
ROBOTS MÓVILES DE RUEDAS: GENERALIDADES

C. Márquez-Sánchez¹, R. Silva-Ortigoza¹, M. Marcelino-Aranda²,
M. Antonio-Cruz¹, C. Y. Sosa-Cervantes¹ y J. R. García-Sánchez¹.

¹ Instituto Politécnico Nacional, CIDETEC. Área de Mecatrónica. Unidad Profesional
Adolfo López Mateos. C.P. 07700, México, D. F., MÉXICO.

² Instituto Politécnico Nacional, UPIICSA, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación,
08400 México, D.F., MÉXICO.

Resumen

En este trabajo se presenta de manera general la historia de la robótica, así como una clasificación de los robots. En particular este trabajo se enfoca en los robots móviles de ruedas (RMR). Relativo a los RMR se mencionan sus principales aplicaciones, los aspectos que deben tenerse en cuenta en su diseño, las partes fundamentales que los conforman y sus diferentes arreglos cinemáticos.

Abstract

This paper presents a brief overview of the history of robotics, as well as a robot classification. This work is particularly concerned on wheeled mobile robots (WMR). Relative to the WMR, we mention their main applications, aspects to consider during its design, essential building components and different kinematic arrangements.

I. Introducción

En antiguas civilizaciones, como la griega, se hablaba de seres mecánicos capaces de imitar las funciones y movimientos de los seres vivos, movidos por mecanismos construidos con poleas y bombas hidráulicas, los cuales eran conocidos como automatos. Siendo estos la base para los robots. En la actualidad, los robots no sólo se asemejan a los seres humanos, sino que han tomado formas diversas para satisfacer las necesidades de estos. Con la aparición de la computadora y la integración de circuitos, se pudieron desarrollar los primeros robots en los 40's en el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Gracias a la robótica, actualmente podemos presenciar la visión de un mundo en el que el trabajo de los seres humanos puede ser reemplazado por los robots.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: En la sección II se presenta una breve historia sobre la robótica. Las características generales de los RMR se presentan en la sección III. Finalmente, en la sección IV se exponen las conclusiones del trabajo, así como los trabajos futuros.

II. Robótica

La robótica surge en la década de los cuarenta del siglo XX como un área de la ingeniería. Sin embargo, sus orígenes datan del siglo XVIII con la construcción de los autómatas de Vaucanson y los Jaquet-Droz, ver Figura 1(a) y Figura 1(b)

respectivamente [1]; mecanismos dotados de cierta autonomía, aunque limitada por la tecnología de la época. Durante los años subsecuentes se fueron desarrollando autómatas que permitieron definir las bases actuales de la robótica. El desarrollo de nuevas tecnologías, a finales de la Revolución Industrial, ayudaron a impulsar varias áreas, incluyendo la científica, lo cual dio pauta a la creación de nuevos dispositivos con diferentes aplicaciones en la construcción, milicia, aeronáutica, transporte, etc., que posteriormente convergieron en la concepción de la robótica.



Figura 1. Autómatas.

En 1952 en el MIT se crea la primera máquina de control numérico para automatizar algunas tareas en la industria. Una década más tarde se instaló el primer robot de la empresa Unimation en el sistema de producción de General Motors. El escritor checoslovaco Capek introdujo el término "robot" en 1920 en su obra *Rossum's Universal Robots* [3]; término que etimológicamente deriva de la palabra eslava *robot*, y la cual tiene por significado "labor forzada", "servicio" o "esclavo". Años más tarde el escritor y científico ruso-estadounidense Asimov, retoma el concepto en su obra "I, Robot" [4], estableciendo las tres leyes bajo las cuales se rigen los robots cuasi-inteligentes.

Los robots tienen diferentes aplicaciones que varían en función directa con la actividad para la cual se pretende incorporar un sistema robótico y de la flexibilidad que sea capaz de brindar al proceso en cuestión. Ejemplos de sus aplicaciones en diversos sectores son: industrial, militar, educativo, agrícola, espacial, entretenimiento, salud, seguridad, etc. Los robots se pueden clasificar de acuerdo a la función que realizan, en [5]: manipuladores, generadores de movimiento, acuáticos, aéreos y móviles. Estos últimos han sido diseñados para desplazarse dentro de su espacio de trabajo ya sea utilizando un sistema locomotor rodante o bien, mediante plataformas o carros. Esto lo logran con la información obtenida a través de sensores (o telemandos), que reciben información del entorno.

III. Robots Móviles

El desarrollo de los RM responde a la necesidad de expandir el campo de aplicación de la robótica, así inicialmente los robots manipuladores estaban restringidos al alcance

de una estructura mecánica anclada en uno de sus extremos, y para incrementar la autonomía de los robots, donde la intervención humana sea casi nula.

El tipo de movilidad que tenga un robot es de gran importancia, pues de esto dependerá el éxito de la tarea programada y de la eficacia con la cual el robot se desenvolverá en su espacio de trabajo. De acuerdo a [6] y [7], los RM se clasifican como: aéreos, acuáticos y terrestres. Véase la Figura 2.

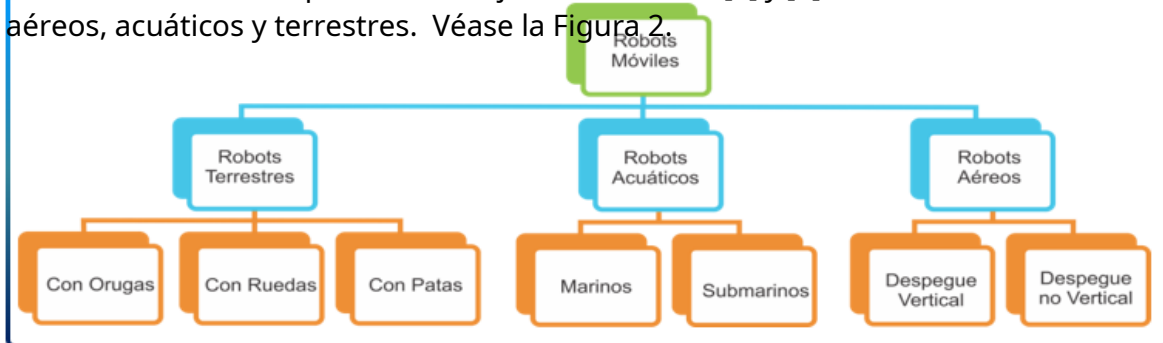


Figura 2. Clasificación de los robots móviles.

Los RM terrestres, a su vez pueden clasificarse de acuerdo al tipo de locomoción que utilizan, entre los tipos más ampliamente empleados están por: patas, ruedas y orugas. Aunque, la locomoción por patas u orugas han sido ampliamente estudiadas, la mayoría de los RM que se han reportado, construido y evaluado en trabajos de investigación utilizan ruedas para desplazarse. Esto se debe a que los RMR presentan las siguientes características:

- ✓ Más eficientes en energía, debido a que generalmente se desplazan en superficies lisas y firmes.
- ✓ Ampliamente utilizados en aplicaciones de la industria.
- ✓ Requieren menor número de partes y menos complejas, haciendo más fácil su construcción.
- ✓ El control de las ruedas es menos complejo.
- ✓ Ocasionan menor desgaste en la superficie donde se mueven en comparación con las bandas de las orugas.
- ✓ Los problemas de balance no presentan gran dificultad, ya que el robot siempre está en contacto con una superficie.

Así, se puede decir que un RMR se conforma de tres partes fundamentales; *arreglo cinemático, sistema de actuadores y sensores*. Entendiendo por arreglo cinemático el que se genera de las configuraciones relativas a la disposición de las ruedas en la estructura del robot. Un sistema de actuadores es el recurso que proporciona el movimiento del móvil y los sensores son dispositivos que obtienen información del área de trabajo y la procesan en señales que pueda comprender el robot.

Dentro de los arreglos cinemáticos se encuentran diversas configuraciones que han sido de interés en múltiples estudios, entre los cuales destacan la configuración ackerman, triciclo, skid steer, síncrona, tracción omnidireccional y tracción diferencial, véase la Figura 4. Asimismo, con el desarrollo de investigaciones han surgido configuraciones alternas como son: con una esfera [8], con una rueda [9] o sin ruedas [10].

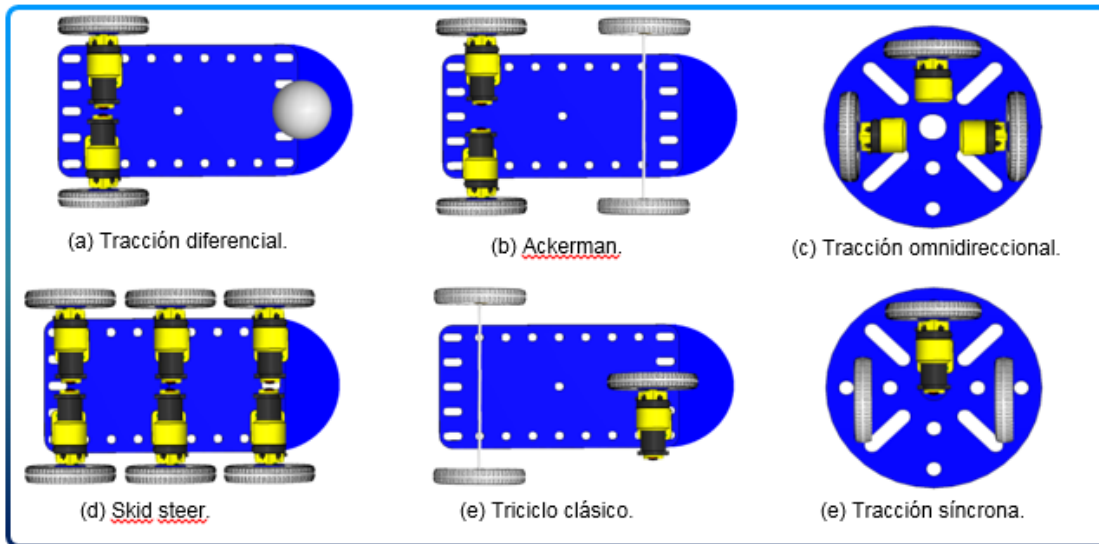


Figura 3. Configuraciones cinemáticas.

Para hacer más tratable el problema de modelado, en la obtención del modelo cinemático de un RMR, es común introducir suposiciones de diseño y operación [11]. Dentro de las suposiciones de diseño se consideran las siguientes:

1. El RMR no contiene partes flexibles, de esta manera pueden aplicarse mecanismos de cuerpo rígido para el modelado del móvil.
2. Las ruedas cuando más tienen un eslabón de dirección con la finalidad de reducir la complejidad de modelado.
3. Todos los ejes de dirección son perpendiculares a la superficie, de esta manera se reducen todos los movimientos a un sólo plano.

Por otra parte, dentro de las suposiciones de operación se consideran las siguientes:

1. Los RMR se mueven sobre una superficie plana, lo cual descarta toda irregularidad de la superficie donde se mueve el robot.
2. La fricción de traslación en el punto de contacto de la rueda con la superficie donde se mueve, es lo suficientemente grande para que no exista deslizamiento.
3. La fricción rotacional en el punto de contacto de la rueda con la superficie donde se mueve, es lo suficientemente pequeña para que exista un desplazamiento rotatorio.

Las ruedas son unos de los componentes más importantes de los robots, ya que son las que proporcionan la tracción necesaria al robot. Dentro del tipo de ruedas a emplear en un RMR destacan las siguientes [11], [12]: ruedas convencionales, tipo

castor, tipo bola y omnidireccionales. En relación al sistema de actuadores, este tiene como tarea generar el movimiento de los elementos del robot según las órdenes dadas por la unidad de control. Cabe mencionar que existen diversos tipos de motores entre los cuales destacan los siguientes: de CD, de CA, a pasos, de inducción, servo motor, etc.; siendo el motor de CD el de mayor uso. El uso de los motores de CD se debe principalmente a su mayor grado de flexibilidad para el control de la velocidad, debido a que su modelo asociado tiene la característica de ser lineal, lo que permite que se facilite el control en lazo cerrado, en comparación con los de CA donde su control es más complejo. Es de mencionar que en la mayoría de los trabajos reportados sobre el control de RMR no se estudia el control de los motores, debido a que se trabaja con robots comerciales que incluyen su control y sólo basta con programar los perfiles de velocidad deseados. Los sensores del RMR proporcionan autonomía [13] al robot para realizar su desplazamiento en un determinado espacio de trabajo. El uso de sensores, permite al robot percibir el espacio de trabajo, de una manera rápida y autónoma, a diferencia de seguir una secuencia de instrucciones predeterminadas. Los sensores más utilizados en RMR son: de posicionamiento, de orientación, de sonar o ultrasónicos, láser, ópticos y los basados en sistemas de GPS (Global Position System) [14]. En la medida que el RMR cuente con más sensores y con el procesamiento apropiado de las señales adquiridas, el robot tendera a convertirse en un sistema autónomo.

Así, con todas las consideraciones mencionadas hasta aquí, se puede definir a un RMR como un *sistema electromecánico capaz de desplazarse de manera autónoma y que está constituido por un arreglo cinemático, una parte de actuadores y sensores, su movimiento es a través de medios de locomoción como ruedas, patas, orugas, etc.*

IV. Conclusiones

En este trabajo se ha presentado una breve historia de la robótica y de cómo los autómatas dieron origen a los robots, los cuales fueron tomando aplicaciones en: la industria, la medicina, el hogar y en otras áreas incluyendo la científica. Debido a su gran campo de aplicación se desarrollaron diferentes tipos de robots, y de acuerdo a su movilidad se presentó una clasificación dentro de las cual están los RMR que constan de tres partes fundamentales; un *arreglo cinemático*, un *sistema de actuadores* y *sensores*. Finalmente se concluye con una definición de un RMR. Como trabajo futuro se planea realizar una continuación a este primer artículo sobre RMR, donde se presenten algunas de las más relevantes aplicaciones de estos.

Agradecimientos

Los autores C. Márquez-Sánchez, M. Antonio-Cruz y C. Y. Sosa-Cervantes, desean agradecer el apoyo de CONACYT por medio de su beca escolar y a la Secretaría de

Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional por la beca BEIFI. Las cuales ayudan a los alumnos para adentrarse en el mundo de la investigación.

Referencias

- [1] F. M. S. Martín, F. M. Rodríguez, J. S. Bayarri, J. P. Redorta, F. R. Escovar, S. E. Fernández y H. V. Mavrich, "Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al robot Da Vinci (Parte I)", *Actas Urológicas Españolas*, vol. 31, no. 2, pp. 69-76, Febrero, 2007.
- [2] <http://www.watch-test.com/2012/10/jaquet-droz-asombra-con-el-impresionante-the-bird-repeater/>
- [3] K. Čapek, *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)*, Penguin Classics, 2004.
- [4] I. Asimov, *I, Robot*, Gnome Press, New York, 1950.
- [5] J. Angeles, *Fundamentals of robotic mechanical systems: theory, methods and algorithms*, Spring-Verlag, New York, 2007.
- [6] A. Ollero-Baturone, *Robótica Manipuladores y Robots Móviles*, Alfaomega, México, 2007.
- [7] A. Barrientos, J. del Cerro, P. Gutiérrez, R. San Martín, A. Martínez y C. Rossi, "Vehículos aéreos no tripulados para uso civil. Tecnología y aplicaciones", *Grupo de cibernética*, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2007.
- [8] T. B. Lauwers, G. A. Kantor and R. L. Hollis, "A dynamically stable single-wheeled mobile robot with inverse mouse-ball drive", *Proc. IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Orlando, FL, May, 2006.
- [9] D. W. Vos and A. H. Von Flotow, "Dynamics and nonlinear adaptive control of an autonomous unicycle: theory and experiment", *Proceedings of the 29th IEEE Conference on Decision and Control*, vol. 1, pp. 182-187, Hawaii, December, 1990.
- [10] X. Yangsheng and O. Yongsheng, *Control of single wheel robots*, Springer-Verlag, New York, 2005.
- [11] P. F. Muir and C. P. Neuman, "Kinematic modeling of wheeled mobile robots", Robotics Institute Technical Report No. CMU-RI-TR-86-12, Carnegie-Mellon University, Pittsburgh, PA, 1986.
- [12] P. F. Muir, "Modeling and control of wheeled mobile robots", Ph.D. dissertation, The Robotics Institute Carnegie Mellon University, Pittsburgh, August, 1988.
- [13] R. Siegwart and R. Nourbakhsh, *Introduction to Autonomous Mobile Robots*, Massachusetts Institute of Technology, 2004.
- [14] J. Borenstein, H. R. Everett and L. Feng, *Where am I?, sensors and methods for mobile robot positioning*, The University of Michigan, April, 1996.