

ESTADO ACTUAL DE LA ROBOTICA

Ing. Celeste Olivo F. D'Inca

*Profesor Titular e Investigador Principal
de la Universidad de Mendoza*

RESUMEN

En este trabajo pretendo resumir los principales logros de la Robótica, así como dar a conocer cuáles son los trabajos de investigación que, sobre el tema, llevan a cabo instituciones de avanzada, como la NASA (National Aeronautics and Space Administration), las Universidades de Stanford, Rochester y Carnegie Mellon, el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y otras de Japón, Italia, Inglaterra y España, así como en empresas de varias nacionalidades.

Por otra parte, considero importante hacer un poco de historia al respecto, dando a conocer los principales hechos que llevan a la realidad actual, insistiendo en las aplicaciones prácticas de estos desarrollos, sus implicancias y las esperanzas puestas en ellos.

1. INTRODUCCIÓN

Así como las computadoras se han convertido en una extensión de nuestra mente, los robots son una extensión de nuestros miembros y de nuestros sentidos.

De nuestros miembros, porque son una máquina capaz de transportar cosas, sostener herramientas, realizar trabajos de montaje, etc., con mayor fuerza, precisión y continuidad de la que nosotros podemos hacer. Dicho de otra manera, pueden realizar trabajos manuales tan bien o mejor que nosotros, al tiempo que realizan mayores esfuerzos continuados, sin cansarse.

Esta última cualidad posiblemente sea la más importante, pues repiten en forma continuada y exacta, todos los movimientos necesarios para la realización de una tarea y durante todo el tiempo que sea necesario, sin descansar o alimentarse, por tanto son los esclavos per-

fectos: no comen, no duermen, no cobran a fin de mes, y no pueden escaparse ni rebelarse.

Por otra parte conforman una extensión de nuestros sentidos, por cuanto es posible dotarlos de elementos de sensado, capaces de tocar, ver, y manipular objetos que nosotros posiblemente no podemos asir por su temperatura, tamaño, peso o forma.

2. ALGO DE HISTORIA

Desde que el hombre fue *homo erectus*, buscó la forma de hacer algo más de lo que sus fuerzas o sus sentidos le permitían. En una primera instancia descubrió que podía remover las brasas con un palo, y así no se quemaba, que podía multiplicar su fuerza si utilizaba una palanca, y así podía mover objetos muy grandes y pesados. También observó que podía escuchar mejor si se hacía pantalla con sus manos, y que podía distinguir objetos lejanos acotando el ángulo de visión, mediante un elemento hueco tal como una caña o una piedra oblonga.

Las máquinas capaces de realizar alguna tarea en forma autónoma, tampoco son nuevas, ya en el siglo XVIII se construían telares que urdían mediante un sistema automático, movidos por molinos de agua; luego más recientemente tornos copiadores, y máquinas con control digital, de vasta utilización en todo tipo de industrias.

El nombre que se les dio, ROBOTS, no representa un acierto, pues se debe a una obra teatral del Checo Karel Capek, quien el año 1921 escribió y dirigió su obra "Robots Universales Rusos", comedia en la cual máquinas con forma humana, eran luego capaces de reproducirse y esclavizarlos a quienes los habían desarrollado, convirtiéndose en los amos del mundo. El término Robot en Checo significa trabajo, en especial el forzoso o forzado.

Luego en varias novelas, obras teatrales y filmes, generalmente de ciencia ficción, se ha empleado al androide, o robot de forma humana, en maneras distorsivas de la realidad.

Solamente en el año 1959, y con la construcción del primer control industrial computarizado, realizado por Unimation Inc. aplicando los conceptos de George Devol y Joseph Engelberger, se da por iniciada una ciencia denominada ROBÓTICA INDUSTRIAL, de la cual

el antedicho Devol es considerado el padre, esta ciencia se dedicará al estudio, desarrollo y construcción de Robots para aplicaciones industriales.

La construcción de robots industriales para su comercialización es iniciada en el año 1968, de donde parte una nueva era industrial, la de la automatización flexible total.

En la actualidad, una de las empresas europeas que más robots produce es la Asea Brown Boveri, con sede en Suiza y fábricas en Suecia e Italia. Pero existen muchas en Estados Unidos y Japón.

En la figura 1, se tiene un robot industrial de última generación, fabricado por la empresa Barrett Technology Inc. de los Estados Unidos de N.A.

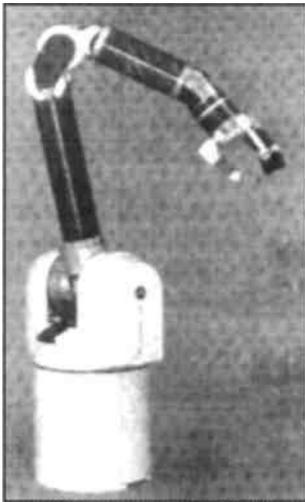


Figura 1 - Robot industrial actual.

3. ARQUITECTURA DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES

Un robot industrial está formado por cinco partes, todas perfectamente individualizables, y con una tarea específica, a saber:

- 3.1. El manipulador
- 3.2. Los elementos motrices.
- 3.3. Los sensores.

3.4 - El efector final.

3.5 - El sistema de control.

En la figura 2, tenemos lo dicho en forma de diagrama de bloques, y en la figura 3, un esquema de un manipulador tipo IRB 1500, con indicación de sus pares cinemáticos y movimientos que puede realizar.

En cada unión existe un sistema de rodamientos a bolilla, que permiten un giro fácil, además como se observa, los ángulos de rotación son acotados, aunque no tanto como allí se indica.

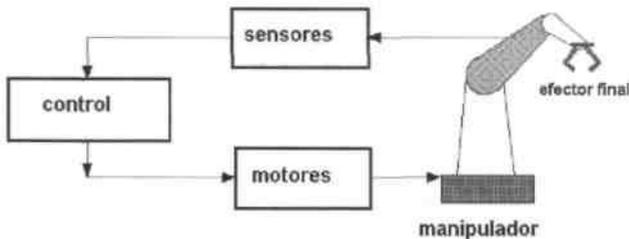


Figura 2 - Diagrama de bloques de un Robot industrial.

3.1. DEFINICIÓN DE ROBOT INDUSTRIAL

Un robot es una máquina que puede ser programada para realizar una amplia variedad de tareas, las que usualmente comprenden el movimiento o manipuleo de objetos.

4. FUNCIONES DE CADA BLOQUE

En este caso iré dando idea del funcionamiento de cada una de las partes y su integración al todo denominado robot.

5. MANIPULADOR

Es la parte más visible del sistema, y aparentemente es la que realiza todas las operaciones, consiste en una cadena cinemática de

elementos que pueden moverse de acuerdo a su tipo de unión, siendo su único objetivo el de posicionar al efector final.

El modelo más común es el parecido a un brazo humano, por lo que posee por lo menos una base, un brazo y un antebrazo, por lo que las uniones son de tipo giratorio. Sin embargo otros modelos poseen también uniones deslizantes o desplazables en las cuales un elemento desliza sobre el otro, alargándose o acortándose.

En la figura 4, se tiene al mismo robot esquematizado en la figura 3, juntamente con su programador y su unidad de control. El mismo es producido por la Firma ABB, con una capacidad de carga en su extremo de cinco kilogramos y un alcance máximo de 1,50 metros.

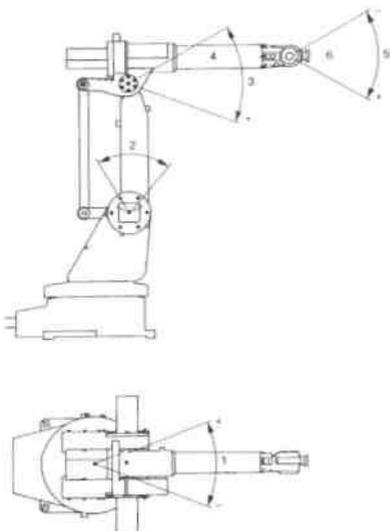


Figura 3 - Esquema del manipulador IRB 1500

Simplemente es un dispositivo mecánico de gran robustez a fin de evitar oscilaciones y desgastes prematuros, debiendo estar calculado para soportar grandes esfuerzos de arranque y frenado, tanto como para resistir cargas estáticas relativamente grandes.



Figura 4 -Robot IRB 1500.

En la figura 5, se tiene un robot con un par deslizante, el mismo es conocido como robot Stanford, por haber sido desarrollado en esa Universidad.

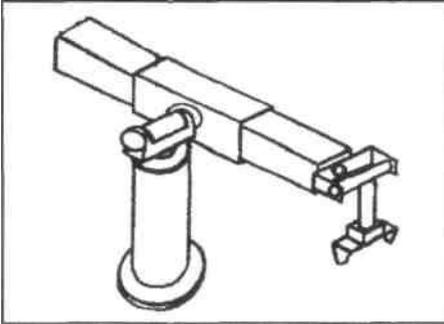


Figura 5 - Robot Stanford.

4.2. SISTEMA MOTRIZ

Está formado por motores que pueden ser eléctricos, neumáticos o hidráulicos, según la capacidad de carga, la velocidad y precisión del movimiento.

Para grandes precisiones se prefieren los primeros, para grandes cargas los hidráulicos y para economía los neumáticos.

El motor eléctrico preferido es el de Corriente Continua, con control de velocidad, aunque en pequeños sistemas se utilizan los motores paso a paso, y en la actualidad se está tratando de suplirlos por motores asincrónicos, por su mayor sencillez constructiva y menor peso, si bien se incrementa la electrónica necesaria para su control.

El equipo de la figura 4, es movido exclusivamente por motores eléctricos de corriente Figura 4 - Robot IRB 1500. alterna, sin escobillas y con freno incorporado.

4.3. LOS SENSORES

Se utilizan los sensores para dos cosas, en primer lugar para determinar la ubicación de las articulaciones, o sea del ángulo o la posición en la cual se encuentran los pares de elementos que forman el manipulador y el efector final, y en segundo lugar, para determinar la ubicación del elemento sobre el cual se debe realizar alguna tarea.

Los primeros son generalmente codificadores de posición angular o lineal, de tipo electrónico, agregándose en algunos casos sensores de presión o esfuerzo en el efector final, mientras que los segundos responden a una amplia variedad, pasando por los detectores de proximidad, pieles artificiales y visión artificial.

Siempre es necesario que el manipulador posea dispositivos que permitan saber al control la posición relativa de sus elementos, de ellos depende la precisión con que su efector final pueda alcanzar, con una dada dirección, un lugar prefijado en el espacio ubicado dentro de su región accesible.

Es denominada zona accesible, toda región del espacio alcanzable por el manipulador, y se dice que el efector final debe alcanzar un cierto lugar dentro de este espacio, con una cierta dirección, a fin de que pueda tomar algo, pues de no llegar con la dirección adecuada para que sus dedos se cierren sobre el objeto, no podrá asirlo.

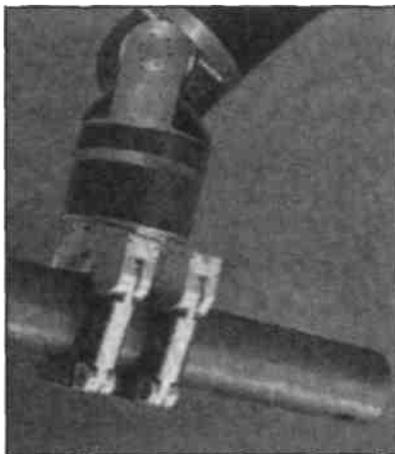


Figura 6 - Garra de tres dedos agarrando un tubo.

Los sensores de esfuerzo se agregan en varios lugares "sensibles" del robot, a fin de determinar cuál es la fuerza que el elemento está realizando. Son de primordial importancia los que se colocan en los dedos de las garras, cuando las mismas deben asir objetos delicados.

Los detectores de proximidad, se utilizan en caso de robots ambulantes, o para la detección de objetos sobre un sistema de transporte.

La piel artificial es un dispositivo que mediante un sistema eléctrico, que puede ser una malla de contactos, en la cual la cantidad y ubicación de aquellos que resulten activados, nos dan idea del objeto que se encuentre apoyado sobre ella.

El sistema de visión artificial en cambio, consiste en captar imágenes mediante dispositivos tales como cámaras de televisión, y luego realizando el procesamiento adecuado de las mismas, lograr en forma automática la identificación de un objeto, su movimiento y su posición.

4.4. EL EFECTOR FINAL

Esta es la herramienta de trabajo del robot, y puede asumir una infinidad de formas, que van desde garras de dos, tres o más dedos, a sofisticados dispositivos de maquinado, pasando por cualquiera de las herramientas de mano conocidas, tales como amoladoras, per-

foradoras, pulidoras, pinzas para soldadura por puntos, pinzas para soldadura de arco, sopletes para pintura, llaves de impacto, etc.

En la figura 7 se muestra el esquema de una garra de tres dedos articulados, desarrollada en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Northeastern University de Boston, USA.

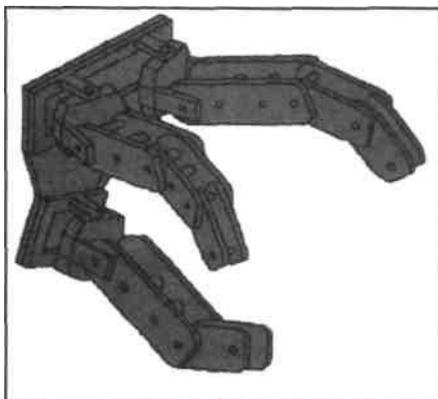


Figura 7 - Garra de tres dedos articulados.

A fin de tipificar la forma de la garra, en la actualidad se llevan adelante investigaciones a fin de uniformarlas, o estandarizarlas para poder dar especificaciones claras y sencillas para su adquisición, para su uso, o para su construcción. En este aspecto está trabajando el laboratorio de robótica de la Universidad Politécnica de Milán (Italia).

Una nueva familia de efectores finales está formada por toda una batería de elementos para cirugía, pues uno de los mayores desarrollos de la actualidad es el robot para microcirugía.

4.5. EL SISTEMA DE CONTROL

Desde los comienzos de la robótica industrial, el control se basó en computadora, la cual lógicamente fue ganando en capacidad y velocidad. Los primeros modelos eran programados en forma tal que podían repetir sus movimientos indefinidamente, siempre iguales.

El aumento de la complejidad de la computadora, hizo posible pasar a un sistema más flexible, en el cual los movimientos dependen del objeto a tomar, de su posición y su forma, seleccionándolo de entre varios de formas, tamaños y posiciones distintas.

Como habrá podido deducirse, el sistema de control debe determinar la posición actual relativa de los elementos del robot, determinar la posición actual y la posible trayectoria futura del objeto a tomar, determinar la posición relativa final en la cual habrán de hallarse los componentes y enviar las señales de excitación a los motores para que ello ocurra.

Por supuesto que los movimientos deberán hacerse en un modo y orden perfectamente determinado, a velocidades precisamente calculadas, a fin de que el efector final pueda luego cerrarse sobre el objeto a tomar.

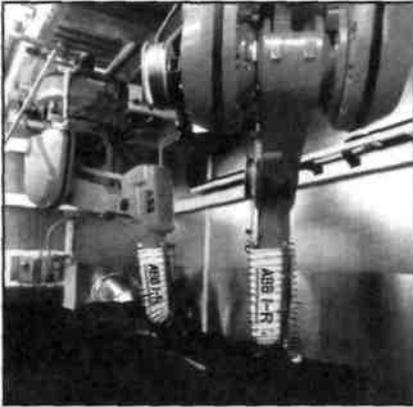


Figura 8 - Robots Cooperativos

5. APLICACIONES PRINCIPALES DE LOS ROBOTS INDUSTRIALES

Las industrias que tienden al uso masivo de robots son las automotrices, las aeronáuticas y las navales, sin embargo, en la actualidad cualquier empresa mediana puede acceder a su utilización para todo tipo de tareas reiterativas de fabricación.

Como ejemplo, podemos citar la fabrica instalada por Fiat en el país durante el último año, posee una línea de montaje integrada solamente por robots, los astilleros navales de Kobe, en Japón también hacen uso masivo de estos autómatas, como asimismo la fábrica de aviones Saab de Suecia. En la figura 8, se tiene un sistema de dos robots, que actúan conjuntamente en el corte de tapizados de automóvil mediante chorro de agua. La programación de estos robots debe ser única, dado que cada uno debe tener en cuenta la posición del

otro, a fin de evitar contactos entre ellos, que pueden ser destructivos por la fuerza que son capaces de efectuar.

Asimismo, en otras tareas, es de notar la fábrica de contactores eléctricos de la ABB, que utiliza todo un sistema robotizado para la terminación superficial y el montaje de los mismos, la fábrica Siemens de motores eléctricos de Alemania, que monta los mismos mediante robots, así como otra gran infinidad de industrias, que alcanzan hasta el ramo de la agricultura. En la figura 9, se tiene una estación de perforado de circuitos impresos completamente robotizada.



Figura 9 - Robot para perforación de circuitos impresos.

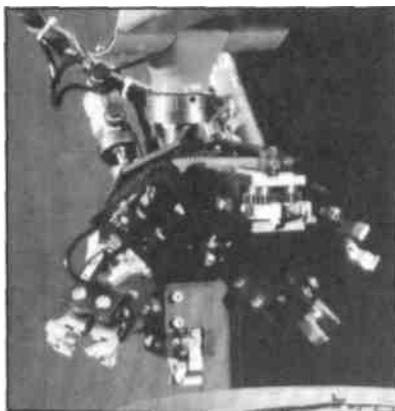


Figura 10 - Garra especializada en el montaje de contactores, que posee seis herramientas diferentes.

Otra línea de robots son los utilizados en investigación, tanto en la superficie terrestre, como en el fondo del mar, o los que son utilizados para reparar contenedores de reactores nucleares, o para explorar y mantener plantas de irradiación.

En la figura 11, se tiene un robot desarrollado en España para actividades agrícolas, en la figura 12 un robot destinado al montaje de cajas de cambio para automóviles.

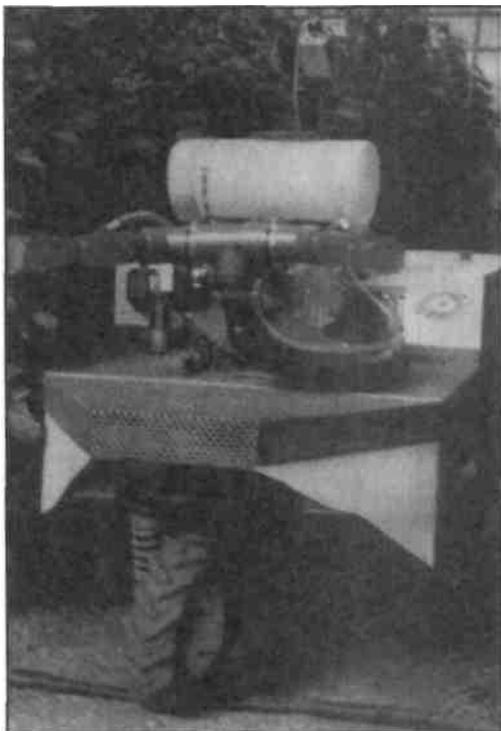


Figura 11 - Robot agrícola de la Universidad de Málaga.

Tampoco podemos olvidar a aquellos autómatas que son utilizados en el combate de incendios, especialmente de pozos petroleros, o a los que perforan galerías subterráneas.

Posiblemente una de las aplicaciones insólitas, sea la de Harry, un pequeño robot dedicado al ordenamiento de libros en la biblioteca de un municipio de Suecia. En la figura 13, se tiene dicho robot y su entorno de trabajo.

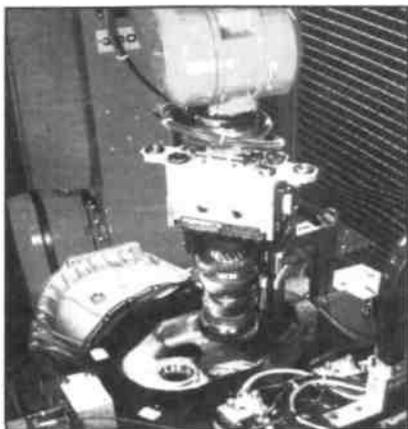


Figura 12 - Robot dedicado al montaje de cajas de velocidad para automotores.



Figura 13 - Harry, robot dedicado al ordenamiento de libros en la biblioteca municipal Ömsköldvik, Suecia.

Se supone que en Japón actualmente hay instalados más de cuatrocientos mil robots (sí 400.000.-) unas diez veces más que en Estados Unidos de Norte América, y en cantidades menores en otros países, en consecuencia los líderes mundiales en el tema son los japoneses, los que su vez tienen los mejores operarios por su cultura de trabajo.

A fin de no perder la calma, debemos recordar que ellos no son más que máquinas que nos ayudan a realizar tareas de todo tipo, pero no son supertrabajadores, pues no son creativos, no piensan independientemente, no pueden tomar decisiones complejas, no aprenden de sus errores, y no se adaptan rápidamente a los cambios en su ambiente.

6. PENSANDO EN EL FUTURO

Los robots implican un potencial de cambio de nuestra economía, de nuestra salud y de nuestro nivel de vida, y sus aplicaciones actuales o futuras son esperanzadoras, aunque algunas personas entrevén cierto riesgo.

Dado que la ciencia ficción nos ha presentado dos tipos de imágenes del robot, una la buena, de la máquina que colabora estrechamente con el hombre, y la otra la brutal, la de la máquina que destruye la civilización, y entre la realidad y la ficción siempre hay puntos de contacto, el escritor Isaac Asimov, que ha novelado bastante sobre robots, ha creado un código de tres puntos, a fin de regular la conducta de futuras máquinas.

A ese código, se lo llama "Leyes de la Robótica de Asimov" y pueden expresarse en la siguiente forma:

- *Un robot no puede nunca dañar a un ser humano o mediante su inacción permitir que reciba un perjuicio.*

- *Un robot debe obedecer las órdenes dadas por humanos, excepto cuando esas órdenes se conflictúen con la primera ley.*

- *Un robot debe proteger su existencia siempre y cuando ello no signifique violar las leyes anteriores.*

Si bien estas, oficialmente no son leyes reconocidas y obligatorias, el desarrollo de la robótica seguramente deberá tenerlas muy en cuenta en un futuro no muy lejano.

Evidentemente los robots invadirán todos los campos de acción del trabajo del ser humano, desplazándolo especialmente de todas aquellas tareas riesgosas, monótonas o reiterativas, inclusive en la conducción de vehículos de transporte público o privado.

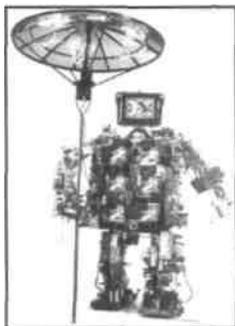


Figura 14 - Caricatura collage de robot de Nan June Paik.

Debemos recordar que desde hace muchos años se utiliza el piloto automático para aeronaves y barcos, y eso no es más que un sistema robotizado, aunque no de forma antropomorfa.

7. LINEAS DE INVESTIGACIÓN ACTUALES

Existe actualmente una gran cantidad de laboratorios dedicados a la investigación sobre robots, y si bien sería imposible averiguar lo que están haciendo todos, puedo tratar de tomar sólo las líneas de trabajo, aunque no todas, sino de los que considero principales.

Los mayores esfuerzos parecen estar destinados a la ambulación, o sea al robot itinerante, capaz de desenvolverse solo en un cierto ambiente, guiado por sus sensores y su programa.

En este aspecto es interesante destacar uno de los estudios recientes en materia de caminantes bípedos, es así que en la figura 15 se tiene un robot móvil perteneciente al Laboratorio de Ingeniería Mecánica del Ministerio de Industria y Comercio Internacional de Japón.

En esta línea hay trabajos muy profundos realizados en los laboratorios de diversas Universidades estadounidenses, así como en Inglaterra, Italia y Japón.

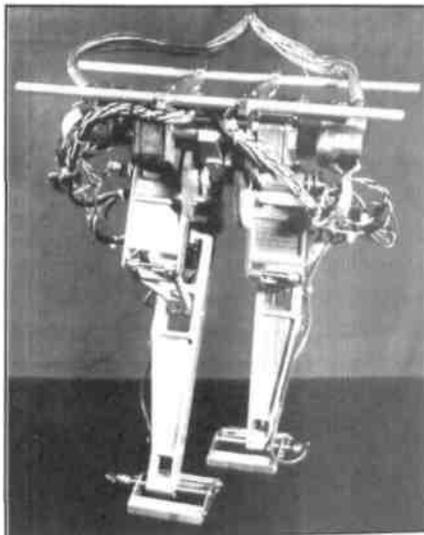


Figura 15 - Robot bípedo desarrollado en Japón por Shuji Kajita y Kazuo Tani.

Una variante interesante es el llevado a cabo por el Instituto de Tecnologías Industriales y Automatización del Consejo Nacional de las Investigaciones de Italia, consistente en un dispositivo para el traslado de discapacitados motores ciegos. En la figura 16 se tiene un esquema del desarrollo de este tipo de silla de ruedas automatizada.

En la Universidad de Málaga, España, se ha desarrollado un dispositivo móvil autónomo denominado Aurora, para uso en invernaderos, realizando todas las tareas inherentes a un jardinero humano.

Debe recordarse que el ambiente en un invernadero es poco confortable para los hombres, en consecuencia las tareas allí desarrolladas son consideradas insalubres, el que es mostrado en la figura 11.



Fig. 16 - Silla de ruedas automatizada con manipulador

Es de citar el llevado a cabo en el Laboratorio de Inteligencia Artificial y Sistemas no Lineales del Instituto Tecnológico de Massachussets, que consiste en un dispositivo capaz de atrapar objetos en vuelo, tales como pelotas blandas u objetos cilíndricos (latas de bebidas), cuya fotografía muestro en la figura 17. Es importante tener en cuenta lo que ello involucra en cuanto a visión, cálculo de trayectorias y velocidad de respuesta.

Figura 17 - Robot capaz de



aprisionar objetos en vuelo.



Fig. 18 - El mismo robot de la figura 17, en el momento de atrapar una pelota.

En la Universidad de Nagoya, Japón, se están desarrollando microrrobots, mientras que en la de Berkeley en California, Estados Unidos de N. A., se construyen dispositivos submilimétricos para ser aplicados en estudios médicos. En la figura 19 se tiene el esquema de un robot para laparoscopia, en estudio en el Armstrong Health Care Ltd., High Wycombe, Inglaterra.

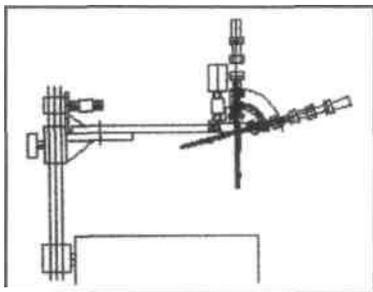


Figura 19 - Robot para laparoscopia del Armstrong Health Care Inc. de Inglaterra.

En la figura 20 se muestra un microrrobot móvil del Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT (Massachusetts Institute of Technology), pensado para realizar exploración de superficies, en especial las de otros planetas.

Figura 20 - Peebles, un microrrobot móvil para la exploración de la superficie de Marte.



Y así podemos seguir con los laboratorios de la NASA (National Administration of Spatial Activities) de los EE.UU. que tiene un amplio programa de telerrobótica, tendiendo al desarrollo de robots autónomos para exploración de volcanes, superficie lunar, superficie de Marte, montaje de estaciones orbitales y manipulación de materiales en el espacio.

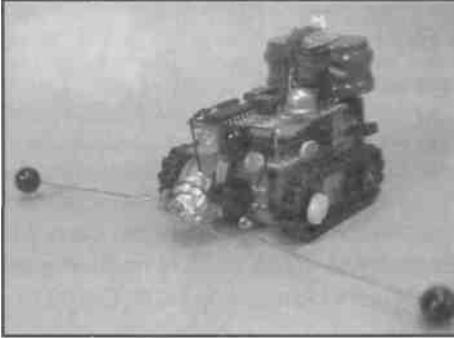


Fig. 21 - Microrrobot montado sobre orugas, de menos de cuatro centímetros de largo, denominado "hormiga", también del MIT, desarrollado para la realización de exploraciones cooperativas y aún intra-corpóreas.

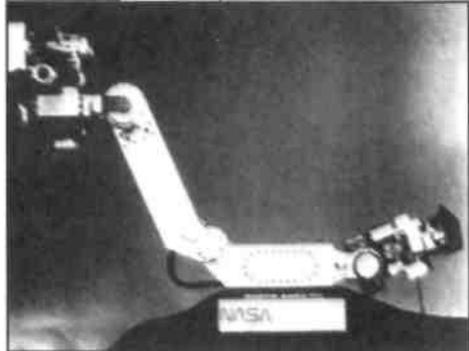


Figura 22 - Manipulador hidráulico utilizado para la reparación del telescopio espacial Hubble.

Según dijéramos en un principio, cuando hace falta realizar esfuerzos sostenidos, con bajo consumo de energía, se prefieren los sistemas hidráulicos, de allí que cuando fue necesario enviar una misión para reparar el telescopio espacial, se la dotara de un brazo con movimientos potenciados mediante un sistema de este tipo.

Aparentemente toda universidad que se precie de avanzada, debe tener un proyecto denominado "humanoide" en sus laboratorios de Inteligencia Artificial, de entre los varios proyectos similares, posiblemente sean destacables el de la Universidad Waseda del Japón, del cual en la figura 23 se tiene la cabeza de su robot "Chie", que significa inteligencia, y el del MIT, en EE.UU., que es denominado COG.

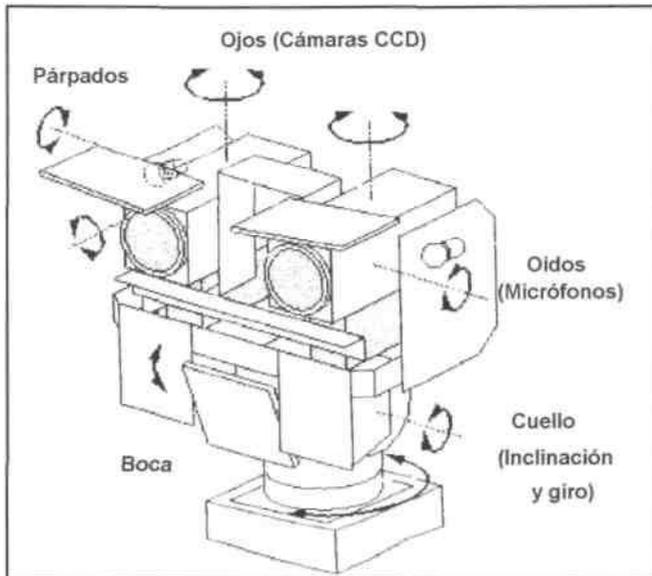


Figura 23 - Cabeza del robot "CHIE" de la Universidad Waseda, Japón.

En el MIT están más avanzados, dado que han construido el torso, la cabeza y un brazo, y además les han dado movimiento a todo ello. La justificación para este tipo de diseños está en el interés de provocar la interacción entre humanos y humanoides, a fin de hacer realidad en un futuro la propuesta de Karel Capec, pero sin el final de la misma.

En la figura 24 se tiene un esquema del torso de COG, en sus vistas de frente y perfil, en la figura 25 se muestra el brazo, en la 26 los sensores de visión, a los cuales se los ha dotado de movimiento, y en la 27 una imagen del ambiente de trabajo, donde se observa el robot al fondo, la computadora de control o cerebro de COG a la derecha, la

pantalla del computador al frente y a la izquierda los monitores del sistema de visión con su rack de conversión.

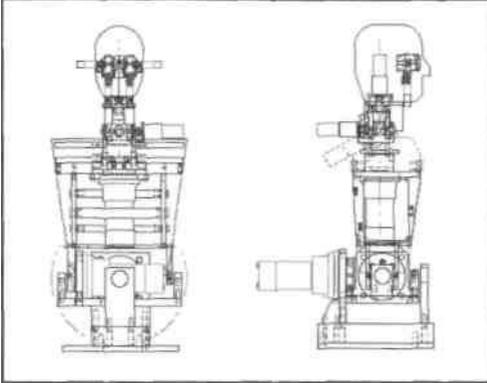


Figura 24 - Torso de COG.



Figura 25 - Brazo de COG.

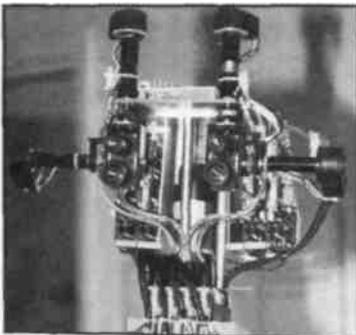


Figura 26 - Sistema de visión de COG, se notan las cámaras, de doble objetivo y los motores que los mueven.



Figura 27 - Ambiente de trabajo donde se encuentra COG, que se lo observa en el fondo. A la derecha el rack de la computadora, a la izquierda el rack de los monitores de visión, que en total son 20.

La computadora que es el cerebro de COG, es un sistema paralelo MIMD (múltiple flujo de instrucciones y múltiple flujo de datos), formada por 239 nodos, en cada nodo posee un procesador Motorola 68332.

El control general y la supervisión son llevados a cabo por una Quadra de Macintosh, y su interconexión con el resto de los procesadores es llevado a cabo por un sistema multiplexon de fabricación propia.

Cada procesador corre su propia imagen de lenguaje L, el cual es una versión compatible del Lisp Común, con soporte multitarea y multiprocesamiento.

Todo lo indicado es sólo para simular una pequeña parte de nuestro cerebro. Evidentemente para alcanzar el objetivo de construir un humanoide con cierto grado de realismo, todavía está muy lejos en el tiempo. Sin embargo, los estudios que se realizan en este aspecto son muy útiles para la comprensión de diversos problemas inherentes a nuestro comportamiento y a nuestras posibilidades.

Otro de los temas vistos en las publicaciones de la especialidad, es la programación cooperativa de robots, o sea la aplicación de varios robots a una misma tarea, lo cual se mostró en la figura 8. En este caso, la programación no puede ser independiente para cada uno, sino que debe contemplar la acción conjunta, pues en caso de interferencia entre los manipuladores, se puede alcanzar la destrucción de ellos.

También se considera tema de la robótica, al montaje o ensamble mecánico de máquinas o equipos, que pueden llegar a ser au-

tomotores, o aún de mayores dimensiones, tales como aviones. Esta especialidad estudia los métodos y formas para lograr que los robots puedan efectuar más eficientemente todas las tareas conexas. En la figura 28 muestro un robot destinado a la fabricación del fuselaje del avión SAAB 2000, el mismo es producido por ABB, y va montado sobre un puente.

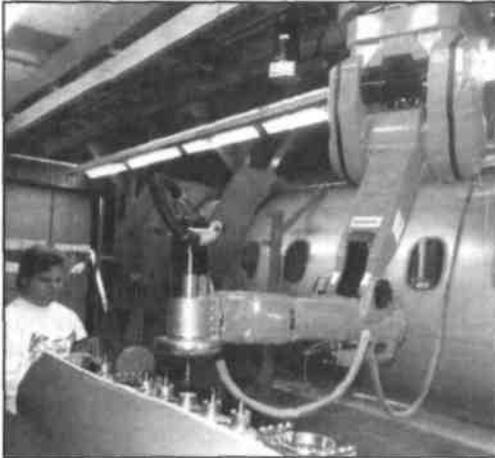


Figura 28 - Robot trabajando sobre el fuselaje de un avión.

En la figura 29, muestro el esquema de un sistema de fabricación, en el cual un robot monta las ruedas de un automóvil, utilizando dos cámaras para ver la posición de la rueda y de la maza donde ella debe ser montada.

Dentro de la robótica para aplicaciones médicas, hay tres sub-especialidades, la macro-robótica, la micro-robótica y la bio-robótica.

La primera se dedica a los dispositivos para rehabilitación y ortopedia, los segundos se usan para cirugía, y la bio-robótica, desarrollando métodos para entender el comportamiento de la fisiología y patologías humanas, tanto para el desarrollo de órganos artificiales como para la construcción de máquinas para asistencia y entretenimiento.

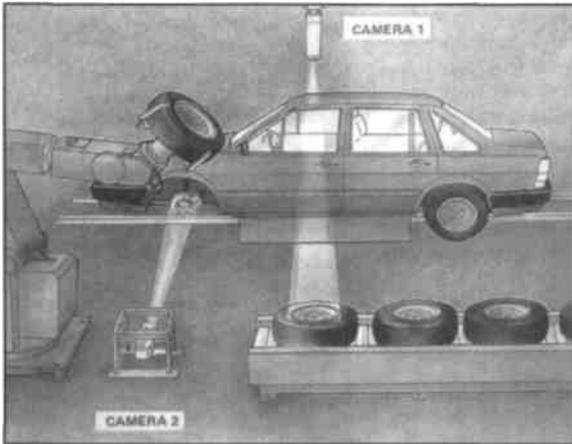


Figura 29 - Sistema Opti-Master, de ABB controlando robot para la colocación de las ruedas de un automóvil en una línea de montaje.

Otras investigaciones importantes son las que se llevan a cabo en el CNR de Roma, en colaboración con la Universidad de Roma "La Sapienza", y se trata de encontrar los modos de programar al robot cuando el mismo posee elementos flexibles, que tienden a oscilar. O sea considerar que en realidad la estructura del manipulador no es lo suficientemente rígida, y en consecuencia se necesita un control que tenga en cuenta este hecho. Según conversaciones mantenidas, parece que han encontrado la manera de programar los movimientos en forma tal que esa flexibilidad no sea obstáculo para alcanzar las posiciones finales necesarias.

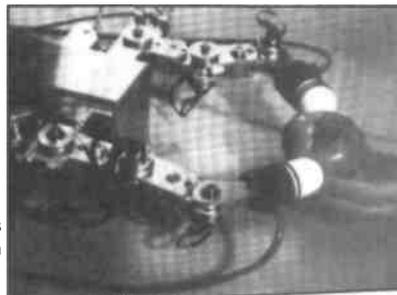


Figura 30 - Garra de dos dedos para asir piezas delicadas en este caso.

La garra de la figura 30 tiene sensores de presión en los extremos de los "dedos", lo cual permite que mediante una adecuada programación, y un sistema de visión que detecte de qué objeto se trata, ejercer sobre el mismo solamente la presión necesaria a fin de no provocarle daños.

En la figura 31 se tiene un robot cirujano en plena intervención, tal como apareció en la portada de la revista *Robotics and Automation*, del Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE) de los EE.UU. de N.A. del mes de abril de 1994.

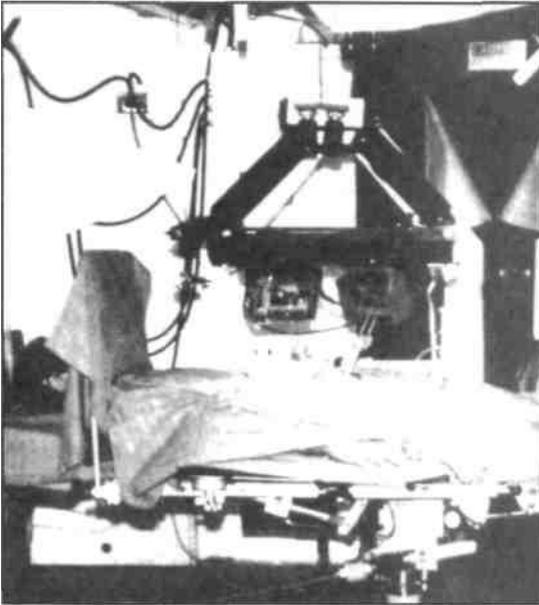


Figura 31 - Robot cirujano realizando una intervención.

8. CONCLUSIONES

Es evidente que los robots constituyen por un lado una formidable herramienta, y por otro, un desafío notable a la mente para su diseño y control.

Por otra parte la aplicación de los métodos de la Inteligencia Artificial para su control, hará que cada vez sean más precisos y flexibles, así como se facilitarán los algoritmos de control.

La utilización de los nuevos programas de aprendizaje, implementados mediante técnicas de redes neurales, y los desarrollos de la visión artificial posibilitarán el desarrollo de sistemas completamente autónomos.

Entonces los robots nos reemplazarán en todas las tareas manuales, y aunque el "humanoide" no tenga una concreción fácil y cercana, habrá otras formas menos complicadas capaces cada una de ellas de realizar una serie de tareas tan bien o mejor que nosotros.

Lógicamente esto hará aumentar el desempleo, a menos que se implementen sistemas de reciclado de la mano de obra, tal como lo está haciendo Japón, usando a los hombres para pensar y desarrollar nuevos inventos o nuevas aplicaciones, y las máquinas para realizar todas las tareas manuales que exijan cierto esfuerzo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Página Web de Hypertech titulada: "Get a Grip On Robotics"
2. Página Web del Instituto Tecnológico de Massachussets, Laboratorio de Inteligencia Artificial.
3. Página Web del "Stanford Robotics Laboratory"
4. Página Web de la Universidad Waseda, Japón.
5. Boletín ASEA n° 2/84
6. Revistas ABB n° 9/92; 1/93; 6/7/93
7. Revistas "Robotics and Automation" del IEEE, Vol. 3 n° 1, 2, 3 y 4; Vol. 4 n° 1
8. Revistas "Control Systems" del IEEE, Vol. 16 n°1 y Vol. 17 n° 1
9. Revista "The Sciences" publicada por la Academia de Ciencias de Nueva York, Estados Unidos de N.A., marzo/abril de 1996.
10. Publicaciones IEEE Transactions on Robotics and Automation Vol. 12 n° 1, 2, 3, 4, 5, y 6; Vol. 13 n° 1 y 2.
11. Fu, González y Lee - Robótica - Ed. McGraw Hill - Madrid 1988.
12. Communications of the ACM - Vol. 40 n° 2.

ORIGEN DE LAS FOTOGRAFÍAS

Figura n ^o	Obtenida de:
1	IEEE Robotics and Automation - March 1996 - Pág. 51
2	Propia.
3	Revista ABB 9/92 - Pág. 25
4	Revista ABB 9/92 - Pág. 27
5	Propia.
6	IEEE Robotics and Automation - March 1996 - Pág. 51
7	IEEE Robotics and Automation - June 1996 - Pág. 33
8	Revista ABB 6/7/93 - Pág. 5
9	Boletín Asea 2/84 - Pág. 16
10	Boletín Asea 2/84 - Pág. 17
11	IEEE Robotics and Automation - December 96 - Portada
12	Revista ABB 9/92 - Pág. 7
13	Revista ABB 3/95 - Pág. 18
14	The Sciences - March/April 1996 - Pág. 21
15	IEEE Control Systems - Feb/96 - Pág. 13
16	IEEE Robotics and Automation - Sep/96 - Pág. 49
17	Página Web MIT
18	Página Web MIT
19	IEEE Robotics and Automation - Dec/96 - Pág. 39
20	Página Web MIT.
21	Página Web MIT
22	Página Web NASA.
23	Página Web Universidad Waseda.
24	Página Web MIT
25	Página Web MIT
26	Página Web MIT
27	Página Web MIT
28	Revista ABB 1/93 -Pág. 26
29	Revista ABB 8/94 - Pág. 38
30	IEEE Control Systems - Feb 97 - Pág. 63
31	IEEE Control Systems - Feb 96 - Pág. 89