad de la marcha.

Teniendo el peso de la estructura y calculando el peso aproximado de los circuitos electrónicos y la batería, se pueden hacer los cálculos de los torques necesarios para conseguir el movimiento de elevación de las extremidades, el soporte de la carga y el avance del móvil.

En el momento más crítico de la marcha, todo el peso del robot va a estar soportado por 3 puntos de apoyo, es decir, que tendrá que ser soportado por el accionar de tres extremidades y sus correspondientes motores. De la geometría particular del robot y dado que la mayoría del tiempo el centro de masa se encuentra simétricamente distante de los puntos de apoyo, se tiene una distribución uniforme del peso. En este punto es donde se puede apreciar la ventaja que ofrece el mecanismo.

Se deben realizar los cálculos de la fuerza de arrastre necesaria para mover el robot en su movimiento de avance y que también se transmite al piso a través del punto de apoyo.

El ensamble de cada parte requirió de varios ajustes y modificaciones, tanto del cuerpo del robot, como de variaciones de programación, por la dificultad para lograr el equilibrio en el movimiento y la estabilidad por el peso de los componentes y el torque necesario para levantar y ubicar cada pata.

Figura 21. Ensamble de chasis y extremidades.

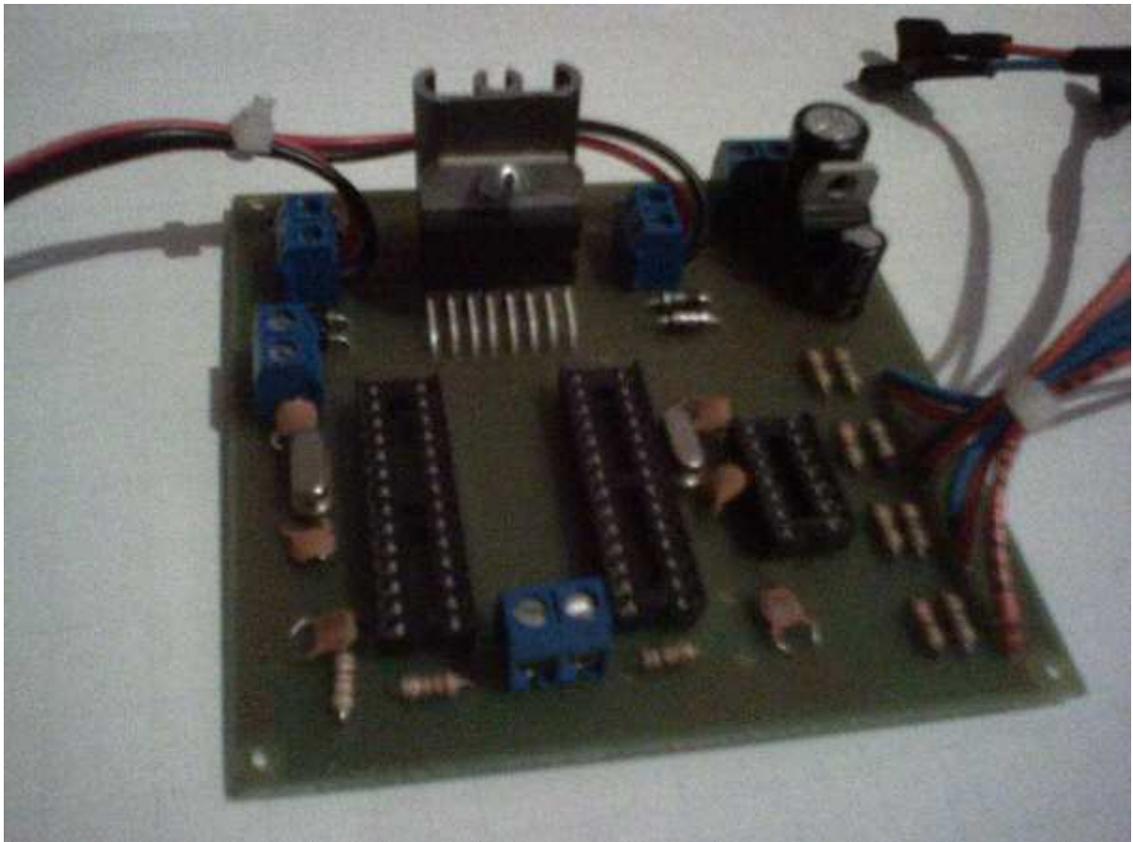


Para los mecanismos de las extremidades y para la estructura portante es posible que sea necesario realizar rediseños correspondientes para conseguir una estructura liviana, funcional y mecánicamente adecuada.

4.1.2 Diseño Electrónico. Se basa en una estructura de dos microcontroladores PIC en configuración maestro esclavo con claras funciones para cada miembro. El maestro se encarga de las tareas de planeación de los movimientos de avance del robot junto con la lectura de los sensores que proveen la información de la posición de la extremidad.

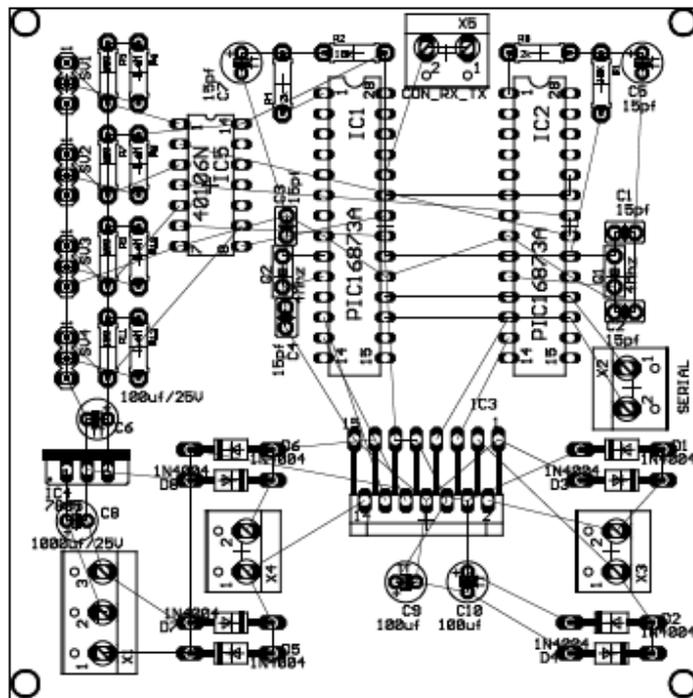
El sistema de control mediante microcontroladores, permite el manejo apropiado de sus dispositivos de entrada y salida que son controlados gracias al software de manera jerárquica en sus funciones.

Figura 22. Tarjeta de circuitos principal.



El esclavo se encargará de la generación de las señales que controlan los servomotores y recibe la información proveniente del maestro acerca de la posición deseada para cada uno de los motores que maneja. Los sensores proveen al sistema móvil de la información necesaria para navegar libremente sobre la superficie.

Figura 23. Localización de los componentes sobre la tarjeta maestra.



Los ángulos de inclinación en las extremidades se adquieren de manera indirecta por un potenciómetro, la salida de este sensor es de tipo PWM, que hace sencilla su utilización con microcontroladores. El sensor de detección de las minas es de tipo inductivo y permite la captación de objetos metálicos a 6 cms bajo tierra aproximadamente.

4.1.3 Diseño del Software. El esquema básico de control propuesto para el robot consiste en un sistema jerarquizado Maestro-Esclavo donde el maestro se encarga de las tareas de estabilización, avance y monitoreo de los sensores, y el esclavo está encargado de controlar los motores de las extremidades.

El sistema de control de la navegación como tal, está formada por dos bloques, uno correspondiente al control del movimiento y el ángulo inclinación de cada de extremidades y otro encargado del control de la sincronización y el movimiento uniforme de cada grupo de patas. Estos bloques van a determinar tanto la magnitud de la extensión de cada una de las extremidades como la cantidad de desplazamiento horizontal que va a tener cada segmento.

Figura 24. Diagrama de bloques de tarjeta maestra.

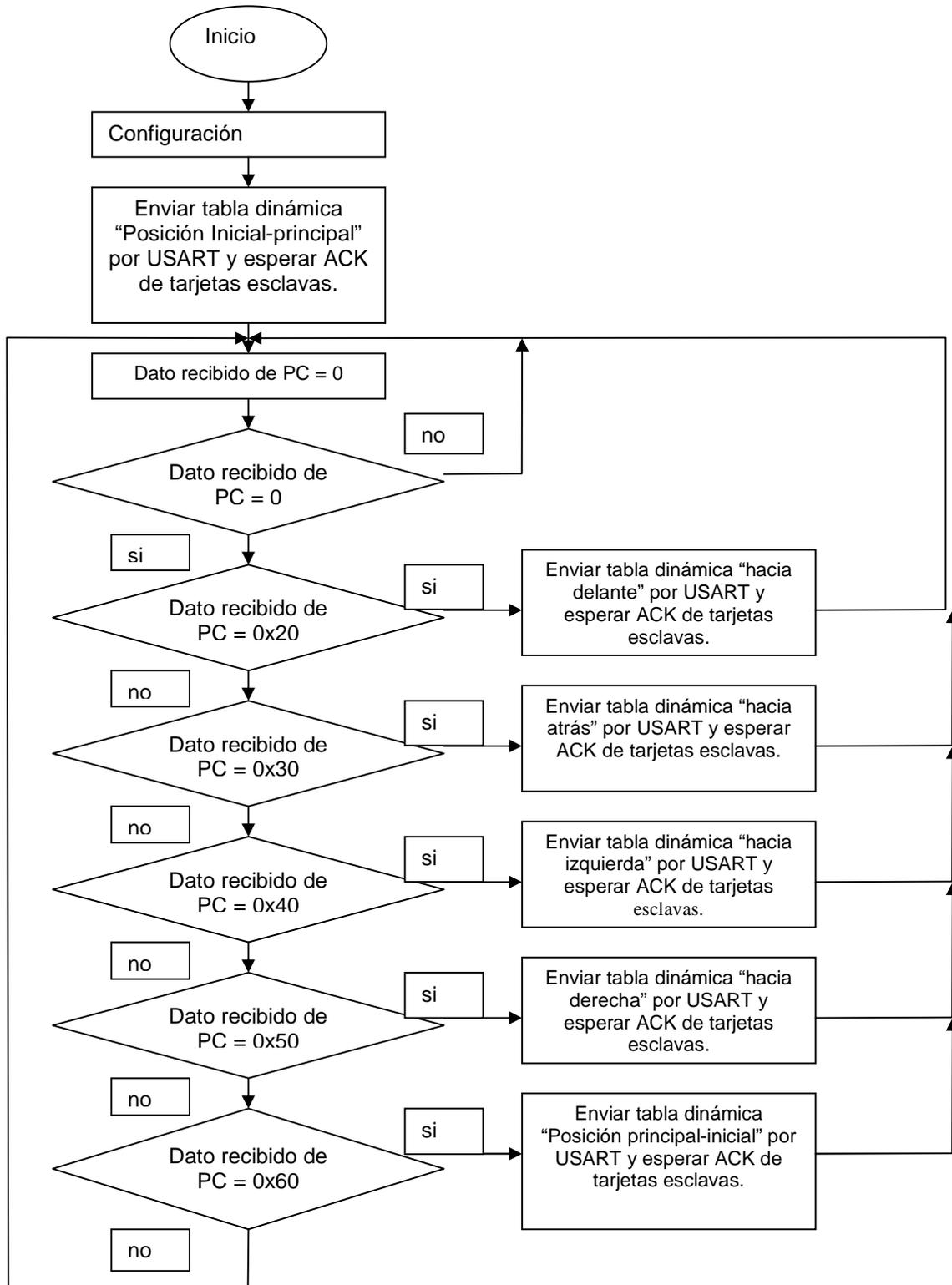
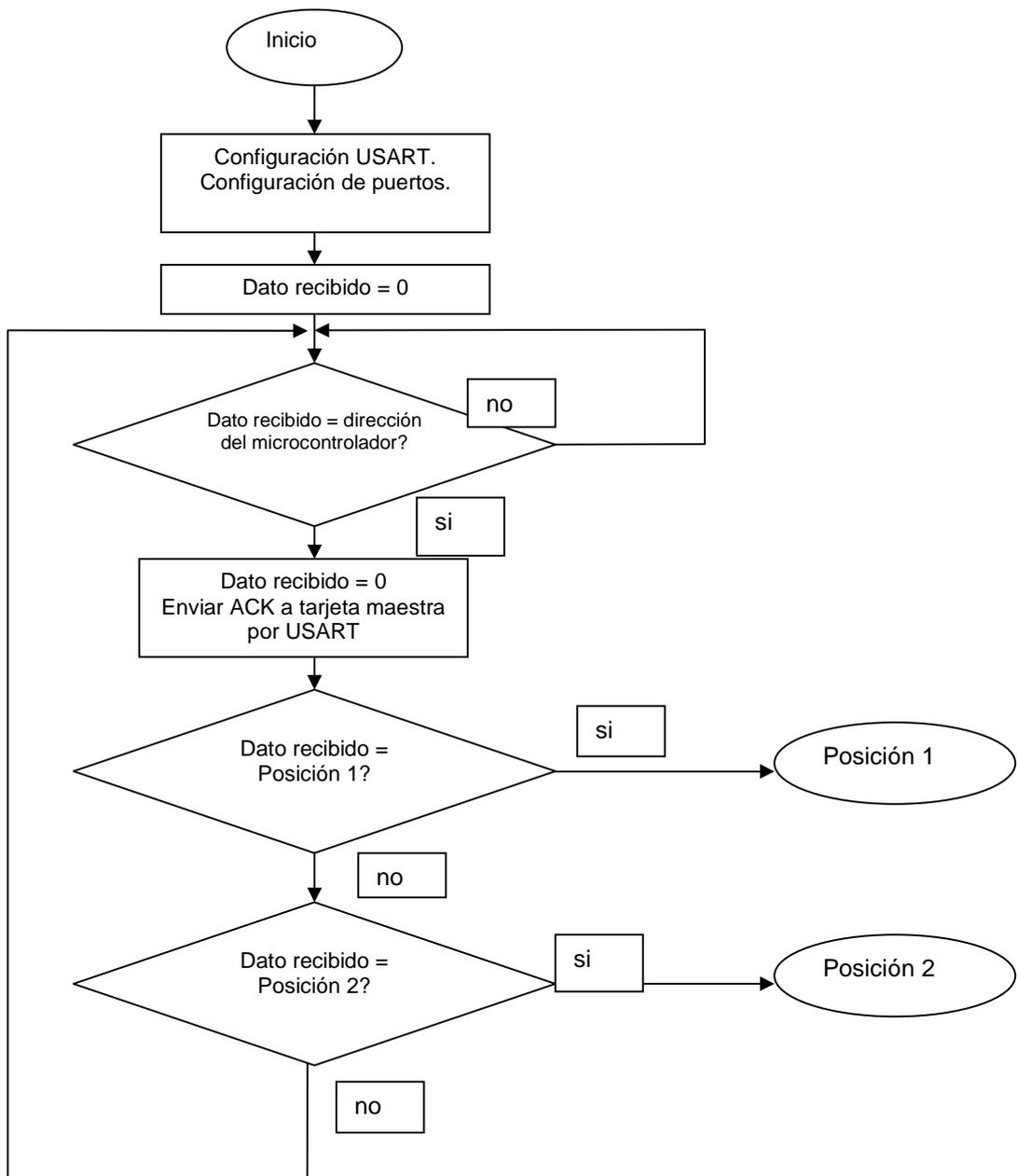
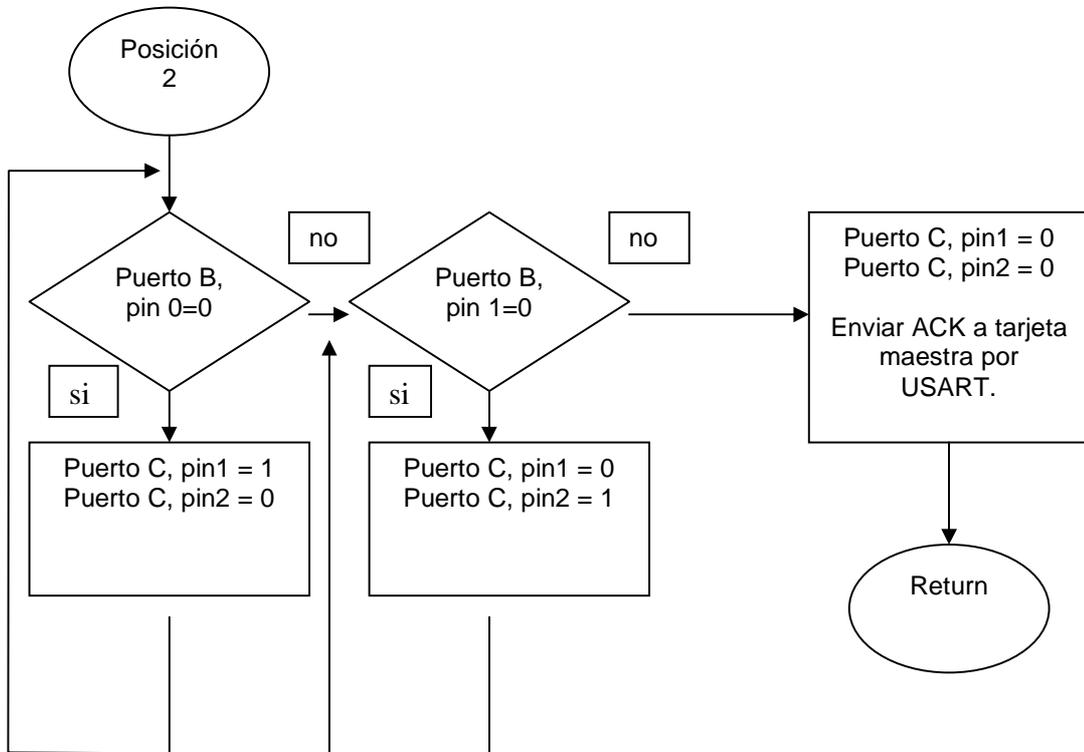
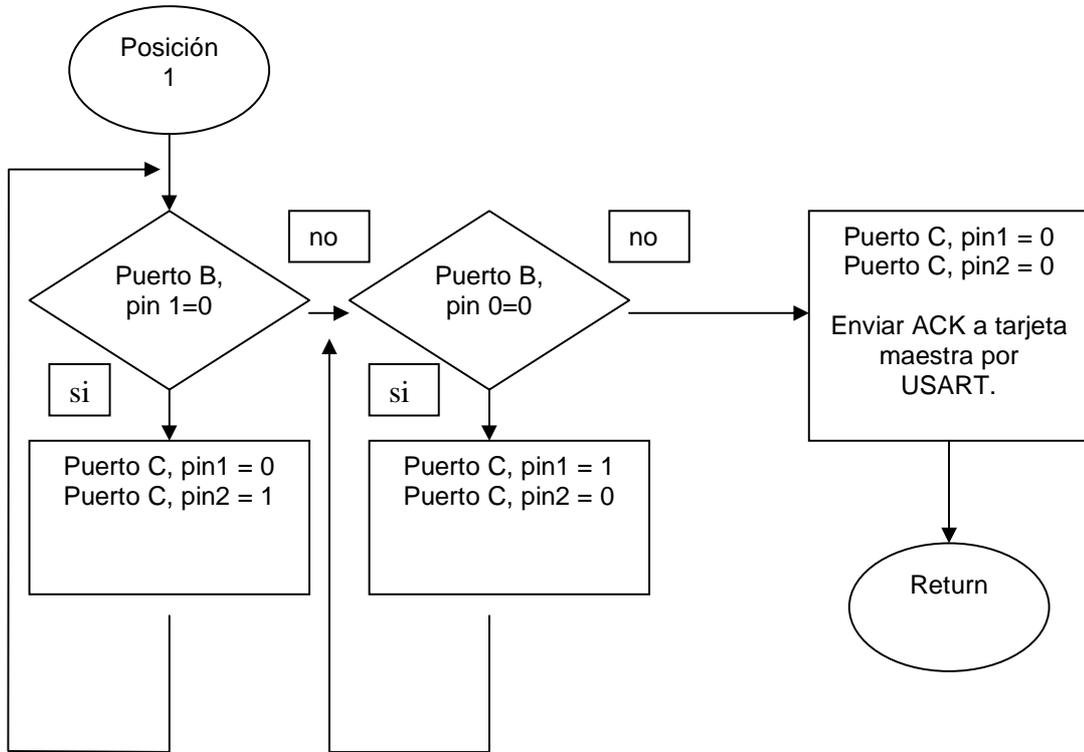


Figura 25. Diagrama de bloques de tarjeta esclava.





El bloque que genera la secuencia de movimientos coordinará la forma en la que cada uno de los movimientos individuales hace su aporte para conseguir el movimiento uniforme y estable del robot móvil. Para lograr la robustez del controlador es necesario describir su comportamiento por medio de reglas generales simples, de tal forma que la interacción de las reglas y los conjuntos difusos ofrezcan la generalización del problema y no brinde una respuesta desafinada cuando se presente una situación para la cual no se ha previsto.

4.1.4 Navegación. El patrón de navegación del robot consiste en caminar de frente en línea recta, sobre terrenos planos o ligeramente ondulados con suficiente estabilidad y autonomía para localizar posibles minas terrestres por medio de un principio inductivo que se encuentra instalado sobre una cabeza sensora, y de manera oportuna señalarlo de manera visual y auditiva.

4.1.5 Autonomía. El sistema será alimentado con dos batería de 12 voltios y 1800 miliamperios hora Aproximadamente, lo que le brindará una autonomía de 30 minutos en terrenos planos y 25 minutos en terrenos irregulares dados los requerimientos de corriente de los motores. Con el ánimo de prolongar al máximo la duración de la batería, los sensores permanecen apagados hasta momentos antes de la toma de datos. La mayor parte de la energía se utiliza en el avance y estabilización de la plataforma móvil más que en los procesos de toma de datos, procesamiento de la información y control.

Figura 26. Robot ensamblado completamente.



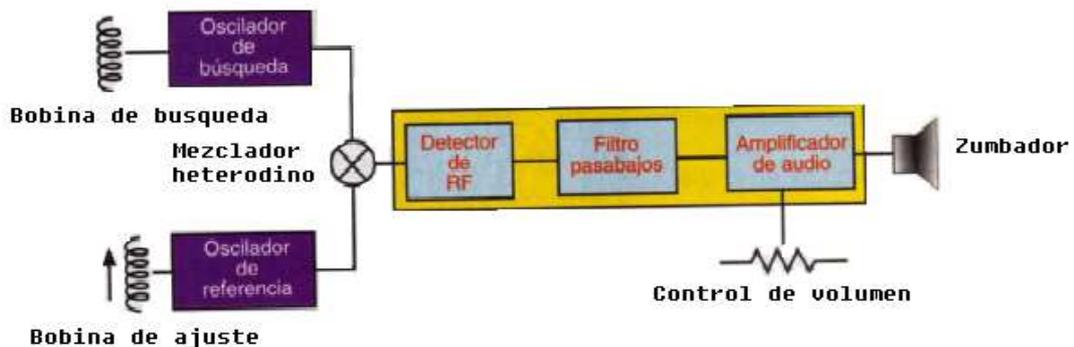
Está claro que es un robot detector de minas muy elemental, y que para hacer un uso real del mismo serian necesarias importantes modificaciones. Lo que se ha de

valorar es que se ha empezado una línea de investigación en este campo tan importante y necesario. Sería de gran agrado poder continuar en esta línea, y construir un robot detector de minas con plenas capacidades para detectar y eliminar minas reales, que pudiera ponerse en funcionamiento en un breve periodo de tiempo.

4.1.6 Detector de minas. Como detector de la minas se usará un sencillo detector de metales basado en el principio superheterodino, el mismo utilizado en la mayoría de receptores de RF. El circuito utiliza como sensor una bobina exploradora de varios centímetros de diámetro cuya inductancia cambia con la presencia de objetos metálicos en sus cercanías. Este efecto se utiliza para variar la frecuencia de un oscilador y, mediante el batido con una frecuencia de referencia, producir una señal audible. El circuito opera a partir de una batería de 9V y puede detectar objetos relativamente grandes enterrados bajo el suelo hasta una profundidad de 12 cm.

En la figura 23 se muestra el diagrama simplificado de bloques del detector de metales. Básicamente consta de dos osciladores LC de alta frecuencia, uno de búsqueda y otro de referencia, un mezclador de RF, un detector de RF, un filtro pasabajos y un amplificador de audio. Como se mencionó anteriormente, la operación del circuito se basa en el principio heterodino o de batido de frecuencias.

Figura 27. Diagrama de bloques de detector de metales.

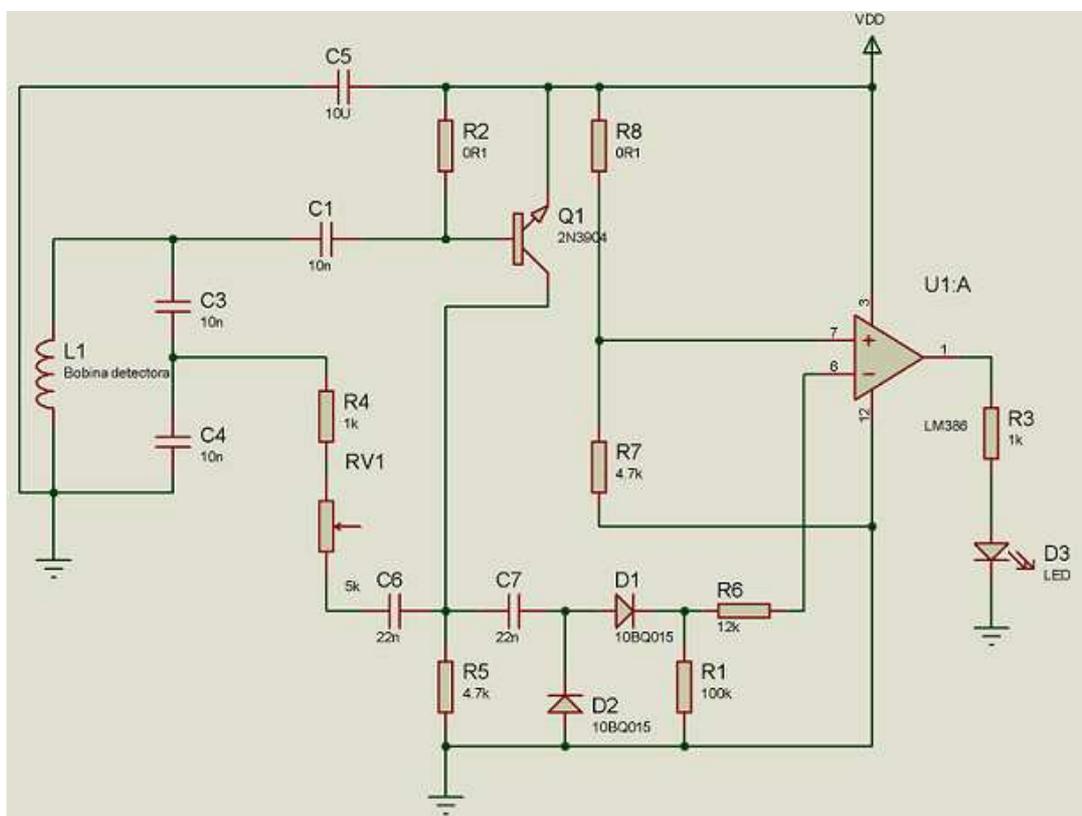


En este caso, las señales de los dos osciladores se batan o combinan en el mezclador para generar, entre otros productos, una señal cuya frecuencia es la diferencia de frecuencia de ambas señales. Una vez detectada, esta señal se filtra y se amplifica para excitar un parlante zumbador, el cual proporciona una indicación audible de la presencia de algún objeto metálico en las cercanías.

En condiciones normales, sin la presencia de objetos metálicos, ambos osciladores operan a la misma frecuencia, la cual es el orden de 455 kHz. Como resultado, la frecuencia diferencia es cero y por tanto no se escucha ningún sonido en el parlante. Al acercar la bobina exploradora a un objeto metálico, su inductancia cambia ligeramente, siendo más leve este cambio entre más profundo o alejado esté enterrado el objeto. La variación en la inductancia de la bobina exploradora provoca un pequeño desplazamiento en la frecuencia del oscilador de búsqueda, por ejemplo de 455 kHz a 456 kHz. Ahora, la diferencia (1 kHz) es una señal de audio, la cual es reproducida por el parlante para indicar la proximidad del objeto.

En la figura 28 se muestra el diagrama esquemático del oscilador de búsqueda. Básicamente es un oscilador tipo Colpitts, desarrollado alrededor de Q1, cuya frecuencia depende de los valores de L1 y la capacitancia equivalente serie de C2 y C3. La bobina L1, formada por 5 vueltas de alambre #19 devanada sobre una formaleta plástica de 24 cm, actúa como sensor de metales. Con los valores de componentes indicados, la frecuencia nominal de la oscilación, sin objetos metálicos en las vecindades, es del orden de 455 kHz. La señal de salida de este circuito alimenta uno de los puertos de entrada del mezclador.

Figura 28. Diagrama esquemático del oscilador de búsqueda.

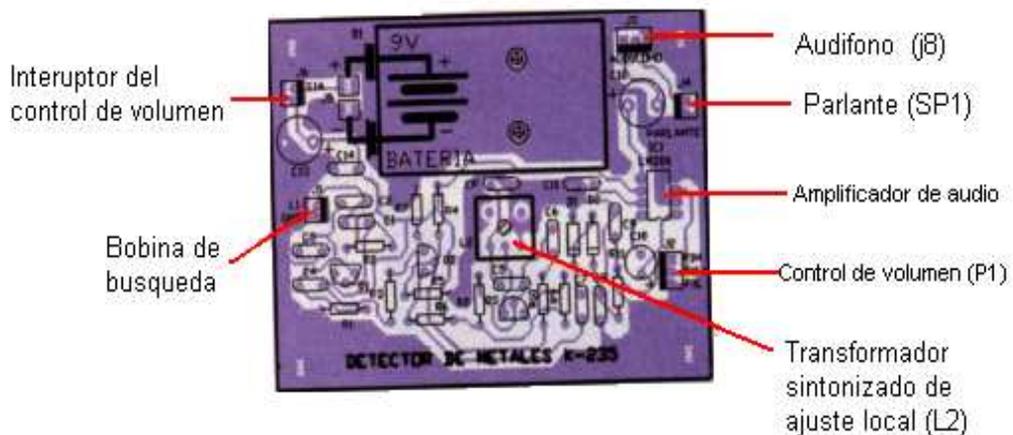


Es importante destacar que el grado en el cual cambia la frecuencia del oscilador de búsqueda depende de la naturaleza del metal y de la frecuencia nominal. Si la frecuencia es muy alta un objeto metálico actuará como una espira en cortocircuito, lo cual reduce la inductancia e incrementa la frecuencia, el tamaño de los objetos está relacionado con el tamaño de la bobina de búsqueda. Por tanto, con este circuito, es más fácil localizar objetos grandes que pequeños.

El oscilador local o de referencia. Básicamente es un oscilador tipo Hartley, desarrollado alrededor de Q3, el cual utiliza un transformador sintonizado de 455 kHz (L2) como red determinadora de frecuencia. Este último es del mismo tipo de los utilizados en la primera etapa de FI (frecuencia intermedia) de los receptores de radio AM convencionales. El condensador CP es opcional y se utiliza para cargar intencionalmente el transformador L2 con el fin de reducir su frecuencia de resonancia y facilitar la experimentación con otras frecuencias. Por ejemplo, con CP=220pF, la frecuencia del oscilador local es del orden de 250 KHz.

En cuanto a la construcción la localización de componentes del detector de metales sobre la tarjeta de circuito impreso está especialmente diseñada para esta aplicación como lo apreciamos en la figura 29. El montaje de los componentes se realizó en la forma usual, comenzando por los de más bajo perfil como las resistencias, los diodos detectores y la base del circuito integrado. Después se realizó el montaje de los transistores, los condensadores cerámicos, los condensadores electrolíticos, el transformador de FI y los conectores de acceso de la bobina exploradora, el control de volumen, el audífono, el parlante, la batería y el interruptor.

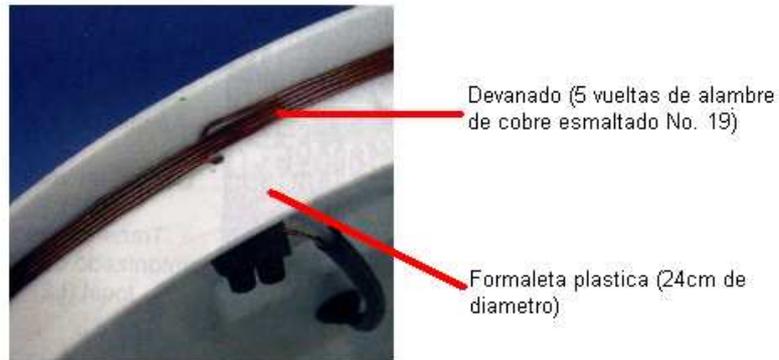
Figura 29. Plano de la tarjeta principal.



La bobina de búsqueda se construye devanando 5 vueltas de alambre esmaltado #19 o #20 sobre una formaleta plástica o de madera de unos 24 cm de diámetro.

Esta disposición proporciona una inductancia del orden de $12.5 \mu\text{H}$, que es la requerida para que el oscilador de búsqueda opere a una frecuencia nominal de 455 kHz. Las características constructivas se encuentran indicadas en la figura 30.

Figura 30. Bobina de búsqueda.



Para tener acceso a los extremos de la bobina se necesitó abrir dos orificios de apenas 1.5 mm de diámetro. La bobina de búsqueda se conectó a la tarjeta principal a través de un cable coaxial de longitud adecuada. Con el fin de reducir los efectos capacitivos del suelo, se creyó conveniente; que la bobina de búsqueda esté blindada. Como blindaje puede utilizarse la malla de cobre de un cable coaxial grueso (RG-8U o similar) de 50 cm.

5. CONCLUSIONES

El alcance obtenido por el proyecto presentado puede ser de gran ayuda para la sociedad y cobra mayor importancia en la situación que vive nuestro país actualmente. Pero aún queda mucho camino por recorrer para mejorar la funcionalidad de un robot que sea capaz de detectar minas en cualquier condición de nuestros suelos.

El diseño de la estructura poli articulada del robot se realizó satisfactoriamente, logrando el movimiento básico de las extremidades. La electrónica y el software utilizado permiten que en su arquitectura el robot interactúe eficientemente con sus actuadores. Fué posible desarrollar el sistema eficaz para la detección de minas con componentes metálicos, que se encuentren a corta distancia del suelo, aunque no corresponda a un detector ideal, resulta difícil mejorarlo por el alto costo de las componentes para dicho fin.

Mejorar la movilidad y la autonomía del robot son los retos para dejar de ser una máquina pesada y torpe que realiza una labor sencilla, para pasar a ser un robot con un diseño más funcional e incluso inteligente, con algoritmos de control de estabilidad, para conseguir una nueva generación de robot capaz de realizar la tarea de detectar minas antipersonales con alta efectividad.

Cuando se llegue al punto de lograr con la robótica de manera controlada, la realización de trabajos peligrosos para el hombre, sentiremos orgullo de poner la tecnología y el conocimiento en favor de las necesidades de la sociedad colombiana.

6. RECOMENDACIONES

Es necesario tener en cuenta que para desarrollar satisfactoriamente el proyecto de un robot de esta magnitud, es indispensable planear con anticipación los dispositivos a utilizar adecuados, para lograr la finalidad deseada. No siempre se logra encontrar en el mercado, elementos como actuadores o sensores que a un precio considerable cumplan con lo proyectado. Así que es mejor realizar todas las pruebas necesarias antes de decidir.

Para reducir los costos de elementos como servomotores que en el ambiente son muy elevados, para un proyecto de bajo presupuesto, se obliga a utilizar la menor cantidad posible, realizando adaptaciones mecánicas si es necesario para optimizar movimientos en el robot.

El cuerpo del robot requiere materiales livianos, fuertes y que permitan acoplarse de manera fácil y segura, no ahorrar esfuerzos en conseguir el material adecuado permite el ensamble adecuado del armazón de la maquina, para así evitar perder tiempo y gastos en materiales inútiles.

Es clave tener claro el fin para el cual se va a utilizar el robot y los objetivos a conseguir, de lo contrario las necesidades no serán cubiertas de forma adecuada. Una aplicación de difícil consecución, requiere de un gran estudio e investigación.

BIBLIOGRAFIA

ANGULO USATEGUI, José María, ROMERO YESA, Susana. ANGULO MARTINEZ, Ignacio. Introducción a la robótica. Editorial thomson. Madrid. 2005. 86p

ANGULO USATEGUI, José María. Curso de Robótica. Ed. Paraninfo. Madrid. 1998. 68p.

BARRIENTOS, Antonio. PEÑIN, Luis Alfonso Carlos Balaguer. ARACIL, Rafael (Fundamentos de Robótica. 2da edición. Editorial Mc Graw Hill. 2007. 93p.

<http://www.derechoshumanos.gov.co/index.php?newsecc=minas>

<http://www.enconor.com/>

<http://www.learobotics.com/personal/juan/proyectos/sheila/sheila.html>

<http://www.icrc.org/WEB/SPA/sitespa0.nsf/htmlall>

<http://www.imm.cnm.csic.es/RedBiosensores/index.html>

<http://www.microbotica.es/web/artic.htm>

<http://www.minproteccionsocial.gov.co/discapacidad/minas.html>

<http://triton.uniandes.edu.co:5050/dspace>

<http://www.xbot.es/webs/robotika/phobos.htm>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN (ICONTEC). Norma colombiana para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá. 2002. 34p

ANEXOS

Anexo A

Convención Sobre la Prohibición del Empleo, Almacenamiento, Producción Y Transferencia de Minas Antipersonal Y sobre su Destrucción (Convención de Ottawa)

18 de septiembre de 1997

Preámbulo

Los Estados Parte,

Decididos a poner fin al sufrimiento y las muertes causadas por las minas antipersonal, que matan o mutilan a cientos de personas cada semana, en su mayor parte civiles inocentes e indefensos, especialmente niños, obstruyen el desarrollo económico y la reconstrucción, inhiben la repatriación de refugiados y de personas desplazadas internamente, además de ocasionar otras severas consecuencias muchos años después de su emplazamiento,

Creando necesario hacer sus mejores esfuerzos para contribuir de manera eficiente y coordinada a enfrentar el desafío de la remoción de minas antipersonal colocadas en todo el mundo, y a garantizar su destrucción,

Deseando realizar sus mejores esfuerzos en la prestación de asistencia para el cuidado y rehabilitación de las víctimas de minas, incluidas su reintegración social y económica,

Reconociendo que una prohibición total de minas antipersonal sería también una importante medida de fomento de la confianza,

Acogiendo con beneplácito la adopción del Protocolo sobre prohibiciones o restricciones del empleo de minas, armas trampa y otros artefactos, según fuera enmendado el 3 de mayo de 1996 y anexo a la Convención sobre prohibiciones o restricciones del empleo de ciertas armas convencionales que puedan considerarse excesivamente nocivas o de efectos indiscriminados; y haciendo un llamado para la pronta ratificación de ese Protocolo por parte de aquellos Estados que aún no lo han hecho,

Acogiendo con beneplácito, asimismo, la Resolución 51/45 S del 10 de diciembre de 1996 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, en la que se exhorta a todos los Estados a que procuren decididamente concertar un acuerdo

internacional eficaz y de cumplimiento obligatorio para prohibir el uso, el almacenamiento, la producción y la transferencia de las minas terrestres antipersonal,

Acogiendo con beneplácito, además, las medidas tomadas durante los últimos años, tanto unilaterales como multilaterales, encaminadas a prohibir, restringir o suspender el empleo, almacenamiento, producción y transferencia de minas antipersonal,

Poniendo de relieve el papel que desempeña la conciencia pública en el fomento de los principios humanitarios, como se ha puesto de manifiesto en el llamado hecho para lograr una total prohibición de minas antipersonal, y reconociendo los esfuerzos que con ese fin han emprendido el Movimiento de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, la Campaña Internacional para la Prohibición de las Minas y otras numerosas organizaciones no gubernamentales de todo el mundo,

Recordando la Declaración de Ottawa del 5 de octubre de 1996 y la Declaración de Bruselas del 27 de junio de 1997, que instan a la comunidad internacional a negociar un acuerdo internacional jurídicamente vinculante que prohíba el uso, el almacenamiento, la producción y la transferencia de minas antipersonal,

Poniendo énfasis en el deseo de lograr que todos los Estados se adhieran a esta Convención, y decididos a trabajar denodadamente para promover su universalidad en todos los foros pertinentes, incluyendo, entre otros, las Naciones Unidas, la Conferencia de Desarme, las organizaciones y grupos regionales, y las conferencias de examen de la Convención sobre prohibiciones o restricciones del empleo de ciertas armas convencionales que puedan considerarse excesivamente nocivas o de efectos indiscriminados,

Basándose en el principio del derecho internacional humanitario según el cual el derecho de las partes en un conflicto armado a elegir los métodos o medios de combate no es ilimitado, en el principio que prohíbe el empleo, en los conflictos armados, de armas, proyectiles, materiales y métodos de combate de naturaleza tal que causen daños superfluos o sufrimientos innecesarios, y en el principio de que se debe hacer una distinción entre civiles y combatientes,

Han convenido en lo siguiente:

Artículo 1 Obligaciones generales

1. Cada Estado Parte se compromete a nunca, y bajo ninguna circunstancia:

a) emplear minas antipersonal;

b) desarrollar, producir, adquirir de un modo u otro, almacenar, conservar o transferir a cualquiera, directa o indirectamente, minas antipersonal;

c) ayudar, estimular o inducir, de una manera u otra, a cualquiera a participar en una actividad prohibida a un Estado Parte, conforme a esta Convención.

2. Cada Estado Parte se compromete a destruir o a asegurar la destrucción de todas las minas antipersonal de conformidad con lo previsto en esta Convención.

Artículo 2 Definiciones

1. Por "mina antipersonal" se entiende toda mina concebida para que explote por la presencia, la proximidad o el contacto de una persona, y que incapacite, hiera o mate a una o más personas. Las minas diseñadas para detonar por la presencia, la proximidad o el contacto de un vehículo, y no de una persona, que estén provistas de un dispositivo anti manipulación, no son consideradas minas antipersonal por estar así equipadas.

2. Por "mina" se entiende todo artefacto explosivo diseñado para ser colocado debajo, sobre o cerca de la superficie del terreno u otra superficie cualquiera y concebido para explotar por la presencia, la proximidad o el contacto de una persona o un vehículo.

3. Por "dispositivo anti manipulación" se entiende un dispositivo destinado a proteger una mina y que forma parte de ella, que está conectado, fijado, o colocado bajo la mina, y que se activa cuando se intenta manipularla o activarla intencionadamente de alguna otra manera.

4. Por "transferencia" se entiende, además del traslado físico de minas antipersonal hacia o desde el territorio nacional, la transferencia del dominio y del control sobre las minas, pero que no se refiere a la transferencia de territorio que contenga minas antipersonal colocadas.

5. Por "zona minada" se entiende una zona peligrosa debido a la presencia de minas o en la que se sospecha su presencia.

Artículo 3 Excepciones

1. Sin perjuicio de las obligaciones generales contenidas en el Artículo 1, se permitirá la retención o la transferencia de una cantidad de minas antipersonal para el desarrollo de técnicas de detección, limpieza o destrucción de minas y el adiestramiento en dichas técnicas. La cantidad de tales minas no deberá exceder la cantidad mínima absolutamente necesaria para realizar los propósitos mencionados más arriba.

2. La transferencia de minas antipersonal está permitida cuando se realiza para su destrucción.

Artículo 4 Destrucción de las existencias de minas antipersonal

Con excepción de lo dispuesto en el Artículo 3, cada Estado Parte se compromete a destruir, o a asegurar la destrucción de todas las existencias de minas antipersonal que le pertenezcan o posea, o que estén bajo su jurisdicción o

control, lo antes posible, y a más tardar en un plazo de 4 años, a partir de la entrada en vigor de esta Convención para ese Estado Parte.

Artículo 5 Destrucción de minas antipersonal colocadas en las zonas minadas

1. Cada Estado Parte se compromete a destruir, o a asegurar la destrucción de todas las minas antipersonal colocadas en las zonas minadas que estén bajo su jurisdicción o control, lo antes posible, y a más tardar en un plazo de 10 años, a partir de la entrada en vigor de esta Convención para ese Estado Parte.

2. Cada Estado Parte se esforzará en identificar todas las zonas bajo su jurisdicción o control donde se sepa o se sospeche que hay minas antipersonal, y adoptará todas las medidas necesarias, tan pronto como sea posible, para que todas las minas antipersonal en zonas minadas bajo su jurisdicción o control tengan el perímetro marcado, estén vigiladas y protegidas por cercas u otros medios para asegurar la eficaz exclusión de civiles, hasta que todas las minas antipersonal contenidas en dichas zonas hayan sido destruidas. La señalización deberá ajustarse, como mínimo, a las normas fijadas en el Protocolo sobre prohibiciones o restricciones del empleo de minas, armas trampa y otros artefactos, enmendado el 3 de mayo de 1996 y anexo a la Convención sobre prohibiciones o restricciones del empleo de ciertas armas convencionales que puedan considerarse excesivamente nocivas o de efectos indiscriminados.

3. Si un Estado Parte cree que será incapaz de destruir o asegurar la destrucción de todas las minas antipersonal a las que se hace mención en el párrafo 1 dentro del período establecido, podrá presentar una solicitud a la Reunión de Estados Parte o a la Conferencia de Examen con objeto de que se prorrogue hasta un máximo de otros diez años el plazo para completar la destrucción de dichas minas antipersonal.

4. Cada solicitud contendrá:

a) La duración de la prórroga propuesta;

b) Una explicación detallada de las razones para la prórroga propuesta, incluidos:

i) La preparación y la situación del trabajo realizado al amparo de los programas nacionales de desminado;

ii) Los medios financieros y técnicos disponibles al Estado Parte para destruir todas las minas antipersonal; y

iii) Las circunstancias que impiden al Estado Parte destruir todas las minas antipersonal en las zonas minadas.

c) Las implicaciones humanitarias, sociales, económicas y medioambientales de la prórroga; y

d) Cualquiera otra información en relación con la solicitud para la prórroga propuesta.

5. La Reunión de los Estados Parte o la Conferencia de Examen deberán, teniendo en cuenta el párrafo 4, evaluar la solicitud y decidir por mayoría de votos de los Estados Parte, si se concede.

6. Dicha prórroga podrá ser renovada con la presentación de una nueva solicitud de conformidad con los párrafos 3, 4 y 5 de este Artículo. Al solicitar una nueva prórroga, el Estado Parte deberá presentar información adicional pertinente sobre lo efectuado durante el previo período de prórroga en virtud de este Artículo.

Artículo 6 Cooperación y asistencia internacionales

1. En el cumplimiento de sus obligaciones conforme a esta Convención, cada Estado Parte tiene derecho a solicitar y recibir asistencia de otros Estados Parte, cuando sea factible y en la medida de lo posible.

2. Cada Estado Parte se compromete a facilitar el intercambio más completo posible de equipo, material e información científica y técnica en relación con la aplicación de la presente Convención, y tendrá derecho a participar en ese intercambio. Los Estados Parte no impondrán restricciones indebidas al suministro de equipos de limpieza de minas, ni a la correspondiente información técnica con fines humanitarios.

3. Cada Estado Parte que esté en condiciones de hacerlo, proporcionará asistencia para el cuidado y rehabilitación de víctimas de minas, y su integración social y económica, así como para los programas de sensibilización sobre minas. Esta asistencia puede ser otorgada, inter alia, por el conducto del Sistema de las Naciones Unidas, organizaciones o instituciones internacionales, regionales o nacionales, el Comité Internacional de la Cruz Roja y las sociedades nacionales de la Cruz Roja y la Media Luna Roja y su Federación Internacional, organizaciones no gubernamentales, o sobre la base de acuerdos bilaterales.

4. Cada Estado Parte que esté en condiciones de hacerlo, proporcionará asistencia para las labores de limpieza de minas y actividades relacionadas con ella. Tal asistencia podrá brindarse, inter alia, a través del Sistema de las Naciones Unidas, organizaciones o instituciones internacionales o regionales, organizaciones no gubernamentales, o sobre una base bilateral, o contribuyendo al Fondo Fiduciario Voluntario de las Naciones Unidas de la Asistencia para la Remoción de Minas u otros fondos regionales que se ocupen de este tema.

5. Cada Estado Parte que esté en condiciones de hacerlo, proporcionará asistencia para la destrucción de las existencias de minas antipersonal.

6. Cada Estado Parte se compromete a proporcionar información a la base de datos sobre la limpieza de minas establecida en el Sistema de las Naciones

Unidas, especialmente la información relativa a diversos medios y tecnologías de limpieza de minas, así como listas de expertos, organismos de especialistas o centros de contacto nacionales para la limpieza de minas.

7. Los Estados Parte podrán solicitar a las Naciones Unidas, a las organizaciones regionales, a otros Estados Parte o a otros foros intergubernamentales o no gubernamentales competentes que presten asistencia a sus autoridades para elaborar un Programa Nacional de Desminado con el objeto de determinar inter alia:

- a) La extensión y ámbito del problema de las minas antipersonal;
- b) Los recursos financieros, tecnológicos y humanos necesarios para la ejecución del programa;
- c) El número estimado de años necesarios para destruir todas las minas antipersonal de las zonas minadas bajo la jurisdicción o control del Estado Parte afectado;
- d) Actividades de sensibilización sobre el problema de las minas con objeto de reducir la incidencia de las lesiones o muertes causadas por las minas;
- e) Asistencia a las víctimas de las minas;
- f) Las relaciones entre el Gobierno del Estado Parte afectado y las pertinentes entidades gubernamentales, intergubernamentales o no gubernamentales que trabajarán en la ejecución del programa.

8. Cada Estado Parte que proporcione o reciba asistencia de conformidad con las disposiciones de este artículo, deberá cooperar con objeto de asegurar la completa y rápida puesta en práctica de los programas de asistencia acordados.

Artículo 7 Medidas de transparencia

1. Cada Estado Parte informará al Secretario General de las Naciones Unidas tan pronto como sea posible, y en cualquier caso no más tarde de 180 días a partir de la entrada en vigor de esta Convención para ese Estado Parte sobre:

- a) Las medidas de aplicación a nivel nacional según lo previsto en el artículo 9;
- b) El total de las minas antipersonal en existencias que le pertenecen o posea, o que estén bajo su jurisdicción o control, incluyendo un desglose del tipo, cantidad y, si fuera posible, los números de lote de cada tipo de mina antipersonal en existencias;
- c) En la medida de lo posible, la ubicación de todas las zonas minadas bajo su jurisdicción o control que tienen, o se sospecha que tienen, minas antipersonal, incluyendo la mayor cantidad posible de detalles relativos al tipo y cantidad de cada tipo de mina antipersonal en cada zona minada y cuándo fueron colocadas;

d) Los tipos, cantidades y, si fuera posible, los números de lote de todas las minas antipersonal retenidas o transferidas de conformidad con el Artículo, 3 para el desarrollo de técnicas de detección, limpieza o destrucción de minas, y el adiestramiento en dichas técnicas, o transferidas para su destrucción, así como las instituciones autorizadas por el Estado Parte para retener o transferir minas antipersonal.

e) La situación de los programas para la reconversión o cierre definitivo de las instalaciones de producción de minas antipersonal;

f) La situación de los programas para la destrucción de minas antipersonal, de conformidad con lo establecido en los artículos 4 y 5, incluidos los detalles de los métodos que se utilizarán en la destrucción, la ubicación de todos los lugares donde tendrá lugar la destrucción y las normas aplicables en materia de seguridad y medio ambiente que observan;

g) Los tipos y cantidades de todas las minas antipersonal destruidas después de la entrada en vigor de la Convención para ese Estado Parte, incluido un desglose de la cantidad de cada tipo de mina antipersonal destruida, de conformidad con lo establecido en los artículos 4 y 5 respectivamente, así como, si fuera posible, los números de lote de cada tipo de mina antipersonal en el caso de destrucción, conforme a lo establecido en el Artículo 4;

h) Las características técnicas de cada tipo de mina antipersonal producida, hasta donde se conozca, y aquellas que actualmente pertenezcan a un Estado Parte, o que éste posea, dando a conocer, cuando fuera razonablemente posible, la información que pueda facilitar la identificación y limpieza de minas antipersonal; como mínimo, la información incluirá las dimensiones, espoletas, contenido de explosivos, contenido metálico, fotografías en color y cualquier otra información que pueda facilitar la labor de desminado; y

i) Las medidas adoptadas para advertir de forma inmediata y eficaz a la población sobre todas las áreas a las que se refiere el párrafo 2, Artículo 5.

2. La información proporcionada de conformidad con este Artículo se actualizará anualmente por cada Estado Parte respecto al año natural precedente y será presentada al Secretario General de las Naciones Unidas a más tardar el 30 de abril de cada año.

3. El Secretario General de las Naciones Unidas transmitirá dichos informes recibidos a los Estados Parte.

Artículo 8 Facilitación y aclaración de cumplimiento

1. Los Estados Parte convienen en consultarse y cooperar entre sí con respecto a la puesta en práctica de las disposiciones de esta Convención, y trabajar

conjuntamente en un espíritu de cooperación para facilitar el cumplimiento por parte de los Estados Parte de sus obligaciones conforme a esta Convención.

2. Si uno o más Estados Parte desean aclarar y buscan resolver cuestiones relacionadas con el cumplimiento de las disposiciones de esta Convención, por parte de otro Estado Parte, pueden presentar, por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas, una Solicitud de Aclaración de este asunto a ese Estado Parte. Esa solicitud deberá estar acompañada de toda información apropiada. Cada Estado Parte se abstendrá de presentar solicitudes de aclaración no fundamentadas, procurando no abusar de ese mecanismo. Un Estado Parte que reciba una Solicitud de Aclaración, entregará por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas, en un plazo de 28 días al Estado Parte solicitante, toda la información necesaria para aclarar ese asunto.

3. Si el Estado Parte solicitante no recibe respuesta por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas dentro del plazo de tiempo mencionado, o considera que ésta no es satisfactoria, puede someter, por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas, el asunto a la siguiente Reunión de los Estados Parte. El Secretario General de las Naciones Unidas remitirá a todos los Estados Parte la solicitud presentada, acompañada de toda la información pertinente a la Solicitud de Aclaración. Toda esa información se presentará al Estado Parte del que se solicita la aclaración, el cual tendrá el derecho de réplica.

4. Mientras que esté pendiente la Reunión de los Estados Parte, cualquiera de los Estados Parte afectados puede solicitar del Secretario General de las Naciones Unidas que ejercite sus buenos oficios para facilitar la aclaración solicitada.

5. El Estado Parte solicitante puede proponer, por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas, la convocatoria de una Reunión Extraordinaria de los Estados Parte para considerar el asunto. El Secretario General de las Naciones Unidas comunicará a todos los Estados Parte esa propuesta y toda la información presentada por los Estados Parte afectados, solicitándoles que indiquen si están a favor de una Reunión Extraordinaria de los Estados Parte para considerar el asunto. En caso de que dentro de los 14 días a partir de la fecha de tal comunicación, al menos un tercio de los Estados Parte esté a favor de tal Reunión Extraordinaria, el Secretario General de las Naciones Unidas convocará esa Reunión Extraordinaria de los Estados Parte dentro de los 14 días siguientes. El quórum para esa Reunión consistirá en una mayoría de los Estados Parte.

6. La Reunión de Estados Parte o la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte, según sea el caso, deberá determinar en primer lugar si ha de proseguir en la consideración del asunto, teniendo en cuenta toda la información presentada por los Estados Parte afectados. La Reunión de los Estados Parte, o la Reunión Extraordinaria de los Estados Partes, deberán hacer todo lo posible por tomar una decisión por consenso. Si a pesar de todos los esfuerzos realizados no se llega a

ningún acuerdo, se tomará la decisión por mayoría de los Estados Parte presentes y votantes.

7. Todos los Estados Parte cooperarán plenamente con la Reunión de los Estados Parte o con la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte para que se lleve a cabo esta revisión del asunto, incluyendo las misiones de determinación de hechos autorizadas de conformidad con el párrafo 8.

8. Si se requiere mayor aclaración, la Reunión de los Estados Parte o la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte autorizará una misión de determinación de hechos y decidirá su mandato por mayoría de los Estados Parte presentes y votantes. En cualquier momento el Estado Parte del que se solicita la aclaración podrá invitar a su territorio a una misión de determinación de hechos. Dicha misión se llevará a cabo sin que sea necesaria una decisión de la Reunión de los Estados Parte o de la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte. La misión, compuesta de hasta 9 expertos, designados y aceptados de conformidad con los párrafos 9 y 10, podrá recopilar información adicional relativa al asunto del cumplimiento cuestionado, in situ o en otros lugares directamente relacionados con el asunto del cumplimiento cuestionado bajo la jurisdicción o control del Estado Parte del que se solicite la aclaración.

9. El Secretario General de las Naciones Unidas preparará una lista, que mantendrá actualizada, de nombres, nacionalidades y otros datos pertinentes de expertos cualificados recibida de los Estados Parte y la comunicará a todos los Estados Parte. Todo experto incluido en esta lista se considerará como designado para todas las misiones de determinación de hechos a menos que un Estado Parte lo rechace por escrito. En caso de ser rechazado, el experto no participará en misiones de determinación de hechos en el territorio o en cualquier otro lugar bajo la jurisdicción o control del Estado Parte que lo rechazó, si el rechazo fue declarado antes del nombramiento del experto para dicha misión.

10. Cuando reciba una solicitud procedente de la Reunión de los Estados Parte o de una Reunión Extraordinaria de los Estados Parte, el Secretario General de las Naciones Unidas, después de consultas con el Estado Parte del que se solicita la aclaración, nombrará a los miembros de la misión, incluido su jefe. Los nacionales de los Estados Parte que soliciten la realización de misiones de determinación de hechos o los de aquellos Estados Parte que estén directamente afectados por ellas, no serán nombrados para la misión. Los miembros de la misión de determinación de hechos disfrutarán de los privilegios e inmunidades estipulados en el Artículo VI de la Convención sobre los privilegios e inmunidades de las Naciones Unidas, adoptada el 13 de febrero de 1946.

11. Previo aviso de al menos 72 horas, los miembros de la misión de determinación de hechos llegarán tan pronto como sea posible al territorio del Estado Parte del que se solicita la aclaración. El Estado Parte del que se solicita la aclaración deberá tomar las medidas administrativas necesarias para recibir,

transportar y alojar a la misión, y será responsable de asegurar la seguridad de la misión al máximo nivel posible mientras esté en territorio bajo su control.

12. Sin perjuicio de la soberanía del Estado Parte del que se solicita la aclaración, la misión de determinación de hechos podrá introducir en el territorio de dicho Estado Parte el equipo necesario, que se empleará exclusivamente para recopilar información sobre el asunto del cumplimiento cuestionado. Antes de la llegada, la misión informará al Estado Parte del que se solicita la aclaración sobre el equipo que pretende utilizar en el curso de su misión de determinación de hechos.

13. El Estado del que se solicita la aclaración hará todos los esfuerzos posibles para asegurar que se dé a la misión de determinación de hechos la oportunidad de hablar con todas aquellas personas que puedan proporcionar información relativa al asunto del cumplimiento cuestionado.

14. El Estado Parte del que se solicita la aclaración dará acceso a la misión de determinación de hechos a todas las áreas e instalaciones bajo su control donde es previsible que se puedan recopilar hechos pertinentes relativos al asunto del cumplimiento cuestionado. Lo anterior estará sujeto a cualquier medida que el Estado Parte del que se solicita la aclaración considere necesario adoptar para

a) la protección de equipo, información y áreas sensibles;

b) la observancia de cualquier obligación constitucional que el Estado Parte del que se solicita la aclaración pueda tener con respecto a derechos de propiedad, registros, incautaciones u otros derechos constitucionales; o

c) la protección y seguridad físicas de los miembros de la misión de determinación de hechos.

En caso de que el Estado Parte del que se solicita la aclaración adopte tales medidas, deberá hacer todos los esfuerzos razonables para demostrar, a través de medios alternativos, que cumple con esta Convención.

15. La misión de determinación de hechos permanecerá en el territorio del Estado Parte del que se solicita la aclaración por un máximo de 14 días, y en cualquier sitio determinado no más de 7 días, a menos que se acuerde otra cosa.

16. Toda la información proporcionada con carácter confidencial y no relacionada con el asunto que ocupa a la misión de determinación de hechos se tratará de manera confidencial.

17. La misión de determinación de hechos informará, por conducto del Secretario General de las Naciones Unidas, a la Reunión de los Estados Parte o a la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte, sobre los resultados de sus pesquisas.

18. La Reunión de los Estados Parte o la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte evaluará toda la información, incluido el informe presentado por la misión de

determinación de hechos, y podrá solicitar al Estado Parte del que se solicita la aclaración que tome medidas para resolver el asunto del cumplimiento cuestionado dentro de un período de tiempo especificado. El Estado Parte del que se solicita la aclaración informará sobre todas las medidas tomadas en respuesta a esta solicitud.

19. La Reunión de los Estados Parte, o la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte, podrá sugerir a los Estados Parte afectados modos y maneras de aclarar aún más o resolver el asunto bajo consideración, incluido el inicio de procedimientos apropiados de conformidad con el Derecho Internacional. En los casos en que se determine que el asunto en cuestión se debe a circunstancias fuera del control del Estado Parte del que se solicita la aclaración, la Reunión de los Estados Parte o la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte podrá recomendar medidas apropiadas, incluido el uso de las medidas de cooperación recogidas en el Artículo 6.

20. La Reunión de los Estados Parte, o la Reunión Extraordinaria de los Estados Parte, hará todo lo posible por adoptar las decisiones a las que se hace referencia en los párrafos 18 y 19 por consenso, y de no ser posible, las decisiones se tomarán por mayoría de dos tercios de los Estados Parte presentes y votantes.

Artículo 9 Medidas de aplicación a nivel nacional

Cada uno de los Estados Parte adoptará todas las medidas legales, administrativas y de otra índole que procedan, incluyendo la imposición de sanciones penales, para prevenir y reprimir cualquiera actividad prohibida a los Estados Parte conforme a esta Convención, cometida por personas o en territorio bajo su jurisdicción o control.

Artículo 10 Solución de controversias

1. Los Estados Parte se consultarán y cooperarán entre sí para resolver cualquier controversia que pueda surgir en relación con la aplicación e interpretación de esta Convención. Cada Estado Parte puede presentar el problema a la Reunión de los Estados Parte.

2. La Reunión de los Estados Parte podrá contribuir a la solución de las controversias por cualesquiera medios que considere apropiados, incluyendo el ofrecimiento de sus buenos oficios, instando a los Estados Parte en una controversia a que comiencen los procedimientos de solución de su elección y recomendando un plazo para cualquier procedimiento acordado.

3. Este Artículo es sin perjuicio de las disposiciones de esta Convención relativas a la facilitación y aclaración del cumplimiento.

Artículo 11 Reuniones de los Estados Parte

1. Los Estados Parte se reunirán regularmente para considerar cualquier asunto en relación con la aplicación o la puesta en práctica de esta Convención, incluyendo:

- a) El funcionamiento y el status de esta Convención;
- b) Los asuntos relacionados con los informes presentados, conforme a las disposiciones de esta Convención;
- c) La cooperación y la asistencia internacionales según lo previsto en el Artículo 6;
- d) El desarrollo de tecnologías para la remoción de minas antipersonal;
- e) Las solicitudes de los Estados Parte a las que se refiere el Artículo 8; y
- f) Decisiones relativas a la presentación de solicitudes de los Estados Parte, de conformidad con el Artículo 5.

2. La primera Reunión de los Estados Parte será convocada por el Secretario General de las Naciones Unidas en el plazo de un año a partir de la entrada en vigor de esta Convención. Las reuniones subsiguientes serán convocadas anualmente por el Secretario General de las Naciones Unidas hasta la primera Conferencia de Examen.

3. Al amparo de las condiciones contenidas en el Artículo 8, el Secretario General de las Naciones Unidas convocará a una Reunión Extraordinaria de los Estados Parte.

4. Los Estados no Parte en esta Convención, así como las Naciones Unidas, otros organismos internacionales o instituciones pertinentes, organizaciones regionales, el Comité Internacional de la Cruz Roja y organizaciones no gubernamentales pertinentes, pueden ser invitados a asistir a estas reuniones como observadores, de acuerdo con las Reglas de Procedimiento acordadas.

Artículo 12 Conferencias de Examen

1. Una Conferencia de Examen será convocada por el Secretario General de las Naciones Unidas transcurridos 5 años desde la entrada en vigor de esta Convención. El Secretario General de las Naciones Unidas convocará otras Conferencias de Examen si así lo solicitan uno o más de los Estados Parte, siempre y cuando el intervalo entre ellas no sea menor de cinco años. Todos los Estados Parte de esta Convención serán invitados a cada Conferencia de Examen.

2. La finalidad de la Conferencia de Examen será:

- a) Evaluar el funcionamiento y el status de esta Convención;
- b) Considerar la necesidad y el intervalo de posteriores Reuniones de los Estados Parte a las que se refiere el párrafo 2 del Artículo 11;
- c) Tomar decisiones sobre la presentación de solicitudes de los Estados Parte, de conformidad con el Artículo 5; y
- d) Adoptar, si fuera necesario en su informe final, conclusiones relativas a la puesta en práctica de esta Convención.

3. Los Estados no Partes de esta Convención, así como las Naciones Unidas, otros organismos internacionales o instituciones pertinentes, organizaciones regionales, el Comité Internacional de la Cruz Roja y organizaciones no gubernamentales pertinentes, pueden ser invitados a asistir a cada Conferencia de Examen como observadores, de acuerdo con las Reglas de Procedimiento acordadas.

Artículo 13 Enmiendas

1. Todo Estado Parte podrá, en cualquier momento después de la entrada en vigor de esta Convención, proponer enmiendas a la misma. Toda propuesta de enmienda se comunicará al Depositario, quien la circulará entre todos los Estados Parte y pedirá su opinión sobre si se debe convocar una Conferencia de Enmienda para considerar la propuesta. Si una mayoría de los Estados Parte notifica al Depositario, a más tardar 30 días después de su circulación, que está a favor de proseguir en la consideración de la propuesta, el Depositario convocará una Conferencia de Enmienda a la cual se invitará a todos los Estados Parte.

2. Los Estados no Parte de esta Convención, así como las Naciones Unidas, otras organizaciones o instituciones internacionales pertinentes, organizaciones regionales, el Comité Internacional de la Cruz Roja y organizaciones no gubernamentales pertinentes pueden ser invitados a asistir a cada Conferencia de Enmienda como observadores de conformidad con las Reglas de Procedimiento acordadas.

3. La Conferencia de Enmienda se celebrará inmediatamente después de una Reunión de los Estados Parte o una Conferencia de Examen, a menos que una mayoría de los Estados Parte solicite que se celebre antes.

4. Toda enmienda a esta Convención será adoptada por una mayoría de dos tercios de los Estados Parte presentes y votantes en la Conferencia de Enmienda. El Depositario comunicará toda enmienda así adoptada a los Estados Parte.

5. Cualquier enmienda a esta Convención entrará en vigor para todos los Estados Parte de esta Convención que la haya aceptado, cuando una mayoría de los Estados Parte deposite ante el Depositario los instrumentos de aceptación.

Posteriormente entrará en vigor para los demás Estados Parte en la fecha en que depositen su instrumento de aceptación.

Artículo 14 Costes

1. Los costes de la Reunión de los Estados Parte, Reuniones Extraordinarias de los Estados Parte, Conferencias de Examen y Conferencias de Enmienda serán sufragados por los Estados Parte y por los Estados no Partes de esta Convención que participen en ellas, de acuerdo con la escala de cuotas de las Naciones Unidas ajustada adecuadamente.

2. Los costes en que incurra el Secretario General de las Naciones Unidas con arreglo a los Artículos 7 y 8, y los costes de cualquier misión de determinación de hechos, serán sufragados por los Estados Parte de conformidad con la escala de cuotas de las Naciones Unidas adecuadamente ajustada.

Artículo 15 Firma

Esta Convención, hecha en Oslo, Noruega, el 18 de septiembre de 1997, estará abierta a todos los Estados para su firma en Ottawa, Canadá, del 3 al 4 de diciembre de 1997, y en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York, a partir del 5 de diciembre de 1997 hasta su entrada en vigor.

Artículo 16 Ratificación, aceptación, aprobación o adhesión

1. Esta Convención está sujeta a la ratificación, la aceptación o a la aprobación de los Signatarios.

2. La Convención estará abierta a la adhesión de cualquier Estado que no la haya firmado.

3. Los instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación y adhesión se depositarán ante el Depositario.

Artículo 17 Entrada en vigor

1. Esta Convención entrará en vigor el primer día del sexto mes a partir de la fecha de depósito del cuadragésimo instrumento de ratificación, de aceptación, de aprobación o de adhesión.

2. Para cualquier Estado que deposite su instrumento de ratificación, de aceptación, de aprobación o de adhesión a partir de la fecha de depósito del cuadragésimo instrumento de ratificación, de aceptación, de aprobación o de adhesión, esta Convención entrará en vigor el primer día del sexto mes a partir de la fecha de depósito por ese Estado de su instrumento de ratificación, de aceptación, de aprobación o de adhesión.

Artículo 18 Aplicación provisional

Cada Estado Parte, en el momento de depositar su instrumento de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión, podrá declarar que aplicará provisionalmente el párrafo 1 del Artículo 1 de esta Convención.

Artículo 19 Reservas

Los Artículos de esta Convención no estarán sujetos a reservas.

Artículo 20 Duración y denuncia

1. Esta Convención tendrá una duración ilimitada.
2. Cada Estado Parte tendrá, en ejercicio de su soberanía nacional, el derecho de denunciar esta Convención. Comunicará dicha denuncia a todos los Estados Parte, al Depositario y al Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas. Tal instrumento de denuncia deberá incluir una explicación completa de las razones que motivan su denuncia.
3. Tal denuncia sólo surtirá efecto 6 meses después de la recepción del instrumento de denuncia por el Depositario. Sin embargo, si al término de ese período de seis meses, el Estado Parte denunciante está involucrado en un conflicto armado, la denuncia no surtirá efecto antes del final del conflicto armado.
4. La denuncia de un Estado Parte de esta Convención no afectará de ninguna manera el deber de los Estados de seguir cumpliendo con obligaciones contraídas de acuerdo con cualquier norma pertinente del Derecho Internacional.

Artículo 21 Depositario

El Secretario General de las Naciones Unidas es designado Depositario de esta Convención.

Artículo 22 Textos auténticos

El texto original de esta Convención, cuyos textos en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso son igualmente auténticos, se depositará con el Secretario General de las Naciones Unidas.