

Capítulo 2 – Marco teórico.

2.1 Introducción.

En este capítulo se revisa la historia de los robots, además de los conceptos, técnicas y algoritmos que sirven de base para la presente tesis, se hace una introducción a los agentes robóticos autónomos, a la robótica móvil, vehículos de Braitenberg que es el método de exploración que se utiliza en este trabajo, además de un algoritmo de posicionamiento con una segunda cámara para obtener la posición del robot dentro del ambiente.

2.2 Historia de los robots.

2.2.1 Breve historia de los robots.

Jordi Abadal nos dice en su libro titulado “El libro del robot” que en el último cuarto de siglo se han visto más innovaciones tecnológicas que en el resto de la historia junta, el robot es en sí algo especial, dado que mucho antes de que el primer robot se construyera, el concepto ya había existido durante siglos. Los antepasados del robot actual estaban contruidos por maquinarias de relojería y en algunos casos también se construían para que funcionaran por medio de presión de agua.

Los humanos se han fascinado desde tiempos prehistóricos con la idea de seres extraordinarios, hombres mecánicos y otras criaturas que son sacados de fantasías. Por ejemplo los antiguos Egipcios construían estatuas de sus dioses que eran controladas por sacerdotes que pretendían actuar bajo la inspiración del dios que representaba la estatua. [3]

Los primeros intentos de robots, eran realmente autómatas que realizaban el trabajo por fuerza bruta, estos autómatas son en realidad la antecesores de los robots actuales, como ejemplos de ellos podemos mencionar los siguientes:

- En 1500 a.C., Amenhotep, hermano de Mapu, construye una estatua de Memon, el rey de Etiopía que emite sonidos cuando la iluminan los rayos del sol al amanecer.
- Entre el 300 y 270 a.C., Cresibio inventa una clepsidra (reloj de agua) y un órgano que funciona con agua.
- En el año 62 d.C., Hero de Alejandría hace un tratado de autómatas, un famoso registro de aplicaciones de la ciencia que pueden ser demostrados por medio de un autómata, así como su teatro automático en el cual, las figuras que se encuentran montadas en una caja, cambian de posición ante los ojos de los espectadores: pájaros cantores, trompetas que suenan, medidores de la fuerza del vapor, animales que beben, termoscopios, sifones y máquinas que operaban con monedas.
- Alberto Magno (1204 – 1272) crea un sirviente mecánico.
- Leonardo Da Vinci construye en el año 1500 un león automático en honor de Luis XII que actúa en la entrada del Rey de Milán.

Estos son sólo algunos de los autómatas que han sido inventados por el hombre a través del tiempo, como nos podemos dar cuenta, estos autómatas no tenían un fin práctico, solamente divertían a sus dueños.[4]

2.2.2 Generaciones de robots.

Existen distintas clasificaciones para las generaciones de los robots, algunas de ellas son mas generales y otras de ellas clasifican a los robots dadas características tales como el sistema de control que utilizan.

La clasificación mas general del los robots nos da las siguientes generaciones:

Primera generación.

Esta generación era reprogramable, de tipo brazo, dispositivos manipuladores que sólo podían memorizar movimientos repetitivos, eran asistidos por sensores internos que les ayudaban a realizar sus movimientos con precisión.[5]

Segunda generación.

Esta generación entra en escena a finales de los años setentas, cuentan con sensores externos, como sensores de toque y visión, que proveen al robot de información del ambiente. Este tipo de robots esta capacitado para hacer elecciones ilimitadas o tomar decisiones y reaccionar ante el entorno de trabajo, actualmente se les conoce como robots adaptativos.[5]

Tercera generación.

Esta generación está surgiendo en estos años, este tipo de robots emplean la inteligencia artificial y hace uso de los ordenadores mas avanzados que existen en la actualidad. Estos ordenadores no sólo trabajan con números sino que también trabajan con los propios

programas, hacen razonamientos lógicos y aprenden. La inteligencia artificial permite a los ordenadores resolver problemas inteligentemente e interpretan información compleja procedente de sensores con tecnología de avanzada.[5]

2.3 Agentes robóticos autónomos.

2.3.1 Introducción a los agentes robóticos autónomos.

Agente es una palabra que tiene su origen en la psicología, inteligencia artificial y la inteligencia artificial distribuida integrando aspectos de aprendizaje, planeación, razonamiento, representación del conocimiento y su objetivo principal es el de ejecutar tareas para el beneficio de los usuarios, en otras palabras un agente es todo aquello que puede considerarse que percibe su ambiente mediante sensores y responde o actúa en tal ambiente mediante efectores.[2]

Autonomía en el diccionario escolar Larousse se encuentra definida como “Facultad de gobernarse por sus propias leyes, de gozar entera independencia.”. Esta palabra se deriva de las palabras griegas auto que significa propias y nomos que significa ley o regla.[6] [7]

Merelo define a un agente autónomo como un sistema situado en un entorno, que siente dicho entorno y actúa sobre él a través del tiempo, persiguiendo sus propios objetivos de forma que afecte lo que siente en el futuro. [12]

Podemos encontrar diversos tipos de agentes autónomos, aquí se mencionan solamente los mas relevantes para fines de la presente tesis: [2]

1. Agentes humanos. Equipados con órganos como ojos, oídos que hacen las veces de sensores y otras partes del cuerpo como piernas, boca, manos, hacen las veces de efectores.
2. Agentes robóticos. Equipados con cámaras, ultrasonido, infrarrojos, entre otros que sirven de sensores y los motores funcionan como efectores.
3. Agentes de software. Reciben percepciones y ejecutan acciones que tienen como formato cadenas de bits codificados.

A su vez los agentes de software se clasifican en:

1. Asistentes expertos. Son agentes de software que asisten a los usuarios en decisiones complejas o procesamiento del conocimiento, como el monitoreo médico, control industrial, administración de procesos de negocios, manufactura y manejo de tráfico aéreo.
2. Softbots. Agentes de software que interactúan con ambientes de software del mundo real como sistemas operativos, la internet y la web.
3. Agentes sintéticos. Agentes de software que actúan en ambientes simulados, como mundos virtuales y juegos de video. En estos se enfatizan cualidades como credibilidad y personalidad, en lugar de inteligencia o especialización, pueden jugar papeles en sistemas interactivos para entretenimiento, arte y educación.

La palabra robot es una palabra que se le atribuye su invención al escritor checo Karel Kapek (1880 - 1937) en su obra teatral llamada R.U.R. o “Robots Universales Rossum”, proviene de la palabra checa “robota” que significa servidumbre o trabajo

forzado y al traducirse al inglés se convirtió en el término robot. Esta obra se refiere a un brillante científico llamado Rossum y su hijo, quienes desarrollan un sustancia química parecida al protoplasma, así con esta sustancia comenzaron a construir robots cuya finalidad era la de servir a la humanidad en trabajos físicos, con el tiempo lograron construir el “ser perfecto”, la obra da un vuelco cuando estos seres perfectos se rebelan contra los humanos y destruyen toda la vida humana. La definición que mas se ajusta a lo que aquí se pretende desarrollar es aparato capaz de realizar de manera automática diversas operaciones.[7] [13]

Las clasificaciones mas comunes de los robots son:[14]

- De acuerdo a su generación.
- A su nivel de control.
- A su nivel de inteligencia.
- A su nivel de lenguaje de programación.

Para los robots industriales existen las siguientes clasificaciones:[14]

- Robots Play – back. Este tipo de robots, ejecutan una serie de instrucciones grabadas, generalmente tienen un control de lazo abierto.
- Robots controlados por sensores. Toman decisiones basadas en la información obtenida por los sensores, tienen un control de lazo cerrado.
- Robots controlados por visión. Estos robots manipulan objetos haciendo uso de la información obtenida a través de la cámara.

- Robots controlados adaptablemente. Estos robots pueden reprogramar automáticamente sus acciones sobre la base de datos obtenidos por los sensores.
- Robots con inteligencia artificial. Estos utilizan técnicas de inteligencia artificial para tomar decisiones y resolver problemas.

Otra clasificación de los tipos de robots fue hecha por la Asociación de Robots Japonesa (JIRA) y los clasifica de acuerdo a su nivel de inteligencia:[14]

- Dispositivos de manejo final. Estos son controlados por una persona.
- Robots de secuencia arreglada. Donde no se puede modificar fácilmente la secuencia.
- Robots de secuencia variable. Donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente.
- Robots regeneradores. En estos un operador humano conduce el robot a través de la tarea.
- Robots de control numérico. El operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea.
- Robots inteligentes. Los cuales pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente.

Actualmente se maneja la siguiente clasificación:

- Robots manipuladores.
- Robots móviles.

En 1942 Issac Asimov en su obra titulada “Runaround” presenta las llamadas tres leyes de la robótica. [15]

1. Un robot no debe dañar al ser humano, o a través de la inanición permitir a otro hacerlo.
2. Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos excepto cuando tales órdenes entren en conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia, tanto como esa protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley.

Dados los conceptos expuestos anteriormente podemos decir que un agente robótico autónomo es un aparato mecánico que procesa la información obtenida a través de diferentes sensores como pueden ser cámaras de video, sensores de toque, sensores infrarrojos, sonares entre otros y que a través del procesamiento de esta información es capaz de tomar decisiones sin la intervención de algún ente externo como por ejemplo un operador humano.

2.3.2 Robótica móvil.

La robótica móvil como se vio en el apartado anterior, es una clasificación de los robots y merece una revisión mas amplia dado que el robot propuesto en la presente tesis, está clasificado en esta categoría.

El término robot móvil puede ser definido como el arte o la ciencia que permite guiar a un robot a su objetivo, teniendo en cuenta el medio que lo rodea.[8]

Un robot autónomo es una máquina que opera en un ambiente impredecible y parcialmente desconocido.[9]

Los medios de locomoción de los robots móviles es por medio de orugas, ruedas o patas y se desplazan de acuerdo a la forma en que se programaron, se utilizan principalmente en tareas que resultan peligrosas para los seres humanos como ejemplo podemos mencionar tareas de exploración en planetas, la exploración en mares, zonas contaminadas por radiación, sólo por mencionar algunas.

La característica principal de los robots móviles es, la movilidad y la independencia de un sistema físico de guiado como pueden ser rieles, cables, medios magnéticos, ópticos, etc.[8]

Este tipo de robots pueden ser controlados remotamente por medio de cables o radio, otra forma de controlarlos es de forma automática por medio de un programa, estos

últimos son llamados autónomos. Generalmente están dotados con sistemas inteligentes para el seguimiento de trayectorias e integran sistemas mutisensoriales.

Podemos diferenciar dos tipos de sensores para este tipo de robots, los primeros de ellos son sensores internos, como sensores odométricos e inerciales, los segundos son sensores externos que toman información del ambiente, como ejemplos de ellos podemos mencionar sensores infrarrojos, ultrasónicos, GPS y visión artificial.[10]

La construcción de robots móviles independientes del entorno, requiere de una gran coordinación y comunicación entre los sistemas de percepción encargados de la correcta interpretación del entorno y los de acción, que son los encargados del control de movimientos del robot, estos problemas son los que se han abordado principalmente en la mayoría de las investigación sobre robótica móvil que se ha realizado[11]

El problema mas grande de los robots móviles es la estimación y la orientación del robot dentro del ambiente, generalmente este problema se ha resuelto por medio de controles odométricos los cuales estiman la posición del robot mediante decodificadores incrementales asociados a las ruedas del robot, el problema principal de este tipo de estimación es que es muy sensible a las condiciones del ambiente, es decir, funciona de manera adecuada en ambientes con el piso plano y que hay muy pocas posibilidades de que las ruedas del robot pierdan contacto con el piso. Es por esto que generalmente se hace uso de otros sensores para corregir la posición del robot, como por ejemplo sensores infrarrojos, sonares, cámaras, por mencionar algunos.

2.4. Modelado de ambientes.

Los robots perciben el mundo de diferente forma de cómo lo percibimos los seres humanos, es por esto la importancia de generar algoritmos robustos que sean capaces de minimizar algunos problemas inherentes a la adquisición de la información de un ambiente, por ejemplo podemos mencionar que al utilizar una cámara, al adquirir una imagen del ambiente esta viene acompañada de algunas características indeseables llamadas comúnmente ruido. Además, el procesamiento de la información se hace en tiempo real por lo cual la información de entrada es limitada. Entonces el problema principal es construir un modelo del ambiente congruente a partir de información incompleta y distorsionada.

2.4.1. Tipos de modelado de ambientes.

La meta del modelado de ambientes es, capturar información de una escena a través de una imagen para después extraer información de la misma.[15]

El primero tipo de modelado consiste en hacer una representación del ambiente tan precisa como sea posible, para este tipo de modelado se hace necesario el uso de sensores sofisticados y robots muy elaborados con características especiales como por ejemplo sistemas para que las ruedas siempre estén en contacto con el piso y así poder llevar un conteo exacto en el control odométrico. [11]

El segundo tipo de modelado consiste en hacer una representación del ambiente de manera rápida y generalmente burda, esta representación casi siempre es en dos

dimensiones y es la más utilizada en robótica. A continuación se presenta una tabla comparativa de los dos tipos de modelado. [11]

| | Modelado preciso | Modelado rápido |
|---------------------------------|---|---|
| Requerimientos de tiempo | Puede tardarse días en el cálculo. | Tiempo real. |
| Ámbito de los datos | Localizados en un área densa. | Distribuidos a través del ambiente. |
| Precisión | Tan preciso como sea posible, 1mm. | Precisión suficiente para navegar, 1dm. |
| Sensores | Scanners láser, Sistemas de cámaras múltiples calibradas. | Sensores infrarrojos, láser, cámaras. |
| Aplicaciones | Ambientes virtuales, sitios virtuales, cirugías. | Exploración de ambientes desconocidos, búsqueda de objetos. |

Tabla 2.1 Tipos de modelado de ambientes.

2.5 Vehículos de Braitenberg.

Valentino Braitenberg uno de los pioneros de la cibernética en su libro “Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology” propone que puede ser posible llegar a comprender varias cuestiones de investigación psicológica por medio de la construcción de pequeños robots móviles que se comporten como si poseyeran un estado mental sofisticado. A estos se les han dado nombres de acuerdo al comportamiento humano que imitan, a pesar de que Braitenberg nunca construyó estos robots sino solamente se limitó a diseñarlos y describirlos por escrito, cualquier observador externo podría clasificar el comportamiento de sus máquinas como producto de estados mentales sofisticados. A pesar de que este tipo

de vehículos cuentan con una estructura simple al implementarse estos comportamientos son capaces de ejecutar tareas difíciles como seguir caminos complejos.[17][20]

A continuación se describe cada uno de estos comportamientos.

2.5.1 Comportamiento temeroso.

En este tipo de vehículo los dos sensores con los que cuenta el robot están conectados al lado correspondiente. La intensidad de la señal en cada sensor determina rapidez con la que el vehículo se mueve.

El comportamiento que seguirá es pasar más tiempo en el lugar donde la intensidad de la señal en los sensores es menor, y la velocidad se incrementará cuando hay mayor intensidad de señal en los sensores, este vehículo al captar una fuente de señal dará vuelta y se alejará de esa fuente. [18][19]

La siguiente figura es el resultado de una simulación realizada por Yoichiro Endo e ilustra el comportamiento temeroso.

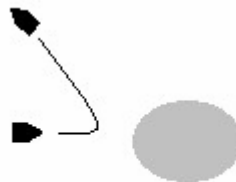


Figura 2.1 Vehículo con comportamiento temeroso.

2.5.2 Comportamiento agresivo.

En este vehículo las conexiones son cruzadas, es decir la rueda derecha está conectado al sensor izquierdo y la rueda izquierda está conectada al sensor derecho.

El comportamiento se define agresivo porque este tipo de vehículo enviste el obstáculo que detectó con sus sensores. Por ejemplo al detectar un obstáculo con su sensor derecho este vehículo hará avanzar mas rápido su rueda izquierda y viceversa, esto con el fin de golpear el obstáculo. En la figura 2.2 tomada de la simulación realizada por Yoichiro Endo se puede observar este comportamiento[18][19]

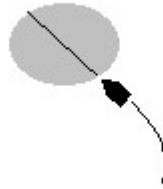


Figura 2.2 Vehículo con comportamiento agresivo.

2.5.3 Comportamiento amistoso.

En este tipo de vehículo los sensores está conectados del mismo lado, es decir el sensor izquierdo está conectado a la rueda izquierda y el sensor derecho está conectado a la rueda derecha.

El comportamiento que sigue es tratar de encontrar un obstáculo y posarse junto a el. [18] [19]

Yoichiro Endo al realizar una simulación, obtiene una figura del comportamiento amistoso que se muestra a continuación.

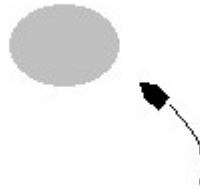


Figura 2.3 Vehículo con comportamiento amistoso.

2.5.4 Comportamiento explorador.

Este es el comportamiento que se implementará para la presente tesis, este tipo de vehículo tiene conexiones cruzadas al igual que el vehículo con comportamiento agresivo, es decir, el sensor izquierdo esta directamente conectado a la rueda derecha y viceversa.

El comportamiento que sigue este tipo de vehículo es tratar de evitar los obstáculos, es decir si el vehículo detecta un obstáculo de su lado derecho, entonces hará girar con menos rapidez la rueda del lado contrario evitando así el obstáculo. La figura 2.4 tomada de la simulación realizada por Yoichiro Endo ilustra este comportamiento.[18][19]

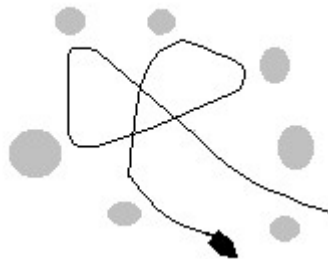


Figura 2.4 Vehículo con comportamiento explorador.

2.6 Visión artificial.

En los últimos años se ha ligado la visión artificial con la robótica para dotar a los robots con sistemas de visión artificial para obtener mayor información del ambiente en el que se desenvuelven. Para la inteligencia artificial la visión artificial son todas aquellas técnicas y modelos que nos permiten el procesamiento, análisis y explicación de cualquier tipo de información espacial a través de imágenes obtenidas del mundo tridimensional. En visión robótica es un sistema en el que la entrada es una imagen o un conjunto de imágenes y la salida es una descripción que debe cumplir con dos criterios: 1) Estar relacionada con la imagen observada y 2) Contener toda la información que se necesita para realizar una tarea determinada. [21][22]

El desarrollo de la visión artificial se ha basado desde sus inicios en el estudio del sistema de visión humano, el cual sugiere diversos tipos de tratamiento de la información visual dependiendo de las metas u objetivos que se persigan. La visión artificial se ha relacionado con disciplinas tales como la robótica, la inteligencia artificial, psicología y la neurociencia.

Dado que la información visual es una de las principales fuentes de información del mundo real, resulta inteligente dotar a los robots con sistemas de visión para que sean capaces de identificar y ubicar objetos en el mundo real.[21]

Generalmente la visión artificial se divide en seis áreas:[11]

- **Captación:** Proceso de obtener una imagen.
- **Preprocesamiento:** Métodos para quitar o reducir características no deseadas en la imagen como el ruido.
- **Segmentación:** Dividir una imagen en objetos que sean de nuestro interés.
- **Descripción:** Obtención de características de un objeto como su forma, tamaño con el fin de diferenciarlo de otros objetos.
- **Reconocimiento:** Proceso a través del cual identificamos un objeto dentro de una escena.
- **Interpretación:** Asociar un significado a un conjunto de objetos reconocidos.

2.6.1 Sistema de color I1I2I3.

El sistema I1I2I3 generalmente se utiliza para segmentar imágenes digitales a color, pero también se ha utilizado para darle realismo a objetos en tercera dimensión, y se ha utilizado además en segmentación y medición de imágenes médicas.[11]

Los algoritmos de segmentación en una imagen a escala de grises se basan en la similaridad y discontinuidad. De estos la similaridad nos permite detectar puntos aislados, bordes y líneas, y los métodos que se basan en la discontinuidad se basan en umbralización, crecimiento de región, división y fusión de regiones.

El principio para segmentar una imagen a color es básicamente el mismo que en una a escala de grises, aplicando el algoritmo a cada una de las bandas de color R, G y B.[11]

Este sistema se define de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} I1 \\ I2 \\ I3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/3 & 1/3 & 1/3 \\ 1/2 & 0 & -1/2 \\ -1/4 & 1/2 & -1/4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

De aquí obtenemos las tres componentes ortogonales del color.[11]

$$I1 = (R + G + B) / 3$$

$$I2 = (R - B) / 2$$

$$I3 = (2G - R - B) / 4$$

2.7 Conclusiones del capítulo.

En este capítulo se revisó la historia de la robótica, se explicaron las características de los agentes robóticos autónomos dado que el robot construido para este trabajo de tesis, es un agente robótico autónomo, se mostraron los tipos de modelados de ambientes, se explicaron detalladamente cada uno de los comportamientos de los vehículos de Braitenberg y se introdujo a la visión artificial, es decir se comentaron los métodos y algoritmos que sirven de base para la presente tesis.