



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Centro Universitario UAEM Zumpango Ingeniería en Computación



CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO

Dr. Arturo Redondo Galván





FUNDAMENTOS DE ROBÓTICA

UNIDAD I

COMPRENDER LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA ROBÓTICA DE
MANIPULADORES



INTRODUCCIÓN (1/3)

- Desde la antigüedad el hombre ha sentido fascinación por las máquinas que imitan a los seres vivos. Debido a ello a inventado mecanismos desde épocas muy remotas, tales como poleas y engranes para mover objetos.
- El concepto de robot surgió desde antes que pudiese ser construido unos de ellos.
- El origen de la palabra “robot” proviene del Checo *robota* que puede traducirse como un trabajador que provee un servicio compulsivo, algo así como un esclavo del trabajador.
- La palabra robot fue introducida por el escritor Karel Capek en su obra teatral R.U.R. (*Rossum’s Universal Robots*) y los describe como humanoides que sirven a la humanidad.



INTRODUCCIÓN (2/3)

- La palabra robótica fue introducida por Isaac Asimov en su obra *I Robot*, donde define esta palabra como la ciencia de los robots.
- Otra de sus aportaciones en esta obra fueron las tres leyes de la robótica:
 1. Un robot no puede dañar a un ser humano, ni por inacción permitir que éste se dañe.
 2. Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto cuando estas órdenes entren en conflicto con la primer ley.
 3. Un robot debe proteger su propia existencia hasta donde esta protección no entre en conflicto con las dos primeras leyes.



INTRODUCCIÓN (3/3)

- Existe una cuarta ley formulada por Skoles:
4. Un robot puede hacer el trabajo de un ser humano, pero no puede dejar a la persona sin trabajo.
- Isaac Asimov introduce en sus últimas obras una Ley Cero de la robótica:
0. Un robot no puede realizar ninguna acción, ni por inacción permitir que nadie la realice, que resulte perjudicial para la humanidad, aun cuando ello entre en conflicto con las otras tres leyes.



CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS (1/5)

- Existen diferentes clasificaciones sobre los robots dependiendo de los parámetros que se utilicen para clasificarlos: hay desde semejanzas con la apariencia del ser humano hasta clasificaciones aprobadas por diversas asociaciones de robótica las cuales tratan de unificar criterios.
- **Robots industriales:** Éstos fueron los primeros en clasificarse. La JIRA (*Japanese Industrial Robot Association*) los clasifica en 6 clases:
 - Dispositivos de manejo manual: Son manejados por un operador.
 - Robots con secuencias fijas: Utilizan una secuencia fija para realizar una tarea repetitiva y es difícil modificar su comportamiento.
 - Robots de secuencia variable: es fácil modificar su comportamiento.



CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS (2/5)

- Robots de reproducción: Un operador enseña un movimiento al robot y éste lo replica.
- Robots de control numérico: Un programa de control numérico determina los movimientos del robot.
- Robots inteligentes: Entienden el ambiente donde se desenvuelven y pueden ejecutar una tarea sin importar que el ambiente haya sufrido cambios.

Este tipo de robots también puede ser clasificado de acuerdo al tipo de coordenadas que utiliza: cartesianas, polares y cilíndricas.



CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS (3/5)

- **Robots de servicio:** Este tipo de robot está destinado a dar un servicio a los humanos. En la actualidad existe una clasificación para los robots autónomos que están destinados a proporcionar un servicio, excluyendo de esta categoría a aquellos cuyo uso es la manufactura.

La IFR (*International Federation of Robotics*) clasifica a los robots de servicio en dos categorías:

- Al servicio de los humanos: Éste tipo está diseñado para el entretenimiento y la seguridad entre otros.
- Al servicio de las máquinas: Proveen mantenimiento, limpieza y realizan reparaciones a otras máquinas.



CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS (4/5)

- **Robots educativos:** Este tipo de robots están dedicados para tareas educativas, son de fácil acceso, sus alcances son limitados y pueden ser adquiridos mediante kits los cuales proporcionan motores, engranes, sensores, poleas, entre otros, para su construcción.
- **Robots militares:** Éstos son utilizados con fines bélicos y para salvaguardar la vida de las personas. Este tipo de robots puede ser utilizado. Por ejemplo, para desactivar bombas. Los misiles también caen dentro de esta categoría puesto que posee un sistema de navegación autónomo para alcanzar su objetivo.



CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS (5/5)

- **Robots espaciales:** El espacio es un lugar inhóspito por lo que implica un alto riesgo para el ser humano así como un alto costo. Existe un gran desarrollo en este tipo de robots debido al gran interés por explorar nuestro universo.



PROBLEMAS DE LA ROBÓTICA MÓVIL(1/1)

Desde el punto de vista de la robótica existen varios problemas:

1. Diseñar robots capaces de interactuar en ambientes impredecibles en tiempo real.
2. Interacción entre el software y el hardware.
3. Interacción con el humano.
4. Robots totalmente autónomos.
5. Percepción.
6. Colaboración entre robots.



UNIDAD II

**IDENTIFICAR LOS DIFERENTES COMPONENTES QUE CONFORMAN UN
ROBOT MANIPULADOR.**



CONCEPTOS BÁSICOS (1/5)

- **Posición:** Es la ubicación de un cuerpo en el espacio, relativa a un sistema de referencia.
- **Desplazamiento:** Cambio de posición de una partícula en el espacio.
- **Velocidad:** Magnitud física que expresa desplazamiento de un objeto por unidad de tiempo.
- **Aceleración:** Magnitud física que expresa el cambio de velocidad en un intervalo de tiempo.



CONCEPTOS BÁSICOS (2/5)

MOVIMIENTO:

El movimiento es el cambio de la posición de un objeto en el transcurso del tiempo. En física hay dos disciplinas que se encargan de estudiar el tema de movimiento por separado.

La **Cinemática** estudia el movimiento de los cuerpos independientemente de las causas que lo producen. La **Dinámica** se encarga de estudiar las causas que provocan este movimiento.



CONCEPTOS BÁSICOS (3/5)

TIPOS DE MOVIMIENTO:

Para un objeto que se mueve, se pueden distinguir al menos tres tipos de movimientos diferentes: traslación, rotación y vibración.

- **Movimiento de traslación:** Un cuerpo está en traslación si todos los puntos que lo componen describen la misma trayectoria que puede ser rectilínea o curvilínea. Cada punto de un cuerpo rígido en traslación tiene la misma velocidad y aceleración. En un movimiento de traslación en un dimensión hablamos de posición lineal, velocidad lineal y aceleración lineal.



CONCEPTOS BÁSICOS (4/5)

TIPOS DE MOVIMIENTO:

- **Movimiento de rotación:** Un cuerpo está en rotación si se mueve alrededor de un eje fijo (centro de rotación) y describe una circunferencia cuyo radio es la distancia al eje. En el movimiento de rotación hablamos de posición angular, velocidad angular y aceleración angular.



CONCEPTOS BÁSICOS (5/5)

GRADOS DE LIBERTAD:

Los grados de libertad también llamados DOF (degree of freedom) hacen referencia al número de movimientos independientes que se pueden realizar. En otras palabras, un grado de libertad es la capacidad de moverse a lo largo de un eje (movimiento lineal) o de rotar a lo largo de un eje (movimiento rotacional). Por ejemplo, un automóvil posee 3 grados de libertad, dos de posición y uno de orientación.



LOCOMOCIÓN (1/16)

- La **locomoción** es el proceso por el cual un robot autónomo puede desplazarse.
- Existe una gran variedad de modos de moverse sobre una superficie sólida entre los robots, las más comunes son las ruedas, las cadenas y las patas.





LOCOMOCIÓN (2/16)

ROBOTS CON RUEDAS:

- Son los más populares por varias razones prácticas. Los robots con ruedas son más sencillos y más fáciles de construir.
- La carga que pueden transportar es mayor relativamente a los otros tipos.
- La principal desventaja de las ruedas es su empleo en terreno irregular, en el que se comportan bastante mal.
- No puede sobrepasar un obstáculo que tenga una altura superior al radio de sus ruedas.



LOCOMOCIÓN (3/16)

ROBOTS CON CADENAS:

- Para robots que funcionan en un entorno natural son una opción muy buena porque las cadenas permiten al robot superar obstáculos relativamente mayores y son menos susceptibles que las ruedas de sufrir daños por el entorno, como piedras o arena.
- El principal inconveniente de las cadenas es su ineficacia, puesto que se produce deslizamiento sobre el terreno al avanzar y al girar.
- Si la navegación se basa en el conocimiento del punto en que se encuentra el robot y el cálculo de posiciones futuras sin error, entonces las cadenas acumulan tal cantidad de error que hace inviable la navegación por este sistema.



LOCOMOCIÓN (4/16)

ROBOTS CON PATAS:

- Los robots con patas pueden superar con mayor facilidad que los otros los problemas de los terrenos irregulares.
- La desventaja de este tipo es el gran número de grados de libertad que requieren los sistemas con patas.
- Cada pata necesita como mínimo un par de motores lo que produce un mayor coste, así como una mayor complejidad y menor fiabilidad.



LOCOMOCIÓN (5/16)

Ackerman o Tipo Coche

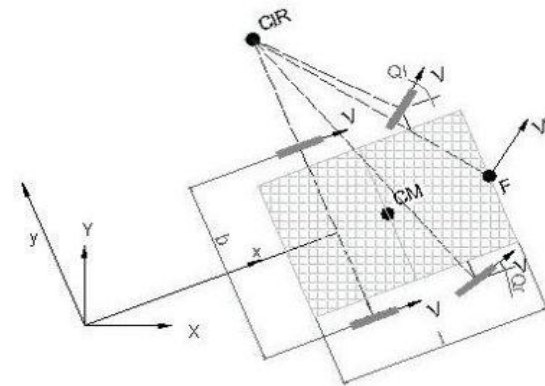
- Es el utilizado en vehículos de cuatro ruedas convencionales. De hecho, los vehículos robóticos para exteriores resultan normalmente de la modificación de vehículos convencionales tales como automóviles o incluso vehículos más pesados.
- El sistema se basa en dos ruedas traseras tractoras que se montan de forma paralela en el chasis principal del vehículo, mientras que las ruedas delanteras son del tipo direccionamiento, y se utilizan para seguir la trayectoria del robot.



LOCOMOCIÓN (6/16)

Ackerman o Tipo Coche

- En los robots móviles con configuración Ackerman, se presentan dos ángulos de giro, uno en cada rueda. Esto genera mayores problemas a la hora de realizar el control, por lo que en muchas ocasiones lo que se hace es unificar los ángulos de direccionamiento en uno sólo, por lo que los radios de giro para los cuales el robot no muestra deslizamiento lateral son mayores que en otras configuraciones.





LOCOMOCIÓN (7/16)

Triciclo clásico

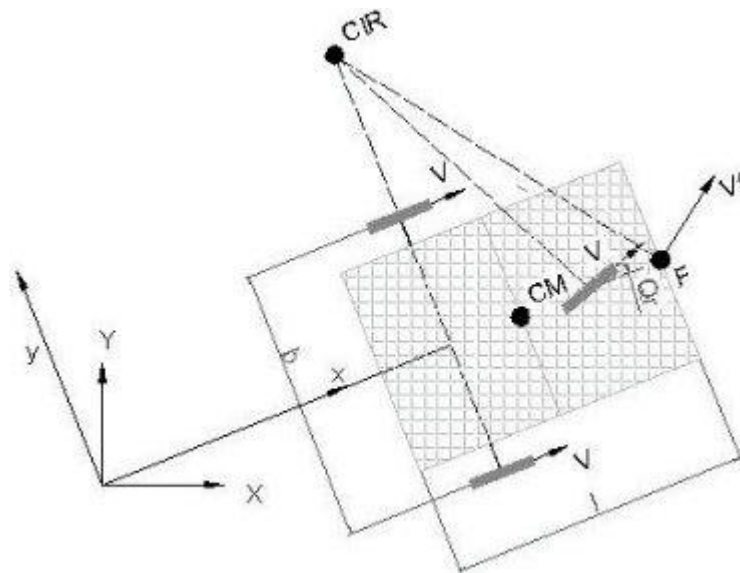
- Este sistema de locomoción se basa en una rueda delantera que sirve tanto para la tracción como para el direccionamiento.
- El eje trasero, con dos ruedas laterales, es pasivo y sus ruedas se mueven libremente.
- La maniobrabilidad es mayor que en la configuración Ackerman motivado por la existencia de una sola rueda de direccionamiento, pero a su vez esto causa que se puedan presentar problemas de estabilidad en terrenos difíciles.



LOCOMOCIÓN (8/16)

Triciclo clásico

- El centro de gravedad tiende a desplazarse cuando el vehículo se desplaza por una pendiente, provocando una pérdida de tracción, o incluso el volcado, por lo que es preferible situar el Centro de gravedad cerca del suelo.





LOCOMOCIÓN (9/16)

Skid Steer

- Se disponen varias ruedas en cada lado del vehículo que actúan de forma simultánea. El movimiento es el resultado de combinar las velocidades de las ruedas de la izquierda con las de la derecha.
- Estos robots se han usado para la inspección y obtención de mapas de tuberías enterradas empleando para ello sistemas de radar, en aplicaciones mineras y en misiones de exploración espaciales no tripuladas.

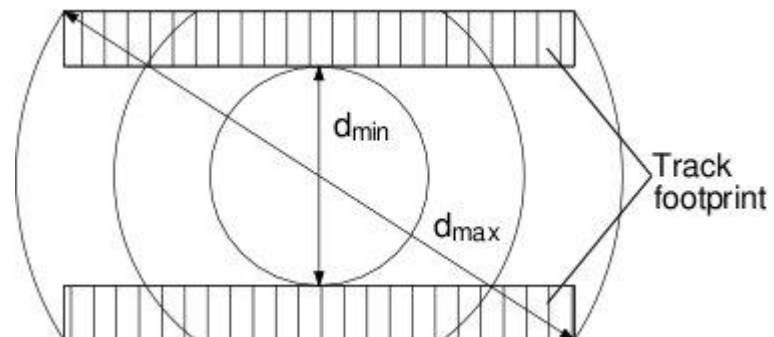




LOCOMOCIÓN (10/16)

Tipo cadena

- En este tipo tanto la impulsión como el direccionamiento se consiguen mediante pistas de deslizamiento. Éstas actúan de forma análoga a ruedas de gran diámetro.
- Es útil en navegación en terrenos irregulares, en los cuales presenta un buen rendimiento. En este caso, la impulsión está menos limitada por el deslizamiento y la resistencia al desgaste es mayor.





LOCOMOCIÓN (11/16)

Síncronos

- Consiste en la actuación simultánea de todas las ruedas, que giran de forma síncrona. La transmisión se consigue mediante coronas de engranajes ("syncro drive") o con correas concéntricas. En una conducción sincrónica del robot, cada rueda es capaz de ser conducida y dirigida.



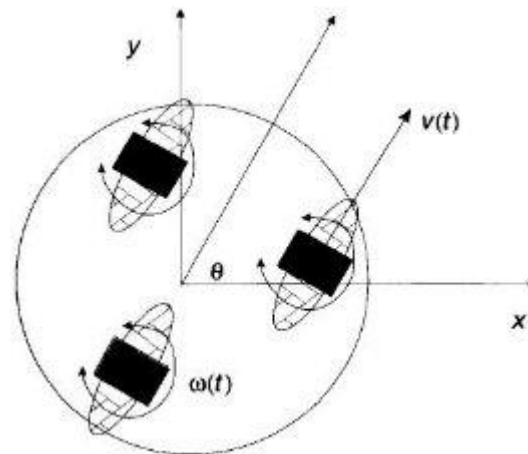


LOCOMOCIÓN (12/16)

Síncronos

Las configuraciones típicas son:

- Tres ruedas directrices se montan acopladas en los vértices de un triángulo equilátero muchas veces debajo en una plataforma cilíndrica.
- Todas las ruedas impulsan y giran al unísono.

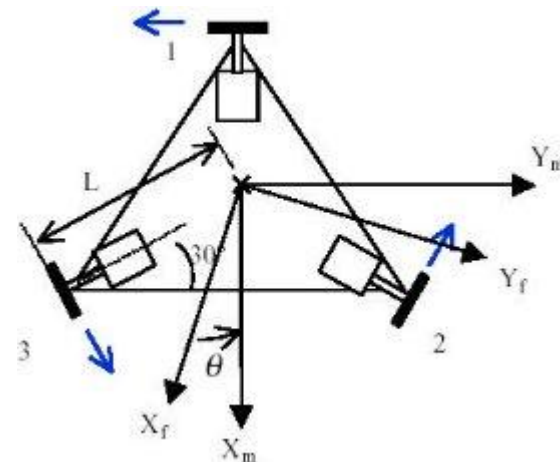
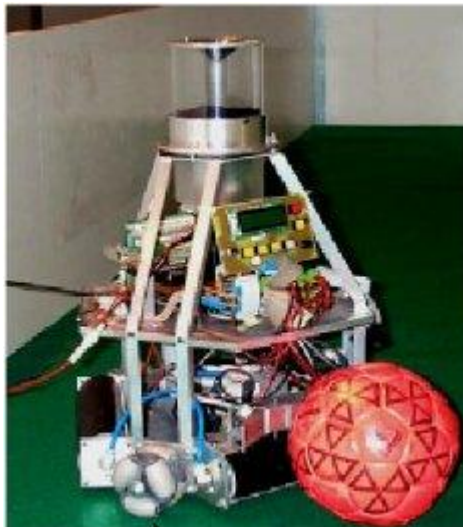




LOCOMOCIÓN (13/16)

Tracción omnidireccional

- Este sistema de tracción de basa en la utilización de tres ruedas directrices y motrices. Esta configuración tiene tres grados de libertad, por lo que puede realizar cualquier movimiento, y comportarse en cualquier posición en cualquier orientación. No presenta limitaciones cinemáticas.

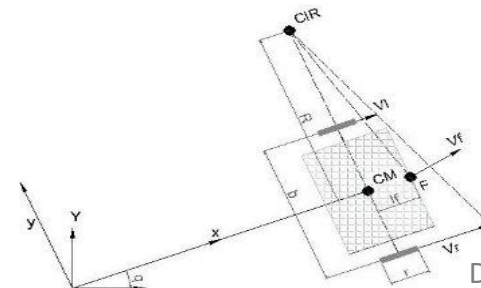




LOCOMOCIÓN (14/16)

Tracción diferencial

- Este tipo de direccionamiento viene dado por la diferencia de velocidades de las ruedas laterales. La tracción y direccionamiento se consigue también con estas mismas ruedas.
- Este sistema es muy útil si consideramos la habilidad del movimiento del móvil, presentando la posibilidad de cambiar su orientación sin movimientos de traslación. Las variables de control de este sistema son las velocidades angulares de las ruedas izquierda y derecha.





LOCOMOCIÓN (15/16)

Tracción diferencial

- Tanto desde el punto de vista de la programación como de la construcción, el diseño diferencial es uno de los menos complicados sistemas de locomoción. El robot puede ir recto, girar sobre sí mismo y trazar curvas.
- Un problema importante es cómo resolver el equilibrio del robot, hay que buscarle un apoyo adicional a las dos ruedas ya existentes, esto se consigue mediante una o dos ruedas de apoyo añadidas en un diseño triangular o romboidal.
- El diseño triangular puede no ser suficiente dependiendo de la distribución de pesos del robot, y el romboidal puede provocar inadaptación al terreno si éste es irregular lo que puede exigir alguna clase de suspensión.



LOCOMOCIÓN (16/16)

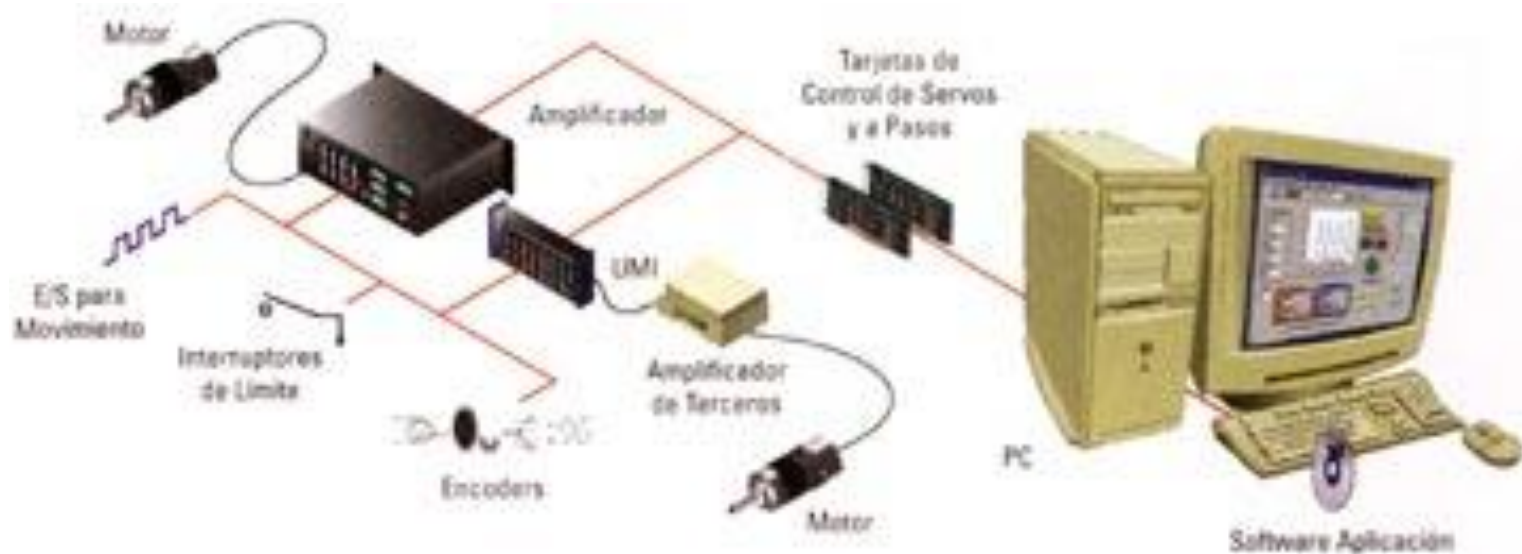
Tracción diferencial

- Para que el robot se mueva en línea recta sus ruedas tienen que girar a la misma velocidad.
- La simplicidad del diseño queda minimizada por la complejidad del sistema de control de la velocidad. Cuando los motores encuentran diferentes resistencias las velocidades de los motores varían y el robot girará incluso aún cuando se le haya ajustado inicialmente para que vaya recto. Esto quiere decir que la velocidad debe ser controlada dinámicamente, debe existir un medio de monitorizar y cambiar la velocidad del motor mientras el robot avanza.



CONTROL DE MOVIMIENTO (1/3)

Un sistema de control de movimiento consiste de cinco principales componentes: el dispositivo mecánico que se está moviendo, el motor (servo o a pasos), el amplificador, el controlador inteligente y el software de interfaz programación/operación.





CONTROL DE MOVIMIENTO (2/3)

Motores a pasos:

Los **motores a pasos** son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° .

¿Cuántos pasos se requieren para un giro de 360° ?





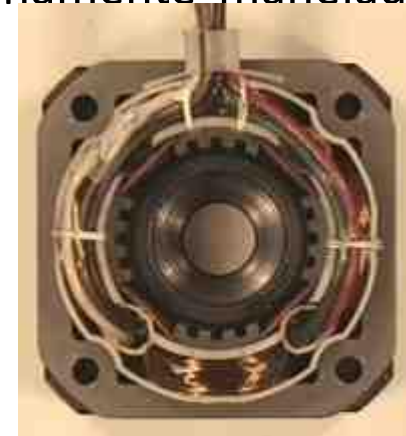
CONTROL DE MOVIMIENTO (3/3)

Funcionamiento de lo motores a pasos:

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator. Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.



Rotor



Estator de 4 bobinas



REFERENCIAS (1/1)

1. Robot Dynamics and Control, Mark W. Spong, M. Vidyasagar, Wiley, 1989.
2. Modeling and Control of Robots Manipulators, L. Sciavicco, B. Siciliano, Springer, 2003.
3. Evolución Artificial y Robótica Autónoma, José Santos, Richar J. Duro, Alfaomega-RaMA, 2004
4. The Robotics Primer, Maja J. Mataric, MIT Press 2007.
5. Robotics: State of the art and future challenges, Bekey G., Imperial College Press, 2008.
6. Springer Handbook of Robotics, Bruno Siciliano, Oussama Khatib, Springer, 2008.
7. Handbook of Industrial Robotics, Shimon Y Nof, Wiley, 1999.

