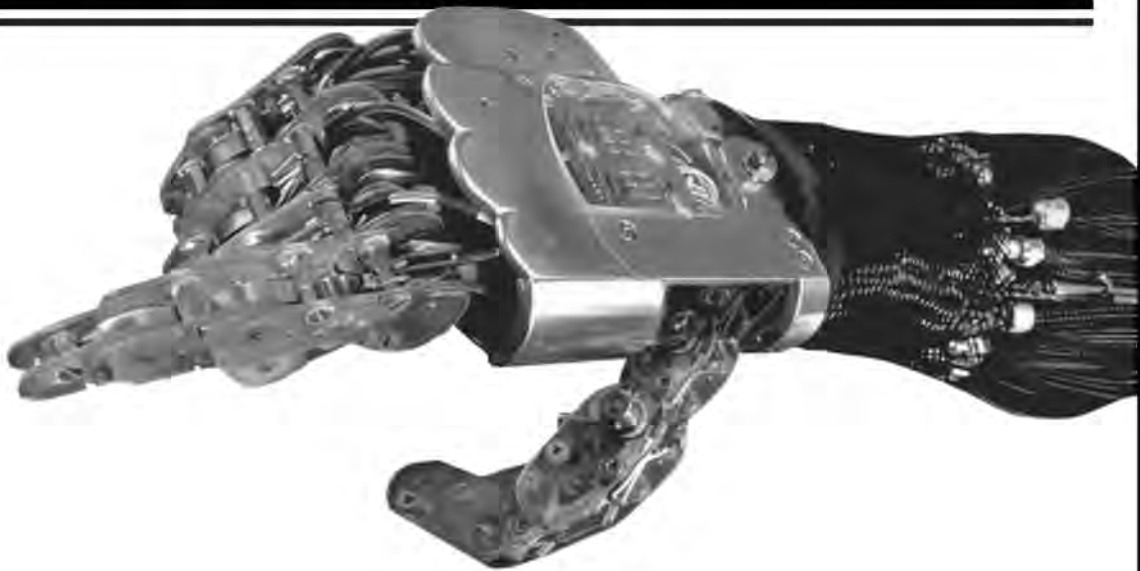


CAPITULO 1**CLASIFICACION Y ANTECEDENTES
DE LA ROBOTICA EN LA INDUSTRIA**

Podemos decir que la Robótica Industrial estudia la inserción de automatismos en la industria. El Robot Industrial es un dispositivo de maniobra destinado a ser utilizado en la industria y dotado de uno o varios brazos, fácilmente programable para cumplir operaciones diversas con varios grados de libertad y destinado a sustituir la actividad física del hombre en las tareas repetitivas, monótonas, desagradables o peligrosas. El "Robot Institute of America" (RIA) define al Robot como "Un manipulador multifuncional programable, diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especializados a través de movimientos variables programados para la performance de una variedad de labores".

Introducción

Podemos decir que la Robótica Industrial estudia la inserción de automatismos en la industria. El Robot Industrial es un dispositivo de maniobra destinado a ser utilizado en la industria y dotado de uno o varios brazos, fácilmente programable para

cumplir operaciones diversas con varios grados de libertad y destinado a sustituir la actividad física del hombre en las tareas repetitivas, monótonas, desagradables o peligrosas. El "Robot Institute of America" (RIA) define al Robot como "Un manipulador multifuncional programable, diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositi-

tivos especializados a través de movimientos variables programados para la performance de una variedad de labores".

El Robot es para la producción, lo que la computadora es para el procesamiento de datos. Es decir, una nueva y revolucionaria concepción del sistema productivo cuyos alcances recién comienzan a percibirse en los países altamente industrializados. Realmente, los Robots no incorporan nada nuevo a la tecnología en general, la novedad radica en la particularidad de su arquitectura y en los objetivos que se procura con los mismos. El trabajo del Robot se limita generalmente a pocos movimientos repetitivos de sus ejes, éstos son casi siempre 3 para el cuerpo y 3 para la mano o puño, su radio de acción queda determinado por un sector circular en el espacio donde éste alcanza a actuar.

Cuando las partes o piezas a manipular son idénticas entre sí y se presentan en la misma posición, los movimientos destinados a reubicar o montar partes se efectúan mediante dispositivos articulados que a menudo finalizan con pinzas. La sucesión de los movimientos se ordena en función del fin que se persigue, siendo fundamental la memorización de las secuencias correspondientes a los diversos movimientos. Puede presentarse el caso en el que las piezas o partes a ser manipuladas no se presenten en posiciones prefijadas, en este caso el robot deberá poder reconocer la posición de la pieza y actuar u orientarse para operar sobre ella en forma correcta, es decir se lo deberá proveer de un sistema de control adaptativo. Si bien no existen reglas acerca de la forma que debe tener un robot industrial, la tecnología incorporada a él está perfectamente establecida y en algunos casos esta procede de las aplicadas a las máquinas-herramientas. Los desplazamientos rectilíneos y giratorios son neumáticos, hidráulicos o eléctricos.

Como es sabido, los sistemas neumáticos no proveen movimientos precisos debido a la compresibilidad del aire y en ellos deben emplearse topes positivos para el posicionamiento, lo que implica la utilización de dispositivos de desaceleración.

Los Robots Neumáticos poseen una alta velocidad de operación manipulando elementos de reducido peso. Los accionamientos hidráulicos proporcionan elevadas fuerzas, excelente control de la velocidad y posicionamiento exacto. En cuanto a los sistemas eléctricos se utilizan motores de corriente continua o motores paso a paso. Estos dos tipos de Robots quedan reservados a la manipulación de elementos más pesados o los procesos de trayectorias complejas como las tareas de soldadura por punto o continua.

¿Qué es la Robótica?

El término "Robótica" fue acuñado por Isaac Asimov para describir la tecnología de los robots. Él mismo predijo, hace años, el aumento de una poderosa industria robótica, predicción que ya se ha hecho realidad. Recientemente se ha producido una explosión en el desarrollo y uso industrial de los robots tal que se ha llegado al punto de hablar de "revolución de los robots" y "era de los robots".

El término robótica puede ser definido desde diversos puntos de vista:

Con independencia respecto a la definición de "robot": "La Robótica es la conexión inteligente de la percepción a la acción"... [Michael Brady and Richard Paul, editors. Robotics Research: The First International Symposium. The MIT Press, Cambridge MA, 1984].

En base a su objetivo: "La Robótica consiste en el diseño de sistemas. Actuadores de locomoción, manipuladores, sistemas de control, sensores, fuentes de energía, software de calidad—todos estos subsistemas tienen que ser diseñados para trabajar conjuntamente en la consecución de la tarea del robot"... [Joseph L. Jones and Anita M. Flynn. Mobile robots: Inspirations to implementation. A K Peters Ltd, 1993]. Supeditada a la propia definición del término robot: "La Robótica describe todas las tecnologías asociadas con los robots".

¿De Dónde Proviene la Palabra Robot? ¿Qué es un Robot?

La palabra robot fue usada por primera vez en el año 1921, cuando el escritor checo Karel Capek (1890 - 1938) estrena en el teatro nacional de Praga su obra *Rossum's Universal Robot (R.U.R.)*. Su origen es de la palabra eslava **robot**, que se refiere al trabajo realizado de manera forzada. La trama era sencilla: el hombre fabrica un robot, luego el robot mata al hombre. Muchas películas han seguido mostrando a los robots como máquinas dañinas y amenazadoras. Sin embargo, películas más recientes, como la saga de "La Guerra de las Galaxias" desde 1977, retratan a robots como "C3PO" y "R2D2" como ayudantes del hombre. "Número 5" de "Cortocircuito" y "C3PO" realmente tienen apariencia humana. Estos robots que se fabrican con *look* humano se llaman "androides".

La mayoría de los expertos en Robótica afirmarían que es complicado dar una definición universalmente aceptada. Las definiciones son tan dispares como se demuestra en la siguiente relación:

Ingenio mecánico controlado electrónicamente, capaz de moverse y ejecutar de forma automática

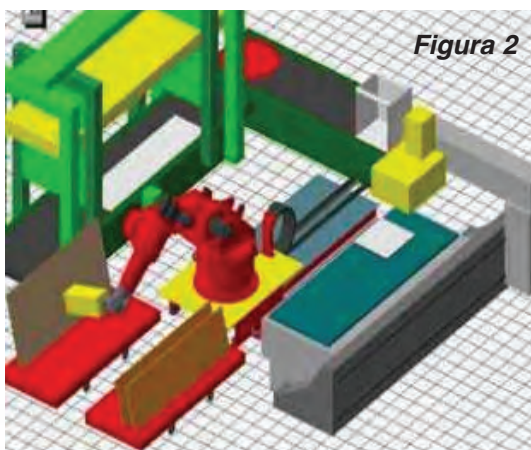


Figura 2



Figura 1

Realiza acciones diversas, siguiendo un programa establecido.

Máquina que en apariencia o comportamiento imita a las personas o a sus acciones como, por ejemplo, en el movimiento de sus extremidades

Un robot es una máquina que hace algo automáticamente en respuesta a su entorno.

Un robot es un puñado de motores controlados por un programa de ordenador.

Un robot es un ordenador con músculos.

Es cierto, como acabamos de observar, que los robots son difíciles de definir. Sin embargo, no es necesariamente un problema el que no esté todo el mundo de acuerdo sobre su definición. Quizás, Joseph Engelberg (padre de la robótica industrial) lo resumió inmejorablemente cuando dijo: "Puede que no sea capaz de definirlo, pero sé cuándo veo uno".

La imagen del robot como una máquina a semejanza del ser humano (figura 1), subyace en el hombre desde hace muchos siglos, existiendo diversas realizaciones con este fin.

El ciudadano industrializado que vive a caballo entre el siglo XX y el XXI se ha visto en la necesidad de emprender, en escasos 25 años, el significado de un buen número de nuevos términos marcados por su alto contenido tecnológico. De ellos, sin duda, el más relevante haya sido el ordenador (computador).

Éste está introducido hoy en día en su versión personal en multitud de hogares (figura 2), y el ciudadano medio va conociendo en creciente proporción, además de su existencia, su modo de uso y buena parte de sus posibilidades. Pero dejando de lado esta verdadera revolución social, existen otros conceptos procedentes del desarrollo tecnológico que han superado las barreras impuestas por las industrias y centros de investigación, incorpo-

rándose en cierta medida al lenguaje coloquial. Es llamativo cómo entre éstas se destaca el concepto de **robot**.

Pero el robot industrial, que se conoce y emplea en nuestros días, no surge como consecuencia de la tendencia o afición de reproducir seres vivientes, sino de la necesidad. Fue esta necesidad la que dio origen a la agricultura, el pastoreo, la caza, la pesca, etc.

Más adelante, la necesidad provoca la primera revolución industrial con el descubrimiento de la máquina de vapor de Watt y, actualmente, la necesidad ha cubierto de ordenadores la faz de la Tierra.

Inmersos en la era de la informatización, la imperiosa necesidad de aumentar la productividad y mejorar la calidad de los productos, ha hecho insuficiente la automatización industrial rígida, dominante en las primeras décadas del siglo XX, que estaba destinada a la fabricación de grandes series de una restringida gama de productos. Hoy día, más de la mitad de los productos que se fabrican corresponden a lotes de pocas unidades.

Al enfocarse la producción industrial moderna hacia la automatización global y flexible, han quedado en desuso las herramientas, que hasta hace poco eran habituales:

*Forja, prensa y fundición
Esmaltado
Corte*



Figura 3

*Encolado
Desbardado
Pulido*

Finalmente, el resto de los robots instalados en 1979 se dedicaban al montaje y labores de inspección. En dicho año, la industria del automóvil ocupaba el 58% del parque mundial, siguiendo en importancia las empresas constructoras de maquinaria eléctrica y electrónica. En 1997 el parque mundial de robots alcanzó la cifra de aproximadamente 830.000 unidades, de las cuales la mitad se localizaba en Japón.

Tipos de Robot

Desde un punto de vista muy general los robots pueden ser de los siguientes tipos:

Androides: Una visión ampliamente compartida es que todos los robots son "androides". Los androides son artilugios que se parecen y actúan como seres humanos (figura 3). Los robots de hoy en día vienen en todas las formas y tamaños, pero a excepción de los robots que aparecen en las ferias y espectáculos, no se parecen a las personas y por tanto no son androides. Actualmente, los



Figura 4

androides reales sólo existen en la imaginación y en las películas de ficción.

Móviles: Los robots móviles están provistos de patas, ruedas u orugas que los capacitan para desplazarse de acuerdo a su programación (figura 4). Elaboran la información que reciben a través de sus propios sistemas de sensores y se emplean en determinado tipo de instalaciones industriales, sobre todo para el transporte de mercancías en cadenas de producción y almacenes. También se utilizan robots de este tipo para la investigación en lugares de difícil acceso o muy distantes, como es el caso de la exploración espacial y de las investigaciones o rescates submarinos.

Industriales: Los robots industriales son artefactos mecánicos y electrónicos destinados a realizar de forma automática determinados procesos de fabricación o manipulación.

También reciben el nombre de robots algunos electrodomésticos capaces de realizar varias operaciones distintas de forma simultánea o consecutiva, sin necesidad de intervención humana, como los también llamados «procesadores», que trocean los alimentos y los someten a las oportunas operaciones de cocción hasta elaborar un plato completo a partir de la simple introducción de los productos básicos.



Figura 5

Los robots industriales, en la actualidad, son los más frecuentemente encontrados. Japón y Estados Unidos lideran la fabricación y consumo de robots industriales, siendo Japón el número uno. Es curioso ver cómo estos dos países han definido al robot industrial:

La Asociación Japonesa de Robótica Industrial (JIRA): Los robots son "dispositivos capaces de moverse de modo flexible análogo al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo operaciones en respuesta a las órdenes humanas".

El Instituto de Robótica de América (RIA): Un robot industrial es "un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para desplazar materiales, componentes, herramientas o dispositivos especializados por medio de movimientos programados variables con el fin de realizar tareas diversas".

La definición japonesa es muy amplia, mientras que la definición americana es más concreta. Por ejemplo, un robot manipulador que requiere un operador "mecánicamente enlazado" a él se considera como un robot en Japón, pero no encajaría en la definición americana. Asimismo, una máquina automática que no es programable (figura 5) entraría en la definición japonesa y no en la ame-



Figura 6

ricana. Una ventaja de la amplia definición japonesa es que a muchos de los dispositivos automáticos cotidianos se les llama "robots" en Japón. Como resultado, los japoneses han aceptado al robot en su cultura mucho más fácilmente que los países occidentales, puesto que la definición americana es la que es internacionalmente aceptada.

Médicos: Los robots médicos son, fundamentalmente, prótesis para disminuidos físicos que se adaptan al cuerpo y están dotados de potentes sistemas de mando (figura 6). Con ellos se logra igualar con precisión los movimientos y funciones de los órganos o extremidades que suplen.

Teleoperadores: Hay muchos "parientes de los robots" que no encajan exactamente en la definición precisa. Un ejemplo son los teleoperadores. Dependiendo de cómo se defina un robot, los teleoperadores pueden o no clasificarse como robots. Los teleoperadores se controlan remotamente por un operador humano. Cuando pueden ser considerados robots se les llama "tele-robots". Cualquiera que sea su clase, los teleoperadores son generalmente muy sofisticados y extremadamente útiles en entornos peligrosos tales como residuos químicos y desactivación de bombas.

Se puede concretar más, atendiendo a la **arquitectura de los robots**. La arquitectura, definida por el tipo de configuración general del robot, puede ser metamórfica. El concepto de metamorfismo, de reciente aparición, se ha introducido para incrementar la flexibilidad funcional de un robot a través del cambio de su configuración por el propio robot. El metamorfismo admite diversos niveles, desde los más elementales -cambio de herramienta o de efector terminal-, hasta los más complejos como el cambio o alteración de algunos de sus elementos o subsistemas estructurales.

Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y por lo tanto es difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un análisis crí-

tico y riguroso. La subdivisión de los robots, con base en su arquitectura, se hace en los siguientes grupos: Poliarticulados, Móviles, Androides, Zomórficos e Híbridos.

Poliarticulados: Bajo este grupo están los robots de muy diversa forma y configuración, cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios -aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados- y estar estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo según uno o más sistemas de coordenadas y con un número limitado de grados de libertad. En este grupo se encuentran los manipuladores y algunos robots industriales, y se emplean cuando es preciso abarcar una zona de trabajo relativamente amplia o alargada, actuar sobre objetos con un plano de simetría vertical o reducir el espacio ocupado en la base.

Poliarticulados Móviles: Cuentan con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores. Las tortugas motorizadas diseñadas en los años cincuenta, fueron las



Figura 7

CAPITULO 1

CLUB SABER ELECTRONICA

precursoras y sirvieron de base a los estudios sobre inteligencia artificial desarrollados entre 1965 y 1973 en la Universidad de Stanford.

Estos robots aseguran el transporte de piezas de un punto a otro de una cadena de fabricación (figura 7). Guiados mediante pistas materializadas a través de la radiación electromagnética de circuitos empotrados en el suelo, o a través de bandas detectadas fotoeléctricamente, pueden incluso llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.

Androides: Estos intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Actualmente los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica, y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación.

Uno de los aspectos más complejos de estos robots, y sobre el que se centra la mayoría de los trabajos, es el de la locomoción bípeda. En este caso, el principal problema es controlar dinámica y coordinadamente, en el tiempo real, el proceso, y mantener simultáneamente el equilibrio del robot.

Zoomórficos: Los robots zoomórficos, que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos. A pesar de la disparidad morfológica de sus posibles sistemas de locomoción, es conveniente agrupar a los robots zoomórficos en dos categorías principales: caminadores y no caminadores. El grupo de los robots

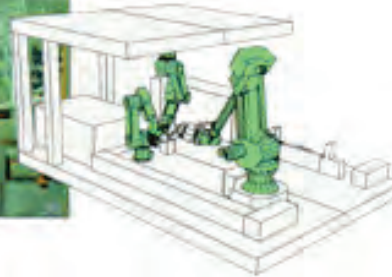
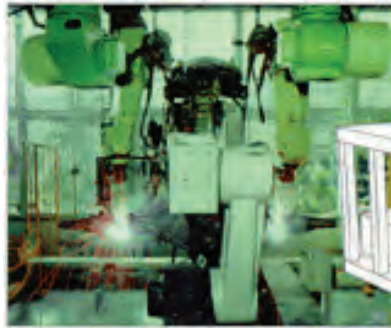


Figura 9

zoomórficos no caminadores está muy poco evolucionado. Cabe destacar, entre otros, los experimentados efectuados en Japón basados en segmentos cilíndricos biselados acoplados axialmente entre sí y dotados de un movimiento relativo de rotación. En cambio, los robots zoomórficos caminadores múltipeds (figura 8) son muy numerosos y están siendo experimentados en diversos laboratorios con vistas al desarrollo posterior de verdaderos vehículos terrenos, pilotados o autónomos, capaces de evolucionar en superficies muy accidentadas. Las aplicaciones de estos robots serán interesantes en el campo de la exploración espacial y en el estudio de los volcanes.

Híbridos: Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, un dispositivo segmentado, articulado y con ruedas, tiene al mismo tiempo uno de los atributos de los robots móviles y de los robots zoomórficos. De igual forma pueden considerarse híbridos algunos robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los robots industriales. En parecida situación se encuentran algunos



Figura 8

robots antropomorfos y que no pueden clasificarse ni como móviles ni como androides; tal es el caso de los robots personales.

Impacto de la Robótica

La Robótica es una nueva tecnología, que surgió como tal hacia 1960. Han transcurrido pocos años y el interés que ha despertado desborda cualquier previsión. Quizás, al nacer la Robótica en la era de la información, una propaganda desmedida ha propiciado una imagen irreal a nivel popular y, al igual que sucede con el microprocesador, la mistificación de esta nueva máquina, que de todas formas nunca dejará de ser eso: "una máquina" (vea la figura 9).

Impacto en la Educación: El auge de la Robótica y la imperiosa necesidad de su implantación en numerosas instalaciones industriales, requiere el concurso de un buen número de especialistas en la materia. La Robótica es una tecnología multidisciplinar. Hace uso de todos los recursos de vanguardia de otras ciencias afines, que soportan una parcela de su estructura se destacan las siguientes:

Mecánica
Cinemática
Dinámica
Matemáticas
Automática
Electrónica
Informática
Energía y actuadores eléctricos, neumáticos e hidráulicos
Visión artificial
Sonido de máquinas
Inteligencia artificial

Realmente la Robótica es una combinación de todas las disciplinas expuestas, más el conocimiento de la aplicación

a la que se enfoca, por lo que su estudio se hace especialmente indicado en las carreras de Ingeniería Superior y Técnica y en los centros de formación profesional, como asignatura práctica. También es muy recomendable su estudio en las facultades de informática en las vertientes dedicadas al procesamiento de imágenes, inteligencia artificial, lenguajes de robótica, programación de tareas, etc.

Finalmente, la Robótica brinda a investigadores y doctorados un vasto y variado campo de trabajo, lleno de objetivos y en estado inicial de desarrollo.

La abundante oferta de robots educacionales en el mercado y sus precios competitivos, permiten a los centros de enseñanza complementar un estudio teórico de la Robótica, con las prácticas y ejercicios de experimentación e investigación adecuados. Una formación en robótica localizada exclusivamente en el control (figura 10) no es la más útil para la mayoría de los estudiantes, que de trabajar con robots lo harán como usuarios y no como fabricantes. Sin embargo, no hay que perder de vista que se está formando a ingenieros, y que hay que proveerles de los medios adecuados para abordar, de la manera más adecuada, los problemas que puedan surgir en el desarrollo de su profesión.

Impacto en la automatización industrial: El concepto que existía sobre **automatización industrial** se ha modificado profundamente con la incorporación al mundo del trabajo del robot, que introduce el nuevo vocablo de "sistema de fabricación flexible", cuya principal característica consiste en la facilidad de adaptación de este núcleo de trabajo a tareas diferentes de producción.

Las células flexibles de producción se ajustan a necesidades del mercado y están cons-

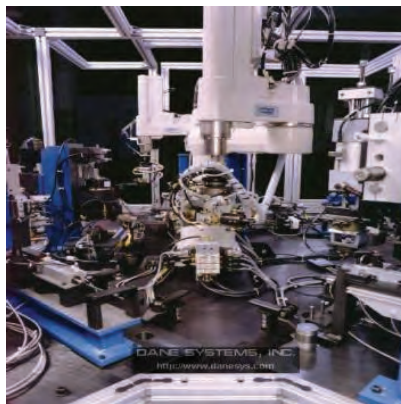


Figura 10

tituidas, básicamente, por grupos de robots, controlados por ordenador. Las células flexibles disminuyen el tiempo del ciclo de trabajo en el taller de un producto y liberan a las personas de trabajos desagradables y monótonos. La interrelación de las diferentes células flexibles a través de potentes computadores, dará lugar a la factoría totalmente automatizada, de las que ya existen algunas experiencias.

Impacto en la competitividad: La adopción de la automatización parcial y global de la fabricación, por parte de las poderosas compañías multinacionales, obliga a todas las demás a seguir sus pasos para mantener su supervivencia. Cuando el grado de utilización de maquinaria sofisticada es pequeño, la inversión no queda justificada. Para poder compaginar la reducción del número de horas de trabajo de los operarios y sus deseos para que estén emplazadas en el horario normal diurno, con el empleo intensivo de los modernos sistemas de producción, es preciso utilizar nuevas técnicas de fabricación flexible integral.

Impacto socio-laboral: El mantenimiento de las empresas y el consiguiente aumento en su productividad, aglutinan el interés de empresarios y empleadores en aceptar, por una parte la inversión económica y por otra la reducción de puestos de trabajo, para incorporar las nuevas tecnologías basadas en robots y computadores.

Las ventajas de los modernos elementos productivos, como la liberación del hombre de trabajos peligrosos, desagradables o monótonos y el aumento de la productividad, calidad y competitividad, a menudo, queda eclipsado por el aspecto negativo que supone el desplazamiento de mano de obra, sobre todo en tiempos de crisis. Este temor resulta infundado si se analiza con detalle el verdadero efecto de la robotización.

En España, en 1998, existían aproximadamente 5000 robots instalados, lo que supone la sustitución de 10000 puestos de trabajo.

El desempleo generado quedará completamen-

te compensado por los nuevos puestos de trabajo que surgirán en el sector de la enseñanza, los servicios, la instalación, mantenimiento y fabricación de robots, pero especialmente por todos aquellos que se mantendrán, como consecuencia de la revitalización y salvación de las empresas que implanten los robots.

¿Qué Esperamos de la Robótica?

En las historias de robots de Isaac Asimov, éste prevé un mundo futuro en el que existen reglas de seguridad para que los robots no puedan ser dañinos para los seres humanos. Por tal razón Asimov propuso las siguientes tres **leyes de la robótica**:

1ª.- Un robot no puede dañar a un ser humano o, a través de la inacción, permitir que se dañe a un ser humano.

2ª.- Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto cuando tales órdenes estén en contra de la primera ley.

3ª.- Un robot debe proteger su propia existencia siempre y cuando esta protección no entre en conflicto con la primera y segunda ley.

Sin llegar a la ciencia-ficción, por ahora nos gustaría que los robots tuvieran las siguientes características:

Autónomos, que pudiesen desarrollar su tarea de forma independiente.

Fiables, que siempre realizasen su tarea de la forma esperada.

Versátiles, que pudiesen ser utilizados para varias tareas sin necesidad de modificaciones en su control.

Antecedentes Históricos

La historia de la tecnología está formada por tres períodos principales: era agrícola, era indus-

Figura 11



- Herón de Alejandría (85 d. C.) (fuente de pájaros cantores).

trial y era de la información. El desarrollo de los robots se puede ver como lógica e importante parte de la historia.

Eras Agrícola e Industrial: A través de la historia, la tecnología de cada época ha sido poderosamente influyente en la vida cotidiana de sus sociedades.

Los productos y la ocupación han sido dictados por la tecnología disponible. Por ejemplo, en la era agrícola cuya tecnología era muy primitiva, ésta estaba formada por herramientas muy simples que, sin embargo, eran lo último en tecnología. Como consecuencia de ello la mayoría de la gente eran agricultores y todo el trabajo se hacía mediante la fuerza de los hombres y de los animales.

Grecia: *Autómatos* (autómata, figura 11).



Figura 12

Era de la Información

A continuación, en la mitad del siglo XX surgen las industrias basadas en la ciencia y las mejoras tecnológicas en la electrónica hicieron posible el ordenador. Este constituye el desa-

Arabia: Utilidad práctica de mecanismos.

Edad Media

Hombre de hierro de Alberto Magno (1204 - 1282).

Gallo de Estrasburgo (1352), figura 12.

Renacimiento

- León Mecánico de Leonardo da Vinci (1499).

- Hombre de Palo de Juanelo Turriano (1525).

Siglos XVII- XIX

Muñecos (flautista) de Jacques Vaucanson (1738).

Escriba, organista, dibujante de familia Droz (1770), figura 13.

Muñeca dibujante de Henry Maillardet, figura 14.

A mediados del siglo XVIII, los molinos de agua, la máquina de vapor y otros transformadores de energía reemplazaron la fuerza humana y animal como fuente principal de energía. Las nuevas máquinas de fabricación impulsaron el crecimiento de la industria y mucha gente pasó a estar empleada en las nuevas fábricas como trabajadores. Los bienes se producían más rápidamente y mejor que antes y la calidad de vida aumentó. Los cambios se sucedieron tan de prisa que a este período se le conoce como "Revolución Industrial"

rollo más importante, el ordenador revolucionó el modo de procesar y comunicar la información. Como resultado, la información se ha convertido en un bien más del mercado y esta nueva era se conoce como la era de la información o "post-industrial".

La tecnología de la información tiene un gran impacto en la sociedad, ordenadores, fibra óptica, radio, televisión y satélites de comunicación son sólo ejemplos de dispositivos que tienen un enorme efecto sobre nuestra vida y economía.

Un gran porcentaje de empleos requieren "trabajadores informáticos" y cada vez menos se necesitan "trabajadores de producción". La tecnología de la información ha sido responsable del espectacular crecimiento de la Robótica, y a medida que la era industrial declina, se espera que cada vez más trabajo físico sea realizado por robots.

¿Cuándo aparecen los robots tal y como los conocemos en la actualidad?

Androides que posean una funcionalidad completa se encuentran muy alejados de la actualidad debido a la multitud de problemas que aún deben ser resueltos. Sin embargo, algunos robots reales sofisticados que trabajan hoy en día están revolucionando los lugares de trabajo. Estos robots no tienen la romántica apariencia humana de los androides; de hecho son manipuladores (brazos y

manos) industriales controlados por ordenador; son tan diferentes a la imagen popular que sería muy fácil no reconocerlos.

Con el objetivo de diseñar una máquina flexible, adaptable al entorno y de fácil manejo, George Devol, pionero de la Robótica Industrial, patentó en 1948, un manipulador programable que fue el germen del robot industrial.

En 1948 R.C. Goertz del Argonne National Laboratory (figura 15), desarrolló, con el objetivo de manipular elementos radioactivos sin riesgo para el operador, el primer tele manipulador. Éste consistía en un dispositivo mecánico maestro-esclavo. El manipulador maestro reproducía fielmente los movimientos de éste. El operador, además de poder observar a través de un grueso cristal el resultado de sus acciones, sentía a través del dispositivo maestro, las fuerzas que el esclavo ejercía sobre el entorno.

Años más tarde, en 1954, Goertz hizo uso de la tecnología electrónica y del servocontrol sustituyendo la transmisión mecánica por eléctrica y desarrollando así el primer tele manipulador con servocontrol bilateral. Otro de los pioneros de la tele manipulación fue Ralph Mosher, ingeniero de la General Electric, que en 1958 desarrolló un dispositivo denominado Handy-Man, consistente en dos brazos mecánicos teleoperados mediante un maestro del tipo denominado

exoesqueleto. Junto a la industria nuclear, a lo largo de los años sesenta, la industria submarina comenzó a interesarse por el uso de los tele manipuladores.

A este interés se sumó la industria espacial en los años setenta. La evolución de los tele manipuladores a lo largo de los últimos años no ha sido tan espectacular como la de los robots. Recluidos en un mercado selecto y limitado (in-



Figura 13



Figura 14

CURSO PRACTICO DE ELECTRONICA INDUSTRIAL

CLASIFICACION Y ANTECEDENTES DE LA ROBOTICA EN LA INDUSTRIA



Telemanipuladores de Goertz. Argonne National Laboratory (1948)

dustria nuclear, militar, espacial, etc.) son, en general, desconocidos y comparativamente poco atendidos por los investigadores y usuarios de robots. Por su propia concepción, un telemanipulador precisa el mando continuo de un operador, y salvo por las aportaciones incorporadas con el concepto del control supervisado y la mejora de la telepresencia promovida hoy día por la realidad virtual, sus capacidades no han variado mucho respecto a las de sus orígenes.

La sustitución del operador por un programa de ordenador que controlase los movimientos del manipulador dio paso al concepto de robot. La primera patente de un dispositivo robótico fue solicitada en marzo de 1954 por el inventor británico C.W. Kenward. Dicha patente fue emitida en el Reino Unido en 1957. Sin embargo fue George C. Devol, ingeniero norteamericano, inventor y autor de varias patentes, el que estableció las bases del



Figura 16

Devol- Engelberger fundan Unimation (1956).
Primer robot industria

Figura 15

robot industrial moderno. En 1954 Devol concibió la idea de un dispositivo de transferencia de artículos programada que se patentó en Estados Unidos en 1961.

En 1956 Joseph F. Engelberger es director de ingeniería de la división

aeroespacial de la empresa Manning Maxwell y Moore en Stanford, Connecticut. Juntos Devol y Engelberger comenzaron a trabajar en la utilización industrial de sus máquinas (figura 16), fundando la Consolidated Controls Corporation, que más tarde se convierte en Unimation (Universal Automation), e instalando su primera máquina Unimate (1960), en la fábrica de General Motors de Trenton, Nueva Jersey, en una aplicación de fundición por inyección. Devol predijo que el robot industrial "ayudaría al trabajador de las fábricas del mismo modo en que las máquinas de ofimática habían ayudado al oficinista". Se produjo un boom de la idea de la fábrica del futuro, aunque en un primer intento el resultado y la viabilidad económica fueron desastrosos. Tampoco debemos olvidar al "handy-man" de General Electric, figura 17.

Otras grandes empresas como AMF, emprendieron la construcción de máquinas similares (Versatran- 1963).

En 1968 J.F. Engelberger visitó Japón y poco más tarde se firmaron acuerdos con Kawasaki para la construcción de robots tipo Unimate. El crecimiento de la robótica en Japón aventaja en breve a los Estados Unidos gracias a Nissan, que formó la primera asociación robótica del mundo, la Asociación de Robótica industrial de Japón (JIRA) en 1972. Dos años más tarde se formó el Instituto de Robótica de América (RIA), que en 1984 cambió su nombre por el de Asociación de Industrias Robóticas, manteniendo las mismas siglas (RIA). Por su parte Europa tuvo un despertar más tardío. En 1973 la firma sueca ASEA construyó el primer robot con accionamiento totalmente eléctrico (figura



Handy-man de Moshier (General Electric 1958)

Figura 17

Figura 18



Primer robot con accionamiento eléctrico:
IRb6 ASEA 1973

18). En 1980 se fundó la Federación Internacional de Robótica con sede en Estocolmo, Suecia.

La configuración de los primeros robots respondía a las denominadas configuraciones esférica y antropomórfica, de uso especialmente válido para la manipulación.

En 1982, el profesor Makino de la Universidad Yamanashi de Japón, desarrolla el concepto de robot SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*) que busca un robot con un número reducido en grados de libertad (3 o 4), un costo limitado y una configuración orientada al ensamblado de piezas, figura 19.

La definición del robot industrial, como una máquina que puede efectuar un número diverso de trabajos, automáticamente, mediante la programación previa, no es válida, puesto que existen bastantes máquinas de control numérico que cumplen esos requisitos.

Una peculiaridad de los robots es su estructura de brazo mecánico y otra su



Figura 19

ca Industrial:

El laboratorio ARGONNE diseña, en 1950, manipuladores amo-esclavo para manejar material radioactivo.

Unimation, fundada en 1958 por Engelberger, y hoy absorbida por Whestinghouse, realiza los primeros proyectos de robots a principios de la década de los sesenta de nuestro siglo, instalando el primero en 1961 y posteriormente, en 1967, un conjunto de ellos en una factoría de General Motors. Tres años después, se inicia la implantación

de los robots en Europa, especialmente en el área de fabricación de automóviles. Japón comienza a implementar esta tecnología hasta 1968.

Los laboratorios de la Universidad de Stanford y del MIT acometen, en 1970, la tarea de controlar un robot mediante computador.

En el año de 1975, la aplicación del microprocesador transforma la imagen y las características del ro-

bot, hasta entonces grande y costoso. A partir de 1980, el fuerte impulso en la investigación, por parte de las empresas fabricantes de robots, otros auxiliares y diversos departamentos de Universidades de todo el mundo, sobre la informática aplicada y la experimentación de los sensores, cada vez más perfeccionados, potencian la configuración del robot inteligente capaz de adaptarse al ambiente y tomar decisiones en tiempo real, adecuarlas para cada situación.

En esta fase que dura desde 1975 hasta 1980, la conjunción de los efectos de la revolución de la Microelectrónica y la revitalización de las empresas automovilísticas, produjo un crecimiento acumulativo del parque de robots, cercano al 25%.

La evolución de los robots industriales desde sus principios ha sido vertiginosa. En poco más de 30 años las investigaciones y desarrollos sobre robótica industrial han permitido que los robots tomen posiciones en casi todas las áreas productivas y tipos de industria. En pequeñas o grandes fábricas, los robots pueden sustituir al hombre en aquellas áreas repetitivas y hostiles, adaptándose inmediatamente a los cambios de producción solicitados por la demanda variable.

Desde 1980, los robots se han expandido por varios tipos de industrias. El principal factor responsable de este crecimiento ha sido las mejoras técnicas en los robots debidas al avance en Microelectrónica e Informática. Los Estados Unidos vendieron sus empresas de robots a Europa y Japón o a sus filiales en otros países. En la actualidad sólo una empresa, Adept, permanece en el mercado de producción industrial de robots en EE.UU.

Aunque los robots ocasionen cierto desempleo, también crean puestos de trabajo: Técnicos, comerciales, ingenieros, programadores, etc. Los países que usen eficazmente los robots en sus industrias tendrán una ventaja económica en el mercado mundial.

En el campo de la investigación, el primer autómatas (1940) lo construye Grey Walter y era una tortuga que buscaba la luz o iba a enchufarse pa-

ra recargar baterías; también de esa época es la bestia de John Hopkins. Al final de los 60 Shakey construido por SRI navegaba en entornos de interior de edificios muy estructurados, y al final de los 70 el Stanford Cart de Moravec se atrevió a salir a 'exteriores'. A partir de ese momento ha habido una gran proliferación de trabajo en vehículos autónomos que ya circulan a la velocidad de un coche por la carretera y navegan por todo terreno en aplicaciones comerciales.

Generaciones de la Robótica

La introducción de los microprocesadores desde los años 70 ha hecho posible que la tecnología de los robots haya sufrido grandes avances. Los modernos ordenadores han ofrecido un "cerebro" a los músculos de los robots mecánicos. Ha sido esta fusión de electrónica y mecánica la que ha hecho posible al moderno robot y los japoneses han acuñado el término "mecatrónica" para describir esta fusión.

El año 1980 fue llamado "primer año de la era robótica" porque la producción de robots industriales aumentó ese año un 80 % respecto del año anterior.

Primera y Segunda Generación: Los cambios en Robótica se suceden tan de prisa que ya se ha pasado de unos robots relativamente primitivos a principios de los 70, a una segunda generación. La primera generación de robots era reprogramable, de tipo brazo, dispositivos manipuladores que sólo podían memorizar movimientos repetitivos, asistidos por sensores internos que les ayudan a realizar sus movimientos con precisión. La segunda generación de robots entra en escena a finales de los 70, tienen sensores externos (tacto y visión por lo general) que dan al robot información (realimentación) del mundo exterior. Estos robots pueden hacer elecciones limitadas o tomar decisiones y reaccionar ante el entorno de trabajo; se les conoce como robots adaptativos.

Tercera Generación: La tercera generación acaba de surgir, está surgiendo en estos años, emplean la inteligencia artificial y hacen uso de los ordenadores tan avanzados de los que se puede disponer en la actualidad. Estos ordenadores no sólo trabajan con números, sino que también trabajan con los propios programas, hacen razonamientos lógicos y aprenden. La IA permite a los ordenadores resolver problemas inteligentemente e interpretar información compleja procedente de avanzados sensores.

Tendencias Futuras

Durante años los robots han sido considerados útiles sólo si se empleaban como manipuladores industriales. Recientemente han irrumpido varios roles nuevos para los robots. A diferencia de los tradicionales robots fijos de manipulación y fabricación, estos nuevos robots móviles pueden realizar tareas en un gran número de entornos distintos. A estos robots no industriales se les conoce como **robots de servicio**.

Los robots de servicio proporcionan muchas funciones de utilidad, se emplean para el ocio, la educación, fines de bienestar personal y social. Por ejemplo, hay prototipos que recorren los pasillos de los hospitales y cárceles para servir alimentos, otros navegan en oficinas para repartir el correo a los empleados. Los robots de servicios son idealmente adecuados al trabajo en áreas demasiado peligrosas para la vida humana y a explorar lugares anteriormente prohibidos a los seres humanos. Han probado ser valiosos en situaciones de alto riesgo como en la desactivación de bombas y en entornos contaminados radioactiva y químicamente.

Este crecimiento revolucionario en el empleo de robots como dispositivos prácticos es un indicador de que los robots desempeñarán un importante papel en el futuro. Los robots del futuro podrán relevar al hombre en múltiples tipos de trabajo físico. Joseph Engelberg, padre de la robótica indus-

trial, está investigando en una especie de robot mayordomo o sirviente doméstico. Se piensa que los robots están en ese momento crítico antes de la explosión del mercado, como lo estuvieron las PC,s en 1975. El campo de la robótica se desbordará cuando los robots sean de dominio público. Esta revolución exigirá que la gente de la era de la información no sea "analfabeta robótica".

En palabras de Engelberg: "Robotics is a six billion dollars industry worldwide. ... Sometime between 2000 and 2010 service robots will exceed industrial robotics in worldwide sales volume." Transition Research Corporation, USA. O sea, "La Robótica es una industria mundial de 6 billones de dólares entre el 2000 y el 2010, los robots de servicio superarán a los industriales en volumen de ventas a nivel mundial".

Estado actual y Perspectivas de la Robótica Mundial

El mercado mundial Las ventas mundiales de robots industriales alcanzaron un máximo en 1990, con más de 81.000 unidades. Siguió un retroceso entre 1991 y 1993; las ventas mundiales cayeron a aproximadamente 54.000 unidades en 1993. El mercado del robot mundial empezó entonces un período de recuperación que alcanzó el máximo en 1997, con un nivel de 85.000 unidades.

En 1998, sin embargo, las ventas bajaron más de un 16%, cayendo a 71,000 unidades. Vea en las tablas de las figuras 20 y 21 las Instalaciones anuales de robots industriales en 1997 y 1998, y proyecciones para fines del 2006 (número de unidades).

El gran retroceso en las ventas entre 1990 y 1993/1994 era principalmente debido a la baja del suministro de robots de Japón, de 60.000 unidades a 30.000 unidades en 1994. La bajada de 1998 era resultado de la caída de ventas no sólo en Japón, sino también en la República de Corea.

CURSO PRACTICO DE ELECTRONICA INDUSTRIAL

CLASIFICACION Y ANTECEDENTES DE LA ROBOTICA EN LA INDUSTRIA

Instalaciones anuales de robots industriales en 1997 y 1998, y proyecciones para 2006 (número de unidades)

Pais	1997	1998	1999	2006	% cambio 98/97
Japón	42,696	33,796	33,800	53,000	-20.8
Estados Unidos	12,459	10,857	11,700	18,573	-12.9
Alemania	9,017	9,938	10,500	15,000	10.2
Italia	3,692	4,381	4,950	8,750	18.7
Francia	1,721	1,653	1,950	3,650	-4
Reino Unido	1,792	1,282	1,800	2,800	-28.5
Los seis Grandes	71,377	61,907	64,700	98,973	-13.3
Austria	250	250			
Bélgica	906	959			5.9
Dinamarca	130	215			65.4
Finlandia	220	378			71.8
Noruega	67	63			-6
España	1,203	1,810			50.5
Suecia	617	691			12
Suiza	289	357			23.5
Oeste de Europa-8	3,682	4,723	5,400	8,200	28.3
Europa Oriental	184	206	200	700	12
Australia	526	347			-34
Corea del sur	5,759	1,431			-75.2
Singapur	500	500			
Taiwán, la Provincia de China,	753	759			0.8
Asia-4	7,538	3,037	3,000	6,000	-59.7
Antigua URSS	1,000	500	1,000	2,000	-50
América Latina	1,600	900	1000	2,200	

Figura 20

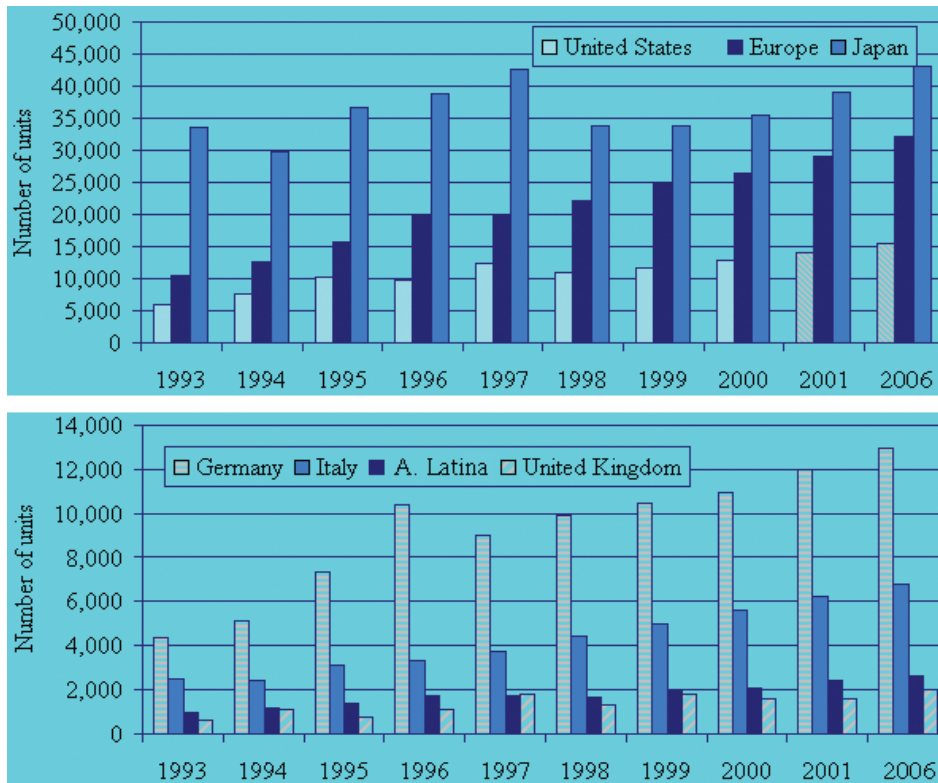


Figura 21

Instalaciones anuales de robots industriales

Las ventas en estos dos países bajaron un 21% y un 75%, respectivamente, comparado con el nivel de 1997.

Cuando se excluye a Japón y la República de Corea, el mercado mundial restante muestra un aumento impresionante, del 16%, en 1998, en comparación con 1997. Esta saludable proporción de crecimiento también puede verse en proporciones de crecimiento del 21% en 1996 y del 35% en 1997 (la tasa de crecimiento correspondiente para el mercado mundial total era de sólo el 11% y el 7%, respectivamente).

Después de tres años de proporciones de crecimiento anuales del orden del 30%, el mercado en Estados Unidos cayó un 5% en 1996. En 1997, el mercado estaba recuperándose de nuevo, mostrándose un crecimiento de un 28% por encima de 1996, alcanzando un registro de 12.500 unidades. En 1998, sin embargo, las ventas cayeron un

13% por lo que se refiere a las unidades y un 7% por lo que se refiere al valor. Esto probablemente fue sólo un retroceso temporal, puesto que el mercado americano subió un 9% en la primera mitad de 1999, comparado con 1998.

El mercado del robot europeo aumentó un 10% en 1998, hasta aproximadamente las 22.000 unidades. Existe un aumento en la primera mitad de 1999 de un 32% por encima del mismo período de 1998, indicando que en 1999 se vería una ola continuada de inversiones en robot. El crecimiento en 1998 estaba irregularmente distribuido entre los países. En los 8 países de Europa occidental, más pequeños, era del 28%. En España, Dinamarca y Finlandia, el crecimiento varió entre el 50% y el 70%. Entre los países más grandes, Alemania registró un crecimiento del 10% e Italia del 19%. Las ventas de Francia cayeron un 4% y un 29% en el Reino Unido.

CURSO PRACTICO DE ELECTRONICA INDUSTRIAL

CLASIFICACION Y ANTECEDENTES DE LA ROBOTICA EN LA INDUSTRIA

Como se mencionó anteriormente, las ventas bajaron en Japón y la República de Corea. En Singapur, Tailandia y otros mercados asiáticos en los que existían condiciones previas favorables para la inversión en robótica han sufrido un paro, al menos, temporalmente. En Australia el mercado bajó un 34%.

En general, han aumentado las ventas anuales desde que los robots industriales empezaron a ser presentados a las industrias a finales de los años sesenta. Sin embargo, muchos de los primeros robots están ahora fuera de servicio. La cantidad de robots industriales en funcionamiento real es, por consiguiente, más baja. La IFR estima el número mundial de robots industriales operacionales al final de 1998 en 720.000 unidades, comparado con 700.000 unidades al final de 1997, lo que representa un aumento del 3%.

Japón se considera que cuenta con más de la mitad de los robots operacionales del mundo. Su proporción, sin embargo, está disminuyendo continuamente. En 1998, la operación de robots en

Japón se desplomó en número absoluto. Sin embargo, la tendencia mundial para el siglo 21 es bastante incierta; como era lógico de esperar, en América latina comenzó a crecer el número de robots en operación a partir del 2004 impulsado por aplicaciones industriales y de domótica, pero este aumento no se vió reflejado significativamente en mercados industrializados (llamados del primer mundo) aunque en tecnología los principales adelantos se han dado en estos países. Sería muy arriesgado arrojar cifras que indiquen lo que sucederá de aquí en más.

Aclaremos que el texto que acabamos de presentar en esta lección es una adaptación del trabajo realizado por el Dr. Víctor R. González Fernández, Profesor de Tecnología, Dr. en Física, Ingeniero Téc. de Telecomunicaciones, Investigador de la Universidad de Valladolid, y que Ud. puede bajar más información del tema de la página:

http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01 *****

ELECTRONICA

Serie: Electrónica Práctica

	SECRETOS DE LA REPARACIÓN DE LOS MECANISMOS DE CD		REPARACIÓN DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN DE TELEVISORES SONY WEGA		HORNOS DE MICROONDAS: PROCEDIMIENTOS DE DETECCIÓN Y FALLAS		MECANISMOS DE MAGAZINE DE 5 DISCOS PANASONIC SINCRONIZACIÓN Y SOLUCIÓN DE AVERÍAS
	AJUSTES ELECTRÓNICOS: TELEVISORES PHILIPS CON MEMORIA EEPROM		COMPONENTES PANASONIC: SERVICIO A MECANISMOS TIPO ESCALERA II/CR51		TV MODERNA: LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN LA SECCIÓN DE BARRIDO HORIZONTAL		TRUCOS BÁSICOS PARA EL SERVICIO A COMPONENTES DE AUDIO Y TV
	MANEJO DE OSCILOSCOPIOS ANALÓGICOS Y DIGITALES		MECANISMOS DE MAGAZINE DE 5 DISCOS PANASONIC		CURSO PRACTICO DE ELECTRONICA DIGITAL 2: APRENDA EN VIVO Y CON PRACTICAS FACILMENTE REALIZABLES		CURSO PRACTICO DE ELECTRONICA DIGITAL 2: APRENDA EN VIVO Y CON PRACTICAS FACILMENTE REALIZABLES
	FUNCIONAMIENTO Y REPARACIÓN: TELEVISORES DE PANTALLA PLANA LCD NO.1		FUNCIONAMIENTO Y REPARACIÓN: TELEVISORES DE PANTALLA PLANA LCD NO.2		TV MODERNA: REPARACIÓN DE UNIDADES DE SINTONÍA DIGITAL		10 PASOS PARA LOCALIZAR FALLAS EN MICROCONTROLADORES DE TV SONY WEGA