



## CAPITULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Hoy en día no existe una definición totalmente aceptada sobre qué es la Inteligencia Artificial sin embargo varios autores e interesados en el área han creado sus propias definiciones sobre la IA y obviamente cada una de ellas es válida para determinado enfoque. Algunas definiciones bastante aceptables sobre el tema son las que se presentan a continuación. Rich & Knight en 1991 lanzaron la siguiente definición de IA: *"La inteligencia artificial es el estudio de como hacer que las computadoras hagan cosas que por el momento los humanos hacen mejor"*. <sup>[Rich, 1994]</sup> Para Mark Fox la IA es básicamente una teoría de cómo trabaja la mente humana. <sup>[WEB 5]</sup> Aunque es difícil encontrar una definición 100% completa sobre lo que es la Inteligencia Artificial, la definición que presentamos nos ayuda a tener una idea sobre en qué consiste la Inteligencia Artificial. Faltaría mencionar que la IA también se encarga de problemas que no pueden ser resueltos adecuadamente ni por máquinas ni por hombres, como aquellos en donde la explosión combinatoria de los posibles caminos para obtener las soluciones es muy elevada y por tanto sobrepasa las capacidades de los hombres y la velocidad de las computadoras.

La Inteligencia Artificial tiene dos enfoques, un enfoque científico y otro aplicado al área de la Ingeniería. El enfoque científico es útil para los psicólogos, biólogos, filósofos y lingüistas que utilizan la IA para tratar de entender los principios de la inteligencia, ya que



las teorías de IA derivadas pensando principalmente en las computadoras en gran medida sugieren una guía útil para entender el pensamiento humano y otros tipos más de inteligencia. El segundo enfoque es útil para los ingenieros de la computación ya que se requiere que conozcan la IA para aplicar sus técnicas, de manera que les permitan hacer que las computadoras sean más eficientes en la resolución de problemas reales.

La IA trata de abarcar y estudiar muchas de las capacidades del hombre para poder ofrecérselas a la máquina y también al propio hombre en el entendimiento de los principios de su inteligencia, de aquí se puede entender el por que la IA tiene diversas ramas de estudio como son: Agentes, Lógica, Redes Neuronales, Sistemas expertos, Vida artificial, Tecnología del habla y síntesis, Visión artificial y Robótica, entre otras.

Las primeras incursiones dentro de la Inteligencia Artificial se enfocaron principalmente a las tareas formales como la demostración de teoremas y juegos tales como el juego de las damas y el ajedrez, ya que los juegos y la demostración de teoremas son tareas en las que es necesaria la inteligencia para programar a la computadora y que esta buscara todos los posibles caminos para solucionar los problemas y de esta manera escoger el mejor, sin embargo esto es falso, ya que no existen computadoras lo suficientemente rápidas para explorar la inmensa cantidad de soluciones (Explosión Combinatoria) que generan la mayoría de estos problemas.

En la clase de problemas en los que se requiere el sentido común para resolverlos también la IA incursionó en un principio y dio como resultado los “resolvedores” de problemas como el GPS (General Problem Solver), que resolvía problemas tomando como



base la forma en como los humanos lo hacemos, construido por Newell, Shaw y Simon. El GPS finalmente solo podía resolver tareas muy simples. La IA ha encontrado nuevas áreas de investigación de las cuales destacan: las tareas de percepción como la vista y el habla, la comprensión de lenguaje natural, agentes inteligentes y la minería de datos.

## 2.2 ROBÓTICA

Los orígenes de la robótica se encuentran en la ciencia-ficción. Ya que ha contribuido en gran medida al desarrollo de la robótica, implantando ideas innovadoras en mentes creativas, creando el deseo de conocimiento de esta nueva tecnología, esto lo podemos ver en novelas como *Frankenstein* de Mary Shelley, publicada en Inglaterra en 1817, *Rossum's Universal Robots* publicada en 1917 por Karel Capek, que es precisamente esta obra la que dio lugar al término robot, también Isaac Asimov contribuyó con varias narraciones sobre robots en 1939. Asimov en alguna de sus obras hace aparecer una máquina bien diseñada y con seguridad garantizada, que actúa según las tres leyes de la robótica que él mismo escribió y son:

1. *Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, permitir que un ser humano sufra daños*
2. *Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflicto con la primera ley.*
3. *Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que este en conflicto con las dos primeras leyes.*



En los últimos años la robótica se ha desarrollado gracias a dos tecnologías importantes, el control numérico y el control a distancia (telequérica):

El *control numérico*, como su nombre lo indica es el control de las acciones de una máquina por medio de números, su antecedente es el uso de tarjetas perforadas para el control de una herramienta desarrollado originalmente por John Parsons a finales de los años 40 y principios de los 50, aunque el telar mecánico de Jacquard y el ejecutor de obras de piano de 1876 ya utilizaban una cinta de papel perforada a manera de programa.

La *Telequérica*, es la utilización de un manipulador remoto controlado por un ser humano, para transmitir los movimientos del operador humano en los correspondientes movimientos en la posición remota, esto es comúnmente utilizado en el manejo de sustancias peligrosas y radioactivas. La conjunción de estas dos tecnologías es lo que constituye la base para el robot moderno.

Actualmente la Robótica es una ciencia multidisciplinaria, ya que ésta hace uso de los recursos que le proporcionan otras ciencias afines para diseñar e implementar mecanismos robóticos, debido a que en el proceso de diseño y construcción de un robot intervienen muchos campos pertenecientes a la mecánica, la electrónica, la computación, las matemáticas, entre muchas otras.

La robótica como ciencia ofrece un gran campo de desarrollo a investigadores y aficionados, que motivados por la innovación proponen robots cada vez más evolucionados. Son precisamente los aficionados quienes, partiendo de sus propuestas e ideas firmes e innovadoras, han dado gran auge y desarrollo a la robótica.



### 2.2.1 ROBOTS

Como comentamos anteriormente hoy en día los robots están gozando de una nueva atención y resurgimiento, pues cada vez son más usados y es, hasta cierto punto más fácil conseguirlos debido a que con el avance tecnológico, los precios bajan y la funcionalidad de ellos aumenta.

Aparte de eso, en la actualidad podemos encontrar robots enfocados a diversas actividades ó diversas áreas, por ejemplo:

#### **TRABAJO.**

Para realizar tareas repetitivas, incluso aburridas para un humano, son implementados robots, cuyo objetivo específico es estar realizando siempre la misma actividad, dado que los robots son muy efectivos para trabajos que requieren movimientos repetitivos y muy precisos. Además se presenta la ventaja que, a diferencia de los humanos, los robots no necesitan un lugar de trabajo seguro, alimentos, salario, descanso, etc.

La industria que actualmente se encuentra más automatizada es la de los automóviles, donde los robots trabajan ensamblando ciertas partes de los autos, y transportando y juntando los robots ya prácticamente terminados. Las actividades de los empleados se simplifican a supervisar y dar mantenimiento a los robots. Como ejemplo de esto tenemos a Klaus, un robot fabricado por la compañía Volkswagen para reemplazar a los pilotos de carne y hueso que realizaban las pruebas de sus vehículos. Ahora es Klaus quien se encarga de hacer las pruebas y recopilar los datos obtenidos. Este robot está formado por tres brazos -uno para encender el coche, uno para la palanca de cambios y otro para controlar el volante- y tres piernas, una para cada pedal. <sup>[WEB 6]</sup>



**Imagen 2.1** Robot *Klaus* desarrollado por VW para hacer las pruebas de sus vehículos. <sup>[IMG 6]</sup>

## ENTRETENIMIENTO.

No solo buscando construir robot “útiles” o que realicen actividades específicas se han logrado avances en el área de la robótica. Otro aspecto que ha sido abordado con buenos logros es el del entretenimiento. Cierta grupo de investigadores y de interesados en el área se han dedicado al diseño y construcción de robots para su posterior confrontación con diferentes robots alrededor del mundo.

Por ejemplo, Battle Bots es un juego de combate donde los robots se enfrentan contra otros robots en una “*pelea a muerte*”. Las máquinas son de radio control y se pueden armar con taladros, sierras, proyectiles, cualquier cosa que pueda darle más robustez para vencer a los demás robots. La victoria la obtiene el robot que logra inmovilizar a su oponente.



**Imagen 2.2** SuperHeavyweight: Diesector, ganador de su categoría en BattleBots. <sup>[IMG 7]</sup>

Otro tipo de robots que se han diseñado para el entretenimiento son los “futbolistas” que participan en el torneo de RoboCup, un evento internacional en el que participan robots provenientes de más de 30 países del mundo. Los jugadores “robóticos” se comunican con sus compañeros de equipo por medio de radio señales, para coordinarse en el manejo del balón, los pases, etc. Incluso se han realizado equipos completos conformados por AIBO’s, el perro robot diseñado por Sony. Es este tal vez el principal avance que se ha logrado en esta área del entretenimiento, el AIBO de Sony <sup>[WEB 2]</sup> un robot sofisticado y autónomo que puede escuchar y ver, incluyendo el sentido del tacto. Está formado por dieciocho motores especializados que le permiten realizar movimientos tales como el balancearse, rasguñar, jugar “al muertito”, e incluso perseguir una pelota de color rosa. Justo como un cachorro, AIBO es inicialmente torpe. Con tiempo y entrenamiento, va perfeccionando y controlando sus movimientos y adquiere patrones únicos de comportamiento. Debido a su programación AIBO es capaz de simular emociones como felicidad, sorpresa y cólera, y puede responder a comandos verbales.

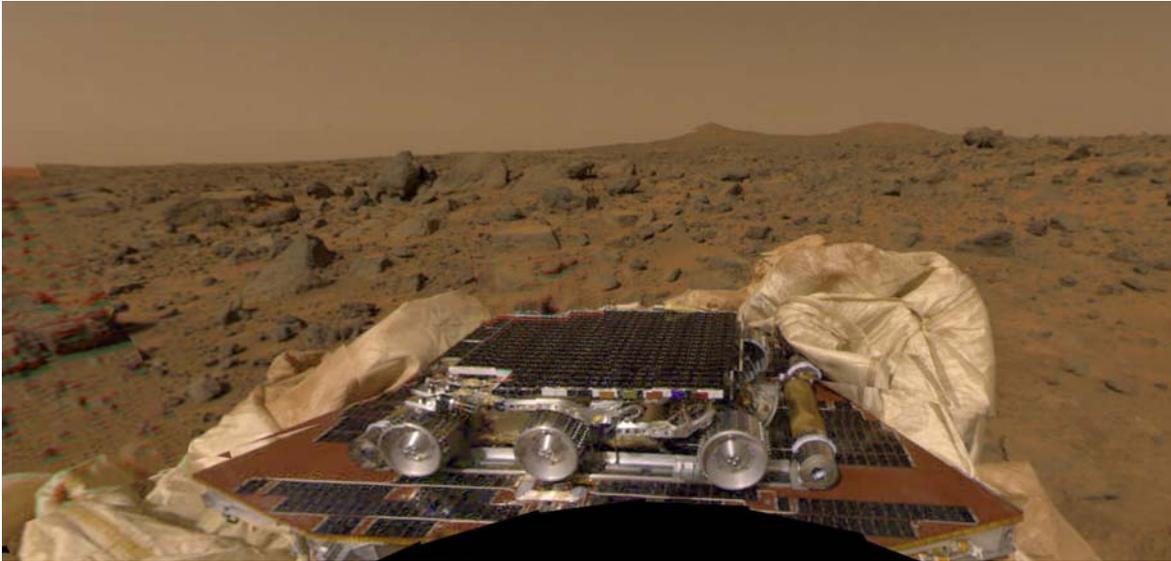


**Imagen 2.3** ERS-7 es el último diseño de AIBO desarrollado por Sony. <sup>[IMG 8]</sup>

Como podemos observar el realizar robots para entretenernos no es un asunto sencillo o que requiera poco tiempo, puesto que al igual que los robots dedicados al trabajo, los dedicados al entretenimiento también involucran ciertos desafíos y la necesidad de coordinar sensores, motores y una buena programación.

### **EXPLORACIÓN.**

Los robots también son constantemente utilizados para realizar tareas en lugares inaccesibles para el ser humano, ya sea en una montaña como en el fondo del mar, e incluso la muy famosa misión a Marte realizada en el año de 1997, cuando la NASA en la misión denominada *Pathfinder* lanzó a su robot Sojourner a explorar el suelo del planeta rojo, enviando fotografías y datos a la tierra, y demostrando que en algún momento de la historia, la superficie de Marte probablemente estuvo cubierto de agua permitiendo algún tipo de vida microscópica. Debido al éxito de esta misión, la NASA planea en este año 2003 mandar dos nuevos robots a explorar nuevas latitudes del planeta, en busca de más pruebas que demuestren que alguna vez hubo presencia de agua. <sup>[WEB 1]</sup>



**Imagen 2.4** Foto del *Mars Pathfinder* aterrizando en la superficie del planeta rojo. [IMG 9]

Otro ejemplo lo tenemos en Dante II, un robot de 8 patas que al caminar aparenta a una araña y que fuera utilizado para caminar y descender por el cráter del volcán Mt. Spurr en Alaska.



**Imagen 2.5** Foto de *Dante II*, desarrollado por la Universidad de Carnegie Mellon, Pittsburg. [IMG 10]

Como podemos observar, las aplicaciones de la robótica ya no solo se limitan en tratar de ayudar al hombre a realizar tareas monótonas, sino que de esto a evolucionado a ser parte importante de misiones de exploración en lugares donde debido a sus condiciones,

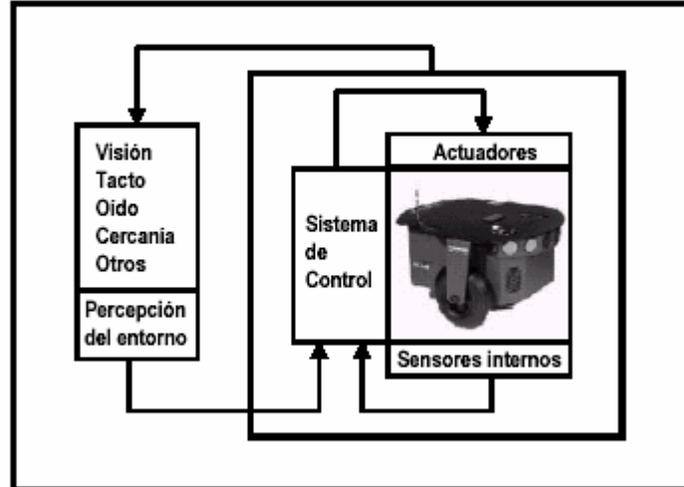


sería prácticamente imposible el acceso del hombre para su estudio. Y esto es un gran avance dentro del área, porque el poder usar los robots para asunto de investigación implica una gran robustez no solo físicamente, sino también a nivel de programación, puesto que se requiere de una comunicación entre el robot y el sitio dónde se recibe toda la información. Realizar un robot para la exploración de ciertos ambientes demanda - al igual que los robots de las fábricas o las “mascotas robóticas”- una gran cantidad de desafíos a superar tanto físicos como lógicos.

Es importante señalar que dentro de este tipo de robots utilizados para la exploración podemos encontrar dos tipos:

- *Robots autónomos* que como su nombre lo indica, son capaces de evaluar por si solos las situaciones que se le van presentando y en base a eso toman sus propias decisiones sobre qué hacer. A pesar de que este tipo de robots no necesitan de supervisión constante parece ser que su futuro no es del todo muy prometedor.
- *Robots ROV* (Remotely Operated Vehicle), también conocidos como *rover*. Este tipo de robot sí es controlado por un humano que es quien toma las decisiones sobre la forma en que actuará el robot. En la actualidad se está buscando lograr que estos robots a distancia sean capaces de transmitir, de la manera mas realista posible, lo que están sintiendo en cuanto a texturas, superficies y demás estímulos presentes en el ambiente que están explorando.

## Esquema general de un robot.



### EFFECTORES Y ACTUADORES.

Un aspecto importante que debe de ser considerado es la manera en que los robots se desplazan. Dentro de los robots móviles, estos pueden ser diseñados de cuatro diferentes maneras:

1. Vehículos con ruedas. El diseño más común que podemos encontrar, por ejemplo un triciclo clásico o un carrito diseñado con direccionamiento diferencial.
2. Locomoción mediante patas. Diseños de dos, cuatro o seis patas, donde se deben de considerar el centro de gravedad (CG) del robot, la estabilidad y sobre todo tener una buena sincronización en el movimiento de las patas, principalmente cuando se tienen dos patas, puesto que es mas difícil mantener el CG dentro del polígono del apoyo. <sup>[Ferrari, 2002]</sup> Entendemos polígono de apoyo como la figura que se forma al trazar líneas imaginarias en los puntos de apoyo del robot. Al moverse por ejemplo una



pata, el polígono de apoyo cambia, y lo que debe de cuidarse es que el CG siempre caiga dentro del polígono de apoyo para que el robot no se caiga.

3. Configuraciones articuladas.
4. Robots submarinos y aéreos. Diseñados especialmente para resistir la presión ya sea del agua como del aire.

Actualmente, gracias a la empresa HONDA <sup>[WEB 3]</sup> se han realizado dos proyectos de humanoides que logran caminar como los seres humanos, incluso pueden subir escaleras y son capaces de balancear su peso para tratar de no caer. La manera en que un robot se mueve es muy importante, un robot sencillo puede estar formado por docenas de “actuadores” que están ahí para realizar una tarea específica. Los motores eléctricos por ejemplo son actuadores que permiten el movimiento del robot gracias a la electricidad. Dependiendo del poder y de la velocidad que se necesite, se puede hacer control de los motores, tanto eléctricamente como con el uso de engranes (a nivel de LEGO) o con piezas más sofisticadas en el caso de robots grandes, de tipo exploradores o humanoides.

El que el robot tenga un buen movimiento desplazándose no lo es todo, también es importante el resto del cuerpo del robot, por ejemplo si el robot tiene dos o más brazos también es importante que estos tengan varios grados de libertad para poder alcanzar varios objetos. Si los brazos son rígidos pues será más difícil el acceso a los objetos, pero en la actualidad existen diferente tipo de *músculos* para los robots que pueden ser adaptados a nuestras necesidades y que nos darán como resultado un robot robusto y flexible. <sup>[WEB 1]</sup>



**Imagen 2.6** ASIMO, humanoide desarrollado por la empresa HONDA. <sup>[IMG 11]</sup>

Comúnmente suelen usarse indistintamente los términos de Efectores y Actuadores aunque en realidad son dos cosas diferentes. Un efector es un dispositivo que afecta el entorno y que está bajo el control del robot. Se manipulan con un controlador, cuya misión es que los efectores produzcan en realidad el efecto deseado en el entorno según la tarea que realiza el robot. Un actuador es el mecanismo real que produce el efector, por ejemplo un motor eléctrico o un dispositivo hidráulico. Esto es, nuestro actuador es lo que impulsa al robot a moverse, en el caso del kit de Lego Mindstorms nuestros actuadores son los pequeños motores, los cuales permiten que el robot se mueva. Los motores están conectados a nuestras llantas, las cuales tienen el papel de efectores y hacen que el robot camine (el efecto es rodar).



## **SENSORES.**

Los sensores son utilizados por el robot para obtener información del ambiente que le rodea, todo lo percibido por los robots dependerá de ellos es decir, constituyen el sistema de percepción del robot. En general un sensor mide una característica del ambiente y la convierte en una señal eléctrica proporcional. Los sensores de los robots son muy distintos de los biológicos, sin embargo muchos de los sensores que se construyen o se aplican a los robots tratan de imitar los sentidos de los seres humanos, pero también hay ciertas cosas que un robot es capaz de percibir y que nosotros no, por ejemplo los campos magnéticos o las ondas ultrasónicas del sonido. El tipo de sensores que usemos dependerá de la tarea que nuestro robot deba realizar.

### **SENSORES DE LUZ.**

Miden la cantidad de luz que llega a una celda fotoeléctrica (básicamente una resistencia). Cuando se realiza cierto cambio en la intensidad de luz que percibe, responde creando o cambiando una señal eléctrica. Este tipo de sensor se puede utilizar para hacer que el robot se mueva por el ambiente por ejemplo siguiendo una luz o una línea negra. También se puede hacer que el robot se oriente (se desplace) en base a luz infrarroja, los sensores del robot mandan señales, y si por ejemplo hay un obstáculo cerca éste rebota la señal y el robot la volverá a percibir, pudiendo realizar un cálculo de qué tan lejos o tan cerca está de los obstáculos y así puede evitarlos. Si nuestro robot necesitara un sistema de visión más complejo es posible adaptar cámaras de video a bordo, las cuales mandan su señal a una computadora, la cual procesa la información y en base a eso, puede tomar decisiones sobre qué es lo que debería de hacer nuestro robot.

Cómo podemos observar, el aspecto de la visión es uno de los grandes desafíos para los ingenieros involucrado en el área de la robótica, puesto que es difícil programar un



robot que vea, o sepa qué es importante y qué debe de ser ignorado, en base a lo que está viendo. Para el ser humano es algo sencillo, prácticamente irrelevante, pero nosotros como programadores debemos de ser capaz de proporcionarle al robot todo el contexto para que él sepa qué cosas son importantes y cuáles irrelevantes. Además, debemos de tomar en cuenta que los robots son en ocasiones sensibles a los cambios bruscos de la intensidad de la luz, así como a los reflejos y a las sombras, un problema común es que, debido a la posición de las luces el robot se haga sombra a él mismo, lo cual afecta a los sensores de luz y pueden afectar a su comportamiento.

### **SENSORES DE TACTO.**

Otro tipo de sensores comúnmente utilizados son los del tacto los cuales de cierta manera también ayudan al robot a desplazarse por el ambiente, pues le permiten al robot sentir cuando ha chocado contra una pared o algún objeto. El principio básico de funcionamiento es “circuito abierto ó circuito cerrado”. En este caso consideramos como “circuito abierto” cuando el sensor de tacto está liberado de la presión (*release*); “circuito cerrado” es cuando el sensor está siendo oprimido, es decir haciendo contacto con algún objeto. En base a estas dos opciones, el sensor manda algún valor al robot para indicarle que alguna condición ha cambiado y el robot, según sea el caso y cómo esté programado, sabrá qué hacer a continuación. Como vemos este tipo de sensor es muy sencillo, además de ser uno de los más comunes en los robots.

Existen otros tipos de sensores, tal vez menos comunes, pero igual de importantes y de gran utilidad. Existen sensores para captar señales de radio, eléctricas y de campo magnético. Las primeras son útiles puesto que permiten la comunicación de un robot con otro a una cierta distancia. Existe también el sensor de temperatura, que es útil para percibir si hay algún ser vivo cerca en base a la medición que se haga de la temperatura, recordando



que normalmente los seres vivos tenemos cierta temperatura corporal diferente a la del ambiente, lo cual puede ser usado por el robot para saber si hay o no alguien cerca. Existen los sensores de rotación, los cuáles miden la rotación angular: odómetros (para medir el número de vueltas) y los velocímetros (velocidad). También se está buscando desarrollar sensores de olfato y gusto, aunque todavía no están perfeccionados, se ha logrado que puedan detectar ciertos gases específicos incluso algunos que nosotros no percibimos. Una aplicación útil de este tipo de sensores se encuentra en los aeropuertos, donde son usados para detectar explosivos escondidos entre el equipaje.

### **2.2.2 ROBOTS Y SIMULACIÓN**

Desde prácticamente siempre el hombre ha tratado de imitar a la naturaleza, o elementos de ella, incluso desde antes de que las computadoras surgieran o la tecnología llegara a su estado actual de desarrollo. Principalmente en las última décadas el hombre ha tenido la curiosidad de crear un robot cuyas capacidades y apariencia sean lo más parecidas posibles a un ser humano. Sin embargo, el comenzar desde cero para tratar de representar un humano por completo es una tarea extraordinaria, por no decir que prácticamente imposible. Aún así lo que es muy factible es el ir realizando varias actividades más simples, para que así paso a paso y posteriormente en conjunto, se logre construir un robot más avanzado.

Es dentro de esta idea de desarrollo que se comenzaron a realizar las representaciones de las conductas de los animales las cuales, siendo hasta cierto punto primitivas en comparación con las conductas de los seres humanos, pero no por eso menos importantes y de relevancia para comprender las reacciones básicas hacia los estímulos. Es por esta situación que a lo largo del tiempo se han realizado varios trabajos e



investigaciones alrededor de las conductas animales y su representación en un robot. Desde mi punto de vista es una buena base el comenzar con la representación de conductas sencillas de comportamiento ya que esto nos permitirá comprender más adelante comprender conductas mas complejas y fue esta una de las motivaciones para realizar este trabajo, el experimentar con un robot pequeño, hasta cierto punto limitado en varios aspectos, pero cuya programación nos ayudará a entender la amplia cantidad de estímulos que existen en el ambiente y la manera en que queremos que sean controladas las reacciones. Aunque este trabajo no abarcará muchos aspectos y tendrá varias limitaciones que explicaremos más adelante, es una investigación interesante que necesitará un buen manejo tanto de los sensores del robot como de sus variables que nos indiquen su estado interno actual.