

TESIS CON  
FALLAS DE ORIGEN

12  
Lej



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL RECIENTE  
ESCENARIO TECNOLÓGICO DE LA ROBOTICA

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

MARCO IGNACIO MEDINA RULE

MARTHA LILIA URRUTIA VARGAS

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# I N D I C E

	Página
<u>INTRODUCCION.</u>	1
<b>CAPITULO 1</b> <u>Inteligencia Artificial.</u>	5
1.1. Definición de Inteligencia Artificial (IA).	6
1.2. Antecedentes históricos.	9
1.3. Tendencias Actuales de Investigación en la IA.	12
<b>CAPITULO 2</b> <u>Campos de Acción de la IA.</u>	17
2.1. Estructuras de Control.	19
2.1.1. Jerárquica.	19
2.1.2. Heterárquica.	19
2.1.3. Patrones.	20
2.1.4. Transferencia de Mensajes.	20
2.2. Planeación y Solución de Problemas.	20
2.3. Proceso de Lenguaje Natural.	20
2.3.1. Comprensión del Lenguaje Natural.	21
2.3.2. Comprensión de la Palabra Hablada.	21
2.3.3. Síntesis del Habla o Generación de frases.	21
2.4. Percepción y Reconocimiento de Patrones.	21
2.5. Sistemas Expertos.	22
2.6. Visión.	24
2.6.1. Reconocimiento de Patrones.	24
2.6.2. Proceso de Imágenes.	24
2.6.3. Percepción Remota.	24
2.7. Robótica.	25
2.8. Programación Automática.	25
2.9. Simulación y Modelado.	25
2.10. Lógica computacional.	26
2.11. Manipulación Algebraica y Simbólica.	26
<b>CAPITULO 3</b> <u>Herramientas de la IA.</u>	27
3.1. Representación de Conocimientos.	27
3.1.1. Las Redes Semánticas.	28
3.1.2. La Lógica de Primer Orden.	28
3.1.3. Sistema de Producción.	29
3.1.4. Frames.	29
3.2. Explotación de Conocimientos.	30
3.2.1. Resolución.	30
3.2.2. Reducción de Problemas.	31
3.2.3. Métodos de Búsqueda.	32

	Página
3.3. Lenguajes.	33
3.4. Técnicas y Máquinas de Aprendizaje.	36
3.5. Arquitectura de la IA.	40
3.6. Ejemplo de Aplicación de Técnicas y Herramientas de la IA.	46
3.7. Beneficios Esperados.	57
<b>CAPITULO 4 <u>Robótica.</u></b>	<b>59</b>
4.1. Desarrollo Histórico.	59
4.2. La Importancia de la IA en la Robótica.	64
4.3. Definición.	67
4.4. Areas de Aplicación.	68
4.4.1. Algoritmos para Robots.	70
4.4.2. Inteligencia para Robots.	73
4.5. Estructura de un Robot.	77
4.5.1. Sistema de Percepción.	79
4.5.2. Sistema Actuador.	88
4.5.3. Sistema de Control.	89
4.5.4. Sistema Mecánico.	102
4.6. Tipos de Robot.	107
4.6.1. Automata.	108
4.6.2. Robots.	108
4.6.3. Humanoides.	109
4.6.4. Androides.	110
4.6.5. Cyborgs.	110
4.7. Aplicaciones.	111
4.7.1. Robots Domésticos.	119
<b>CAPITULO 5 <u>Desarrollo en México de la Robótica.</u></b>	<b>124</b>
<b><u>CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.</u></b>	<b>130</b>
<b><u>GLOSARIO.</u></b>	
<b><u>BIBLIOGRAFIA.</u></b>	

## INTRODUCCION

Hace solo algunos años se consideraba que las computadoras eran dispositivos que realizaban a gran velocidad cálculos y tareas monótonas. En el presente las computadoras auxilian a los exploradores a encontrar minerales, otras más, analizan electrocardiogramas en busca de anomalías, cuantifican cosechas y encuentran recursos naturales por medio de fotografías tomadas a gran altitud y colocadas en el interior de Robots permiten que éstos vean, manipulen y planeen.

En los últimos años, se ha desarrollado una gran polémica entre los investigadores y desde 1950 han sido publicados artículos acerca de si una computadora es capaz o no de mostrar comportamiento inteligente. Muchos consideran a las computadoras como simples mecanismos, sin embargo, algunos científicos por su parte consideran a las computadoras máquinas capaces de manipular cualquier tipo de símbolos y por lo tanto, capaces de manipular ideas y conceptos.

Esto ha dado como origen una nueva disciplina reconocida como INTELIGENCIA ARTIFICIAL ( IA ). La velocidad con que se propagan los conocimientos de esta disciplina precipitan aún más, la diversificación de las microcomputadoras que le sirven como base tecnológico y comercial.

La IA está todavía a nivel de disciplina teórica, sin embargo ya existen diversas empresas de reconocido prestigio que han empezado a desarrollar y comercializar varias clases de Software de esta especialidad.

El hacer que las computadoras ejecuten acciones que de ser ejecutadas por el hombre, se denominarían inteligentes y el tratar de entender el proceso Inteligente-Humano con la ayuda conceptual de los sistemas que ejecutan tales acciones, parecieran ser los objetivos principales que persigue el estudio de la IA generando múltiples efectos en las diferentes ramas del conocimiento humano. Las primeras aplicaciones básicas en este campo ya se están realizando y entre las más reconocidas, identificadas en este trabajo podemos mencionar las de Robótica, Sistemas Expertos, y los Juegos De Estrategia. En el ámbito de la IA se presentan de manera sistemática una variedad de situaciones complejas donde un enfoque directo de programación nos dará resultados significativos.

Esta y otras técnicas similares se están empleando y se continuarán empleando en los programas de computadoras para mejorar el desempeño y utilidad de las máquinas, para ampliar sus posibilidades de aplicación, para hacerlas "Mas Inteligentes" .

Para demostrar que la IA funciona, los científicos han desarrollado programas de computadoras que han sido capaces de vencer al campeón de Damas y vencido el 90 % de los jugadores de Ajedrez. Además, se han desarrollado sistemas expertos que pueden brindar asesoría especializada.

En la actualidad el campo de la IA tiene por meta hacer más útiles a las computadoras y entender los principios que permiten el comportamiento inteligente. De esta forma tenemos un campo de IA Aplicada y otra de Comprensión.

- La primera busca ofrecer a la sociedad instrumentos que mejoren la capacidad para adaptarse al medio ambiente fabricando artefactos útiles o programas con habilidades especiales.
- La segunda intenta comprender el funcionamiento de la inteligencia humana para definir procedimientos que puedan ser llevadas a cabo por las computadoras.

Dichos campos tendrán que evolucionar al mismo ritmo que el de la tecnología en computación y en la medida de las posibilidades existentes de cada economía, para satisfacer así, las necesidades e ideales de una sociedad en constante crecimiento deseosa de alcanzar nuevos descubrimientos para el bienestar de todos.

No es fácil encontrar libros técnicos sobre la IA, por esta razón, pretendemos con este trabajo dar una perspectiva general de las principales bases que conjuntan el desarrollo e investigación de esta nueva disciplina y que por su amplia gama de aplicaciones representa un fascinante reto para todos aquellos interesados en esta nueva rama.

Por tanto, la estructuración que tendrá, será partir de un marco general a un marco particular desde los orígenes de la IA, hasta la realidad actual y condiciones futuras, así como, nuestro particular punto de vista dentro de esta disciplina y tratar de proporcionar un camino que pueda ayudar a resolver nuestras necesidades de desarrollo y resaltar la importancia que tiene en nuestras futuras generaciones.

En el primer capítulo se hace un esbozo de los antecedentes Históricos y de las tendencias actuales dentro del plano mundial.

El segundo capítulo tiene como finalidad establecer los principales campos de acción y la importancia que representa la investigación de cada uno de ellos en la IA.

En el tercer capítulo se ilustra los conceptos fundamentales de las técnicas empleadas para resolver los problemas que se presentan en la IA y los beneficios esperados.

El capítulo cuarto se desarrolla el tema principal de esta disciplina, en el cual se pone de manifiesto el uso de los conceptos y técnicas de los campos de investigación previamente estudiados y que vienen a conjuntar a una área particular, busca en forma general exponer la importancia de la IA en la Robótica. Además de los conceptos técnicos que deberán considerarse para construir un robot con las características esenciales que persiguen los investigadores de esta disciplina.

En el quinto y último capítulo se analiza la problemática actual en México y las investigaciones que se están realizando en esta materia. Con estos elementos, damos algunas recomendaciones y sugerencias.

## CAPITULO 1

### DEFINICION DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA).

Prácticamente nos encontramos ante una nueva perspectiva en el campo de la computación que augura una gran versatilidad, por el gran atractivo de las interesantes aplicaciones que implican el construir máquinas que piensen.

Actualmente existe un número considerable de investigadores en diversos países que estudian este tema bajo el nombre de "INTELIGENCIA ARTIFICIAL" (IA) y en una forma particular han definido a su manera esta disciplina; sin embargo, sentimos que las definiciones pueden imponer limitaciones y el alcance de la IA no tiene aún una definición formal. Básicamente la investigación de esta nueva área incluye una extensa gama de campos que representan un desarrollo en las ciencias de computación.

No obstante, enunciaremos algunas definiciones que a nuestro juicio consideramos podran servir como introducción:

" La IA es aquella parte de las ciencias de la computación relacionada con el diseño de sistemas de computación inteligentes, esto es, sistemas que posean las características normalmente asociadas con la inteligencia en el contexto del comportamiento humano, como son: Comprensión del Lenguaje, Aprendizaje, Razonamiento, Solución de Problemas, etcétera ".1/

1/ A.Barr, E.A Feigenbaum (editores), the Handbook of A.I., Heuristech Press, Stanford, Ca.

" La IA es un proceso por el cual los dispositivos mecánicos pueden ejecutar tareas que, cuando son ejecutadas por los humanos, requieren de algo de inteligencia ".1/

" IA es el estudio para lograr que las computadoras hagan cosas inteligentes que, hasta el momento, las personas hacen mejor ".2/

Considerando las definiciones que son utilizadas en el ambiente de la IA, podemos decir que en general; como una rama de la computación, la IA trabaja para el desarrollo de programas y sistemas que exhiban comportamiento sofisticado o inteligente, es decir capaces de seleccionar, de entre un número dado de alternativas, aquella que más conviene a la situación que se presenta.

Los límites entre las ciencias de computación y la IA no están bien definidos, pero no es esencial esta limitación para los propósitos del presente trabajo. Sucede frecuentemente que, después de que se ha encontrado la solución a un problema que ayer se consideraba complejo y difícil, se le considera como simple o de solución directa : De esa misma manera, si anteriormente se pensó que algunas técnicas formaban parte de la IA, actualmente ya no ocurre así.

1/Margaret Beden, A.I. and Natural Man. (New York:Basic Books,1977).

2/Rich, Elaine, Artificial Intelligence (A.I), Mc.Graw Hill.E.U. 1983.

Por lo que se puede considerar a la IA como una invención:

- a).- Relacionada con técnicas de reciente aparición y problemas no resueltos que esperan el descubrimiento de nuevos métodos.
- b).- Generadora de nuevas ramas de las ciencias de la computación, conectadas con la tecnología de la programación, las Matemáticas, etcétera.

En programación convencional un programador tiene que desarrollar un método de solución detallado (Algoritmo) para resolver cierto tipo de problemas. El uso de los algoritmos tiene la ventaja que una vez diseñados y probados, garantizan una respuesta correcta para todos los casos y son infalibles. Es por esto que los científicos de la IA en vez de construir algoritmos infalibles y exactos estudian técnicas fallibles, pero que potencialmente puedan dar una respuesta, aunque en ocasiones no sea la óptima, en un tiempo razonable.

## 1.2 ANTECEDENTES HISTORICOS

Desde la aparición de las primeras computadoras y durante su corta vida, ha existido un gran interés entre los investigadores para desarrollar técnicas y sistemas que permitan que éstas efectúen tareas cada vez más eficientes e incluso, cercanas a las que realizan el intelecto humano. Esto ha dado lugar al desarrollo del campo de estudio denominado "INTELIGENCIA ARTIFICIAL" (IA). Se puede señalar el año de 1956, como el nacimiento oficial de este campo de las ciencias de la computación. En este año, John McCarthy considerado como uno de los fundadores y líder del movimiento de la IA, organizó una conferencia en el Colegio de Dartmouth, usando por primera vez en público el término de la IA, alrededor de este concepto se han originado muchas polémicas. Pero la más importante y que sigue siendo materia de discusión hoy en día, es en el sentido de si una computadora es capaz o no de mostrar comportamiento humano.

El tratar de hacer máquinas que piensen como los humanos por parte de los científicos puede muy bien ser, la más difícil meta de la humanidad a la que se están enfrentando.

Además, virtualmente todos los investigadores de la IA parecen tener su idea favorita de cual sería la mejor ruta para llegar a esa meta.

Algunos están convencidos que las computadoras inteligentes deben tener movilidad y poder conducirse con información sensorial; otros argumentan que la lógica es de primordial importancia, mientras que otros aún dicen que más que el poder de la lógica, una computadora debe comprender el significado antes de que pueda exhibir conducta inteligente.

Hans Moravec, científico investigador del Instituto de la Robótica de la Universidad de Carnegie-Mellon en Pittsburg, considera que la movilidad es un factor de suma importancia y de entre otros investigadores cree, que la ruta hacia la IA es el de aprender a construir Robots móviles, máquinas que puedan ir de un lado a otro por sí mismas en el mundo real. Menciona además, que este factor crítico de movilidad obliga adaptabilidad y generalidad y no duda en la forma de declarar a alguna computadora "Inteligente", cuando actualmente puede ejecutar solamente una tarea fija programada. Más optimista que muchos de sus colegas, Moravec predice que en 20 años los Robots con inteligencia a nivel humano estarán caminando sobre la tierra.

Dentro de sus realizaciones más importantes aplicadas a esta ciencia, está el Robot Stanford Rover,<sup>1/</sup> el primer Robot equipado con visión que puede reconocer obstáculos y programar su curso para evitarlos.

A principios de la IA, los investigadores de los años 50, sorprendidos por la capacidad de la computadora de examinar por patrones de símbolos y la aplicación de axiomas, consideraron que la aparente complejidad de la conducta inteligente podría ser fácilmente reducida a algo general. Esa suposición motivó a creer que la máquina inteligente estaba a la vuelta de la esquina.

En 1965 uno de los pioneros de la IA Herbert A. Simon, ganador del premio Nobel de Economía por sus estudios acerca del proceso de toma de decisiones, aseveró que "Las máquinas serían capaces en 20 años, de realizar cualquier trabajo de igual forma que la de un humano"<sup>2/</sup>. Señala que no ve límite en los niveles de inteligencia que puedan lograr las computadoras. En colaboración con sus colegas John Shaw y Allen Newell, Simon escribió un programa llamado "Teoría Lógica" (Logic Theorist ), que proporcionaría muchos de los teoremas de la lógica formal. Generalmente se le acredita como el primer programa en la IA.

1/Byte Publications Inc.January 1984 y Popular Computing May 1985.

2/ Tomado de la revista "Popular Computing", Mayo 1985, pag.69

Este programa y algunos de sus sucesores dependen necesariamente de reglas simples y generales de la lógica, con múltiples combinaciones posibles de estados simbólicos para llegar a una prueba deseada.

Otra polémica del campo de la IA, es aquella que se da entre los que sostienen, que la manera de resolver el problema de este campo es, diseñando programas de computadoras que razonen de acuerdo a lenguajes de lógica matemática bien definidos, independientemente de que sea ésta o no, la forma como piensa la gente y aquellos que sostienen que las computadoras deberán imitar la manera como pensamos sin considerar la lógica matemática. Los principales proponentes de cada uno de estos enfoques son John McCarthy y Marvin Minsky respectivamente.

### 1.3 TENDENCIAS ACTUALES DE INVESTIGACION EN LA IA.

Algunos investigadores argumentan, que no es problema si la gente piensa considerando la forma matemática o no, la lógica de una forma u otra sigue siendo la única forma confiable para dejar a la IA a un nivel de disciplina enseñable y programable en computadoras digitales. Estos defensores de la " Lógica ", tienden a ser concentrados en lo que se le ha llamado la Costa Oeste, bajo la dirección de John McCarthy.

El acercamiento que prevalece en ésta, es el de analizar la Sintaxis, aplicando las reglas de IF-THEN para reducir oraciones en sus componentes -- Pronombres, verbos y así sucesivamente.

Una vez que las reglas estan hechas, una computadora podrá interpretar un comando cualquiera que éste sea, mediante la búsqueda de Bancos de Datos por categorías clasificadas y ejecutar las operaciones apropiadas.

En contraste, los Teóricos como Marvin Minsky del Instituto de Tecnologia de Massachusetts, uno de los cuatro ó cinco principales fundadores del movimiento de la IA y Roger Schank de la Universidad de Yale a quienes se les concentra en la llamada Costa Este, defienden que la estrategia correcta consiste en la forma de describir y modelar como la gente piensa. Uno de los problemas con la lógica ordinaria es que es muy parecida a las matemáticas, siendo todo su contexto en forma y no en contenido. Creen que para la más simple comunicación y aplicación, la Sintaxis es virtualmente inútil. En su lugar, ellos basan sus esperanzas en las Semánticas y Significados. Desde su punto de vista, las computadoras necesitarán algo muy parecido a asociaciones e imágenes mentales para resolver las ambigüedades que

prácticamente siempre se presentan en el lenguaje común de las personas.

Para reemplazar la lógica y las reglas simples IF-THEN, por ejemplo, Minsky ideó la noción de "Frames" que son paquetes elaborados del conocimiento almacenado, como asociaciones de la memoria, que son evocados por la acoplación de Patrones. Daremos un ejemplo; un Frame describe una enfermedad dada que contendría "Slots" separados para cada síntoma, así como palabras claves (Keywords), la máquina buscaría a través de su colección de frames para encontrar la causa más probable, implicaciones y cura.

Tomando en cuenta que la gente rara vez nombra a los objetos con las palabras exactas. Schank y sus colegas concluyeron que las personas trasladan lo que escuchan dentro de conceptos privados o mentales. Inventaron una versión de computadora en este sentido, conocida como "Dependencia Conceptual" (Conceptual Dependency), un lenguaje simplificado que contiene únicamente once verbos en lugar de los cientos existentes en cualquier idioma. Por ejemplo, su verbo sintético "Ptrans" significa todas las formas de que un objeto puede ser físicamente transportado de un lugar o de un propietario

a otro, estos incluyen move, buy, fly y así sucesivamente.

El propósito de esta versión es crear pequeñas estructuras como frames de probabilidades que puedan ayudar a una máquina en la percepción de lo que vaya a leer. Encontrar un verbo tipo "Ptrans" alerta a la máquina para examinar el texto por pistas, es decir, porque se está moviendo, como se está moviendo y cuál es su origen y destino. Una vez que esos Slots son llenados, la computadora es un camino considerable hacia el entendimiento. Schank y su asociación Yale, también desarrollaron estructuras elaboradas del conocimiento llamadas "Scripts". Los Scripts son miniescenarios que contienen Slots que bosquejan experiencias permanentes o inmutables.

Esto significa, que un Script para un ejemplo dado, consiste de una secuencia típica que pueden ser común en algún lugar, hecho o circunstancia.

Sin embargo, en forma general los científicos concluyen, que las máquinas hasta ahora no pueden actuar tan bien como los seres humanos en algunos aspectos, a pesar que hay muchas cosas que hacen igualmente bien o mejor que las personas.

Consecuentemente, el gran número de teóricos de la IA incluyendo Minsky y Schank concluyen, que las computadoras realmente nunca podrán ser llamadas inteligentes hasta que "Aprendan a aprender".

## CAPITULO 2

### CAMPO DE ACCION

Son muchos los actuales campos de acción de la I.A y cada uno con objetivos específicos. Sin embargo, mencionaremos aquellos campos que tienen mayor importancia y específicamente hablaremos más ampliamente por separado de la ROBOTICA.

#### CAMPOS DE LA IA:

- ESTRUCTURAS DE CONTROL.
- PLANEACION Y SOLUCION DE PROBLEMAS .
- PROCESO DEL LENGUAJE NATURAL.
- PERCEPCION Y RECONOCIMIENTOS DE PATRONES.
- SISTEMAS EXPERTOS.
- VISION.
- ROBOTICA.
- PROGRAMACION AUTOMATICA.
- SIMULACION Y MODELADO.
- LOGICA COMPUTACIONAL.
- MANIPULACION ALGEBRAICA Y SIMBOLICA.

Como no es nuestro propósito profundizar en cada uno de estos campos, únicamente delinearemos el concepto y finalidad de cada uno de ellos y más adelante como tema principal hablaremos de la Robótica.

MERCADO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL  
(MILLONES DE DOLARES)

SEGMENTO	1983	1987	1990	TASA DE CRECIMIENTO
SISTEMAS EXPERTOS	16	800	1243	86%
SOFTWARE DE LENGUAJE NATURAL	18	190	1090	79%
INSTRUCCION CON AYUDA DE COMPUTADORAS	7	30	100	46%
RECONOCIMIENTO VISUAL	30	230	860	60%
RECONOCIMIENTO SONORO	10	50	230	56%
HARDWARE DE IA	25	200	500	54%
TOTAL	106	1500	4023	68%

FUENTE: REVISTA O&T OFICINA & TECNOLOGIA MODERN OFFICE TECHNOLOGY  
EDICION 5. JUNIO JULIO 1986 PAG. 44

## 2.1 ESTRUCTURAS DE CONTROL

Para lograr el objetivo fundamental de las tareas específicas a desarrollar en los programas, estas deberán ser colocadas en una secuencia inteligente, es por esta razón que la estructura de control de un sistema de IA será el de aplicar el conocimiento almacenado en la base de datos para resolver con éxito el problema presentado. Las estructuras de control se usan básicamente en los sistemas Expertos y las que se usan más frecuentemente son :

### 2.1.1 Jerárquica.

En donde se tiene una llamada específica de una rutina a otra, según se requiera; incluye la repetición y rastreo hacia atrás (Búsqueda de soluciones hasta alcanzar el éxito o agotar la lista de opciones).

### 2.1.2 Heterárquica.

En donde una rutina no es llamada explícitamente por otra y puede ser dirigida por los datos o por los eventos. En una estructura de control heterárquica,1/ una rutina no es llamada explícitamente por otra, incluso hay una computadora heterárquica, que procesa el lenguaje LISP en paralelo.

1/Adolfo Guzmán, "A Heterarchical MultiMicroprocessor Lisp Machine". IEEE work shop on Compr. Architect pattern Analysis and Database Management. IEEE Publication, November de 1984.

### 2.1.3 Patrones.

Llamadas a procedimientos de acuerdo a los patrones establecidos.

### 2.1.4 Transferencia de mensajes.

Como en el caso de rutinas que se comunican.<sup>1/</sup>

## 2.2 PLANEACION Y SOLUCION DE PROBLEMAS.

Es el estudio de métodos para construir programas que, a su vez, elaboren planes para ser empleados en posteriores actividades de solución de problemas. En relación con esto, se encuentran las técnicas de búsqueda heurísticas ( Búsqueda en espacios de estado grande guiándose por algún conocimiento incompleto acerca del problema ), así como los juegos ( Ajedrez, Damas, Póquer, etcétera, utilizados para estudiar la solución de problemas en un ambiente competitivo ). Ambas técnicas exploran la solución de problemas basándose en conocimientos incompletos almacenados acerca del problema.

## 2.3 PROCESO DEL LENGUAJE NATURAL.

Se estudian métodos para que las computadoras comprendan información proporcionada en un lenguaje natural para eliminar la necesidad de codificación.

<sup>1/</sup>C.Hewitt, "Viewing Control Structures as Patterns of Passing Messages", Artificial Intelligence, junio de 1977.

Tambièn se pretende darles la capacidad de traducir de un lenguaje a otro o de encontrar respuestas en un texto. Esta rama se encuentra en un proceso de desarrollo y la podemos dividir en :

### 2.3.1 Comprensión del Lenguaje Natural.

Diseñar procedimientos para comprender el lenguaje natural, escrito, descifrar su significado en lugar de utilizar oraciones como cadenas de símbolos, sin significado.

### 2.3.2 Comprensión de la Palabra Hablada.

Utilizando ondas acústicas como entrada, entre los sistemas actuales el mejor se ha considerado el Hearsay-11.1/ que usa estructuras de control de invocación por medio de patrones.

### 2.3.3 Síntesis del Habla o Generación de Erases.

Se estudian las técnicas para proporcionar una voz a la computadora.

## 2.4 PERCEPCION Y RECONOCIMIENTO DE PATRONES.

Se quiere que las computadoras sean capaces de analizar, describir, identificar, clasificar y extraer patrones de los datos. Tambièn se incluye la visión, es decir

1/ L.D. Ermanet, al "The Hearsay-11 speech Understanding System: Integrating Knowledge to resolve Uncertainty", Computing Surveys, junio de 1980.

programas que procesen, categoricen y entiendan la información visual.

Un programa de solución de problemas, debe ser capaz de extraer patrones significativos acerca del problema y usar esa información para resolverlo.

## 2.5. SISTEMAS EXPERTOS.

Los sistemas expertos son aquellos que tienen almacenada información de estudios y/o experiencias de persona o grupo de personas en una área determinada, la cual puede ayudar a resolver problemas.

Podemos definirla como aquel Paquete de Programación que emite juicios y diagnósticos sobre una área del conocimiento humano con el mismo grado de expertez que el de un ser humano.

Para poder emitir dichos juicios, el sistema debe contar con un cúmulo de datos archivados y fundamentalmente con un conjunto de reglas de contingencia ( IF-THEN Approach ), que permita que el sistema genere los diagnósticos adecuados.

Para la construcción de estos sistemas se requiere de un grupo interdisciplinario formado por los Ingenieros en Computación y expertos en áreas diversas.

TABLA 1. ALGUNOS SISTEMAS EXPERTOS

SISTEMA	AREA DE CONOCIMIENTO
AQII	Diagnóstico de enfermedades de plantas.
CADECEUS	Diagnóstico médico.
CASNET	Consulta médica ( Glaucoma ).
DENDRAL	Elaboración de hipótesis acerca de la estructura molecular a partir de espectrogramas de masas.
R1	Configuración de computadoras.
DIPMETER ADVISOR	Exploración petrolera.
EL	Análisis de circuitos eléctricos.
INTERNIST	Consulta médica (medicina interna).
KMS	Consulta médica.
MACSYMA	Manipulación de fórmulas matemáticas.
MDX	Consulta médica.
MOLGEN	Planeación de experimentos con ADN.
MYCIN	Consulta médica (enfermedades infec.)
PROSPECTOR	Explotación minera.
PUFF	Consulta médica (enfermedades pulmonares).

SISTEMAS EXPERTOS MEXICANOS

SISTEMA	AREA DE CONOCIMIENTO
PROPEDEUTA	Diagnóstico médico Cardiovascular.1/
SEA	Sistema Experto Agricultor.2/

2.1 Tabla elaborada a partir de datos extraídos de Nau, Dana s.,:Expert Computer Systems", IEEE Computer.Febrero 1983 pp.63-85. Sistemas Expertos Mexicanos tomados de la revista CompuMundo,Septiembre 1984,Volumen 1,Núm.6.

1/ Sistema elaborado por:Antonio Sánchez Aquilar,Ma.Elena Vásquez Escobedo,Guillermo Quiroz Flamand. En la Universidad de las Américas.

2/Sistemas Elaborado por el Dr. José Negrete Martínez y Albert Gutiérrez.

Se tienen sistemas expertos en Medicina, Ciencias, Ingeniería y Educación .Algunos de los sistemas se indican en la tabla No. 2,1

## 2.6 VISION.

Diseño de programas que procesen, categoricen y entiendan la información visual. Bajo este término pueden agruparse los siguientes temas :

### 2.6.1 Reconocimiento de patrones.

Análisis, Descripción, Identificación, Clasificación y Extracción de Patrones a partir de Datos.

### 2.6.2 Proceso de imágenes.

Técnicas para manipular y analizar imágenes por medio de computadoras.

### 2.6.3 Percepción remota.

Es una rama del análisis de paisajes que estudia las imágenes de la superficie terrestre tomadas desde satélites o aviones.

En general estos temas están íntimamente relacionadas entre si.

## 2.7 ROBOTICA.

Diseño de máquinas que interactúan con su medio ambiente en tanto se desplazan en él y/o lo manipulen y lo hacen en una forma que pudiera considerarse inteligente.

Su desarrollo esta encaminado a obtener grandes beneficios tanto en la industria y comercio como en los hogares.

## 2.8 PROGRAMACION AUTOMATICA.

Se pretende que la computadora sea capaz de elaborar programas automáticamente a partir de la indicación de qué es lo que se quiere resolver y no cómo se quiere resolver el problema. Se estudian mecanismos de comprobación de la lógica de los programas.

## 2.9 SIMULACION Y MODELADO.

Es el proceso de colocar un modelo en una computadora y usarlo para el objetivo previsto. Un modelo muestra solo aquellos aspectos del objeto modelado que requieran estudiarse; un modelo adquiere validez frente a la realidad, verificando su comportamiento contra el observado en el mundo real. Muchos sistemas de IA, especialmente los que aprenden utilizan un modelo interno del problema a resolver, que refinan, ajustan y validan.

## 2.10 LOGICA COMPUTACIONAL.

Se podrá usar para determinar si un programa es correcto o no, desde el punto de vista lógico, no meramente sintáctico. la investigación en la IA que trata de emular el sentido común no ha tenido tanto éxito. Hay quienes señalan que el campo de la IA ha dado todo lo que tenía que dar. Sin embargo, éste campo científico, sólo tiene 25 años de existencia que en comparación con otras ciencias es un lapso muy corto.

## 2.11 MANIPULACION ALGEBRAICA Y SIMBOLICA.

Se refiere a algoritmos y sistemas relacionados con la manipulación de expresiones matemáticas o fórmulas en su forma simbólica, natural y no sólo con la mera manipulación de números.

## CAPITULO 3

### HERRAMIENTAS DE LA IA.

Para resolver los problemas que se presentan en la IA se han desarrollado diversas herramientas, entre las más importantes están :

- REPRESENTACION DE CONOCIMIENTOS.
- EXPLOTACION DE CONOCIMIENTOS.
- LENGUAJES.
- TECNICAS Y MAQUINAS DE APRENDIZAJE.
- ARQUITECTURA DE LA IA.

#### 3.1 REPRESENTACION DE CONOCIMIENTOS.

Su diseño debe tomar en cuenta muchos factores; se requiere base de datos que tengan información acerca de objetos, de procesos, objetivos, motivaciones, causalidad, tiempo, acciones, etcétera.<sup>1/</sup> Involucra además consideraciones como la eficiencia computacional y adaptabilidad del esquema conceptual a esquemas fáciles de entender por los seres humanos.

Los métodos más importantes que se están usando son :

LAS REDES SEMANTICAS.  
LA LOGICA DE PRIMER ORDEN.  
LOS SISTEMAS DE PRODUCCION.  
LOS FRAMES.

1/ A.Ralston et.al.Taxonomy of computer Science and Engineering.Afips press,Arlington,Va.1980.

### 3.1.1 Las Redes Semánticas

En las redes semánticas el conocimiento se organiza de acuerdo al objeto por describir, pero los objetos se almacenan como nodos en una gráfica y las relaciones entre ellos como arcos etiquetados.

Actualmente existen muchos tipos de redes, aunque la mayoría presenta los siguientes puntos comunes:

- a) Una estructura de datos en forma de nodos, que representan conceptos.
- b) Un conjunto especializado de procedimientos de inferencia que operan sobre la estructura de datos.

### 3.1.2 LA Lógica de Primer Orden.

La utilidad de la lógica de primer orden para representar información fue evidente a partir de los años 60 's, cuando se investigaban métodos mecánicos para probar teoremas. Mediante una serie de predicados y de operadores, que a su vez consisten de condiciones y acciones, se puede modelar la realidad. Además almacenan conocimientos Heurísticos, o sea reglas que indican cómo realizar las acciones.

Tiene el problema de no poder representar adecuadamente el conocimiento de sentido común y no puede trabajar con incertidumbre.

### 3.1.3 Sistemas de Producción.

Este método propuesto por A. Newell es un conjunto de reglas que opera en una pequeña memoria de conceptos relevantes.

Un mecanismo interactivo de control extrae y prueba cada regla, ejecutando la parte de acción sólo si la parte de patrón corresponde.

En algunos sistemas se usan Factores de Certeza "FC", (Certainty factors) que califican a los datos y a las reglas. El FC de una regla indica la confiabilidad de su conclusión, suponiendo que se cumplan las condiciones. Así se pueden propagar los FC a lo largo de una cadena de reglas para producir un FC para la conclusión final.

### 3.1.4 Frames.

Minsky elaboró esta forma de representación la cual, consiste de estructuras donde se almacenan juntos los conocimientos de un objeto particular o evento.

Esta organización puede ser útil por su modularidad y por la accesibilidad de los conocimientos, además permite asignar valores por omisión. La mayoría de los sistemas tienen diferentes tipos de Frames para diferentes objetos, con campos o "Slots" para cada información relevante.1/

### 3.2 EXPLOTACION DE CONOCIMIENTOS

Un sistema de IA puede tener combinaciones de técnicas de representación y de explotación de conocimientos.

Por lo que puede ser algo difusa hacer una clasificación de métodos de explotación de conocimientos.

Algunas de las técnicas más usuales son :

RESOLUCION  
REDUCCION DE PROBLEMAS.  
METODOS DE BUSQUEDA.

#### 3.2.1 Resolución.

Cuando se usa la lógica de primer orden para almacenar los conocimientos, generalmente se usa la técnica de resolución para inferir conclusiones.

1/ M.Minski, "A Framework for Representing Knowledge", The Psychology of Computer Vision, P. Winston (Editor), McGraw Hill 1975.

Una conclusión se puede lograr a través del siguiente procedimiento :

- a) Tomar el conjunto original de premisas y la negación de la conclusión deseada formando un nuevo conjunto de premisas.
- b) De este nuevo conjunto se deriva la cláusula nula, que significa que hay una contradicción entre las premisas.
- c) Puesto que suponiendo que las premisas originales son ciertas y la condición deseada falsa, se obtiene la cláusula nula (Contradicción) ; se deduce que la conclusión deseada deberá ser cierta, siempre que las premisas sean ciertas.

### 3.2.2 Reducción de Problemas.

En esta técnica el problema a resolverse se parte o descompone en subproblemas, que pueden resolverse por separado, de tal forma que al combinar las soluciones a los subproblemas se pueda tener la solución a todo el problema. Es obvio que pueden existir muchas formas de dividir un problema.

Se pueden representar las posibles desagregaciones por medio de una gráfica de reducción de problemas o gráfica AND/OR. Estas desagregaciones pueden dar lugar a subproblemas insolubles. Será necesario usar la técnica de regreso ( Backtracking ) cuando se encuentre una condición insoluble.

### 3.2.3 Métodos de Búsqueda.

Es frecuente que al resolver problemas sea necesario encontrar trayectorias a través de redes o árboles. Generalmente se le llama método de búsqueda en el espacio de estados y consiste en examinar, con alguna estrategia, el universo de posibles estados que puede adoptar un sistema y describir una secuencia de estados intermedios que es necesario recorrer para pasar del estado inicial al final.

En esencia, el problema de encontrar una buena trayectoria involucra dos esfuerzos:

- Encontrar una o la mejor trayectoria.
- Recorrer dicha trayectoria.

Si la trayectoria se va a recorrer varias veces será conveniente encontrar la óptima y conservarla.

Los métodos de búsqueda se dividen en :

- a) Búsqueda a profundidad, donde primero se explora una rama de árbol de posibles soluciones, después otra y otra, hasta encontrar la solución.
- b) Búsqueda amplia, donde se recorren todos los nodos adyacentes del primer nivel, después los del segundo nivel, etcétera.

Estos métodos son exhaustivos y pueden resultar inconvenientes. Existen otros tipos de búsqueda basados en criterios Heuristicos para limitar las posibilidades consideradas.

### 3.3 LENGUAJES

El programar en un lenguaje de computadora requiere de varios elementos para la solución de un problema como son; entender qué hace un programa, corregir y modificar, detectar el origen de un error y pasar del concepto abstracto de un problema a la solución por medio del programa correspondiente.

Esta es la forma convencional de proceso de datos donde la estructura se conoce " a priori ". Por el contrario, los programas para la investigación en I.A

manejan estructuras de datos e incluso procedimientos ejecutables intentando lograr algún tipo de comportamiento inteligente, por su tamaño y ejecución deben desarrollarse a medida que el programa se ejecuta para no perder la visión del problema a resolver.

El lenguaje de base que los investigadores en I.A están empleando y desarrollando es el LISP.<sup>1/</sup>

Otro lenguaje que esta recibiendo especial atención debido a que fue seleccionado para el proyecto Japones de la Quinta Generación por ICOT (Institute for new Generation Computer Technology) es el PROLOG.

El LISP "Procesamiento de lista" (List processing) fue creado en 1958 por John McCarthy y es actualmente un vehiculo natural en las investigaciones de I.A , debido a que existen características que son de importancia critica para las tareas a desarrollar dentro de este campo.

La principal razón de que el LISP no fuera introducido comercialmente desde su creación, se debe a que este requiere de una gran capacidad de memoria que entonces resultaba demasiado costosa y que en la actualidad se encuentra más accesible en el mercado.

1/ Allen, J. 1978. Anatomy of Lisp. New York: McGraw hill.

Este lenguaje es en especial utilizado para la manipulación de expresiones simbólicas. Su poder expresivo y originalidad descansa en las siguientes propiedades :

- a) La estructura consiste de símbolos llamados átomos y listas.<sup>1/</sup> Cada átomo puede tener varias propiedades asociadas con él, por ejemplo " HI " y " THERE " son ejemplos de átomos y "( HI THERE)" es una lista de 2 elementos atómicos.

Uno de ellos puede a su vez construir listas más complejas como;

" ( Color Green ) Hello ) "

cuyo primer elemento es la lista "(Color Green)" y el segundo, el átomo " Hello".

Los elementos son fácilmente accesibles, mediante funciones básicas. El LISP esencial, requiere de cinco funciones primarias que son :

CAR, CDR, CONS, ATOM, EQ

y de dos formas: COND y LAMBDA

- b) La representación de los programas son a través de una estructura de lista <sup>2/</sup> y pueden manipular otro procedimiento tan sencillamente como si fuese un dato más. Es fácil diseñar programas LISP que examinar o construir programas LISP.

1/ Paul y.Gloess, Understanding Artificial Intelligence. Alfred Publishing Co. Inc.

2/ José Luis Mora, Lenguajes de la "Inteligencia Artificial", Compumundo, Septiembre 1984, Vol.1, #6.

- c) El LISP es extremadamente interactivo. Las expresiones o programas de LISP pueden ser ejecutadas en forma inmediata. La facilidad de manipular programas por medio de otros programas en LISP permiten que sean; escritos, editados y depurados, en el mismo lenguaje.
- d) El interprete LISP esta disponible como una función que puede ser llamado de los programas definidos de uso. Un programa de esta clase puede diseñar otro programa y ejecutarlo.
- e) Las listas que no son muy usadas son almacenadas por el sistema.

### 3.4 TECNICAS Y MAQUINAS DE APRENDIZAJE

#### 3.4.1 Técnicas de Aprendizaje.

El aprendizaje puede ser a través de :

La programación.

La Instrucción.

Por medio de Ejemplos.

Por Descubrimiento.

En general los programas desarrollados con las técnicas tradicionales son programas cuyos "Conocimientos" vienen dados por la programación en primer lugar y en segundo lugar por los datos.

Los programas de IA pretenden que la computadora pueda aprender por medio de ejemplos y por descubrimiento.

Para ello, se requiere los esquemas conceptuales bajo los cuales guardará la nueva información y reglas para checar congruencia y validez de la información.

### 3.4.2 Máquinas de Aprendizaje.

El estudio de los procesos de aprendizaje que en sus múltiples manifestaciones ocurren en las computadoras representa el tema de las MAQUINAS DE APRENDIZAJE ( MA ). Para que sea de utilidad una MA requiere de estar en comunicación constante con usuarios humanos para que los descubrimientos que realice puedan ser transmitidos a los usuarios en una forma accesible.

La investigación y diseño de MA alientan otros campos de estudio y en particular, el de conocer más de cerca el cómo aprendemos que constituye una preciada meta científica. Es así que las metas propuestas en la construcción de MA es lograr que hagan cosas que el intelecto no es capaz de hacer y lograr que simulen al intelecto humano.

"Simon" proporciona una definición al respecto de aprendizaje y es : " Entendemos por aprendizaje de un sistema, a cualquier cambio adaptativo de éste que le permita al repetir una tarea sobre la misma población, realizarla más efectiva y eficientemente".

Para el diseño y construcción en la IA, queda establecido por regla general la necesidad de considerar un método de aprendizaje que permita al sistema operar eficientemente.1/

Una MA puede aprender a partir de los siguientes métodos:

- a) Por implantación.
- b) Por instrucción.
- c) Por analogía.
- d) Por ejemplos.
- e) Por observación y descubrimientos.

El campo de las MA está organizado alrededor de tres núcleos de investigación:

Primero.-- Estudio de tareas orientadas.

Se refiere al desarrollo y análisis de sistemas de aprendizaje para mejorar el desempeño en un conjunto de tareas.

1/ Michalski, Ryszard S.; Carbonell, Jaime G.; Mitchell, Tom M.: Machine Tioqa Pub. E.E.1983

**Segundo.- Simulación cognositiva.**

Es la investigación y simulación por computadora del proceso de aprendizaje humano.

**Tercero.- Análisis teórico.**

Es la exploración del espacio de posibles métodos de aprendizaje y algoritmos independientes del dominio de aplicación.

La mayoría de los análisis teóricos en MA se han centrado en la creación, caracterización y desarrollo de métodos generales de aprendizaje, mientras que la simulación cognositiva, está orientada a desarrollar mecanismos que realicen funciones semejantes a los del aprendizaje humano. Los trabajos realizados sobre aprendizaje por computadora esta dirigida más al logro de descubrimientos que al aprendizaje mismo y en realidad son algoritmos o procedimientos para lograr que la computadora logre algún tipo de descubrimiento.

No obstante, el aprendizaje requiere en una buena medida del descubrimiento por lo que no está del

todo fuera de orden, sobre todo si lo que deseamos en las MA es que a partir de una experiencia adquirida sobre situaciones observadas o experimentadas aprendan.

### 3.5 ARQUITECTURA PARA LA IA.

En la IA el software cada día es más complejo y sus aplicaciones se mueven desde los laboratorios de investigación a la práctica, es por ello que la productividad en una máquina por unidad de tiempo computacional y los costos son cada vez más importantes.

Existen dos motivos para el crecimiento de la eficiencia en la computación. El primero es la necesidad de obtener más rápida computación sin importar costos. El segundo busca obtener un mejor Costo/relación de ejecución, sin embargo, de tras de ambos, esta la gran influencia del mercado actual.

Las oportunidades para incrementar la eficiencia en computación de la IA existe en cualquier nivel. Los diseños de conjuntos de instrucciones mejorados combinado con las Semánticas del lenguaje en IA permite mas poder y optimización del compilador.

Las máquinas más comunes permiten ejecuciones paralelas del LISP y construcciones declarativas, surgiendo salidas o emisiones de AND, OR y series de paralelismos.

El incremento de la velocidad de las aplicaciones de la IA nos lleva al extremo de construir procesadores en paralelo a la medida. Es por eso que algunos científicos se concentran en el problema fundamental del paralelismo, el cual presume una solución de rutina de un problema muy difícil, esto es ; descomponiendo arbitrariamente la computación de la IA, para poder usar efectivamente miles de procesadores en paralelo.

Un problema con el paralelismo es que muchos de los programas, incluso algunos con un alto grado de paralelismo inherente, casi siempre tienen obstáculos en serie. Como un ejemplo, muchos de los programas en paralelo necesitan juntar el resultado de una serie de computación paralela por reflexión, antes de generar la siguiente serie. En muchos casos estos procesos seriales dominan el tiempo corrido del programa completo. Así que no se puede ignorar la emisión de como extraer tanta velocidad serial como sea posible de los lenguajes y de las máquinas.

La verdadera justificación del paralelismo esta, en que tan rápido un programa dado ocurrirá en  $n$ -procesadores paralelos simples, comparados con que tan rápido ocurrirá en un simple procesador y para qué hileras de " $n$ " esto es valido.

Lo que se espera, es un factor de aumento de productividad de " $n$ " veces, pero en la práctica esto es raramente alcanzado. La cantidad máxima de aumento de productividad alcanzado por un programa, usando cualquier número de procesadores en paralelo indica el gran paralelismo inherente de ese programa.

Desafortunadamente, para muchos de los programas existentes en lenguajes tradicionales de computación, el paralelismo máximo parece estar cerca de un aumento de productividad de cuatro veces. Este número sorpresivamente bajo, es debido al estilo del programa impuesto ó por los lenguajes tradicionales. Hay excepciones de propósito especial a ésta regla y la esperanza esta en que los lenguajes en paralelo no tradicionales estimularán más los algoritmos comunes.

Se observa que el conjunto de instrucciones de la computadora convencional, no son arreglos convenientes para el Software de la IA, en las máquinas de la generación anterior se puede señalar varias limitaciones de Espacio/dirección y la falta de flexibilidad en la manipulación del indicador.

Algunos experimentos examinaron los requerimientos de la Arquitectura para la más rápida computación de algunas operaciones en la IA, las cuales no son apoyadas directamente por el LISP, una es la Unificación en Particular y la otra es la Investigación en Asociatividad. Como los lenguajes de la IA son completamente compilados, las dos funciones llegan a ser frecuentemente un obstáculo en la computación.

Para un conjunto de instrucciones en microprocesadores tradicionales, los requerimientos de estas operaciones resultan ser iguales que los primitivos LISP.

La simulación rápida de la Arquitectura denominada especialmente las instrucciones y capacidades que harían de un Microprocesador convencional mucho más conveniente para el Lenguaje LISP son:

1.- "Extraer el Campo Bit y Ejecutarlo".

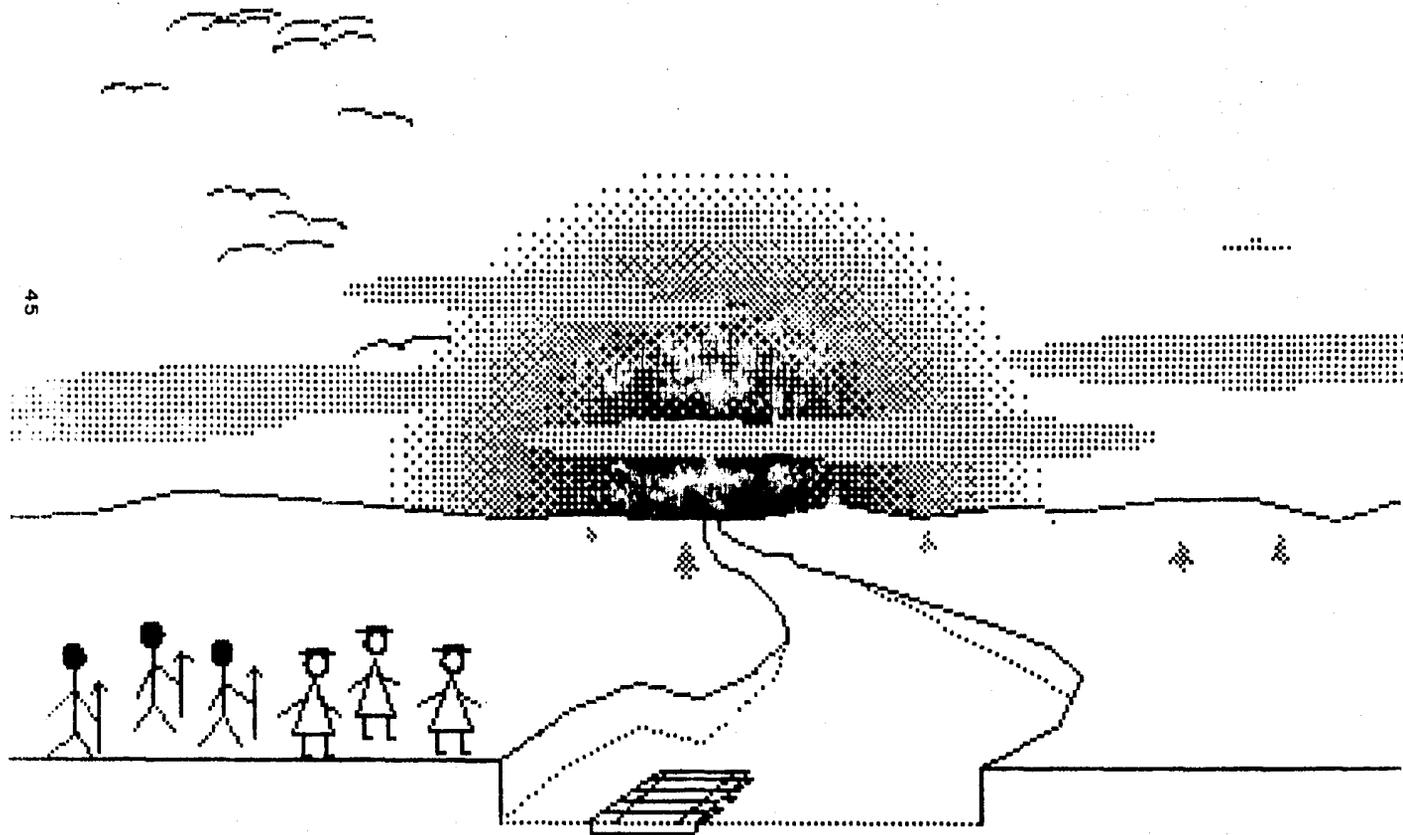
Una instrucción para extraer una secuencia de Bits desde un operando, luego sumar estos Bits a una dirección de tablero de ejecución y brincar indirectamente. Esto es necesario para manejar rápidamente los valores de etiquetas en operaciones genéricas, al chequeo de clase y para ayudar con unificación.

2.- "Extraer dos campos Bits, enlazar y ejecutar".

Una instrucción para la ejecución del contexto de dos operandos.

3.- "El sistema de dirección de la memoria del procesador deberá ignorar los bits de dirección superior del almacen de datos que no son de otra forma en uso."

Esto permite que el espacio gastado en indicadores de 32 Bits sean usados como un campo de etiqueta.



### 3.6 EJEMPLO DE APLICACION DE TECNICAS Y HERRAMIENTAS DE LA IA.

Un ejemplo en el que se utiliza cierto tipo de método de descubrimiento utilizado en el diseño de sistemas de aprendizaje es el que daremos a continuación:

#### MISIONEROS Y CANIBALES.

##### Planteamiento :

Este es un viejo problema de tres misioneros y tres canibales que requieren cruzar un río; para ello cuentan con una barca de remos, la cual solamente tiene capacidad para dos personas; el traslado del grupo de seis debe realizarse de manera que el número de canibales, en cualquiera de las orillas del río, nunca sea mayor al de misioneros ya que, de ser así, los misioneros en menor número serían devorados por los canibales. Suponiendo que todos reman, se requiere encontrar la serie de embarcos que es necesario realizar para trasladar a este grupo de una orilla a la otra.

El desarrollo consiste en dar a la computadora las reglas del juego y dotarla de la capacidad de explotar una serie de posibles movimientos de embarcaciones diferentes, hasta encontrar una sucesión de ellos que permita a los personajes del problema cruzar el río.

#### DESARROLLO:

El sistema que aquí se propone para solucionar este caso, al igual que un buen número de sistemas en IA, está formado en tres partes:

a).- Una Base De Datos:

Que registra el conjunto de los diferentes estados que acontecen durante el proceso, desde el estado inicial a uno final.

b).- Unas Reglas De Producción:

Las cuales se utilizan para realizar cada movimiento, hasta que es encontrada una secuencia de ellas que produce una trayectoria de solución.

c).- Una Estrategia De Control:

Que se aplica para seleccionar las reglas, registrar la secuencia de aquéllas que han sido seleccionadas y actualizar la base de datos producida por las reglas elegidas.

Para este problema las tres partes están constituidas de la siguiente manera :

La Base de Datos contiene la situación inicial del problema y los sucesivos estados que se vayan observando, conforme se avance en el proceso de solución.

Denominaremos a las orillas del río como lado izquierdo (LI) y lado derecho (LD), respectivamente, a los misioneros (M) y a los canibales ( C ).

Proponemos una agrupación ternaria; en donde el primer elemento indique el número de M, el segundo el número de C y el tercero, si se tiene el bote, será un 1 y en caso contrario, un 0. Por lo que una representación del estado inicial es la siguiente:

LI - : ( 3 3 1 )

LD - : ( 0 0 0 )

Las Reglas de Producción son un conjunto de declaraciones de la forma : IF ... THEN ... ; ELSE que se utilizan para determinar que tripulación es posible embarcar en cada etapa del problema. El número de posibles movimientos es de cinco ( Dos canibales, dos misioneros, un canibal y un misionero, un canibal, un misionero ). Estos movimientos son representados a continuación en forma ternaria:

( 0 2 1 ) , ( 2 0 1 ) , ( 1 1 1 ) , ( 0 1 1 ) ,  
( 1 0 1 )

Asociaremos una regla para cada uno de estos movimientos:

REGLA 1.-  
IF ( 0 2 1 ) posible de trasladar THEN  
trasladarla; ELSE salir.

REGLA 2.-  
IF ( 2 0 1 ) posible de trasladar THEN  
trasladarla; ELSE salir.

REGLA 3.-  
IF ( 1 1 1 ) posible de trasladar THEN  
trasladarla; ELSE salir.

REGLA 4.-  
IF ( 0 1 1 ) posible de trasladar THEN  
trasladarla; ELSE salir.

REGLA 5.-  
IF ( 1 0 1 ) posible de trasladar THEN  
trasladarla; ELSE salir.

Para cada una de las reglas es probada su precondición IF y si ésta se cumple, la conclusión dada en THEN será llevada a cabo; esto es, la regla se aplica.

La Estrategia de Control. Como en la mayoría de las aplicaciones de IA, la información disponible para operar una estrategia de control no es suficiente para permitir que ésta seleccione la regla más apropiada en cada uno de los pasos que determinan la trayectoria de solución, se limita a realizar una búsqueda que consiste en descubrir la aplicación de ciertas reglas seleccionadas, en una secuencia tal que produzca una trayectoria de solución.

Para éste problema la estrategia de control trabaja bajo un método denominado "Búsqueda a Profundidad" .1/ ( Depth first search ).\*

1/ Bundy, A.: Artificial Intelligence. North Holland, E.U. 1980.

\* Este método persigue una solución recorriendo una trayectoria siempre factible de un árbol de posibles trayectorias, seleccionando en cada etapa la primera rama factible que encuentre.

## EJECUCION

A partir del algoritmo propuesto del estado inicial del problema, la estrategia de control opera intentando aplicar alguna de las reglas dadas, probándolas en el orden en que están registradas, considerando los siguientes puntos :

- Que el nuevo estado o etapa no haya sido alcanzado previamente.
- Que en ninguna de las orillas haya un número mayor de canibales que de misioneros.

De esta forma la estrategia de control podrá determinar apriori las reglas que no pueden ser aplicadas, debido a que en la orilla de embarque no existen los elementos implicados en la posible tripulación. Registrará de inmediato una de las reglas que se aplique y así sucesivamente de manera que la secuencia de reglas aplicadas representará la trayectoria de solución del problema.

A continuación en la figura 3.1, se muestra la ejecución del programa elaborado en primera instancia considerando las reglas previamente establecidas y que fueron ejecutadas por la computadora.

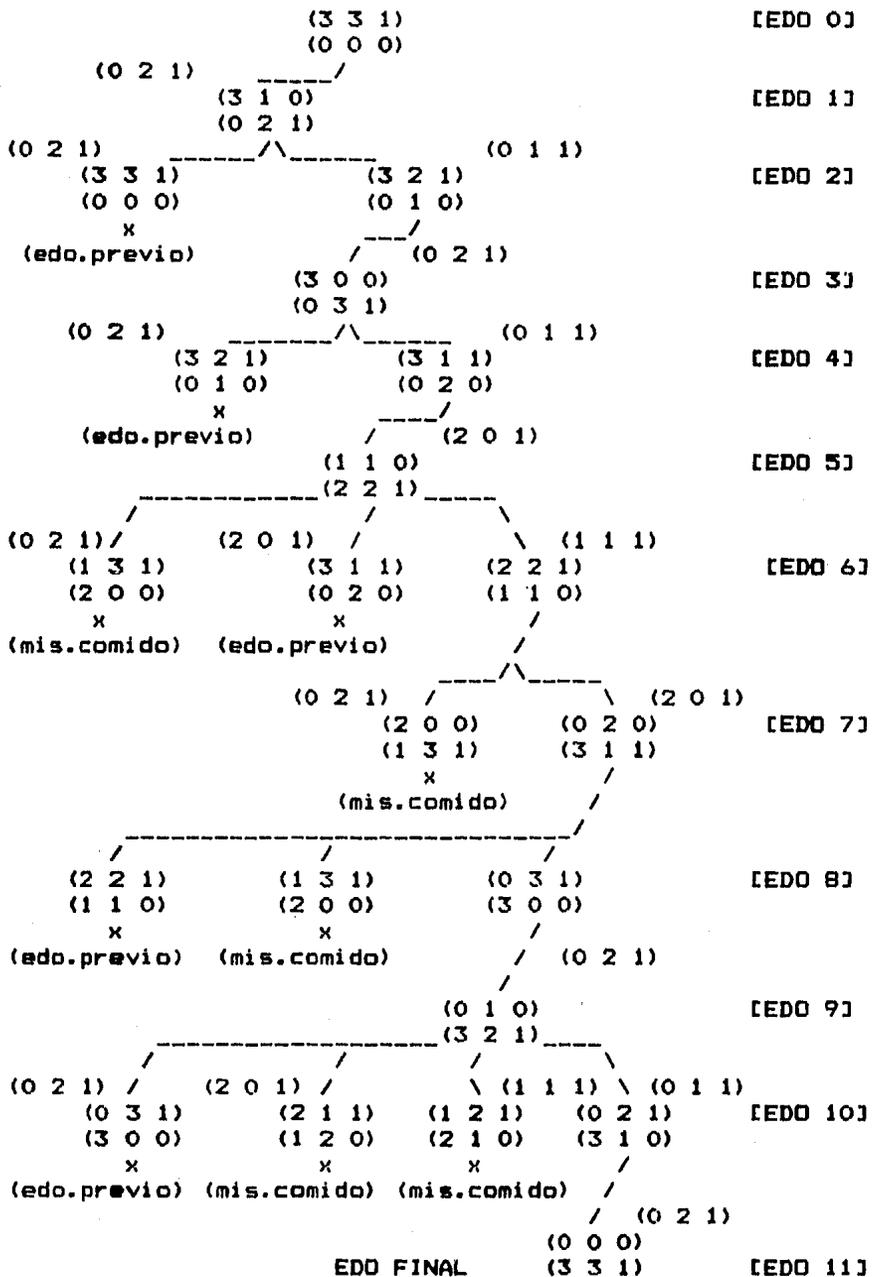


Figura 3.1 En los pares de ternas, la terna de arriba representa el LI y la de abajo el LD, las ternas asociadas a los vectores representan las tripulaciones tentativas a trasladar.

En cada nuevo estado, la estrategia de control intenta aplicar la primera regla; en caso de no lograrlo intenta la segunda y así sucesivamente, hasta encontrar una nueva regla que se aplique y produzca un nuevo estado. Consecuentemente en éste caso la sucesión de reglas que se obtuvo fue la siguiente :

```
REGLA 1 ; ( 0 2 1 )
REGLA 4 ; ( 0 1 1 )
REGLA 1 ; ( 0 2 1 )
REGLA 4 ; ( 0 1 1 )
REGLA 2 ; ( 2 0 1 )
REGLA 3 ; ( 1 1 1 )
REGLA 2 ; ( 2 0 1 )
REGLA 4 ; ( 0 1 1 )
REGLA 1 ; ( 0 2 1 )
REGLA 4 ; ( 0 1 1 )
REGLA 1 ; ( 0 2 1 )
```

La trayectoria de solución dependerá necesariamente del orden en que se encuentran colocadas las reglas; es decir si la regla 5 la hubiéramos establecido en un lugar más inmediato, la trayectoria de solución sería distinta.

Al descubrir una trayectoria de solución la máquina esta habilitada para resolver una segunda vez el mismo problema, pero de manera más eficiente y efectiva; esto es, la máquina ha aprendido.

En la tabla 3.2 se muestra una corrida del algoritmo  
escrito en lenguaje LISP.1/

LADO IZQUIERDO ES : ( M M M C C C BOTE )  
LADO DERECHO ES : NIL

MOVIMIENTO 1 : ( CC BOTE )  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M C )  
LADO DERECHO ES : ( C C BOTE )

MOVIMIENTO 2 : ( C C BOTE )  
ESTADO PREVIO YA DADO TRATA OTRA VEZ  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M C )  
LADO DERECHO ES : ( C C BOTE )

MOVIMIENTO 3 : ( C BOTE )  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M C C BOTE )  
LADO DERECHO ES : ( C )

MOVIMIENTO 4 : ( C C BOTE )  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M )  
LADO DERECHO ES : ( C C C BOTE )

MOVIMIENTO 5 : ( C C BOTE )  
ESTADO PREVIO YA DADO TRATA OTRA VEZ  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M )  
LADO DERECHO ES : ( C C C BOTE )

MOVIMIENTO 6 : ( C BOTE )  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M C BOTE )  
LADO DERECHO ES : ( C C )

MOVIMIENTO 7 : ( C BOTE )  
ESTADO PREVIO YA DADO TRATA OTRA VEZ  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M C BOTE )  
LADO DERECHO ES : ( C C )

MOVIMIENTO 8 : ( M C BOTE )  
MISIONERO COMIDO TRATA OTRA VEZ  
LADO IZQUIERDO ES : ( M M M C BOTE )  
LADO DERECHO ES : ( C C )

MOVIMIENTO 9 : ( M M BOTE )  
LADO IZQUIERDO ES : ( M C )  
LADO DERECHO ES : ( C C M M BOTE )

MOVIMIENTO 10 : ( C C BOTE )  
MISIONERO COMIDO TRATA OTRA VEZ  
LADO IZQUIERDO ES : ( M C )  
LADO DERECHO ES : ( C C M M BOTE )

CONTINUACION DE LA TABLA 3.2

MOVIMIENTO 11 : ( C BOTE )  
 MISIONERO COMIDO TRATA OTRA VEZ  
 LADO IZQUIERDO ES : ( M C )  
 LADO DERECHO ES : ( C C M M BOTE )

MOVIMIENTO 12 : ( M C BOTE )  
 LADO IZQUIERDO ES : ( M C M C BOTE )  
 LADO DERECHO ES : ( C M )

MOVIMIENTO 13 : ( C C BOTE )  
 MISIONERO COMIDO TRATA OTRA VEZ  
 LADO IZQUIERDO ES : ( M C M C BOTE )  
 LADO DERECHO ES : ( C M )

MOVIMIENTO 14 : ( C BOTE )  
 MISIONARIO COMIDO TRATA OTRA VEZ  
 LADO IZQUIERDO ES : ( M C M C BOTE )  
 LADO DERECHO ES : ( C M )

MOVIMIENTO 15 : ( M C BOTE )  
 ESTADO PREVIO YA DADO TRATA OTRA VEZ  
 LADO IZQUIERDO ES : ( M C M C BOTE )  
 LADO DERECHO ES : ( C M )

MOVIMIENTO 16 : ( M M BOTE )  
 LADO IZQUIERDO ES : ( C C )  
 LADO DERECHO ES : ( C M M M BOTE )

MOVIMIENTO 17 : ( C BOTE )  
 LADO IZQUIERDO ES : ( C C C BOTE )  
 LADO DERECHO ES : ( M M M )

MOVIMIENTO 18 : ( C C BOTE )  
 LADO IZQUIERDO ES : ( C )  
 LADO DERECHO ES : ( M M M C C BOTE )

MOVIMIENTO 19 : ( C C BOTE )  
 ESTADO PREVIO YA DADO TRATA OTRA VEZ  
 LADO IZQUIERDO ES : ( C )  
 LADO DERECHO ES : ( M M M C C BOTE )

MOVIMIENTO 20 : ( C BOTE )  
 LADO IZQUIERDO ES : ( C C BOTE )  
 LADO DERECHO ES : ( M M M C )

MOVIMIENTO 21 : ( C C BOTE )  
 MOVIMIENTOS : 21

LO LOGRASTE \* ! FELICIDADES ! \*  
 DESEAS TRATAR OTRA VEZ S/N : N

En la tabla 3.3 se muestra cómo la máquina, al aplicar esta nueva regla dada por la trayectoria de solución encontrada, logra trasladar a los tripulantes en 11 intentos.

LI ES : ( M M M C C C BOTE )  
LD ES : NIL

MOVIMIENTO 1 : ( C C BOTE )  
LI ES : ( M M M C )  
LD ES : ( C C BOTE )

MOVIMIENTO 2 : ( C BOTE )  
LI ES : ( M M M C C BOTE )  
LD ES : ( C )

MOVIMIENTOS 3 : ( C C BOTE )  
LI ES : ( M M M )  
LD ES : ( C C C BOTE )

MOVIMIENTO 4 : ( C BOTE )  
LI ES : ( M M M C BOTE )  
LD ES : ( C C )

MOVIMIENTO 5 : ( M M BOTE )  
LI ES : ( M C )  
LD ES : ( C C M M BOTE )

MOVIMIENTO 6 : ( M C BOTE )  
LI ES : ( M C M C BOTE )  
LD ES : ( C M )

MOVIMIENTO 7 : ( M M BOTE )  
LI ES : ( C C )  
LD ES : ( C M M M BOTE )

MOVIMIENTO 8 : ( C BOTE )  
LI ES : ( C C C BOTE )  
LD ES : ( M M M )

MOVIMIENTO 9 : ( C C BOTE )  
LI ES : ( C )  
LD ES : ( M M M C C BOTE )

MOVIMIENTO 10 : ( C BOTE )  
LI ES : ( C C BOTE )  
LD ES : ( M M M C )

MOVIMIENTO 11 : ( C C BOTE )

11 MOVIMIENTOS.

LO LOGRASTE, \*! FELICIDADES !\*

DESEAS TRATAR OTRA VEZ S/N :N

Tabla 3.3 Serie de movimientos realizados por la máquina, una vez que ha " aprendido " como solucionar el problema.

Si deseamos proponer un ejemplo con otro número de misioneros y canibales, la máquina intentaría aplicar el aprendizaje realizado para resolver un nuevo problema y posiblemente por este aprendizaje realizado podría lograr más rápidamente el descubrimiento de una solución si existe.

Es por esto que los investigadores en las MA persiguen como uno de los objetivos, que la máquina resuelva o descubra una trayectoria de solución en un conjunto de problemas semejantes, a través de una regla general que se aplique a todos ellos para resolverlos.

### 3.7 BENEFICIOS ESPERADOS.

Con los programas de IA se pretende auxiliar a través de:

a) Mejor aprovechamiento de los recursos.

Administración y conservación.

b) Mejoras en la productividad.

Disminuir la mano de obra, mejorar la calidad, incrementar el valor agregado.

c) Ayudar en la educación.

Uso de sistemas expertos en el entrenamiento de técnicos en las diferentes áreas.

d) Automatización en oficinas, fábricas y hogares.

A través de interfases de lenguajes natural y de maquinaria, se pretende una mayor utilización de las computadoras y los Robots.

La IA puede brindar frutos a corto plazo aún cuando está muy lejos de igualar al ser humano.

## CAPITULO 4

### ROBOTICA

#### 4.1. DESARROLLO HISTORICO.

La robótica, o el estudio de los robots, ha sido tópico de gran interés para todos durante mucho tiempo. A través de la historia encontramos un sin fin de ejemplos de robots o equipos con autocontrol para desarrollar tareas específicas.

Homero en el año 850 A.C. describe robots fabricados por los dioses griegos. Uno de ellos "Hephaestus" dios del fuego, quien supuestamente construyó mujeres de oro que eran sus asistentes capaces de hablar y desarrollar otras actividades inteligentes. En Egipto alrededor del año 200 A.C. fueron construidas estatuas mecánicas con movimiento y habla, eran muy resistentes y elaboradas con principios mecánicos e hidráulicos. Algunas de estas eran manipuladas por hilos como las marionetas. Construidas en principio para fines religiosos y diseñadas para la enseñanza popular. Sin embargo, hasta el siglo XVIII, el hombre mostró gran interés en la técnica de construir un hombre mecánico e infinidad de constructores aparecieron.

En 1738 el francés Jacques De Vaucanson, construyó tres autómatas que asombraron al mundo, "El pato digeridor" excelente mecanismo que realizaba todas las funciones de un pato viviente como, grasnar, batir las alas, caminar, sambullirse en el agua, comer, digerir y defecar.

Los otros mecanismos eran dos músicos, un flautista y un baterista, montados en pedestales que en su interior contenía la maquinaria. El flautista fué quizás, el que más impresionó por el complejo arreglo de melodias ejecutadas, mediante la fuerza del aire a través de los labios del autómata (a 3 diferentes presiones) y empleando poleas mecánicas para la manipulación de sus dedos que sostenían la flauta y generaban las notas. Estos autómatas no brindaban utilidad práctica y solo divertían y maravillaban a la gente.

En Londres alrededor del año 1805, Henri Maillordet, construye una máquina que asemeja a una dama arrodillada en un escritorio, este autómata es capaz de dibujar figuras muy complejas con su mano derecha y controlada por mecanismos diversos como intrincada flecha de poleas, cadenas, alambres y levas, la muñeca puede dibujar tres pinturas muy elaboradas y además producir tres poemas, dos en Francés y uno en Inglés.

El aspecto más asombroso de este mecanismo es que actualmente sigue funcionando en el Instituto Franklin de Filadelfia.

En 1892 el norteamericano Seward Babbitt diseñó y construyó un dispositivo mecánico parecido a una grúa que fue empleada para remover lingotes al rojo vivo de una fundición.

Sin embargo, no fue hasta el año de 1920 cuando la palabra "Robot" fue introducida en el lenguaje Inglés por el dramaturgo Checoslovaco Karel Capek en su drama R.U.R. (Rossum's Universal Robot : Los Robots Universales de Rossum). La palabra "Robot" derivada del Checoslovaco "Robota", significa labor forzada o trabajo de esclavo. Esta obra relata la creación de un Androide que es capaz de desarrollar trabajos tradicionales ejecutados por el hombre. El término fue acogido con gran entusiasmo en aquel tiempo por los escritores de ciencia ficción.

Más tarde en los años 50' Isaac Asimov introduce el término de Robótica y las tres Leyes de la Robótica que siguen siendo usadas como modelo de diseño de los Robot Industriales. Estas Leyes son :

- a) Un Robot no deberá causar ningún daño a los humanos, ni permitir, a través de su inactividad, que algo o alguien lo haga.
- b) Un Robot deberá obedecer siempre las órdenes humanas, a menos que se contravenga la primera ley.
- c) Un Robot deberá autoprotegerse de cualquier daño, a menos que se contravengan las dos leyes anteriores.

En 1954, el Norteamericano George Devol, desarrolló el primer "Robot" programable, introduciendo la frase "Universal Automation" y que posteriormente fue recortada por "Unimation". De esta palabra se derivó el nombre de la Compañía Unimation INC. , que fue parte de la Condec (Consolidated Diesel Corporation) dedicada al campo de la Robótica y una de las más importantes fábricas de Robots Industriales de los Estados Unidos de América. Entre 1954 y 1963 Devol y otros patentaron los principales procesos de la primera generación de robots.

A mediados de los años 60' y por el gran interés desarrollado en Robótica, tres laboratorios Americanos de la IA llegaron a ser los centros principales de investigación en este campo durante los siguientes años:

Stanford University, Stanford Research Institute (Hoy SRI International) y MIT (Massachusetts Institute of Technology).

En Europa la Universidad de Edimburgo Escocia sería el centro de estas investigaciones. En 1980, los esfuerzos desarrollados por otras instituciones fueron conjuntados por la Carnegie-Mellon University en Pittsburgh Pensilvania en el Instituto de Robótica. Posteriormente, las investigaciones en estos laboratorios tomaron metas diferentes, pero todas ellas tenían el mismo propósito : Diseñar y construir mecanismos que funcionaran independientes en el mundo real.

Las primeras máquinas construidas fueron adaptadas con cámaras de T.V. y manipuladores mecánicos que simulaban al ojo y manos del hombre, estos dispositivos consistían de unidades de proceso que interpretaban la entrada del video y realizaban la salida mecánica. La tarea más difícil que confrontaban estos dispositivos era la interpretación de la imagen que alimentaba a la computadora por medio de la cámara. Los investigadores de la MIT pretendían mejorar este proceso considerando las capacidades del ojo humano e intentaron desarrollar cámaras de muy alta resolución.

Por otra parte, la SRI buscaba la solución de este problema en el Software y uno de los éxitos de mayor importancia de esta investigación fue, el Shakey uno de los primeros Robots con movimiento. El Primer Shakey, fue terminado en 1969 y podía moverse evitando los obstáculos que encontraba en su camino, por medio de la cámara de T.V. e interpretados por un mecanismo de solución de problemas.

Mas tarde, una versión mejorada del Shakey fue desarrollada; básicamente desde el punto de vista del Hardware era el mismo (excepto por una mayor capacidad de memoria) pero el Software era más sofisticado que el anterior. Este conocimiento adquirido ha contribuido considerablemente en el desarrollo de las nuevas generaciones de Robots.

#### 4.2 LA IMPEDIANCIA DE LA IA EN LA ROBOTICA.

La Robótica es una de las subdisciplina más importantes de la IA, es el sub-campo de la ciencia de computación que trata de hacer computadoras con comportamiento "Inteligente". Como consecuencia integra algunas subdisciplinas de la IA que esta relacionada por si misma principalmente con el comportamiento inteligente que involucra solución de problemas simbólicos, prueba

de teoremas automáticos y sistemas expertos basados en el conocimiento, el poder de estos sistemas con frecuencia es desconocido por la mayoría de las personas que no están familiarizadas con el campo. Sin embargo la Robótica, ofrece una idea de máquina inteligente que para la mayoría de las personas es fácil de comprender, capaz de entender comandos hablados, caminar y reconocer obstáculos en su camino demostrando un comportamiento inteligente.

Para muchos de los científicos en computación, la Robótica representa el concepto fundamental en la IA. Cuando un programa inteligente descubre, por ejemplo, una secuencia de pasos para el desarrollo de la prueba de un teorema matemático, su tarea está completa. El programa puede asegurar que la secuencia especificada de pasos resultará en la prueba deseada.

Sin embargo, cuando un Robot deduce un plan por ejemplo conducirse desde un punto A a un punto B, el Robot deberá realizar la secuencia de pasos óptima después de que el movimiento fue ejecutado varias veces hasta que resulte en el efecto deseado. Si el camino propuesto fuera bloqueado por un obstáculo imprevisto o si la

representación interna del Robot del mundo real se convierte menor que el 1% de exactitud. Seguramente la habilidad del Robot para reconocer la diferencia y modificar su plan original en el desarrollo de un problema sería una señal de comportamiento inteligente. Muchas de las otras grandes subdisciplinas dentro de la IA, Computación, Visión, Reconocimiento de patrones, Entendimiento del lenguaje natural, Síntesis del habla y solución de problemas, todos tienen sus raíces en la Robótica. La Robótica ofrece una forma concreta de investigación de la mayoría de los conceptos de la IA como es la adquisición de conocimientos y representación.

Después de todo, una máquina que adquiere la capacidad de movimiento en un medio ambiente en el mundo real en una forma razonable, deberá modelar su conocimiento con respecto a su medio en una forma fácil de acceder y modificar una habilidad que resulte en forma benéfica a cualquier mecanismo de procesamiento de la información inteligente. El hecho que un Robot tenga también dispositivos sensoriales y manipuladores mecánicos, proporciona una área de la investigación en Ingeniería que beneficiaría a muchas otras disciplinas no relacionadas con la IA.

Actualmente, el desarrollo de los Robots Industriales se encuentran fuera de las bases deseadas por los investigadores de la IA, teniendo como mayor importancia su valor comercial en el uso de tareas mecánicas repetitivas. Como resultado, muchos de los fabricantes de dispositivos de Robots se han concentrado básicamente en construirlos para clientes interesados en explotar las capacidades mecánicas de los Robots fijos que para Robots inteligentes capaces de tener movilidad.

Consecuentemente, la mayoría de los Robots en producción hoy en día, mientras que lejos de ser torpes no son la personificación de la IA como era lo deseado por los pioneros de la Robótica.

#### 4.3 DEFINICION.

Es difícil definir lo que es un Robot, no sólo por la imagen que de ellos han difundido las películas y libros de ciencia ficción, sino por la gama tan extensa de mecanismos industriales que van del simple autómeta diseñado para una tarea particular, al verdadero Robot Inteligente, flexible y programable, capaz de reorganizarse.

El RIA (Robot Institute of America), que agrupa tanto a fabricantes como usuarios de Robots en los Estados Unidos, proporciona la siguiente definición:

- Robot; Manipulador Multifuncional reprogramable capaz de mover cargas, piezas, herramientas o dispositivos especiales según variadas trayectorias, programadas para relizar diferentes trabajos.

Otras definiciones que encontramos son :

- Un Robot es una máquina que puede ser programada para realizar una tarea cualquiera de entre un conjunto de tareas de manipulación compleja.1/
- Robot término general usado para describir una máquina o mecanismo que se asemeje o imite a un ser humano ya sea en apariencia o en acción.2/

#### 4.4 AREAS DE APLICACION.

Para comprender el porque del gran interes, que esta teniendo el estudio de los Robots en estos días, es necesario considerar el reciente crecimiento que en la rama de la computación Industrial se ha desarrollado en todos sus aspectos, reduciendo el tiempo de trabajo en fábricas y simplificado el trabajo administrativo en las

1/ R.J.Richard <<Le Robot>>. Ed. Presses Universitaires de France, Paris.  
2/E.L. Safford. Jr., The Complete Handbook of Robotics, Tab Books, 1978.

grandes empresas. Las nuevas computadoras son más pequeñas, pero con mayor poder de resolución por la capacidad de memoria accesible que poseen y en contradicción a lo que se podría pensar, son de un precio menor a las primeras de su especie.

Como resultado de estos grandes avances obtenidos en tan corto tiempo en comparación con otras ciencias, los investigadores consideran un crecimiento similar en Robótica, utilizando el poder de las computadoras para mejorar aquellas tareas repetitivas, tediosas y físicas del hombre, mediante el uso de dispositivos mecánicos Robotizados.

Para lograr la fabricación de estos equipos capaces de efectuar tareas humanas, se requiere conocimientos en áreas de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Electrónica (Hardware), así como en Ingeniería en Computación (Software).

Referente al Hardware se estudian aspectos de Control, Dinámica, Cinemática, Servomecanismos y Sensores, como veremos en otro capítulo.

En México los trabajos de Ibarra y Col en el IPN son lo más relevante en el área. En Estados Unidos los trabajos de Simpson en el NBS así como los del MIT y del SRI.

El estudio del software puede dividirse en dos grupos:

- Algoritmos para Robots.
- Inteligencia para Robots.

#### 4.4.1 Algoritmos para Robots.

- Lenguajes de programación.
- Reconocimiento y procesamiento de señales.
- Métodos de Control Numérico.
- Conversiones Analógico/Digitales.

##### Lenguajes de Programación.

La programación de algoritmos para robots se ha llevado a cabo en lenguaje ensamblador o de máquina que son muy tediosos, aunque eficientes. El uso de un super lenguaje, Pascal, permite estructurar y documentar mejor los algoritmos. Pero son un tanto deficientes en los siguientes aspectos:

- Forma de operar un Robot.
- Algoritmo de planeación.
- Lenguaje amigable para el usuario.

Actualmente encontramos varios lenguajes para Robots que resuelven estos problemas entre ellos podemos mencionar:

AML, de la IBM.  
VAL, de la Cia. Unimation.  
Al , Del Stanford Research Institute.  
RPL, De Robot Programming Lenguaje.  
SCOL, De Toshiba Electronics.  
T1-10, De Toyota.

Estos lenguajes son muy diversos, sin embargo, existe una base de compatibilidad en la mayoría de ellos; la forma de comunicación es a través de una interfaz RS-232.

Un lenguaje amigable para el usuario, es muy conveniente si tomamos en cuenta que un usuario desconoce el sistema, por esta razón es necesario tener un grupo de rutinas predefinidas que puedan ser invocadas. De esto podemos mencionar un ejemplo que serian comandos como:

"Levanta un perno"

"Colocalo en el orificio Z"

Para efectuar un comando como los anteriores, el lenguaje utilizado deberá contener alguna forma de enlazado posterior y anterior (Forward and Backward Tracking) que permita reconocer las rutas.

Debido a la naturaleza de la retroalimentación del sistema, el Robot puede intentar varias veces el desarrollo de un subcomando sin necesidad de recibir ayuda o dirección del usuario.

Los lenguajes más populares para la enseñanza de la programación que se emplea en Robots simbólicos ha sido el Logo y Karel.

#### Reconocimiento y Procesamiento de Señales

Anteriormente el desarrollo de los algoritmos para Robots fueron considerados como representativos de las investigaciones en Robots Inteligentes. Un caso de esto es el Área de reconocimiento de señales. Estas Áreas, son tan extensas e importantes que actualmente sus estudios se hacen independientes unos de otros, específicamente en el Área de Reconocimiento de Formas (Pattern Recognition).

### Métodos de Control Numérico

Los métodos de control numérico, es otro ejemplo que pertenece hoy en día, al control de Máquinas/Herramientas dentro de una nueva área denominada Diseño y Manufactura con ayuda computacional llamado CAD/CAM (Computer Aided Design/Manufacturing)

### Conversiones Analógica/Digitales.

En lo referente a conversión Analógica/Digital existen algoritmos eficientes programadas en memorias fijas (ROM's) o bien pastillas electrónicas, "Chips" de propósito específico que instrumentan la labor de conversión.

#### 4.4.2 Inteligencia para Robots.

- Retroalimentación e interacción con el medio ambiente.
- Manejo de Heurísticos.
- Planeación.

Un Robot inteligente podemos decir que es aquel aparato capaz de planear y tomar acciones dependiendo de su interacción y comportamiento con el medio ambiente; no todos los robots pueden ser

considerados inteligentes, por ejemplo los robots industriales en su mayoría no lo son.

La "Inteligencia" de un robot, esta dada por su capacidad de procesar la información a que tiene acceso, la cual puede provenir de tres fuentes:

- El Medio Ambiente.
- El Robot (Hardware).
- La Programación (Software).

Para captar la información del medio ambiente, se debe contar con un sofisticado sistema de sensores (Hardware) y de algoritmos adecuados de reconocimientos de señales; el tópicó de la visión computacional es de gran importancia para el desarrollo de las funciones y se divide en las siguientes tareas:

- 1.- Proceso Primario de Imágenes. Transformación de la señal de entrada en una señal codificada libre de ruido y con alto contraste.
- 2.- Reconocimiento de Formas. Proceso de clasificación de acuerdo a categorías predeterminadas.

3.- Entendimiento de Imágenes. Construcción de descripciones Semánticas de la imagen, donde se utilizan heurismos y algoritmos de representación del conocimiento muy usados en los sistemas de IA.1/

Otra característica de la "Inteligencia" del robot, es la capacidad de modificar su comportamiento de acuerdo a una señal (interacción) del medio ambiente o del propio Robot (Retroalimentación). Esto puede obtenerse por medio de programas de control que usen contingencias o bifurcaciones para diversas entradas, permitiendo tomar diferentes acciones.

#### Planeación

Quizás la característica más relevante de la "Inteligencia" de un robot es su capacidad de planear, significa definir los pasos para resolver un problema.

La planeación es la aplicación de reglas de búsqueda para encontrar una solución adecuada a una tarea.

1/Rich, E.: Artificial Intelligence, McGraw hill, NY. 1983.

Esta labor incluye tres aspectos importantes: Representación del Conocimiento, Mecanismos de Búsqueda y Descomposición de Tareas. En lo referente a representación, en IA se ha utilizado mucho la notación del cálculo de Predicados como sistema para la resolución.

Algunos autores sugieren que un Robot real debería planear en tiempo real; esto es, definir y actuar rápidamente para resolver problemas sin necesidad de esperar a una planeación completamente "A priori". Esto nos obliga a tener al Robot físicamente intentando soluciones y luego arrepintiéndose de ellas, como sucede comúnmente al hombre cuando no planea.

Los Robots en su mayoría se han venido utilizando principalmente en tareas que requieren una secuencia relativamente simple de operaciones. En la actualidad, la Robótica en la Industria está encaminada hacia tareas más complejas, utilizando sistemas de percepción que suministran al computador la información necesaria para el control de las operaciones a realizar.

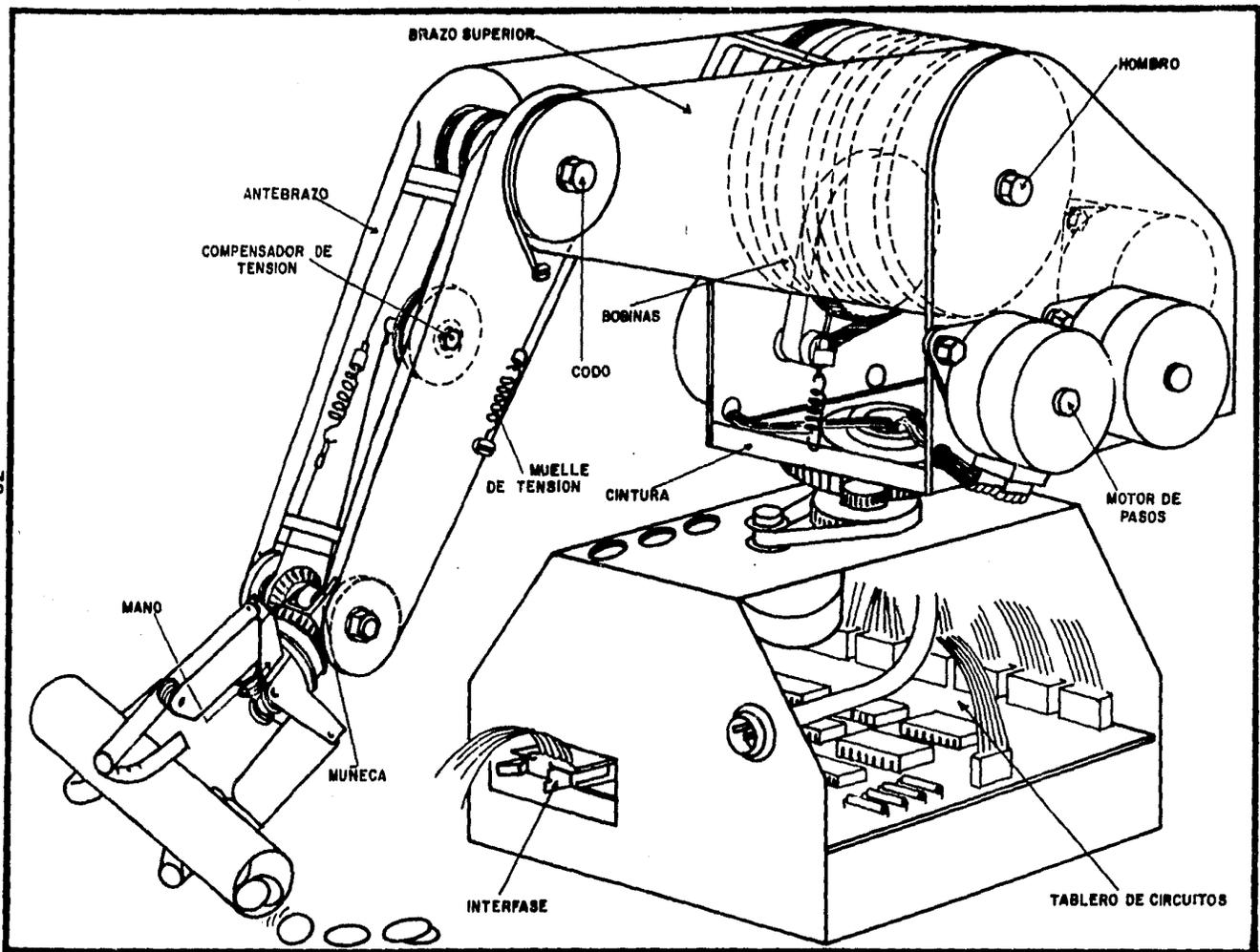
De esta manera el término Robot industrial se utiliza para identificar a un número cada vez mayor de máquinas programables capaces de realizar tareas manipulativas de complejidad variables.

#### 4.5 ESTRUCTURA DE UN ROBOT.

En forma general un Robot esta constituido de varios subsistemas que, haciendo una analogia antropomorfa, son:

#### CONFIGURACION

<u>ROBOT</u>	<u>SER HUMANO</u>
- Estructura mecánica.	- Esqueleto.
- Cadena articulada.	- Brazo.
- Pinza.	- Mano.
- Actuadores.	- Músculos.
- Sensores.	- Sentidos.
- Programación.	- Lenguaje.
- Control.	- Cerebro.



En la figura 4.1 se presenta el diagrama funcional generalizado de un Robot. En él se distingue 4 partes:

- Sistema de Percepción, (SENSORES)
- Sistema Actuador.
- Unidad de Control.
- Sistema Mecánico.

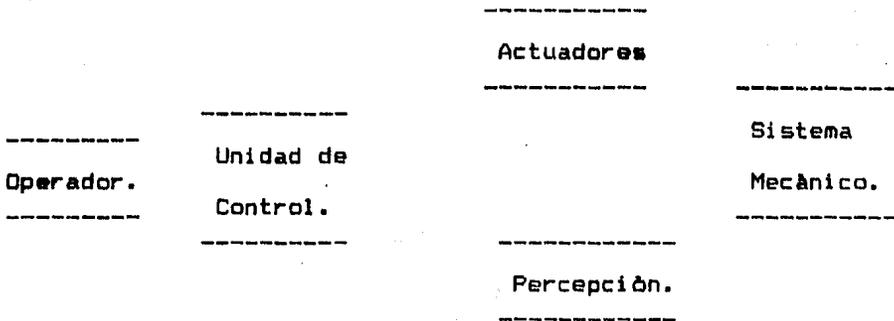


Figura 4.1

#### 4.5.1 Sistema de Percepción.

El sistema de percepción tiene por misión recoger información tanto del estado del conjunto de elementos que constituye el sistema mecánico (Esqueleto), como de situaciones externas (cambios en el entorno, obstáculos, objetos a manipular).

08

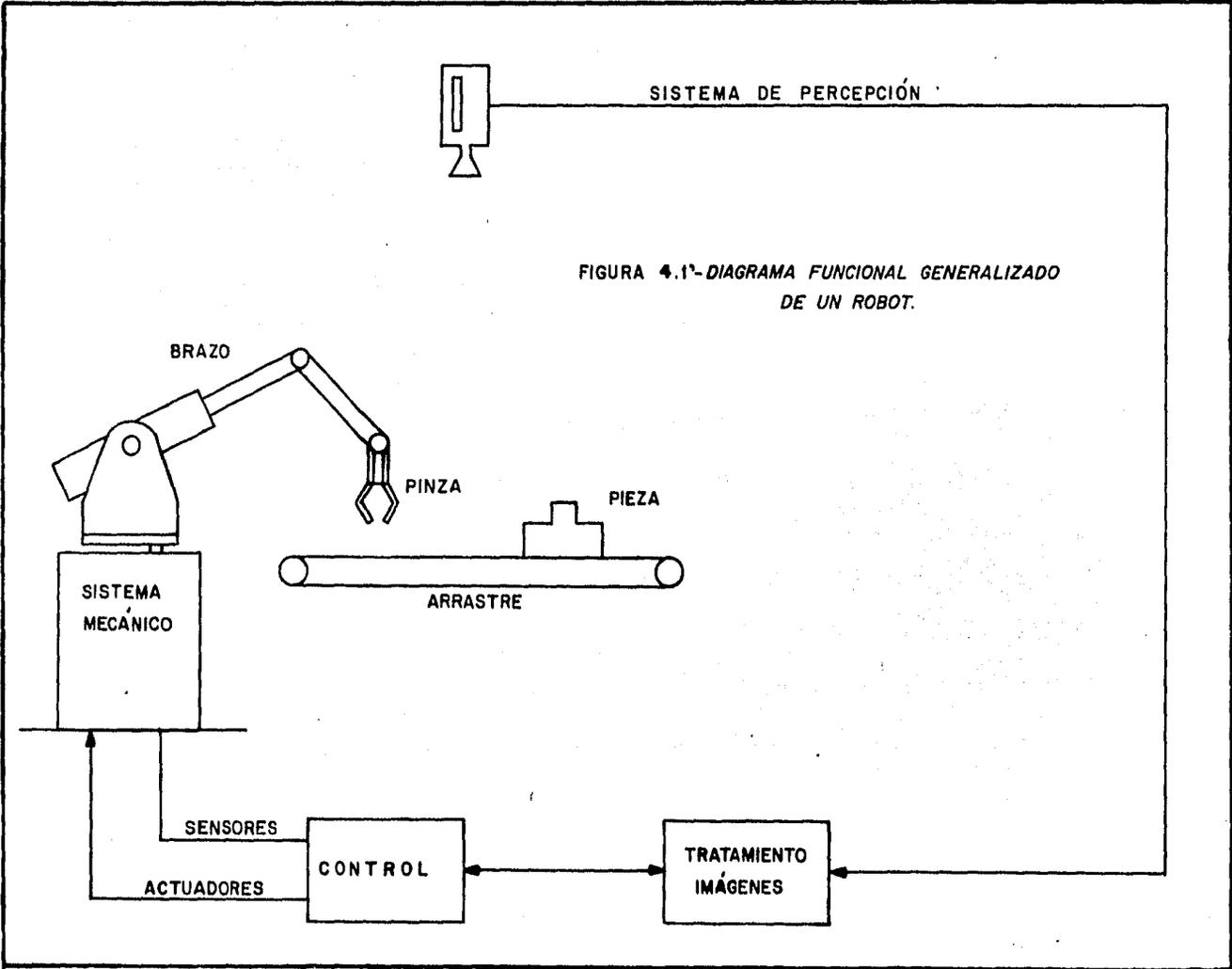


FIGURA 4.1'- DIAGRAMA FUNCIONAL GENERALIZADO DE UN ROBOT.

Este sistema puede incluir :

- Detectores de presencia y proximidad.
- Transductores de posición.
- Sistema de percepción visual.
- Sistema de percepción táctil.

Los detectores de proximidad y presencia y los transductores de posición constituyen la parte fundamental del sistema de percepción.

El desarrollo de los sistemas de percepción visual y táctil, junto con los avances efectuados en el campo de la Inteligencia Artificial permiten al robot realizar funciones más complejas.

El robot puede, evitar obstáculos, afrontar situaciones imprevistas e incluso, aprender con la ayuda de estos sistemas.

Como ejemplo de los distintos equipos comercializados se pueden citar:

- a) El sistema CONSIGHT-1, desarrollado por General Motors. Este sistema, trabajando en medio perturbado por ruidos, es capaz de determinar la posición y orientación de las piezas en una cinta transportadora, después de lo cual el

manipulador coge las piezas y las deposita en un lugar predeterminado.

- b) El robot PUMA de Unimation con un sistema de visión como soporte para operaciones de ensamblaje de piezas cuyas partes llegan en cualquier posición y orientación. Este robot ocupa aproximadamente el mismo espacio que un ser humano y tiene cinco articulaciones. La programación está simplificada gracias a la utilización de un lenguaje de alto nivel y de un módulo de aprendizaje.
- c) El robot para ensamblaje PRAGMA A3000 desarrollado por D.E.A. (Digital Electronic Automation), equipado con captadores táctiles, para detectar los posibles errores durante la operación de ensamblaje; es capaz de detectar defectos en la pieza que está manipulando.
- d) El sistema desarrollado en Hitachi, compuesto de dos manipuladores con ocho grados de libertad cada uno, dos cámaras y dos ordenadores, que realiza con éxito el montaje de aspiradoras.

e) El sistema desarrollado en la Régir Renault para la identificación y localización de piezas depositadas sobre una superficie plana, trabajando en un medio industrial.

De acuerdo con las previsiones del RIA (Robot Institute of America), de la SME (Society of Manufacturing Engineers) y de los fabricantes de robots industriales más importantes de EE.UU. los robots inteligentes controlados por ordenadores serán aplicados en la industria y se verán en operaciones de ensamblaje.

#### Percepción Visual.

La utilización de la célula fotoeléctrica fue un primer paso en el intento de proporcionar al computador cierta información visual. Sin embargo, un sistema de percepción visual debe poder adquirir más y mejor información, de manera que el Robot dotado de percepción visual esté capacitado para realizar funciones más complejas, tales como la determinación de la posición y orientación de un objeto, de su identidad, o incluso de su calidad.

Entre los diversos sistemas de captación de imágenes que utilizan los sistemas de visión aplicados a la Robótica pueden destacarse:

- El Vidicón.
- Cámaras de Estado Sólido.
- Sistemas de Exploración lineal.
- Sistemas de Exploración de Acceso Aleatorio.

#### El vidicón.

Es el elemento captador de imágenes más empleado. Presenta como dificultades su limitado tiempo de vida y su necesidad de mantenimiento. En la actualidad, sólo existen sistemas que utilizan cámaras de TV en B/N y están en fase de laboratorio sistemas de cámaras de TVC.

La señal de video obtenida de la cámara, generalmente es convertida en señal binaria mediante la detección de un umbral fijo y ajustable manualmente o flotante; este último caso permite aumentar la información obtenida. Con la utilización de digitalizadores se obtiene una información multinivel de cuatro o a lo sumo seis Bits. Es posible así aumentar considerablemente la

capacidad de clasificación y localización de objetos, pero el costo del sistema de tratamiento de imágenes resulta mucho más elevado.

#### Cámaras de Estado Sólido.

Las primeras cámaras basadas en la agrupación de elementos fotosensibles y la utilización de las tecnologías CCD (Charge/Cupled Device) o CID (Charge/Inyección Device).

Los dispositivos de esta tecnología se componen esencialmente de un sustrato de material semiconductor en el que se deposita una delgada capa aislante. La deposición de electrodos metálicos sobre el aislador conduce a la formación de capacidad MOS. Estas capacidades pueden emplearse para recoger y almacenar las cargas generadas por la incidencia de fotones en el material fotosensible (detector).

La mayoría de las cámaras de esta categoría ofrecen menor resolución espacial que los de video convencional. Es de esperar, sin embargo, que en no mucho tiempo se consigan resultados de la misma calidad, solucionando simultáneamente los problemas que presentan estas últimas.

### Sistemas de Exploración Lineal.

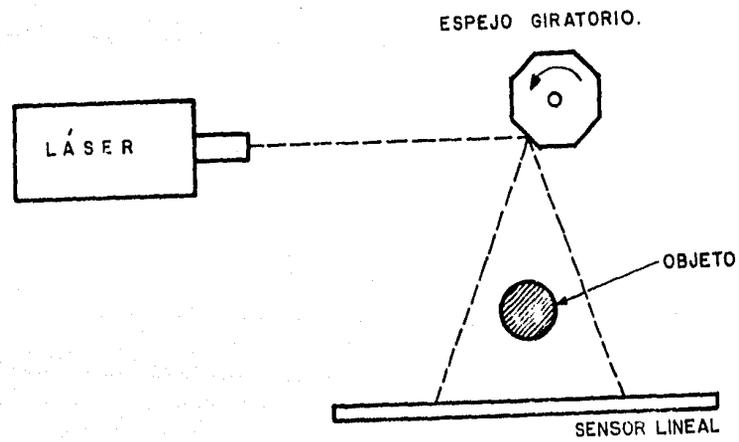
El sistema de detección está constituido por un sensor lineal constituido por 128 a 256 fototransistores discretos que son Multiplexados para obtener una señal de video binaria. Este sistema de visión es adecuado para la detección de objetos, la determinación de coordenadas y la medición de determinados parámetros.

La exploración lineal puede ser efectuada mediante un barrido láser deflexionado con espejos giratorios (Figura 4.2 ). El sensor lineal recibe la luz reflejada o directamente a través del objeto, a fin de conseguir la detección de aristas u otros elementos significativos.

### Sistemas de Exploración de Acceso Aleatorio.

Este tipo de captador presenta la ventaja de hacer innecesaria la memorización de toda la imagen para efectuar su tratamiento. La matriz puede ser explorada parcialmente, siguiendo un perfil, circularmente, radialmente, etc. según precise el algoritmo de identificación.

FIGURA 4.2. EXPLORACION LINEAL EFECTUADA MEDIANTE UN BARRIDO LÁSER DEFLEXIONADO CON ESPEJOS GIRATORIOS.



## Percepción Táctil.

La percepción visual posee la ventaja de poder efectuar la exploración remota de objetos, pero en muchos casos es excesivamente costoso conseguir una percepción tridimensional. Es por ello que en algunos equipos se complementa o se substituye el sistema de visión por la percepción táctil.

Los sistemas de Percepción Táctil consisten en matrices con elementos detectores de presencia, con salida binaria o salida analógica, que se disponen en el plano de apoyo del objeto que debe reconocerse.

Elementos utilizados en la Percepcion Táctil, son:

- Captadores de Agujas.
- Captadores Piezoeléctricos.
- Captadores Resistivos

### 4.5.2 Sistema Actuador.

El sistema Actuador es el encargado de accionar el Sistema Mecánico mediante los actuadores apropiados.1/ Cada uno de los movimientos de la estructura mecánica de un Robot, es debido a la acción de los actuadores de que está dotado.

1/ R.J Richard << Le Robots >>. Ed. Press Universitaires de France. Paris 1979.

Los actuadores utilizados pueden ser de tipo Eléctrico, Hidráulico o Neumático. En la tabla 4.1 aparecen los actuadores más utilizados en los Robots Industriales, con sus principales características.

Los actuadores que actualmente tienen mayor utilidad son los hidráulicos, por su elevada relación Potencia/Peso y los motores paso a paso, que permiten efectuar la medida de los desplazamientos efectuados, sin necesidad de disponer de captadores, controlando el número de impulsos de alimentación suministrados.

#### 4.5.3 Sistema de control

El Sistema de Control tiene por misión recoger las informaciones suministradas por el sistema de Percepción, procesarlas y generar las señales de control que correspondan a la línea de conducta previamente programada.

TABLA No.4.1 :ACTUADORES MAS UTILIZADOS EN LOS ROBOTS, CON SUS PRINCIPALES CARACTERISTICAS.

<u>ACTUADORES</u>	<u>CARACTERISTICAS.</u>
<u>Eléctricos</u>	
Motores C.C.	Potencia elevada, Fácil regulación.
Motores C.A.	Bajo Costo.
Motores paso a paso	Posibilidad de medición del ángulo girado sin utilizar sensores.
<u>Hidráulicos:</u>	
Motores Hidráulicos.	Economía, facilidad de regulación.
Cilindros Hidráulicos.	Elevada potencia, simplicidad mecánica
<u>Neumáticos:</u>	
Cilindros Neumáticos	Economía (apto para movimientos punto a punto).

La unidad de control en la mayoría de los Robots, la constituye el equipo electrónico de mando, que según el grado de inteligencia del Robot, puede estar basado en un Computador, un Microcomputador, o un conjunto de Microcomputadores.

La unidad de control debe poseer la adecuada capacidad de cálculo que precise el robot para procesar la información recibida de los sensores, para poder efectuar la toma de decisiones y elaborara las estrategias que permiten afrontar las distintas situaciones adversas del medio, durante la ejecución de su trabajo.

Para efectuar un estudio sobre los diversos tipos de unidad de control, pueden considerarse, según el grado de Inteligencia, cuatro tipos de Robots.1/

a) Controladores de Secuencia Limitada.

Un primer nivel, estaría constituido por los controladores de secuencia limitada, capaces de manipular un determinado tipo de objeto, entre posiciones fijas y de coordenadas conocidas, con una trayectoria programada.

1/ G.N. Saridis << Toward The realization of Intelligent Controls >>. Proceedings IEEF. Agosto 1979.

En este caso, el controlador consta únicamente de un generador de secuencia, capaz de coordinar los movimientos de los distintos ejes durante la manipulación, para que las coordenadas alcanzadas en cada operación, sean las correspondientes a los valores previamente determinados. (figura 4.3 ).

El panel de control contiene los elementos necesarios para efectuar el mando manual de manipulador, así como los indicadores que permitan el seguimiento de su funcionamiento en ciclo automático.

El generador de secuencia, activa sucesivamente los distintos movimientos del manipulador, hasta completar su recorrido. Cada recorrido es acotado mediante detectores de final de carrera, o por la lectura de cotas mediante transductores de posición adecuados, al obtenerse así los valores previamente programadas para cada movimiento.

Cada nuevo ciclo se inicia al recibir las señales externas de sincronismo, que permiten sincronizar sus movimientos con el funcionamiento de otros equipos de su entorno.

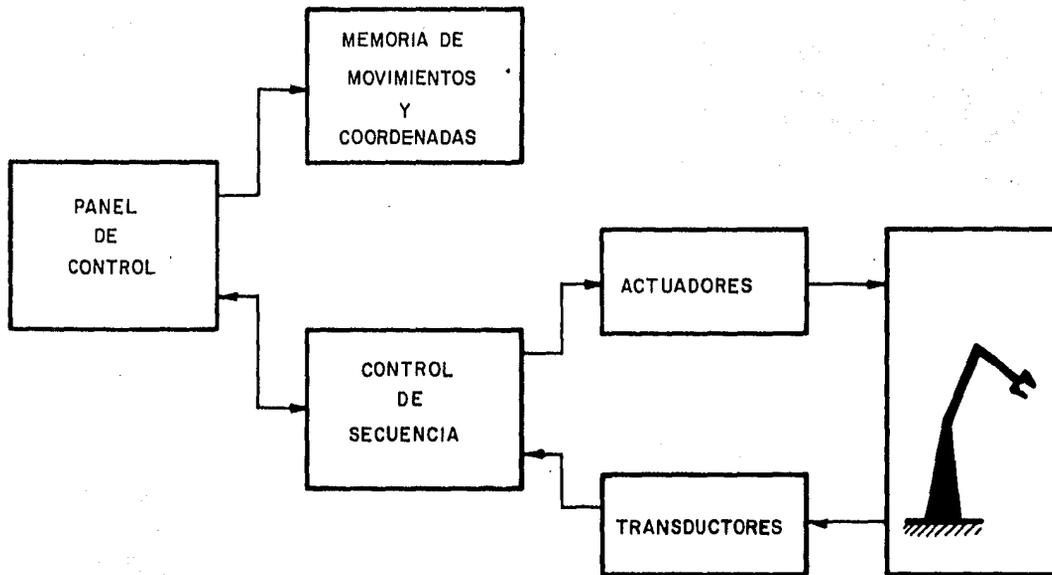


FIGURA 4.3. CONTROLADOR DE SECUENCIA LIMITADA.

Ejemplo de este tipo de Robots, son los utilizados en la carga y descarga de piezas en algunas máquinas/herramientas.

b) Controlador de tareas programables.

Permiten realizar tareas mediante movimientos con trayectoria optimizada, previamente memorizada.

Los datos correspondientes a cada movimiento, pueden ser programados numéricamente, o pueden ser adquiridos por aprendizaje mediante la realización previa de una tarea en ciclo manual. En este caso, la Unidad de Control, basada en un Microcomputador, memoriza las coordenadas finales de cada movimiento efectuado previamente y permite realizar posteriormente, de forma automática la tarea asignada con una mayor velocidad y con unas trayectorias optimizadas.

La utilización del microcomputador en la Unidad de Control, (Figura 4.4 ), permite el uso de una amplia gama de equipos periféricos, lo que facilita el seguimiento y control del Robot a través de pantallas alfanuméricas y gráficas.

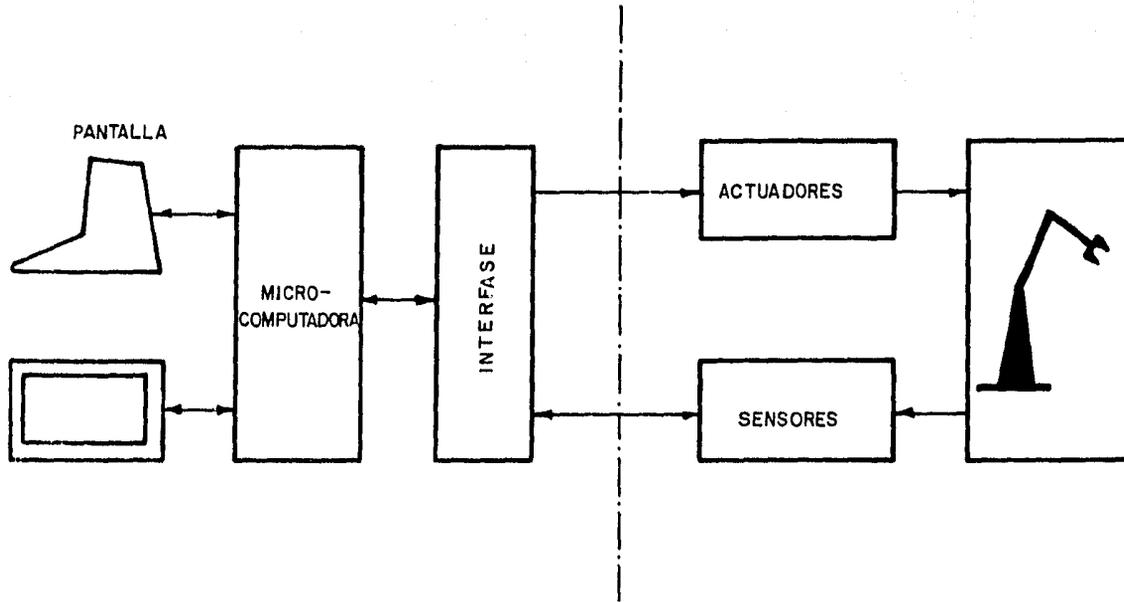


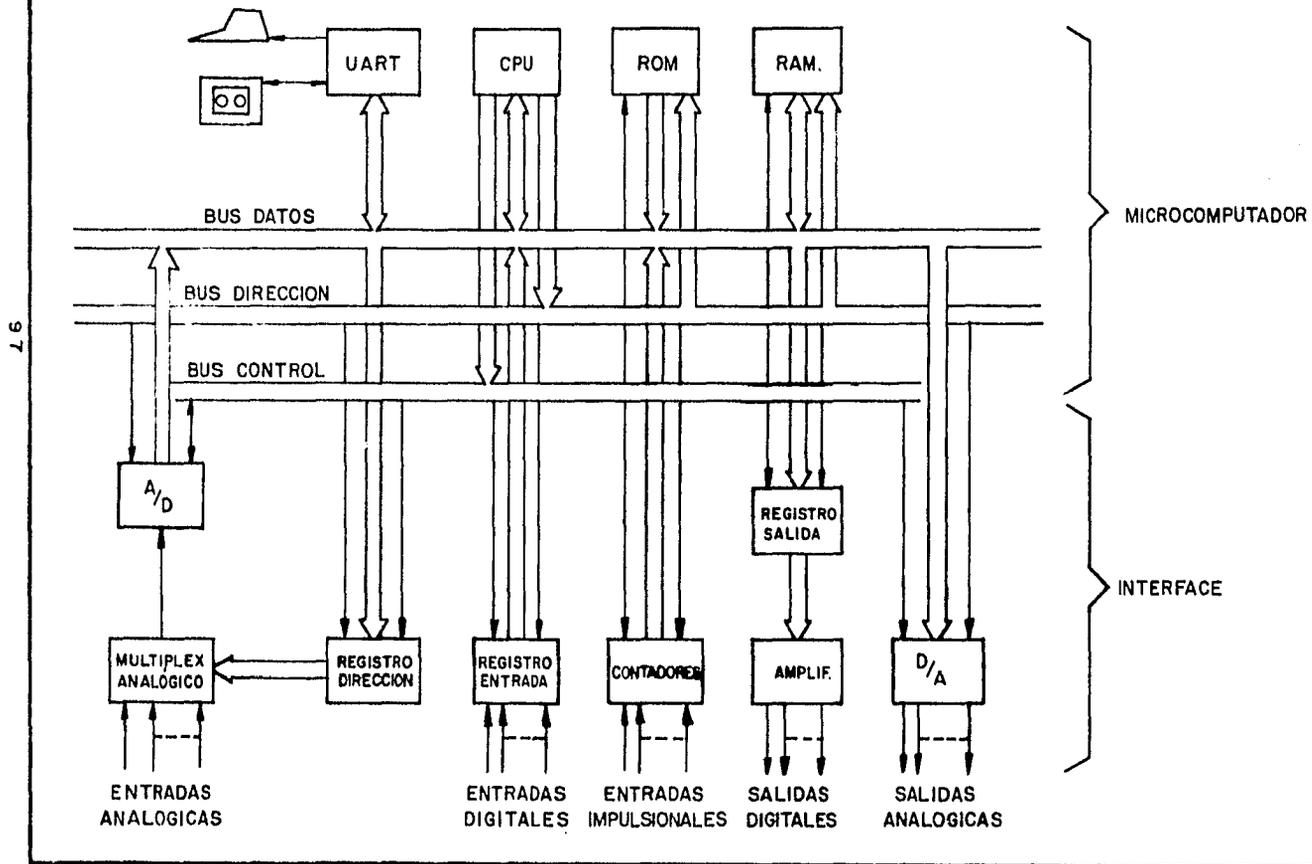
FIGURA 4.4. UTILIZACIÓN DE UN MICROCOMPUTADOR EN LA UNIDAD DE CONTROL

Facilita asimismo la preparación de la máquina para la realización de tareas cuyo programa se dispone en la memoria.

El Microcomputador, dispone de una interface, para su conexión a los sensores y actuadores de que dispone el Robot (figura 4.5 ). esta interface puede contener, un Multiplexor analógico, para la lectura de las señales producidas por los transductores analógicos utilizados. Registros de entrada de datos en paralelo, para lectura de señales de estado, como son, los finales de carrera o las células fotoeléctricas y detectores de proximidad, utilizados en la detección de objetos. Dispone asimismo de contadores reversibles para la medida de posición mediante los captadores incrementales.

La salida de las señales hacia los actuadores, pueden ser digitales, para accionamientos por todo o nada y analógicas para el mando de válvulas proporcionales.

FIGURA 4.5. EL MICROCOMPUTADOR CUENTA CON UNA INTERFACE PARA SU CONEXION A LOS SENSORES Y ACTUADORES QUE DISPONE EL ROBOT.

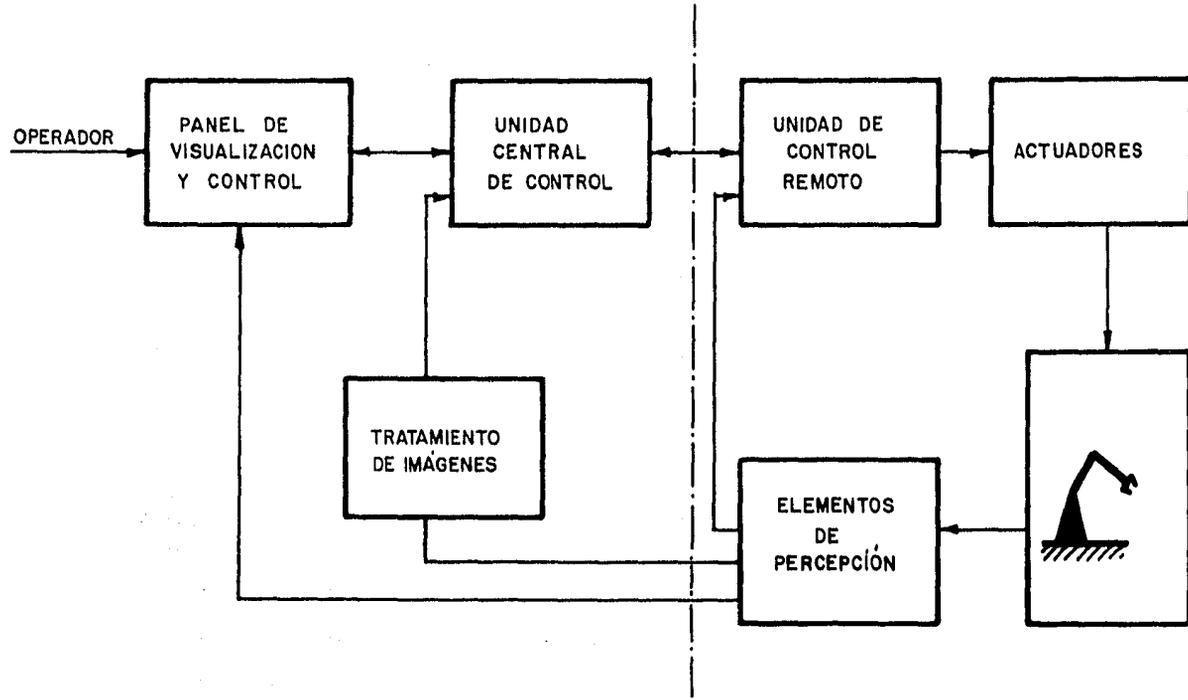


c) Controlador de Robots de uso general con supervisión humana.

A un nivel superior se hallan los Robots de uso general con supervisión humana, aptos para la búsqueda y el reconocimiento de objetos con elevada capacidad de decisión y adaptación frente a eventualidades externas.

La Unidad de Control de este tipo de Robots está constituida por un sistema multimicrocomputador que permite gobernar diversos procesos en paralelo. Normalmente se utilizan configuraciones jerarquizadas con un minicomputador Maestro y varios Computadores subordinados.

El conjunto de la Unidad de Control, forma un sistema en el que pueden considerarse tres niveles de decisión : Un primer nivel localizado en el propio Robot, Un segundo nivel constituido por la Unidad de Control central y un tercer nivel, en el que ya interviene el control humano (figura 4.6 ).



**FIGURA 4.6. UNIDAD DE CONTROL, DONDE INTERVIENE EL CONTROL HUMANO.**

La Unidad de Control remoto, gobierna a los actuadores según las consignas recibidas de la Unidad central y efectúa la lectura de los sensores que le han sido asignados.

La Unidad Central recibe información tanto del controlador remoto, como de la unidad destinada al tratamiento de las señales obtenidas de los sistemas de percepción. En muchos casos, este sistema consiste en una cámara de televisión, que capta las imágenes ordenadas por la Unidad de Control. Las imágenes obtenidas son analizadas y tratadas por un sistema especializado capaz de efectuar la localización y reconocimiento de objetos.

El reconocimiento de objetos, se efectúa en base al modelo de los objetos a identificar, contenidos en la memoria de la Unidad de tratamiento de la señal. Para que el volumen de información de la cámara de TV sea procesable, es necesario efectuar la digitalización y posterior preidentificación de aristas y vértices de la imagen obtenida, de forma que permite sintetizar el objeto en un conjunto de líneas más simplificadas.

El programa de actuación, está contenido en la memoria de la unidad central, que junto con la información recibida del sistema de percepción y otros sensores de que pueda estar dotado y la información de estado recibida de la unidad de control remoto, elabora las consignas correspondientes a los distintos movimientos que son transmitidas a la Unidad de Control para su ejecución. Finalmente, el tercer nivel de decisión, incluye a las que pueda tomar el operador que supervisa el funcionamiento del equipo a través de los periféricos necesarios y resuelve las situaciones imprevistas que pueden producirse.

La Unidad Central de Control, incorporará en su memoria las nuevas situaciones producidas, de forma que con el proceso de aprendizaje, se consiga una creciente independencia del operador.

d) **Robots Autónomos.**

Estos constituyen el objeto básico, pero aún lejano de la Robótica, consistentes en un sistema inteligente, con facultades

antropomórficas, apto para un amplio campo de aplicaciones, incluso en ambientes muy adversos y sin necesidad de supervisión manual.

A pesar de los grandes avances de la microelectrónica, que han hecho posible la construcción de controladores capaces de coordinar el movimiento simultáneo de varios brazos y efectuar trabajos con rapidez, precisión y con unos costos razonables, todavía no ha podido alcanzarse la capacidad de reconocimiento de formas y tratamiento de imágenes que exige un robot de estas características.

#### 4.5.4. Sistema Mecánico.

El conjunto mecánico de un Robot, estará constituido por uno o mas manipuladores (Sistema Brazo/mano) que pueden estar instalados sobre un sistema de traslación o de giro.

El Manipulador es un conjunto de elementos rígidos, que permiten rotaciones o desplazamientos entre si. El número de grados de libertad del elemento terminal respecto a la base considerada como fija, determina la operatividad del conjunto.

Para poder situar un objeto en el espacio de forma totalmente especificada, se precisa un mínimo de seis grados de libertad : Tres coordenadas de traslación, para el posicionamiento del objeto y Tres ejes de rotación (figura 4.7 ). Los grados de libertad que superan este número reciben el nombre de grados de maniobrabilidad.

El espacio de trabajo, la característica cinemática más importante del manipulador, depende de la particular configuración del sistema. Los movimientos de posicionado posibles (o movimientos primarios) determinan el espacio básico de trabajo, en tanto que los de orientación (movimientos secundarios) definen el espacio suplementario de trabajo, para una geometría concreta y supuesta una base fija, el espacio básico de trabajo queda descrito por el extremo móvil del manipulador. En la figura 4.8 se presentan las distintas configuraciones según se utilicen coordenadas Polares, Cilíndricas, Angulares o Cartesianas para los movimientos de posicionado. En general las articulaciones deben

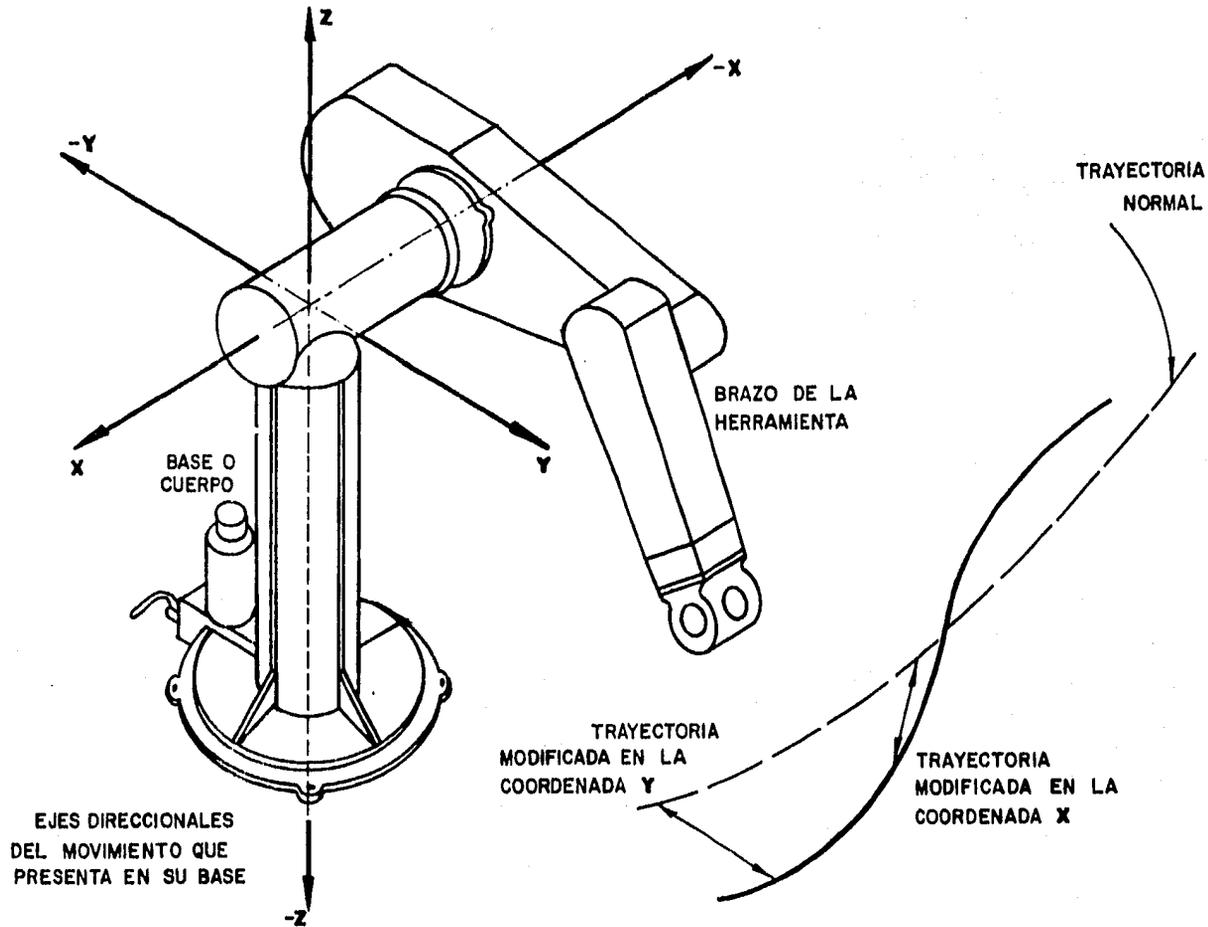
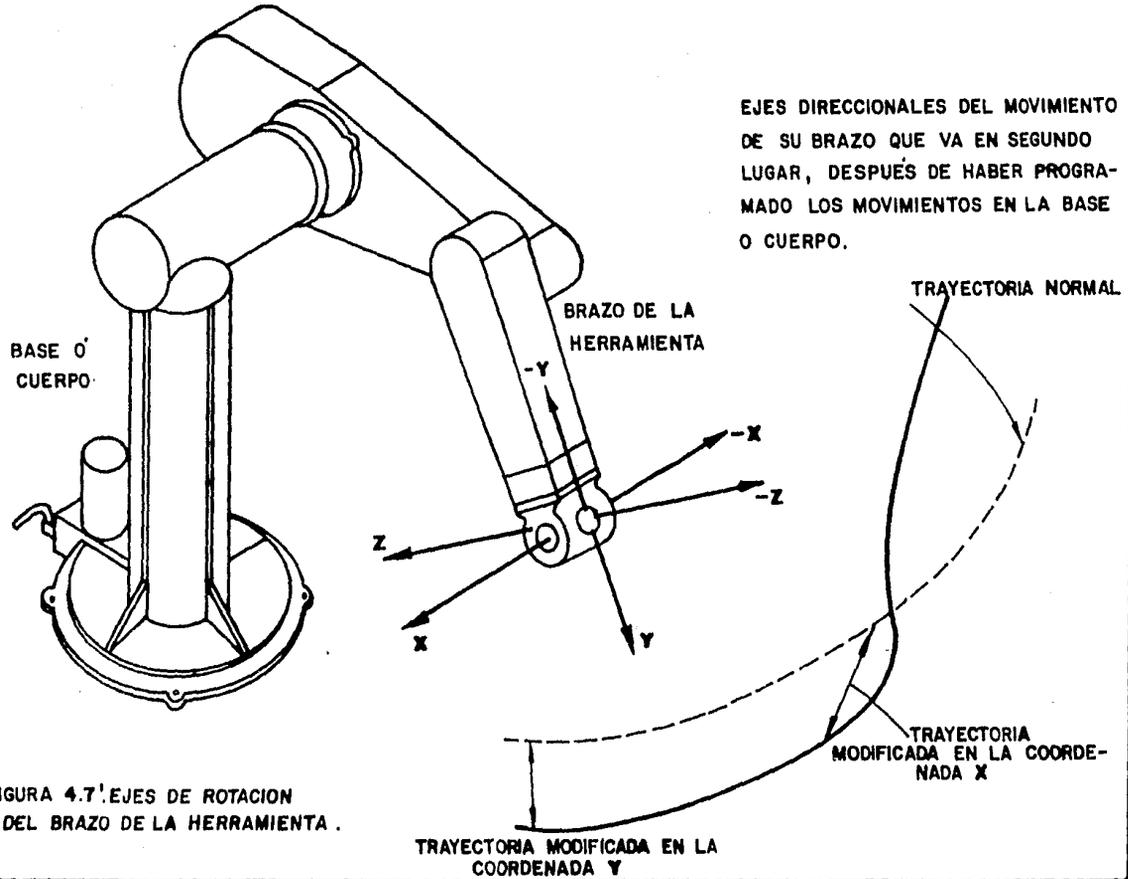
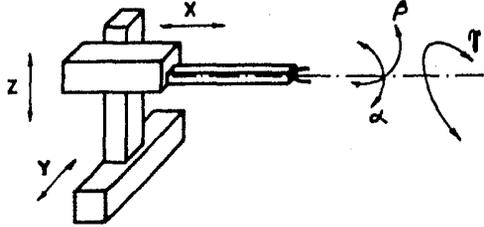
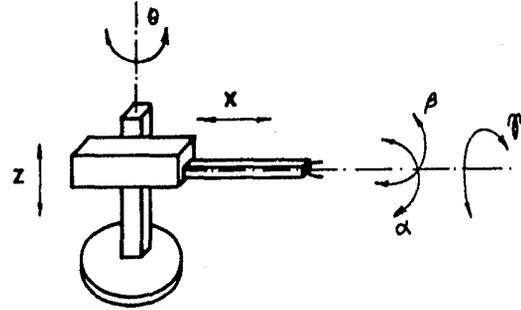


FIGURA 4.7. EJES DE ROTACION DE LA BASE O CUERPO.

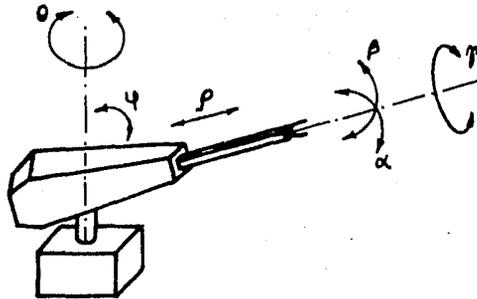




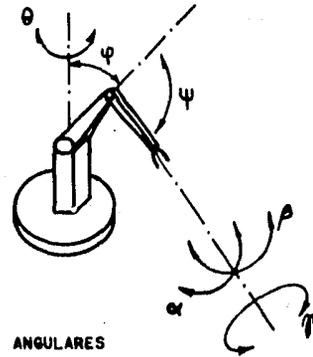
COORDENADAS CARTESIANAS



COORDENADAS CILINDRICAS



COORDENADAS POLARES



COORDENADAS ANGULARES

FIGURA 4.8. ARQUITECTURAS MAS COMUNES DE LAS ESTRUCTURAS ARTICULADAS DEL ROBOT.

accionarse y controlarse individualmente. Las más convenientes son las de tipo prismático y las de revolución.

Para un espacio de trabajo determinado, las estructuras mínimas son las que cuentan con una o dos articulaciones prismáticas. Estas estructuras permiten un mayor espacio de trabajo para un mismo tamaño del manipulador. Los tiempos de respuesta son también menores, puesto que los desplazamientos por articulación, necesarios para que el extremo móvil alcance una posición determinada, son más pequeños.

Por este motivo, la mayoría de los modelos comercializados utilizan la estructura de coordenadas cilíndricas -- Dos movimientos de traslación y uno de rotación -- con uno o dos movimientos secundarios, constituye manipuladores de cuatro o cinco grados de libertad.

#### 4.6 TIPOS DE ROBOT.

En general podemos establecer diversos tipos de Robots dependiendo de su imagen y aplicación, como son :

Autómatas, Robots, Androides, Cyborgs. Todos estos actualmente se refieren a tipos específicos de dispositivos.

#### 4.6.1 Autómata.

Quizás el término generalmente usado para describir todos los tipos de dispositivos ha sido la palabra autómatas. Sin embargo, esta designación se refiere a cualquier máquina que realice una acción o serie de acciones por sí mismas. Mientras que usado en forma general describe el tipo más simple de dispositivo de Robot. Este tipo de máquinas realiza funciones que fueron alguna vez el trabajo de un humano pero una vez puestos en marcha sus funciones son virtualmente independientes de las interacciones humanas.

#### 4.6.2 Robots

El término Robot es probablemente la palabra más popular usada para describir estos dispositivos. Mientras que en forma general aún se refieren a una máquina que en alguna forma se asemeja a un ser humano en apariencia u operación. Aunque actualmente no es de esta forma pero puede

ejecutar funciones como los humanos. Muchos de los mecanismos industriales caen dentro de esta categoría. Los robots destinados a la soldadura que son empleados en la fabricación de automóviles en los E.U. y Japón ciertamente no tienen la apariencia de seres humanos pero existe definitivamente ciertas similitudes. Esos mecanismos no únicamente hacen trabajos que anteriormente fueron hechos por los humanos, además en algunas partes son replicas humanas. De hecho estos mecanismos son referidos a nombres Biológicos, como brazos de Robot uniones hombro, codo y muñeca del Robot como entidades Biológicas que emulan.

#### 4.6.3 Humanoides

El término humanoide se refiere aquellos mecanismos que tienen la capacidad de un Robot pero cuya apariencia exterior es la de un ser humano. Mientras que la similitud puede ser únicamente simbólica existe una definitiva alusión a una cabeza, torso, brazos y piernas en una máquina de tipo humanoide. Es probable que un humanoide no tenga el tamaño de una persona, puede

ser muy alto o muy pequeño dependiendo de las tareas que realice. Sin embargo, el parecido no es tan sorprendente. Ejemplos conocidos de máquinas humanoides los encontramos en las películas de ciencia ficción, tales como C3PO de la guerra de las galaxias.

#### 4.6.4 Androides

El término androide, comunmente denota aquellos mecanismos que pueden o no semejarse en alguna forma al humano y con la capacidad de movimiento y de comunicación con el mundo exterior y reaccionar a estímulos externos. Artoo Detoo (R2D2) de la guerra de las galaxias es quizás el ejemplo más identificable de androide de estos días.

#### 4.6.5 Cyborgs

El término menos conocido cyborgs es usado para describir aquellas máquinas que son casi biológicamente parecidos a los humanos, estas máquinas se les atribuye usualmente algún tipo de capacidad de inteligencia. El término cyborgs se relaciona con la palabra cibernética, que es el estudio del cerebro humano y sistema nervioso o sistema electromecánico que los asemeja.

#### 4.7 APLICACIONES

Desde las primeras máquinas comercializadas en la década de los 60', el campo de aplicación se ha ido ampliando a medida que se incrementaba la capacidad de su sistema de control aumentaba su velocidad de acción y disminuía su tamaño.

A las tareas iniciales de Soldadura, Pintura, Carga y Descarga, Manipulación de objetos en condiciones nocivas o peligrosas, se añade ya el ensamble de complicados conjuntos integrados por piezas de incluso pequeño tamaño.

Actualmente más que cualquier otro empleo de los Robots podemos distinguir dos clases importantes dependiendo de su uso comercial. Robots que manejan piezas y Robots que manejan herramientas a la primera clase pertenecen aquellas que realizan la carga y descarga de máquina herramienta, hornos, paletas de manutención, etc. y los Robots de montaje.

De estos los Robots de carga y descarga de maquinaria son los de uso más explotados con una tecnología más sencilla. En oposición, los Robots de montaje acaparan la atención de quienes realizan la mayor parte de las investigaciones en Robótica de todo el mundo.

Son los más sofisticados que al agregarse el equipo periférico complementario, tiene un costo superior a \$20 millones de dolares, en el mercado norteamericano. Requieren además de gran precisión y elementos sensores más sofisticados (visión, tacto).

Por otro lado, los Robots que manejan herramientas fueron los primeros en aparecer en el mercado, no sólo como elementos de productividad o rentabilidad en las líneas de producción, sino debido a la peligrosidad del trabajo humano que en general representan estas operaciones. Las aplicaciones más extendidas son las de soldadura y pintura.

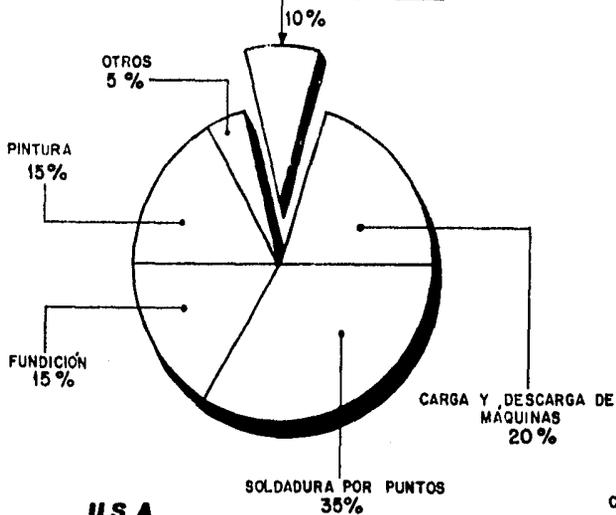
El uso de Robots en soldadura ha permitido reducir a un 33% el tiempo de trabajo y un 15% de ahorro en pintura. En ambos casos no se tienen grandes restricciones de precisión. El costo promedio es de \$10.000.00 de dolares en el mercado norteamericano. A lo anterior, podemos agregar la flexibilidad y versatilidad que por definición poseen los Robots que permite, la utilización de estas en otras tareas mediando para ello una simple reprogramación del Robot.

PARQUE MUNDIAL DE ROBOTS POR APLICACIONES TECNOLOGICAS (1979)

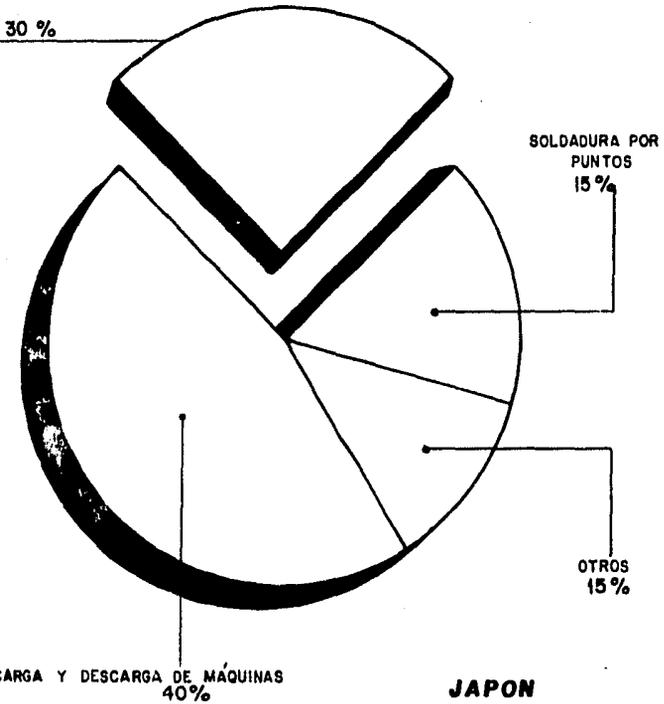
1. CARGA Y DESCARGA Y SERVICIO A LA MAQUINARIA		56.4%
GARGA Y DESCARGA DE MAQUINAS-HERRAMIENTAS	7.3	
MAQUINAS DE VOLDEO Y ESTAMPADO (PLASTICOS)	3.6	
MAQUINAS DE INYECCION	7.3	
FUNDICION	5.5	
ESTAMPADO EN FRIO	7.3	
HORNOS	3.6	
TRATAMIENTOS TERMICOS	5.5	
OTRAS MAQUINAS	1.7	
MANUTENCION DE MATERIALES	9.1	
PALETIZACION	5.5	
2. MAQUINARIA DE PROCESO		32.7%
SOLDADURA POR PUNTOS	14.6	
SOLDADURA CONTINUA	3.6	
TRATAMIENTO DE SUPERFICIES (PINTURA, ESMALTADO)	9.1	
RESTO	5.4	
3. MONTAJE	10.9%	10.9%
TOTAL		100%

FUENTE: REVISTA COMPUMUNDO EDICION SEPTIEMBRE, 1984 VOLUMEN 1, NUM. 6  
 PAG. 18

**ROBOTS DE ENSAMBLE**  
 (CLAVE PARA LA FACTORÍA AUTOMÁTICA)



**USA**  
 4 100 ROBOTS



**JAPON**  
 14 000 ROBOTS

PRINCIPALES APLICACIONES DE LOS ROBOTS.

El impacto de la Robótica además de encontrar un empleo en ambientes hostiles ( Temperaturas altas, gases nocivos, eyección de partículas, etc), en el que es difícil o imposible el trabajo de operadores manuales, los robots abren el horizonte hacia nuevos campos de aplicación que involucra la investigación en el campo de la IA. La NASA explora el uso de Robots en tareas de reparación de satélites y en tareas de exploración del suelo en los planetas. Otras aplicaciones actualmente estudiadas son la exploración de los océanos y la minería en el lecho marino o en galerías terrestres clásicas.

Por lo que respecta al mercado de Robots industriales, el mayor usuario es la industria automotriz en términos del valor del equipo instalado y probablemente seguirá siéndolo durante la presente década.

Los fabricantes de Robots industriales se clasifican en cuatro grupos:

- Fabricantes de máquinas herramientas tradicionales, como Cincinnati Milacron, que han desarrollado todo un estado del arte en líneas de productos en Robótica.

PRINCIPALES SECTORES USUARIOS DE ROBOTS INDUSTRIALES (1978)

SECTOR	EUROPA	JAPON	E.E.U.U.
AUTOMOVIL	58%	40%	18.8%
PRODUCTOS METALURGICOS	9	4	
MAQUINARIA NO ELECTRICA	8	7	2
MAQUINARIA ELECTRICA	6	19	
ELECTRONICA	6		15.1
MATERIALES CONSTRUCCION	5		
PRODUCTOS PLASTICOS	4	11	
PRODUCTOS METALICOS		8.5	20
ELECTROMECHANICO			20.1
MAQUINARIA DE PRECISION		4	
RESTO	5	10.5	24
	100%	100%	100%

PRINCIPALES FABRICANTES MUNDIALES DE ROBOTS

JAPON	ESTADOS UNIDOS	EUROPA	
DAINI SEIKOSHA	WESTINGHOUSE	ASIA	SUECIA
FUJITSU FANUC	GENERAL MOTORS/FANUC	COMAU	ITALIA
HITACHI	COPPERWELD	ELECTROLUX	SUECIA
KAWASAKI	DE VILBISS	OLIVETTI	ITALIA
MITSUBISHI	AUTOPLACE	HALL	G.B.
NACHI-FUJIKOSHI	CINCINNATI MILACRON	RENAULT	FRANCIA
SHIN MEIWA KOGYO	PRAB CONVEYORS	TRALLFA	NORUEGA
YASAKAWA	UNIMATION	UNIMATION	G.B.
SEIKO		VOLKSWAGEN	ALEMANIA

FUENTE: REVISTA COMPUMUNDO EDICION SEPTIEMBRE, 1984 VOLUMEN, 1 NUM. 6  
PAG. 15/17

- Fabricantes como Unimation, especializados en Robots industriales.
- Grandes firmas como General Electric, Renault, Martin Marietta, Bendix y en especial fabricantes de equipo electrónico de cómputo como IBM y Texas Instrument que han planeado ser grandes utilizadores de Robots y que han decidido construir sus propios Robots.
- Pequeñas empresas que desarrollan nuevos robots innovadores que juegan un papel importante en el desarrollo de la Robótica.

El área de la automatización industrial es el principal contexto tecnológico de la Robótica. Podemos decir que los Robots, dentro de este marco de referencia, son tan solo un componente más dentro de una gran variedad de técnicas y dispositivos que concurren para formar la base tecnológica de la automatización de la planta productiva.

La integración de toda una colección de elementos que requiere la concepción global de la factoría internamente automatizada, hace de la Robótica una tecnología dependiente. De esta forma, en el futuro deberá involucrar los siguientes elementos:

- Un sistema de Concepción Asistida por Computadoras (CAD), el cual representa una poderosa herramienta para el desarrollo de nuevos productos. La base de datos generada durante la fase de diseño es empleada por otros elementos computarizados de la fábrica. Fabricación Asistida por Computadora (CAM).
- Máquinas herramientas de Control Numérico y otros dispositivos automáticos que fabrican componentes del producto, que las transportan y las ensamblan siguiendo las instrucciones proporcionadas por el sistema de CAD-CAM.
- Robots que transfieran materiales de una estación de trabajo a otra, que operan herramientas ( Soldadura, pintura, acabado de superficies ) y que realizan operaciones de ensamble operados con los sistemas de CAD-CAM.
- Sistemas computarizados de información que efectúan el seguimiento de inventarios, que mantienen el stock en los almacenes, que hacen diagnósticos de los problemas y que los corrigen en la medida de las posibilidades del sistema en su conjunto.

#### 4.7.1 Robots Domésticos.

Otro medio ambiente, aunque no exactamente peligroso, donde los Robots estan adquiriendo popularidad es en casa, compañías como Heath Electronics of Benton Harbor, Michigan y Androbot Incorporated de Sunnyvale California, que son mercados de Robots para consumidores. Actualmente estos Robots domésticos tampoco tienen la fuerza ni la flexibilidad de sus colegas industriales, tienen una utilidad primeramente como entretenimiento y como herramientas educacionales. Estos no pueden levantar mucho peso ( El Hero 1 puede levantar solamente de ocho a 12 onzas), pueden moverse con un razonable conocimiento a través de su medio que le rodea e incluso hablar. El Hero 1 de Heathle esta equipado con una base de 3 ruedas que proporciona movilidad, un brazo mecánico que puede alcanzar, levantar y manipular pequeños objetos y un sistema de comunicación que permite al Hero hablar. El Hero puede detectar y medir la intensidad de la luz en un cuarto y medir distancias con un sistema de sonar, muy parecido al sistema de autoconvergencia encontradas en cámaras instantaneas.

El B.O.B de Androbot "Brains On Board" es otro mecanismo diseñado para operar en un ambiente doméstico. El B.O.B incorpora tres microprocesadores separados, sensores infrarojos y capacidad de conversación para crear una computadora móvil que puede diferenciar entre una tabla y una persona.

Aunque estos Robots domésticos no son realmente tan prácticos como los Robots que tienen aplicaciones comerciales o industriales, existe entre los expertos la convicción de que el hogar será una de las áreas más importantes para el desarrollo de la Robótica en un futuro no muy lejano.

El computador de casa esta teniendo un efecto profundo en la industria computadora como en todo, y el Robot de casa tiene el mismo efecto en las industrias de la Robótica. Sin embargo, hay una multitud de capacidades a desarrollar y muchos obstáculos a vencer antes que un Robot pueda servir como una aplicación en los quehaceres domésticos.

Para entender esto, primero es necesario imaginar para que queremos un Robot domèstico para poder desarrollarlo. Las faenas de la casa ciertamente serian de entre las primeras capacidades que nos gustaria ver en un Robot domèstico. Seria agradable tener un Robot que limpiara las alfombras, lavara los platos e incluso las ventanas. Aún estas tareas domèsticas que son meramente un inconveniente para mucho de nosotros, plantea uno de las mäs formidables desafios para un Robot domèstico. En la Unimation, la mäs grande fãbrica de los EE.UU. de Robots, ha construido un Robot llamado Issac (Posterior al autor de ciencia ficciòn Asimov), un Robot que sirve cafè en oficinas ejecutivas.

Para ejecutar estas simples tareas, un Robot necesitaria una capacidad de sensores extraordinaria. Un Robot en movimiento debe evitar el golpear una lãmpara o una mesa, caminar a travès de una ventana o tratar de caminar a travès de una pared, así como pasar por una puerta estrecha y evitar obstãculos.

El Robot tendrà que distinguir entre una mancha en la alfombra y un libro en el piso. Manejar con cuidado y precisión una vajilla china. Debemos considerar la percepción sensorial y la coordinación manual necesaria para las actividades complejas que a diario ejecutará. Tendrà que poder distinguir entre una toronja y una naranja; tendrà que poder manejar un huevo sin romperlo hasta que el sartén fuera colocado para freir el huevo.

Científicos en computación y otros especialistas en Robótica esperan que en un futuro cercano los Robots domèsticos podran hacer todo lo anterior y mäs.

PRODUCCION DE ROBOTS EN JAPON

AÑO	UNIDADES	ACUMULADO
1968	200	
1970	1,700	2,300
1972	1,700	5,300
1974	4,200	12,000
1976	7,200	23,800
1978	10,100	42,300
1980	19,900	76,700
1981	24,000	100,700

FUENTE: ASOCIACION JAPONESA DE FABRICANTES DE ROBOTS INDUSTRIALES  
CITADO EN "JAPANESE TECHNOLOGY TODAY". SCIENTIFIC AMERICAN  
OCTUBRE DE 1982, pp. 15-126.

PARQUE DE ROBOTS INDUSTRIALES EN LOS PAISES DESARROLLADOS

PAIS	1981	1985	1989
JAPON	14,246	100,461	327,000
ESTADOS UNIDOS	4,700	15,000	100,000
ALEMANIA OCCIDENTAL	1,420	5,000	12,000
SUECIA	700	2,300	5,000
GRAN BRETAÑA	713	3,000	21,500
FRANCIA	620	1,000	1,500
ITALIA	700		
RESTO EUROPA OCCIDENTAL	450		
EUROPA DEL ESTE	500		

COMPUMUNDO SEPTIEMBRE, 1984 VOLUMEN 1, NUM. 6

## CAPITULO 5.

### DESARROLLO EN MEXICO DE LA ROBOTICA

Es importante volver a mencionar la importancia que esta teniendo la Robótica en nuestros días en países como Inglaterra, Francia, Italia, Alemania, Japón y Estados Unidos en donde se ha hecho importantes esfuerzos, tanto en el área privada como gubernamental para impulsar la Tecnología y estimular su uso en los procesos de manufactura. Originando asociaciones de fabricantes y usuarios de Robots, como Japan Industrial Robot Association ( JIRA ), Robot Institute of America ( RIA ), British Robot Association ( BRA); en todas estas asociaciones podemos observar que existe un gran interés en el desarrollo de los aspectos tecnológicos y en particular en la aplicación de la teoría del Control y de la IA.

Por su parte México, comienza a utilizar Robots en plantas industriales como en la del Vidrio, Fundición, Ensamble etc. también existen centros de investigación y Universidades que desarrollan Tecnología de Robot ó aplicaciones industriales como:

La Escuela Superior de Ingeniería Mecánica Eléctrica (ESIME), División de Estudios de Posgrado de la facultad

de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México ( DEFFI-UNAM ), Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey ( ITESM ).

Las investigaciones que actualmente tienen mayor reconocimiento en el área de IA como en la Robótica son los trabajos del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional ( CIEA-IPN ). En el CIEA-IPN se iniciaron los trabajos de investigación y desarrollo en IA a principios de 1982. Actualmente dentro de la gama extensa de esta área se realizan actividades de investigación en Robótica y Visión por Computadora.1/

Los trabajos en el área de la Robótica dentro del Instituto pretenden auxiliar al desarrollo de una tecnología que permita la automatización de los puestos de trabajo insolubles y de las tareas imposibles de ejecutar por operadores humanos. Las actividades que actualmente se encuentran en estudio son: MECANICA, ACTUADORES, SISTEMA DE PERCEPCION, CONTROL DE LENGUAJES.

En el Instituto de Investigación de la Universidad Nacional Autónoma de México ( II-UNAM ), se planteó la tarea de construir una computadora de procesamiento en paralelo y para 1979 contaba ya con un simulador de Arquitectura

1/ R. Ibarra y A Mosso. Modelado del Robot Rulo, Reporte Internacional, proyecto de Laboratorio, CIEA-IPN México, 1983.

Heterárquica Reconfigurada (AHR), para 1980 Y 1981 se fabricó la primera computadora Mexicana de procesamiento en paralelo, cuyo objetivo era crear un sistema para la enseñanza e investigación en ciencia de la computación.

La Computadora AHR en general, es un sistema que funciona con 64 Microprocesadores Z80 integrados sin ninguna jerarquía entre ellas que permite la ejecución de varios programas en un mismo tiempo.

Por otra parte, el Gobierno Federal por conducto del CONACYT incluye la Robótica en sus planes indicativos de desarrollo y financia algunos proyectos de investigación científica y desarrollo tecnológico en esta área. En general, la Industria de la Robótica se ha convertido en una herramienta de lo más promisoría, con una amplia gama de productos a escoger, con el interés de los investigadores y con un fuerte crecimiento.

La aceptación de esta nueva tecnología por las grandes industrias manufactureras de bienes, ha sido la base de su crecimiento y podemos encontrar actualmente en la planta productiva tanto en países desarrollados como en los subdesarrollados su utilización y será cada vez más importante en función de las necesidades de desarrollo económico y tecnológico.

Por esta razón, consideramos necesario resaltar la importancia de una tecnología de Robots Nacional.

Las perspectivas que representa en nuestro país el aprender a fabricar y programar más eficientemente sistemas de la cuarta generación, no parece ser factible de realizar, mucho menos sistemas para la Quinta Generación si tomamos en cuenta la magnitud del esfuerzo tecnológico desarrollado por los E.U.A, Japón y países de Europa en iniciar las investigaciones para esta última. Aún en estos países existe déficit de personal calificado, particularmente en el área del Software.

México presenta hoy en día, un mayor déficit de recursos humanos en el área y lo que podemos considerara sumamente grave un número insuficiente de Profesores, Recursos económicos e instalaciones para preparar personal interesado en el estudio de esta área. Los especialistas activos en la IA podrían contarse con los dedos de las manos.

La utilidad de muchos sistemas y la cercanía de los E.U.A. generarán una fuerte demanda de servicios de Telemática y automatización de oficinas, así como por Sistemas Expertos para la Salud, la Manufactura, la Planeación y las Finanzas; educación inteligente por computadora ó con interacción sencilla entre hombre y máquina para el sector comercial.

Será imprescindible, contar con un grupo de expertos para asesorar la evolución y seleccionar de estos una primera etapa.

Como podemos observar es necesario considerar nuestro particular desarrollo en éste sentido, no escatimando esfuerzos y recursos humanos a todos los niveles de computación que van, desde la formación de investigadores en una estrategia bien planificada para obtener resultados prácticos a mediano plazo, hasta la difusión masiva de los principios y aplicaciones de esta nueva tecnología para que la Sociedad tenga algún conocimiento y se interese.

Una condición favorable que podemos mencionar para la capacitación de nuestras futuras generaciones, es a través de la introducción de las computadoras desde la primaria, utilizando un lenguaje sencillo y que comunmente en otros países ya se ha implementado. Este lenguaje es el llamado Logo y programas de auxilio para la instrucción de otras materias. Haciendo más profundo sus programas de instrucción en la Secundaria y Preparatoria con lo cual se contaría con egresados con un nivel intermedio de preparación y una completa familiaridad con la computadora. Actualmente existen algunas escuelas privadas en México que han arrancado programas similares y sería recomendable

extenderlas al sector oficial. Reconocemos que ésto representa un gran esfuerzo económico y técnico, sin embargo, los beneficios para todos en general serian de gran valor.

Para las Instituciones de Investigación Superior y en nuestro particular, es indispensable reorientar los programas y ampliar ó actualizar sus recursos. Será necesario, que en algunos casos se proporcione cursos de actualización al profesorado.

Las Instituciones líderes en el campo podrian contribuir significativamente al desarrollo de esta tarea, preparando a sus futuros investigadores y reorientando a sus investigadores presentes a apoyar a la industria.

Siendo realistas, nuestras posibilidades en materia de Computación no son las de Independencia tecnológica ó incluso de autosuficiencia. Pero no podemos renunciar a la autodeterminación en un campo tan estratégico.

## CONCLUSIONES.

Las investigaciones en el área de la computación han evolucionado continuamente y a un ritmo muy acelerado tanto en su tecnología, arquitectura, como en su utilización. Esta evolución se ha esquematizado conceptualmente por generaciones y nos encontramos ante un ambicioso proyecto de reciente aparición que es una de las más grandes metas que el hombre se ha propuesto alcanzar y es la de diseñar sistemas de computación inteligentes capaces de ejecutar tareas tan complejas como las que desempeña cualquier humano.

El futuro de esta nueva tecnología es promisorio y su impacto repercutirá positivamente en la economía de los países. Por esta razón, hemos querido mostrar en este trabajo una forma general pero básica los estudios que se están realizando y presentar las perspectivas y principios de la IA, en un intento de impulsar su introducción a nuestro sistema educativo.

Dentro de los diferentes campos de aplicación que esta disciplina ha desarrollado y que es tema principal de este trabajo se encuentra la Robótica; quizás la más importante por comprender en una forma genérica el uso de los otros

campos de investigación incluyendo la interacción inteligente entre Hombre/Máquina y una base de conocimientos.

Es importante resaltar el objetivo de esta rama que pretende una importante mejora en el control, la organización y la programación de la producción así como, en la eliminación de tiempos muertos. Adicionalmente busca incrementar la rentabilidad de las inversiones, racionalizar los recursos, humanizar el trabajo y aumentar la productividad elevando la competitividad.

Es necesario recordar su carácter interdisciplinario el cual, incluye áreas de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Computación. Todas estas ramas están estrechamente ligadas con la actividad desarrollada en el Área de la IA y en especial a la Robótica que la convierte en una rama de gran interés para todos y en particular para los Ingenieros quienes deberemos proporcionar a través de investigaciones las condiciones y fundamentos tecnológicos necesarios para su desarrollo.

Hoy en día los Robots inteligentes son programados y la labor de dotarlos de capacidad de aprendizaje es mucho más compleja y ésta posibilidad la empezamos a estudiar y comprender.

Quizás el dotar a una máquina con inteligencia pueda ser algo demasiado absurdo y lejos de la realidad pero considerando la capacidad intelectual del ser humano y su ambición por descubrir nuevos horizontes lo encamine a encontrar algunas de las respuestas y desarrolle máquinas que puedan semejar al ser humano.

Realmente no debemos descartar la posibilidad de tener en nuestra vida cotidiana máquinas que nos acompañen y resuelvan todas nuestras dudas y realicen tareas sin necesidad de programar en forma anticipada. Si hacemos un análisis de la corta existencia del ser humano en el mundo, observaremos lo increíble de los avances realizados en todos los campos y apenas en un siglo hemos dado pasos gigantescos en todas las ramas del conocimiento humano, en donde las teorías planteadas en principio eran consideradas fuera de lugar y que actualmente tienen bases firmes.

Podemos asegurar que esta disciplina impulsará el bienestar individual y colectivo, si nos basamos fundamentalmente en la premisa de que las computadoras liberen al hombre de tareas rutinarias y multipliquen su inteligencia, pero no así los otros valores de mayor importancia que nos distinguen de todos los demás seres.

De esta forma, podemos afirmar, que este trabajo ha cumplido con los objetivos planteados en principio, al demostrar la validez e importancia que tiene y tendrá la IA en los diferentes actividades, particularmente en la Robótica y de las herramientas empleadas como base de su desarrollo para el mejor aprovechamiento de los recursos Humanos, Naturales y Tecnológicos.

Esto deja margen a un sin número de estudios e investigaciones en esta Área, que por obligación deberemos estar involucrados para encontrar las respuestas adecuadas.

## GLOSARIO

ALGORITMO .- Conjunto de reglas y procedimientos lógicos que deben ejecutarse en un orden específico para resolver un problema. La mayoría de los programas de computación son Algoritmos.

BYTE .- La unidad básica de almacenamiento en la memoria de un computador equivalente a 8 BITS. Su contenido puede ser cualquier número binario entre 00000000 y 11111111. Es sinónimo de carácter de datos. 100.000 Bytes corresponden a 100.000 Caracteres.

CHIPS (PASTILLA) .- Pieza pequeña de silicio sobre la cual se fabrica un circuito electrónico integrado. Un solo chip puede reemplazar miles de transistores, resistencia y diodos, e incluso, un chip puede contener la Unidad Central de Proceso (CPU) completa de un microcomputador.

CONVERTIDOR ANALÓGICO DIGITAL.- Dispositivo electrónico que transforma en señales digitales el flujo continuo de señales analógicas provenientes del mundo real (Temperaturas, Sonidos, Vibraciones, etc...), para ser procesadas por un computador digital. Un convertidor A-D puede estar contenido junto con un convertidor Digital- Analógico en un solo Chip.

DIGITAL .- Valor o magnitud física, dispositivo, etc., cuya variación se produce por impulsos de valor constante y forma discontinua (Concepto opuesto al Analógico).

FALIBLE .- Que puede fallar o faltar.

FIRMWARE .- Software almacenado permanentemente en una memoria ROM.

**FRAME.** (Marco) .- Esta forma de representación consiste de estructuras donde se almacenan juntos los conocimientos de un objeto particular o evento. Esta organización puede ser útil por su modularidad y por la accesibilidad de los conocimientos, además permite asignar valores por omisión. La mayoría de los sistemas tienen diferentes tipos de frames para diferentes objetos, con campos o Slots para cada información relevante.

**HEURISTICO** .- Método de programación basado en el ensayo y error para acercarse a la solución de un problema. No garantiza llegar a la solución, pero puede acelerar el proceso para hallarla.

**JERARQUICO** .- Hierarchical. Estructura de comunicaciones o de base de datos donde el acceso se inicia en la parte superior y se extiende hacia abajo a través de los demás componentes como en cualquier jerarquía.

**KBYTE.** .- Unidad de medida de la memoria equivalente a 1024 Bytes. Las capacidades de memoria de las Microcomputadoras van desde los 16 KByte hasta los 256 KBytes normalmente.

**LISP.**-(List Processing). Lenguaje de alto nivel de programación no numérica donde se manejan objetos simbólicos.

**LOGO.** .- Lenguaje de alto nivel diseñado para el usuario principalmente. Se caracteriza por su notable facilidad de uso y gran capacidad para desarrollar gráficas.

**MULTIPROCESADOR** .- Ordenador que integra a varios procesadores con un aumento de eficiencia y disponibilidad.

RED SEMANTICA. .- Una gráfica de nodos y conexiones de eslabones; los nodos representan objetos y los eslabones representa la relación que existe entre ellos. Un árbol es un buen ejemplo de una Red Semántica.

ROM. .- (Read Only Memory), MLEX (Memoria de Lectura Exclusiva), chip de memoria permanente para almacenamiento de programas. Su contenido sólo puede examinarse o leerse, no modificarse. Un chip de memoria ROM puede destinarse al Firmware o contener al sistema operativo, además del lenguaje de programación de los microcomputadores.

SCRIPT. .- Estructura de conocimiento como el Frame usado para representar secuencia (Referida)(Descrita) de eventos. Los Slots en un Script contienen información referente a un evento (Donde el evento ocurre, gente involucrada, objetos manipulados, etc...) y los eventos son conectados en una cadena causal.

SEMANTICA .- El área de estudio del significado de las palabras y símbolos y la relación de las cosas que denotan.

SIGNIFICADOS .-Estudia el significado de una palabra.

SINTESIS .- Método que procede de lo simple a lo compuesto de los elementos al todo, de la causa a los efectos, del principio a las consecuencias. Suma, compendio.

PROLOG .-Lenguaje de programación que describe lo que debe hacer un computador en lugar de cómo debe hacerlo.

## BIBLIOGRAFIA:

- A. BARR, E.A FEIGENBAUM (Editores), "THE HANDBOOK OF A.I." Heuristech Press, Stanford, Ca.
- ADOLFO GUZMAN, "A HETERARCHICAL MULTIMICROPROCESSOR LISP MACHINE". IEEE work shop on Compr. Architect pattern Analysis and Database Management. IEEE Publication, november de 1984.
- ALAN ROSS ANDERSON, A.M. TURING : "MENTES Y MAQUINAS" 1970, Universidad Nacional Autónoma de México.
- ALEXANDER TOM : "INTELIGENCIA ARTIFICIAL", Popular Computing. Mayo 1985. Publicaciones A McGraw-Hill.
- AMAT GIRBAU JOSEF: "ROBOTS INDUSTRIALES". Revista Mundo Electrónico. 1980 número 99 y 1981 num. 108.
- AMSTERDAN JONATHAN: "INTELIGENCIA ARTIFICIAL", Revista Popular Computer. Mayo 1985. Publicaciones A McGraw-Hill.
- AMTERDAN JONATHAN: "GOLDEN COMMON LISP", Revista Popular Computer. Mayo 1985. Publicaciones A McGraw-Hill.
- ANDERSON JOHN R. Y BRIAN J. REISER.: "EL TUTOR LISP". Byte, Vol. 10, núm. 4 Abril 1985. Publicaciones A McGraw-Hill.
- BALLARD DANA H. AND BROWN CHRISTOPHER M.: "VISIONES", BYTE, Vol. 10,núm. 4 Abril 1985. Publicaciones A McGraw-Hill.
- BERTONI;PHIL.: "NADA ARTIFICIAL POR FAVOR", Revista Popular Computing, January 1984.

- BERGS FROM ROBIN P.: "IA; LA NOVEDAD CON UN FUTURO",  
Revista Manufacturing Engineering, Abril 1985.
- BERGSTROM ROBIN P.: "HERE THEY COME AGAIN...MAYBE",  
Revista Manufacturing Engineering, Abril 1985.
- BONNIE LYNN WEBBER, NILS J. NILSSON.: "READINGS IN  
ARTIFICIAL INTELLIGENCE", Morgan kaufmann,  
Publishers, Inc.
- C. HEWITT, "VIEWING CONTROL STRUCTURES AS PATTERNS OF  
PASSING MESSAGES", Artificial Inteligece, Junio de  
1977.
- DEERING MICHAEL F. : "ARQUITECTURA PARA LA INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL". BYTE, Vol. 10 núm.4 Abril 1985.  
Publicaciones A McGraw-Hill.
- GARCIA MARTINEZ PEGAO, FERNANDEZ PERAGON JOSE V.,  
GUERRAS M. MANUEL A.: "EL AUTOMATA PROGRAMABLE" Revista  
Mundo Electrónico núm 97 de 1980.
- GUZMAN ARENAS ADOLFO: "INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA.  
Revista CompuMundo Vol.1 núm.6, Septiembre de 1984.  
Computerwoeld de México, S.A. de C.V.
- IBARRA ZANNATHA J.M.: "La ROBOTICA". Revista CompuMundo  
Vol. 1 núm. 6, Septiembre de 1984. ComputerWorld de  
México, S.A de C.V.
- JUNNE GERD : "AUTOMATIZACION EN LOS PAISES EN  
DESARROLLO", Revista Ciencia y Tecnología núm. 59,  
Noviembre y Diciembre 194.
- LARSON THOMAS M. Y COPPOLA ANTHONY : "EL LENGUAJE  
FLEXIBLE Y SISTEMAS DE CONTROL FACILITAN LA PROGRAMACION  
DEL ROBOT", Revista ELECTRONICS. 27 de enero de 1983,  
vol. 56 núm. 2.

- MARGARET BEDEN, "A.I. AND NATURAL MAN.", New York: Basic Books, 1977.
- M. MINSKI, " A FRAMEWDEK FOR REPRESENTING KNOWLEDGE ", The Psychology of Computer Vision, P. Winston (Editor), McGraw Hill 1975.
- MILLER RICHARD K.: "UNA NUEVA HERRAMIENTA PARA MANUFACTURA". Revista Manufacturing Engineering. Abril 1985, Vol. 94 núm.4.
- MORA JOSE LUIS : "LENGUAJES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. Revista CompuMundo. Vol. 1 núm. 6, septiembre 1984.
- MORA JOSE LUIS : "MAQUINAS DE APRENDIZAJE". Revista Cero Uno Cero, núm. 3, vol. 5, Marzo de 1985, Publicada por la Fundación Arturo Rosenblueth.
- MURRAY M.A.-LASSO : "UN EXPERIMENTO SOBRE MAQUINAS QUE APRENDEN", REVISTA CERO UNO CERO ,No. 3 Vol.5 Marzo 1985.
- NEGRETE M. JOSE: "EL SENTIDO COMUN EN LA IA", Revista CERO UNO CERO, No.3, Vol.5, Marzo 1985.
- RICH, ELEINE, "ARTIFICIAL INTELLIGENCE (A.I)", Mc.Graw Hill. E.U 1983.
- SHEIL BEAU: "LA INCIERTA PROGRAMACION CON SISTEMAS EXPLORATORIOS", Revista COMPUTER DESIGN, March 1985.
- STEVENS JOHN K.: "LA INGENIERIA DE SISTEMAS EXPERTOS", BYTE, Vol.10 No.4 Abril 1985, A McGraw-Hill.
- TOFER MARTELL ALBERTO : "IA A VUELO DE PAJARO", Revista CERO UNO CER, No.3 Vol.5 Marzo 1985.