

Tema 2: Origen y desarrollo de la Robótica



- Antecedentes históricos. Eras tecnológicas
- ¿Cuándo aparecen los robots tal y como los conocemos?
- Generaciones
- Estado actual y perspectivas

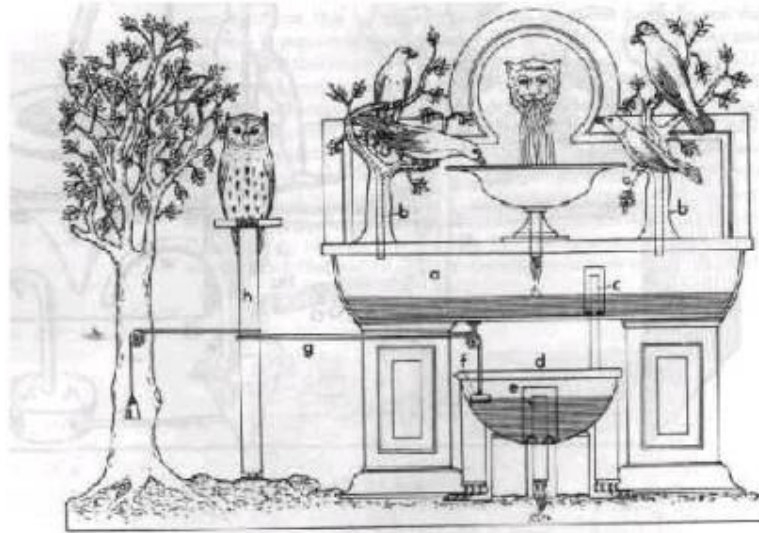
Antecedentes históricos. Eras Tecnológicas

La historia de la tecnología está formada por tres períodos principales: era agrícola, era industrial y era de la información. El desarrollo de los robots se puede ver como lógica e importante parte de la historia.

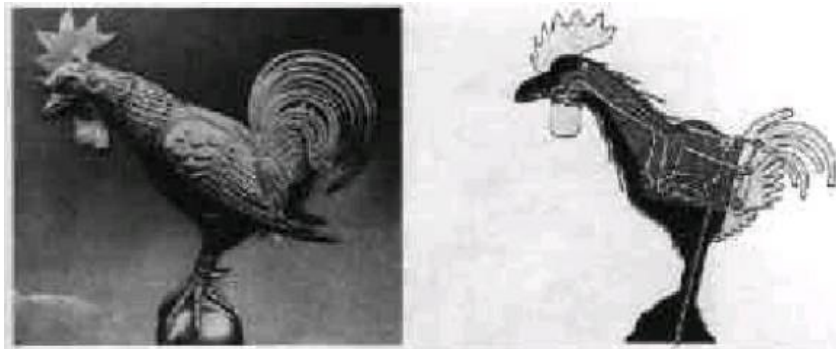
🟡 Eras Agrícola e Industrial

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, esta 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:** *Automatos* (autómata)
 - Herón de Alejandría (85 d. C.) (fuente de pájaros cantores)



- **Arabia** Utilidad práctica de mecanismos
- **Edad Media**
 - Hombre de hierro de Alberto Magno (1204- 1282)
 - Gallo de Estrasburgo (1352)



- **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)
- Muñeca dibujante de Henry Maillardet



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 deprisa que a este período se le conoce como "Revolución Industrial".

🟡 Era de la Información

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



Telemanipuladores de Goertz. Argonne National Laboratory (1948)

Años mas 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 desarrollo 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 (industria nuclear, militar, espacial, etc.) son en general desconocidos y comparativamente poco atendidos por los investiga- dores y usuarios de robots. Por su propia concepción, un tele manipulador precisa el mando continuo de un operador, y salvo por las aportaciones incorporadas con el concepto del control supervisado y la mejora de la tele presencia 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 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, Conneticut. Juntos Devol y

Engelberger comenzaron a trabajar en la utilización industrial de sus máquinas, 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.



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

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

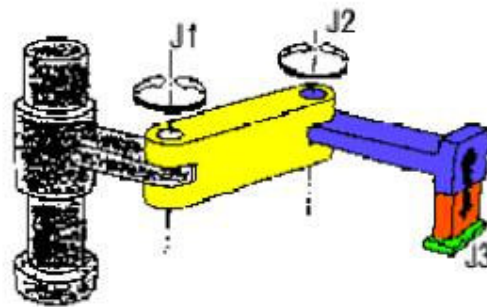
En 1968 J.F. Engelberger visitó Japón y poco más tarde se firmaron acuerdos con Kawasaki para la construcción de robots tipo Unimate. El crecimiento de la robótica en Japón aventaja en breve a los Estados Unidos gracias a Nissan, que formó la primera asociación robótica del mundo, la Asociación de Robótica 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. En 1980 se fundó la Federación Internacional de Robótica con sede en Estocolmo, Suecia.



Primer robot con accionamiento eléctrico: IRb6 ASEA (1973)

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 coste limitado y una configuración orientada al ensamblado de piezas.



Robot **SCARA** del Prof. Makino (Univ. Yamanashi de Japón- 1982)



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 adaptabilidad a diferentes aprehensores o herramientas. Otra característica específica del robot, es la posibilidad de llevar a cabo trabajos completamente diferentes e, incluso, tomar decisiones según la información procedente del mundo exterior, mediante el adecuado programa operativo en su sistema informático.

Se pueden distinguir cinco **fases relevantes en el desarrollo de la Robótica Industrial**:

1. El laboratorio ARGONNE diseña, en 1950, manipuladores amo-esclavo para manejar material radioactivo.
2. 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.

3. Los laboratorios de la Universidad de Stanford y del MIT acometen, en 1970, la tarea de controlar un robot mediante computador.
4. En el año de 1975, la aplicación del microprocesador, transforma la imagen y las características del robot, hasta entonces grande y costoso.
5. 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 mas 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 mas 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 fabricas, 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 tipo de industrias. El principal factor responsable de este crecimiento han 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,s) lo construye Grey Walter, era una tortuga que buscaba la luz o iba a enchufarse para recargar baterías, también de esa época es la bestia de John Hopkins. Al final de los 60,s

Shakey construido por SRI navegaba en entornos de interior de edificios muy estructurados, y al final de los 70,s 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

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, 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 deprisa 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 problema 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 industrial, 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 los 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.

Estado actual y perspectivas de la Robótica mundial

El mercado mundial

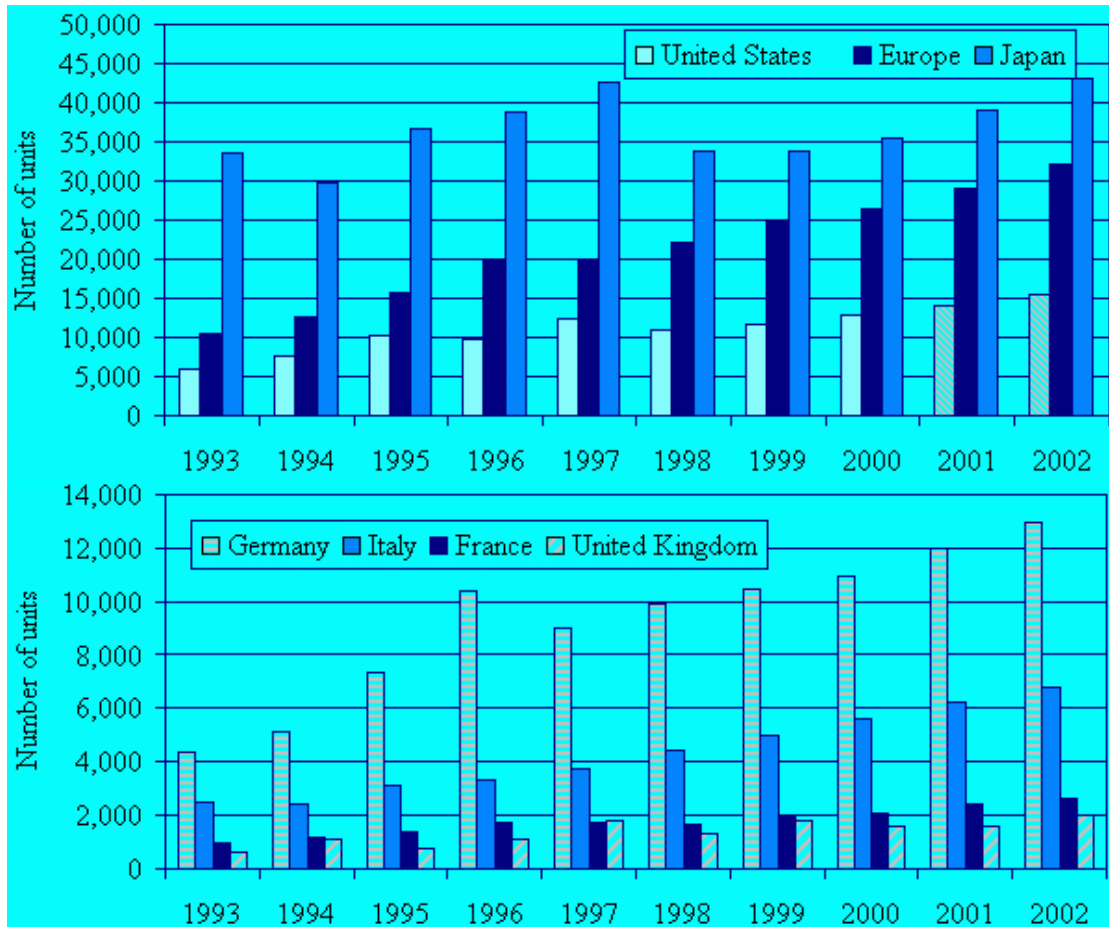
Las ventas mundiales de robots industriales alcanzaron un máximo en 1990, con más de 81.000 unidades. Siguió un retroceso entre 1991 y 1993; las ventas mundiales cayeron a aproximadamente 54.000 unidades en 1993. El mercado del robot mundial empezó entonces un período de recuperación que alcanzó el máximo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

Instalaciones anuales de robots industriales en 1997 y 1998, y proyecciones para 1999 y 2002 (número de unidades)

País	1997	1998	1999	2002	% cambio 98/97
Japón	42,696	33,796	33,800	43,000	-20.8
Estados Unidos	12,459	10,857	11,700	15,573	-12.9
Alemania	9,017	9,938	10,500	13,000	10.2

Italia	3,692	4,381	4,950	6,750	18.7
Francia	1,721	1,653	1,950	2,650	-4
Reino Unido	1,792	1,282	1,800	2,000	-28.5
Los seis Grandes	71,377	61,907	64,700	82,973	-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	7,200	28.3
Europa Oriental	184	206	200	500	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	4,000	-59.7
Antigua URSS	1,000	500	1,000	1,000	-50
Otros países	1,300	800	800	1,200	-38.5
Total	85,081	71,173	75,100	96,873	-16.3
Fuentes: ONU / ECE, IFR					

Instalaciones anuales de robots industriales en 1993-1998, y proyecciones 1999-2002



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. Las ventas en estos dos países bajaron un 21% y un 75%, respectivamente, comparado con el nivel de 1997 (tabla 1 y figura 1).

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 periodo de 1998, indicando que en 1999 se vería una ola continuada de inversiones en robots.

El crecimiento en 1998 estaba, sin embargo, bastante irregularmente distribuido entre los países. En los 8 países de europea occidental, más pequeño, 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.

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.

Previsiones

El mercado mundial para los robots industriales se proyecta que aumente de 71.000 unidades en 1998 a 97.000 en 2002, o anualmente un promedio de un 8%

(tabla 1 y figura 1). Estas proyecciones son revisando significativamente hacia abajo, como comparación a aquellos en el problema anterior. La Robótica mundial, principalmente debido al estancamiento proyectado en los mercados asiáticos.

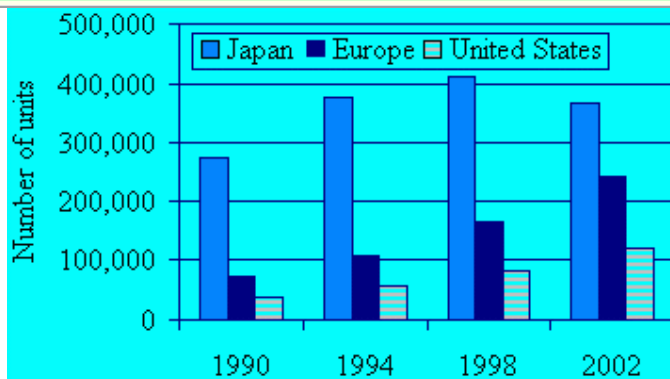
Número de ventas mundiales		Unidades operativas a nivel mundial	
1998:	71,000 unidades	1998:	720,000 unidades
2002:	97,000 unidades,	2002:	800,000 unidades,
+8% por año		+2.7% por año	

Las ventas en Japón continúan estando flojas pero se proyecta un crecimiento firme en Europa y América del Norte. Así, el número total de robots operativos continúa mostrando un aumento firme.

Número estimado de robots operativos en los años 1990, 1994 y 1998, y proyecciones para 2002

País	1990	1994	1998	2002	% cambio 98/97
Japón	274,200	377,000	411,800	366,600	-0.3
Estados Unidos	39,000	57,100	81,700	120,200	6
Alemania	27,300	45,300	73,200	103,800	9.5
Italia	12,200	20,600	31,500	47,400	11
Francia	8,400	12,300	16,200	20,000	3.7
Reino Unido	5,900	8,100	10,800	15,000	8.1
Seis grandes	367,000	520,500	625,200	673,000	2.3
Austria	1,100	2,100	2,800		5.2
Bélgica	2,300	4,500	7,200		11.2
Dinamarca	500	600	1,000		20.5
Finlandia	800	1,200	1,900		17.8
Noruega	400	500	500		-2.1
España	2,100	4,200	8,600		23.4
Suecia	3,300	4,200	5,300		7.1

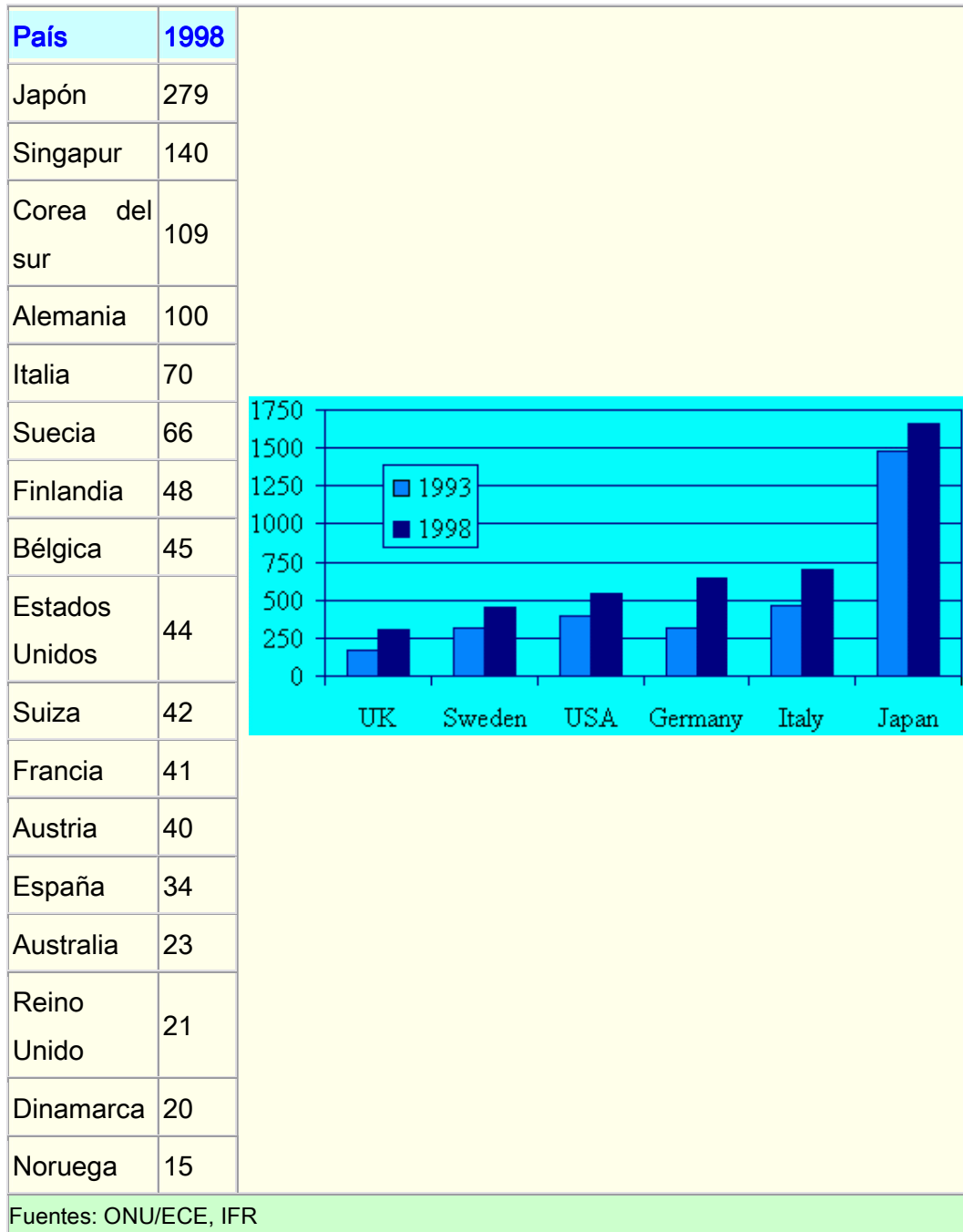
Suiza	1,500	2,500	3,300		8.7
Europa occidental - Europa-8	12,200	19,700	30,700	48,700	13.2
Europa oriental	7,500	2,600	2,700	4,100	-1.6
Australia	1,400	1,800	2,600		8.2
Corea del sur	3,000	12,700	31,400		4.1
Singapur	1,400	2,300	5,000		7.6
Taiwán	1,300	3,300	5,800		13.5
Asia-4	7,100	20,000	44,800	53,600	5.8
Antigua URSS	64,200	20,000	10,000	10,000	
Otros países	1,400	3,400	7,000	10,000	10.7
Total	459,400	586,100	720,400	799,400	3.0
Fuentes: ECE, IFR y asociaciones de robots nacionales					



● La densidad de robots está aumentando

La tabla adjunta muestra el número de robots por cada 10.000 personas empleadas en la industria. Pueden distinguirse cuatro grupos de países: el primer grupo contiene Japón, Singapur y la República de Corea, con densidades que van de aproximadamente 280 a 110. Estos números no son, sin embargo, comparables directamente a los de los otros países porque el último aplica una definición más estricta de robots.

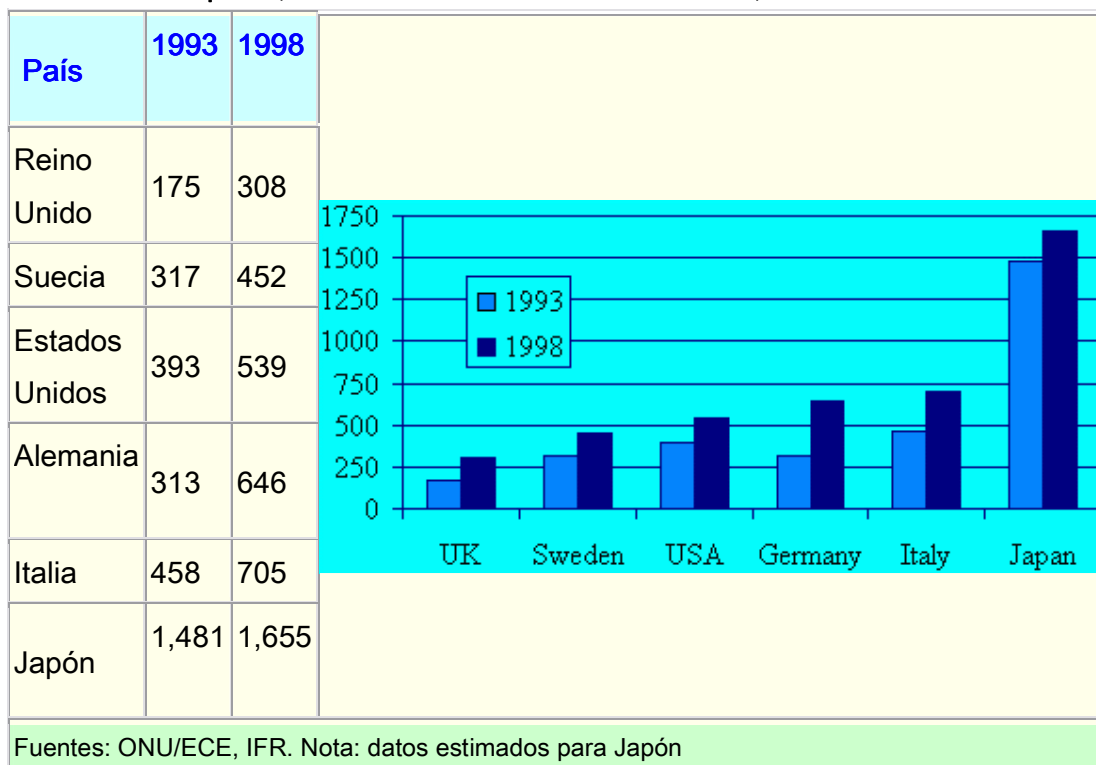
Número de robots por cada 10,000 personas empleadas en la industria, en 1998



Entre países que aplican una definición más restrictiva de robots industriales, Alemania está a la cabeza con 100 robots por cada 10.000 personas empleadas, seguida por Italia y Suecia con 70. En el tercer grupo de países, las densidades varían entre 50 y 40.

La siguiente tabla se muestra otra medida de densidad de robots: el número de robots por cada 10.000 obreros de producción en la industria del vehículo de motor. Aquí los números son de 5 a 10 veces superiores a las densidades anteriores, basadas en todas las personas empleadas en la industria.

Numero de robots por 10,000 obreros en la industria de automoción, de 1993 a 1998



En Japón se estima que en 1998 había un robot industrial para cada 6 obreros de producción en la industria del automóvil. En Italia había 14 obreros por cada robot y 19 en los Estados Unidos.

- **Los precios relativos de los robots están cayendo y su rentabilidad aumenta**

Los precios nominales de robots están siguiendo una tendencia descendente. Además, al tener en cuenta las significativas mejoras en la actuación, los precios han caído más aún durante los años noventa. Esto implica que la rentabilidad de instalaciones de robots existentes está aumentando. A la larga (10-15 años) los precios parece que tendrán una tendencia a bajar.

Número de robots con 5 brazos o más, comparado con el número del total de robots instalado en 1998

País	Todos los robots	Los robots con ≥ 5 brazos	% proporción
Estados Unidos	10,857	9,607	88.5
Alemania	9,938	6,108	61.5
Italia	4,381	2,516	57.4
España	1,810	1,545	85.4
Francia	1,653	1,057	63.9
Reino Unido	1,282	871	67.9
Bélgica	959	671	70.0
Suecia	691	616	89.1
Australia	347	283	81.6
Finlandia	378	263	69.6
Dinamarca	215	192	89.3
Austria	250	130	52.0
Taiwán,	759	108	14.2
Noruega	63	56	88.9
Polonia	53	40	75.5
Subtotal	33,636	24,063	71.5
Japón	33,796		
Corea del sur	1,431		
Otros países	2,310		
Total	71,173		
Fuentes: ONU / ECE, IFR			

Numero de robots de servicio para diversas áreas de aplicación, instalados al final de 1998 y estimados para el periodo 1999-2002.