



74
2ejr
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

MICROPROCESADORES DE 32 BITS Y SU
APLICACIÓN A LOS SISTEMAS
EXPERTOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL
Y AUTOMATAS PROGRAMABLES A
NIVEL INDUSTRIAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

PRESENTA:

FLAVIO SANCHEZ SAEINAS
RODOLFO TAPIA RODRIGUEZ

ASESOR: ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ

México

1998.

264266

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

26



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

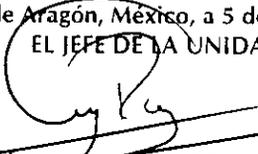
UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe del Área de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente .

En atención a la solicitud de fecha 4 de mayo del año en curso, por la que se comunica que los alumnos FLAVIO SÁNCHEZ SALINAS y RODOLFO TAPIA RODRÍGUEZ, de la carrera de INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA, han concluido su trabajo de investigación intitulado "MICROPROCESADORES DE 32 BITS Y SU APLICACIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTÓMATAS PROGRAMABLES A NIVEL INDUSTRIAL", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, a 5 de mayo de 1998
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis.
c c p Interesado.


AIR/MCA/vr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

DIRECCION

FLAVIO SANCHEZ SALINAS
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 19 de febrero del año en curso, presentada por RODOLFO TAPIA RODRIGUEZ y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISES TERAN PEREZ pueda dirigirles el trabajo de tesis denominado, "MICROPROCESADORES DE 32 BITS Y SU APLICACION A LOS SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTOMATAS PROGRAMABLES A NIVEL INDUSTRIAL", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

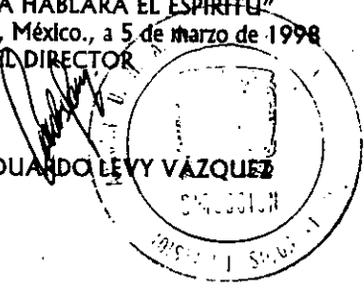
ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

San Juan de Aragón, México., a 5 de marzo de 1998

EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Jefe de la Unidad Académica.
c c p Jefatura del Area de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/vr.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON - UNAM

JEFATURA DE AREA DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA

OFICIO ENAR/JAME/401/98.

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
JEFE DE LA UNIDAD ACADEMICA
Presente.

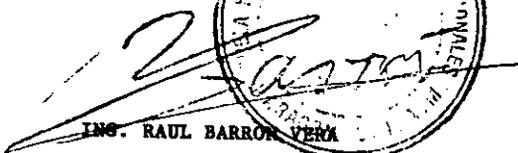
Por este medio me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Síndico del Examen Profesional del alumno: FLAVIO SANCHEZ SALINAS, con el tema de tesis "MICROPROCESADORES DE 32 BITS Y SU APLICACION A LOS SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTOMATAS PROGRAMABLES A NIVEL INDUSTRIAL".

PRESIDENTE:	ING. JESUS NUÑEZ VALADEZ	ABRIL	77
VOCAL:	ING. JUAN GASTALDI PEREZ	OCTUBRE	79
SECRETARIO:	ING. SILVIA VEGA HUYTOY	OCTUBRE	86
SUPLENTE:	ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ	MAYO	90
SUPLENTE:	ING. EMILIO LUIS FLORES LOPEZ	OCTUBRE	91

Quiero subrayar que el Director de la Tesis es el ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ, el cual es incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPERITU"
Bosques de Aragón, Edo. de Méx., mayo 6, 1998.

EL JEFE DE AREA


ING. RAUL BARRÓN VERA

c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefe del Depto. de Servicios Escolares.
Ing. Miguel Angel Maldonado Muñoz.- Secretario Técnico IME.
Ing. David Moisés Terán Pérez. Asesor de Tesis.
Alumno.

RBV/scd.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

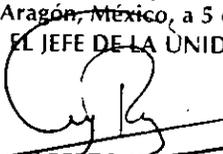
UNIDAD ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe del Área de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente .

En atención a la solicitud de fecha 4 de mayo del año en curso, por la que se comunica que los alumnos RODOLFO TAPIA RODRÍGUEZ y FLAVIO SÁNCHEZ SALINAS, de la carrera de INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA, han concluido su trabajo de investigación intitulado "MICROPROCESADORES DE 32 BITS Y SU APLICACIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTÓMATAS PROGRAMABLES A NIVEL INDUSTRIAL", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, a 5 de mayo de 1998
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis
c c p Interesado. . . .

AIR/MCA/vr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN

DIRECCION

RODOLFO TAPIA RODRIGUEZ
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 19 de febrero del año en curso, presentada por FLAVIO SANCHEZ SALINAS y usted, relativa a la autorización que se les debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISES TERAN PEREZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "MICROPROCESADORES DE 32 BITS Y SU APLICACION A LOS SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTOMATAS PROGRAMABLES A NIVEL INDUSTRIAL", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

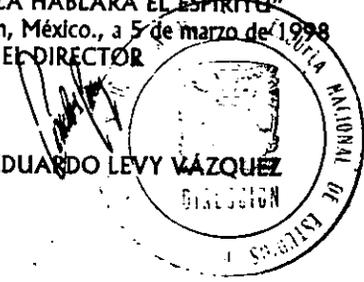
ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

San Juan de Aragón, México., a 5 de marzo de 1998

EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VAZQUEZ



[Firma manuscrita]

- c c p Jefe de la Unidad Académica.
- c c p Jefatura del Area de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/vr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON - UNAM

JEFATURA DE AREA DE INGENIERIA
MECANICA ELECTRICA

OFICIO ENAR/JARE/0403/98.

ASUNTO: Síndeo.

LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
JEFE DE LA UNIDAD ACADÉMICA
P r e s e n t e.

Por este medio se permite relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Síndeo del Examen Profesional del alumno: RODOLFO TAPIA RODRIGUEZ, con el tema de tesis "MICROPROCESADORES DE 32 BITS Y SU APLICACION A LOS SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA - ARTIFICIAL Y AUTOMATAS PROGRAMABLES A NIVEL INDUSTRIAL"

PRESENTE:	ING. JESUS NUÑEZ VALADEZ	ABRIL	77
VOCAL:	ING. JUAN CASTALDI PEREZ	OCTUBRE	79
SECRETARIO:	ING. SILVIA VEGA HUITOY	OCTUBRE	86
SUPLENTE:	ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ	MAYO	90
SUPLENTE:	ING. EMILIO LUIS FLORES LOPEZ	OCTUBRE	91

Quiero subrayar que el Director de la Tesis es el ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ, el cual es incluido en base a lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Escuela.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPañOL"
Benque de Aragón, Edul. de Méx., mayo 6, 1998

EL JEFE DE AREA

ING. RAUL BARRON VERA



c.o.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez. Jefe del Depto. de Servicios Escolares.

Ing. Miguel Angel Maldonado Muñoz. Secretario Técnico INE.

Ing. David Moisés Terán Pérez. Asesor de Tesis.

Alumno.

RBV/sed.

INTRODUCCIÓN

Desde la invención del Circuito Integrado (*CI*), desarrollos continuos han dado lugar a dispositivos cada vez más complejos. Procesadores de Ordenador, Memorias, Interfases Normalizadas e incluso Sistemas de Ordenador completos, están disponibles como Circuitos Integrados (*CI*) individuales. En consecuencia, se dispone de Sistemas de Ordenador muy pequeños y económicos y pueden incorporarse en muchos Sistemas Electrónicos. Puesto que hay muchas ventajas en este método; la Instrumentación Electrónica, los Dispositivos de Control y los Sistemas de Comunicación están haciendo uso del Micro-Ordenador. Una comprensión del funcionamiento y aplicación del Micro-Ordenador (*MO*), es tan importante para un técnico actual, que cuando sólo se requiera un curso en Sistemas Digitales, debe incluirse en el mismo el tratamiento de los sistemas basados en el Micro-Ordenador.

En la actualidad los Microprocesadores (*MP*), se emplean en una amplísima variedad de aplicaciones; se les encuentra en Ordenadores, Juguetes Electrónicos, Procesadores de Palabras, Equipo Electrónico de Laboratorio, Aparatos Electrodomésticos, Equipo Médico, Máquinas-Herramienta, Robots Industriales, Alarmas, Controles y Automatismos de todo Tipo, Cajeros Automáticos, Básculas Electrónicas, Sintetizadores Musicales, Sub-sistemas de Automóviles, etcétera.

El Microprocesador es parte integral de la circuitería interna de una gran variedad de equipo, para dar una idea de su difusión e importancia basta decir que anualmente, se producen más de 25 millones de Microprocesadores y su mercado continúa en expansión.

Los Circuitos Integrados (CI), han simplificado el diseño de los complejos Circuitos Analógicos y Digitales. En la década pasada, numerosos fabricantes produjeron una extraordinaria cantidad de ellos. El Ingeniero ó Técnico, cuando afrontan la tarea de seleccionar los Circuitos Integrados y su diseño, deben consultar un gran número de Catálogos de los Fabricantes y un reducido número de notas de aplicaciones, a fin de ensayar y determinar la configuración óptima de los Circuitos Integrados y del circuito que se requiere.

Las hojas de datos de los Catálogos sirven para definir los parámetros de operación y del peor caso de un dispositivo en particular, pero no pueden utilizarse como una Guía de Selección puesto que los Circuitos Integrados no se evalúan a partir de comparaciones. Por lo demás, estos Catálogos y notas de aplicación se limitan a los Circuitos Integrados de un fabricante y están organizados según el tipo de Circuito Integrado, no según la aplicación.

¿Qué es exactamente la Inteligencia Artificial? Aunque la mayoría de los intentos para definir con precisión los complejos y amplios términos anteriores son ejercicios fútiles, es útil esbozar como mínimo una frontera aproximada alrededor del concepto para proporcionar una perspectiva en lo que se tratar en el presente trabajo. Por lo tanto, se puede establecer la siguiente definición de Inteligencia Artificial (IA): *"Es el estudio de cómo lograr que los Ordenadores hagan cosas que, por el momento, las personas hacen mejor"*. Esta definición es, naturalmente, algo efímera debido a que hace referencia al estado actual de la Ciencia de los Ordenadores. De hecho, la constatación de lo lento que es el progreso hacia Ordenadores que puedan sustituir a las personas en tareas difíciles fue uno de los primeros resultados que surgieron de la Inteligencia Artificial (IA) Experimental. En los primeros días de la especialidad (1960), los expertos predijeron un progreso mucho más rápido del que ha acontecido desde entonces. Así pues, por lo menos en los próximos años, esta definición debería proporcionar un buen esquema de lo que constituye la Inteligencia Artificial (IA), y evitar los debates filosóficos que dominaron los intentos de definir el significado de "Artificial" ó de "Inteligencia".

Así pues, *¿Cuáles son algunos de los problemas contenidos en la Inteligencia Artificial?* Unos de los primeros que se estudiaron fueron los juegos y las demostraciones de teoremas. Los juegos y las demostraciones de teoremas compartían la propiedad de que, aunque se consideraba que las personas capaces de hacerlo bien mostraban inteligencia, parecía que los Ordenadores podrían realizarlos correctamente por el simple método de ser más rápidos al explorar un gran número de caminos de solución y seleccionar el mejor. Parecía que este proceso requería muy poco conocimiento y podía ser programado fácilmente. Como se verá más adelante (en el Capítulo correspondiente a los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA)), esta suposición resultó ser falsa. Ningún Ordenador es lo suficientemente rápido para superar la explosión combinatoria generada por tales problemas.

Otra incursión primeriza en Inteligencia Artificial (IA), se centró en la clase de resolución de problemas que realiza cada persona por las mañanas, cuando decide ir a su trabajo. Para investigar este tipo de razonamiento varios autores se avocaron a aplicar diversas tareas, incluyendo la manipulación simbólica de expresiones lógicas. Nuevamente, no se hizo ningún intento para crear un programa con una gran cantidad de conocimientos sobre el dominio de un problema específico; sólo se seleccionaron tareas muy sencillas. Conforme progresaba la investigación en Inteligencia Artificial (IA) y se desarrollaban técnicas para almacenar grandes cantidades de conocimiento, se hizo algún progreso en las tareas que se acaban de describir, y se pudieron intentar tareas nuevas de una forma razonable. Estas incluyeron: Percepción (visión y habla), comprensión de el Lenguaje Natural, y resolución de problemas en dominios especializados tales como diagnóstico médica y análisis químico.

La percepción del mundo que nos rodea es crucial para nuestra supervivencia. Animales con mucho menos "*inteligencia*" que las personas son capaces de una percepción visual más compleja y completa que las máquinas actuales. Los primeros esfuerzos respecto a la percepción visual simple y estática se bifurcaron en dos direcciones: Hacia el reconocimiento de modelos estadísticos y hacia sistemas más flexibles de comprensión de la imagen. A causa de las diferencias en la flexibilidad de estos dos enfoques, sólo el último es considerado típicamente como perteneciente a la esfera de la Inteligencia Artificial (*IA*). Las tareas de percepción son difíciles porque involucran señales analógicas en vez de digitales, porque las señales típicas son muy ruidosas, y porque usualmente deben percibirse un gran número de cosas a la vez, (algunas de las cuales pueden ocultar parcialmente a las otras).

La capacidad de usar el lenguaje para comunicar una amplia variedad de ideas, es quizá lo más importante que separa a las personas de los animales. El problema de la comprensión del lenguaje hablado es un problema de percepción, y es difícil por las razones que se acaban de analizar. Pero supóngase, que se simplifica el problema restringiéndolo al lenguaje escrito. Este problema, llamado usualmente comprensión de el Lenguaje Natural, es aún extremadamente arduo. Para entender frases sobre una materia es necesario poseer un amplio conocimiento, no solamente del lenguaje en sí mismo (su vocabulario y gramática); sino también, en buena parte, sobre dicha materia, de forma que puedan reconocerse los presupuestos que no se manifiestan de forma explícita.

Casi todo mundo realiza de forma rutinaria actividades tales como percepción y comprensión de el Lenguaje Natural. Además de estas actividades cotidianas, mucha gente realiza otras actividades "*inteligentes*" en las cuales es experta. Puesto que sólo unas pocas personas son capaces de realizar estas cosas (tales como el diagnóstico de enfermedades), se consideran a menudo más difíciles que las actividades más comunes. Pero se ha demostrado que varios de estos problemas pueden resolverse mediante programas usualmente llamados Sistemas Expertos (*SE*).

OBJETIVOS PARTICULARES:

1.- Conocer los fundamentos de los Microprocesadores de 32 Bits, así como, las definiciones básicas que se involucran en los Sistemas Digitales basados en Microprocesadores.

2.- Conocer detalladamente la Arquitectura interna del MP80386, así como su conexionado y el repertorio de instrucciones para su programación. Conocer detalladamente la Arquitectura interna del MP80486, así como su conexionado y el repertorio de instrucciones para su correcta programación.

3.- Establecer los conceptos básicos de los Sistemas Expertos (*SE*) y la Inteligencia Artificial (*IA*), así como las posibilidades de estas técnicas específicas en la solución de problemas.

4.- Conocer las aplicaciones que se pueden hacer mediante la utilización de los Sistemas Expertos (*SE*) y la Inteligencia Artificial (*IA*), a el Control Industrial.

JUSTIFICACIÓN

La Industria Mexicana, cada vez más consciente de la importancia del uso de los Ordenadores, los Microprocesadores, los Sistemas de Control y de la Electrónica en general; cada día exige más preparación de los Ingenieros y por ende mayor Calidad en las tareas realizadas, para lo cual establece criterios y parámetros que les permite analizar perfiles, y decidir cuál ó cuáles personas son aptas para realizar con éxito planes y proyectos que eleven la imágen tanto de la Empresa como del País.

La razón de escoger como tema de Tesis a los Microprocesadores de 32 Bits y su Aplicación a el Control Digital; radica en la importancia que estos Dispositivos tienen en la actualidad, dentro de los sistemas automáticos más relevantes, dentro de la Industria.

Es importante recalcar que en la medida que se conozcan estos Dispositivos a detalle, se podrá estudiar, entender, modificar y optimizar a los sistemas construidos a partir de éstos.

Cada vez resulta imperioso, que los profesionales de la Ingeniería Electrónica, conozcan en gran medida los Dispositivos y Circuitos Integrados (CI), que se utilizan dentro de los procesos industriales, ya que con estos conocimientos se tendrá la oportunidad de conocer los Sistemas y poderlos modificar y mejorar utilizando tecnología y mano de obra mexicana, sin necesidad de seguir siendo dependientes de la tecnología extranjera.

Por lo tanto, para que esto deje de ser una simple utopía y se convierta en realidad; los actuales Ingenieros del área Electrónica deberán conocer la Arquitectura, Programación y Aplicación de cada uno de los Microprocesadores que interactúan dentro de un Sistema Digital.

Los problemas que resuelve la Inteligencia Artificial (IA) abarcan un amplio espectro. Parecen tener muy poco en común, excepto el hecho de ser difíciles. *¿Existen algunas técnicas que sean apropiadas para resolver una variedad de estos problemas?* La respuesta a esta pregunta es: Sí existen. *¿Qué se puede decir entonces sobre estas técnicas, aparte del hecho de que manipulan símbolos?*

¿Cómo se puede averiguar si esas técnicas podrían ser útiles en la resolución de otros problemas, algunos quizá no considerados tradicionalmente como tareas de la Inteligencia Artificial? Uno de los pocos resultados definitivos que surgieron de los primeros 20 años de investigación en Inteligencia Artificial (IA), es que la inteligencia requiere conocimiento. En compensación por esta arrolladora ventaja, la indispensabilidad, el conocimiento posee también algunas propiedades menos deseables incluyendo:

- a). Ser Voluminoso.
- b). Ser Difícil de Caracterizar con Precisión.
- c). Estar Cambiando Constantemente.

Así pues, *¿A dónde se llega en el intento de definir las técnicas de la Inteligencia Artificial?* La respuesta es que una técnica de Inteligencia Artificial (IA), es un método que explota un conocimiento que debería ser representado de tal manera que:

1.- Capte generalizaciones.- En otras palabras, que no sea necesario representar separadamente cada situación individual. En vez de ello, las situaciones que comparten propiedades importantes se agrupan juntas. Si el conocimiento no tiene esta propiedad, para representarlo se necesitaría más espacio del disponible. Además, se necesitaría más tiempo del disponible para mantenerlo actualizado.

2.- Pueda ser comprendido por la gente que deba proporcionarlo. Aunque para muchos programas la mayor parte de los datos pueden ser adquiridos automáticamente, en muchos dominios de la Inteligencia Artificial (IA) la mayor parte del conocimiento que posee un programa debe, en último término, ser proporcionado por personas en términos que ellas comprendan.

3.- Pueda ser fácilmente modificado para corregir errores y para modificar los cambios del mundo y de la visión que se tenga de éste.

4.- Pueda ser usado en muchas situaciones, incluso si no es totalmente preciso ó completo.

5.- Pueda ser usado para ayudar a superar su propia extensión absoluta, ayudando a estrechar el rango de posibilidades que deban considerarse usualmente.

Aunque las técnicas de Inteligencia Artificial (IA), deben diseñarse de acuerdo con las restricciones impuestas por los problemas de Inteligencia Artificial (IA), hay algún grado de independencia entre los problemas y las técnicas de resolución de los mismos. Es posible resolver problemas de Inteligencia Artificial (IA) sin usar técnicas de Inteligencia Artificial (IA) que, como se sugirió anteriormente, quizá esas soluciones no sean muy buenas). Y es posible aplicar técnicas de Inteligencia Artificial (IA) a la solución de problemas que no son de Inteligencia Artificial (IA). Es probable que este sea un buen método para problemas que posean muchas de las mismas características que los de Inteligencia Artificial (IA).

17.- INTERFASES DE COMUNICACIONES (SERIE Y PARALELO).

Varias familias de MicroOrdenadores, disponen de Circuitos Integrados (CI), LSI compatibles con el resto de los elementos del sistema, a fin de evaluar el sistema de Entrada/Salida. Las características fundamentales de estos subsistemas son:

1.- Facilidad de interconexión a los buses de comunicación.- Por ser elementos compatibles con el resto del sistema, en cuanto a señales y temporizaciones, es muy fácil conectarlos a los buses, requiriendo en general, solamente un sistema de decodificación de direcciones.

2.- Posibilidad de programación.- De esta forma, se logra disponer de un cierto número de opciones de funcionamiento. En general, la programación consiste en cargar de una forma determinada un registro interno de modo operacional, lo cual dé además, la posibilidad de una reprogramación dinámica, es decir, en fase de operación. Esta posibilidad no siempre es utilizada, pero una programación inicial que permita adaptar el sistema a las necesidades particulares de cada aplicación, amplía los campos de utilización de un determinado circuito, dando como resultado una modularidad y reducción en costo en comparación con el desarrollo de circuitos especiales para cada configuración.

3.- Inteligencia distribuida.- La posibilidad de que estos circuitos posean una cierta capacidad de decisión para desarrollar funciones de control, permite descargar al Microprocesador de estas tareas, simplificando de esta forma el programa y/o posibilitando determinadas prestaciones del sistema que serían imposibles de conseguir, si la unidad central tuviera que hacerse cargo de toda la gestión del Sistema Entrada/Salida.

Por la función que realizan, se pueden también dividir en tres categorías:

1.- Interfases Dedicadas.- Son circuitos especializados para una función específica, aunque en general permiten un cierto número de operaciones. En esta categoría, se incluyen temporizadores, controladores de sistema (interrupciones y Acceso Directo a Memoria), y controladores de periféricos (discos flexibles, pantallas, teclados, Protocolos, etcétera).

2.- Interfases Generales.- Son circuitos de tipo más universal que los anteriores, y tienen como misión posibilitar la transferencia y diálogo entre Microprocesadores y los periféricos. Funcionalmente existen dos tipos distintos:

a).- Interfases para Transmisión en Paralelo.- Permiten disponer de un número elevado de líneas de entrada y salida, que permitirán el intercambio de información, así como el envío de órdenes y recepción de estado de una forma sencilla, flexible y rápida.

b).- Interfases para Transmisión en Serie.- Permiten utilizar canales de transferencia serie de un modo transparente al Microprocesador; es decir, se descarga a la unidad central de la tareas de serialización y sincronización.

Pueden ser síncronas y/o asíncronas según permitan un modo ú otro de transmisión.

3.- MicroOrdenadores Especializados de Entrada y Salida.- En principio, cualquier Microprocesador puede considerarse a modo de "Esclavo" de otro, realizando tareas bajo control del "Director". Estas tareas pueden ser cualesquiera y por lo tanto la gestión de entradas y salidas es una de ellas.

1.8.- PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

Una de las características claramente observable en la evolución de la tecnología de los computadores es la tendencia a la modularidad. Los elementos estructurales de los Ordenadores se conciben cada vez más como unidades dotadas de cierta autonomía que cooperan entre sí. Esta tendencia se fundamenta no sólo en la búsqueda de diseños más rápidos y eficientes sino también en principio de la división de funciones que facilita la concepción, diseño y mantenimiento de los diversos elementos que forman el sistema.

También es fácil constatar la atención que se ha prestado en la última década al estudio de los sistemas informáticos distribuidos que brindan la posibilidad de compartir recursos informáticos y aumentan la fiabilidad y disponibilidad de los sistemas a un precio justificable. Los multiprocesadores y las redes de computadores son ejemplos de este tipo de sistemas. La aparición y extensión de los Microprocesadores incrementan el interés en los sistemas distribuidos al posibilitar la concepción de redes de Microprocesadores y de nuevas arquitecturas multimicroprocesador formadas por un número elevado de Microprocesadores que se comuniquen entre sí de forma bien definida, sin necesidad de un control centralizado.

Estas consideraciones sugieren la posibilidad de contemplar todo sistema informático como un conjunto de unidades más ó menos autónomas con la función bien definida de colaborar entre sí para la consecución de tareas determinadas. La naturaleza y los objetivos perseguidos con esta cooperación difieren radicalmente de un sistema a otro, existiendo, sin embargo, ciertos aspectos comunes a todos ellos. Desde la óptica en que nos hemos situado puede señalarse con aspecto común de todos los sistemas la necesidad de intercambiar información entre los elementos que lo integran. Estos pueden ser circuitos, módems, concentradores, terminales, computadoras, procesos, personas, etc.

El intercambio de información entre los componentes de un sistema se denomina comunicación. La forma en que se realiza la comunicación depende de múltiples factores pero, en cualquier caso, es indispensable establecer claramente las reglas que han de seguirse en el intercambio de información.

Se denomina Protocolo de comunicación al conjunto de reglas que siguen la comunicación entre los elementos de un sistema. La materialización ("*Hardware*" ó "*Software*") de estas reglas se recibe así mismo la denominación de Protocolo.

Obsérvese que en estas definiciones no se ha impuesto ninguna restricción al tipo de información que intercambian los elementos del sistema. El concepto de comunicación se extiende desde el intercambio de datos, que presumiblemente involucrar procesos complejos de Programas ("*Software*"), hasta la simple señal que notifica a un elemento el estado de otro.

Obsérvese también que un Protocolo determinado controla el flujo de información entre las dos partes físicamente separadas de un mismo nivel. Ahora bien, igualmente necesario es establecer las reglas de comunicación entre los distintos niveles. Para distinguir los Protocolos "*Horizontales*" (entre partes de un mismo nivel) de los "*Verticales*" (entre niveles adyacentes), se denomina a estos últimos interfases de comunicación. La utilización del término *interfase* es coherente con el hecho de que generalmente los equipos que realizan los Protocolos de distinto nivel son diferentes, constituyendo las reglas de comunicación una verdadera interfase. Contrariamente, la comunicación dentro de un nivel suele realizarse entre entidades idénticas ó cuando menos similares.

Las funciones básicas de los Protocolos e Interfases son:

1.- Direccionamiento.- La especificación del origen y destino de la información.

2.- Control de Error.- La detección y recuperación de errores en la transmisión sobre el canal virtual de comunicaciones que se utiliza. En general, todo Protocolo ha de garantizar la transmisión correcta de una única copia de cada mensaje.

3.- Control de Flujo.- Se engloban en esta función las operaciones destinadas al mantenimiento del flujo de la información como son la selección de la ruta que han de seguir los mensajes, la reserva de espacio (de memoria), en la estación destino para información que ha de enviarse, etcétera.

4.- Sincronización.- Todo Protocolo ha de ser capaz de mantener en sincronismo las partes de un mismo nivel en el curso de la comunicación.

Otras funciones características de los Protocolos son la conexión y desconexión de circuitos físicos en ciertas aplicaciones, el mantenimiento de una secuencia ordenada de los mensajes, la segmentación de mensajes en unidades de transmisión más pequeñas ("*Paquetes*") y su ulterior reconstrucción, el tratamiento de mensajes con prioridades diversas, etcétera.

1.9.- MÉTODOS DE PRUEBA PARA LOS MICROPROCESADORES.

La comprobación de componentes tan complejos como son los Microprocesadores es una fuente de dificultades. Si se considera que una simple memoria de 64 bits resulta casi imposible de comprobar completamente (la prueba de todas las combinaciones posibles, al ritmo de 1 millón de combinaciones por segundo, ocuparía más de 10 años); se entiende con mayor razón, que la prueba de un Microprocesador no podrá ser efectuada al 100%. Prácticamente, una prueba de Microprocesador exigirá varias decenas de segundos utilizando un material de informática potente; esto encarece el precio de venta del componente. Han sido elaborados varios métodos de prueba. La primera idea que se debe considerar es al Microprocesador como un producto encargado de efectuar un cierto número de funciones. Se le envía entonces un cierto número de instrucciones y de datos, y se verifica si la solución que se obtiene es correcta. Los métodos de prueba son los siguientes:

1.9.1.-*Método de "Autoprueba"*.- En este método de prueba, el control no se efectúa en un comprobador de componentes propiamente dicho. Se comprueba el Microprocesador en un conjunto que reconstruya al sistema natural con memorias tipo RAM, tipo ROM, buses de comunicaciones y periféricos; el método funciona de la siguiente manera: Se carga un programa de diagnóstico en una memoria, el cual será ejecutado por el Microprocesador. Ese programa debe hacer ejecutar el máximo posible de instrucciones en las peores condiciones de operación para los registros internos. Si todas las instrucciones se desarrollan correctamente, el programa bifurca a una dirección final "*Bueno*". Si el Microprocesador está defectuoso, el programa bifurca a una dirección "*Malo*". De este método se pueden destacar un cierto número de ventajas, las cuales son:

a). El Microprocesador está en su ambiente ó entorno natural.

b). El programa de prueba podrá ser cualquiera de los que comercialmente se utilizan para la verificación y configuración del sistema (por ejemplo; NORTON DISK DOCTOR, PC TOOLS, DISK MANAGER ó bién algunos Comandos del Sistema Operativo).

c). El costo por instrucción ejecutada es bajo.

Sin embargo; presenta también algunos inconvenientes:

a). Puede suceder que varios errores se compensen y no sean detectados.

b). Generalmente, no se puede determinar la causa del defecto, por lo que resulta difícil un análisis del producto.

c). Es preciso esperar al desarrollo completo del programa para saber si el Microprocesador es "*Bueno*", lo que puede implicar un tiempo de prueba inútil si el defecto aparece desde el principio.

1.9.2.- *Método de Comparación.*- El método llamado de comparación necesita la utilización de un comprobador que comprenda dos conjuntos de manejadores y de detectores, dos soportes, una memoria y un Microprocesador de referencia. El método funciona de la siguiente manera: El Microprocesador de referencia trabaja de la misma forma que en el método anterior. Toda la información que entra al Microprocesador de referencia, se envía paralelamente también al producto a controlar, siendo comparadas las informaciones que salen de los dos productos. Se encuentran las mismas ventajas que en el método anterior; pero un primer defecto puede ser detectado inmediatamente en cada ciclo de instrucción. La velocidad de prueba está determinada por el tiempo de respuesta del Microprocesador de referencia y algunas veces aparecen defectos inexistentes si los dos productos tienen velocidades diferentes. También se deben de cumplir las siguientes restricciones:

$$n = n \\ 1 \quad 2$$

$$m = m \\ 1 \quad 2$$

$$x = x \\ 1 \quad 2$$

donde: n = número de terminales de cada Microprocesadores.

m = velocidad de cada Microprocesador.

x = tipo y fabricante de cada Microprocesador.

1.9.3.- Método Algorítmico en Tiempo Real.- En este método, se escribe un programa en lenguaje máquina perteneciente al Microprocesador y se carga posteriormente en un "Buffer"; se envía cada instrucción al Microprocesador el cual dá su respuesta y una señal de espera. Se compara la respuesta a una previamente calculada por el algoritmo. Si la respuesta es "Buena", se envía la instrucción siguiente al Microprocesador después de una señal de "Reinicio", en caso contrario, se señala que se ha producido un "Error". Se pueden destacar de este método de prueba un cierto número de ventajas:

- a). Una velocidad máxima para los Microprocesadores.
- b). Un primer defecto es detectado inmediatamente.

Sin embargo, este método presenta numerosos inconvenientes:

- a). Las instrucciones complejas tales como llamadas de sub-programa y el procedimiento de interrupciones necesitan varios "Bytes" consecutivos y son difícilmente controlables.

b) La ejecución es demasiado lenta para los Microprocesadores fabricados con canal N.

c). El control no se efectúa para cada ciclo de reloj interno.

d). El programador debe estar familiarizado con el producto en un 100% para determinar el orden de ejecución, los arreglos y las instrucciones.

1.9.4.- Método de las Configuraciones Grabadas.- Se desarrolla en dos etapas independientes: En la primera se simula el Microprocesador en una minicalculadora, una memoria de tipo RAM y una memoria tipo ROM; cada respuesta simulada puede ser identificada y asociada a la instrucciones correspondiente. El conjunto es controlado y enviado a un "Buffer" en períodos definidos. El contenido del "Buffer" se guarda seguidamente en una unidad de disco ó de cinta magnética. En la segunda fase, se cargan las configuraciones desde el disco ó cinta magnética al "Buffer" siendo transferidas al Microprocesador, que es vigilado de nuevo por el "controlador". Las ventajas de este método son su facilidad de puesta a punto y una cierta elasticidad de prueba. Sin embargo, presenta importantes defectos como son:

a). Necesidad de un gran "Buffer" para transferir las configuraciones, lo que resulta costoso debido a su gran capacidad.

b). Para cada cambio aunque sea mínimo, se debe reemprender la primera fase, de donde resulta una nueva simulación.

c). No es posible simular las interrupciones.

d). Requiere un soporte importante de paquetería y programas de prueba.

I.9.5.- Método "LEAD".- La Industria "Fairchild Systems Technology", ha desarrollado un programa denominado LEAD, que trabaja sobre uno de sus comprobadores de la Serie "Sentry" el S670 (velocidad programable hasta 100 MHz, 60 terminales de Entrada/Salida y 160 pasos de resolución sobre los relojes). LEAD permite generar un programa de prueba partiendo solamente de las informaciones de las especificaciones del producto. Simula también el entorno del Microprocesador utilizando los recursos del probador.

El programador provee todas las condiciones analógicas de trabajo, las condiciones de sincronización del probador sobre el Microprocesador (estas condiciones deben ser nominales con el fin de garantizar al máximo el buen funcionamiento del producto de referencia). El método funciona de la siguiente manera: El programador escribe un programa en el lenguaje apropiado al Microprocesador (hexadecimal, octal ó ensamblador). LEAD convierte entonces este programa en códigos asimilables por el probador y los coloca en la memoria. Esta memoria está organizada en varias secciones: 65 000 palabras de memoria virtual, memoria de los acontecimientos, direcciones periféricas, "Buffer's". Es así como LEAD utilizar la memoria para simular a las Memorias tipo RAM y tipo ROM.

Cuando se ha insertado un Microprocesador de referencia en su soporte, LEAD ejecuta la fase de generación. Las instrucciones son enviadas del "Buffer" al Microprocesador y las respuestas de todos las terminales se graban para cada pulso de reloj. Para economizar, el tamaño del "Buffer" es limitado a 2048 bits/terminal. Como este "Buffer" es una memoria rápida y no un registro propiamente dicho, permite tener ciclos y subprogramas guardados hasta 16 niveles.

En todas las páginas LEAD graba el estado del Microprocesador, carga el "Buffer" con los nuevos datos y restituye el estado precedente del Microprocesador. Cuando se termina de generar se puede utilizar el programa de prueba. El programador puede entonces precisar las condiciones marginales de las pruebas. El programa se ejecuta página a página. El Microprocesador es controlado a cada pulso de reloj simultáneamente sobre todos los terminales. A la menor desviación con respecto a los valores registrados, el probador envía un mensaje de error que comprende: La secuencia, la instrucción, el ciclo de reloj, la terminal considerada y el nivel de salida.

Como el Microprocesador está en un entorno simulado idéntico al entorno natural, es posible simular la ejecución de instrucciones complejas en tiempo real. Las características más importantes y ventajas de este método particular de prueba de los Microprocesadores son: Su facilidad de puesta a punto, su facilidad de programación (soporte de programación reducido), no es necesario el conocimiento intrínseco del Microprocesador, la simulación del entorno por el probador, la no interrupción entre cada instrucción y la facilidad de análisis del producto. Se debe observar que es necesario tener un Microprocesador de referencia.

I.10.- COMPARACIÓN ENTRE EL MP80386 Y EL MP80486.

Para poder comparar a estos dos Microprocesadores, es necesario avocarse a su Arquitectura y principales aplicaciones (dentro de los Procesos Industriales y de los Servidores de Red), ya que de otro modo esta "comparación" estaría incompleta. Lo primero que se debe analizar es lo siguiente:

MP80386	MP80486
Presentado en 1985.	Presentado en 1987.
Bus de 32 Bits.	Bus de 32 Bits.
275 000 transistores.	400 000 transist.
Tecnología CHMOS.	Tecnología CHMOS.
Costo \$ 299 USD.	Costo \$ 400 USD.
Velocidad de 4 MIPS.	Velocidad mayor a 5 MIPS.
Auto comprobación 75%	Auto comprobación 90%
Versiones SX y DX.	Versiones SX y DX.
Velocidad de 25 y 33 MHz.	Velocidad de 33, 50, 100MHz.
Sin UPF y Caché.	Con UPF y Caché.
Sin "Pipeline".	Con "Pipeline".

Analizando la tabla anterior se puede concluir que: El MP80486 es un MP80386 mejorado, el cual tiene un rendimiento de aproximadamente un 85%, en relación a su antecesor. Desde el punto de vista de la Unidad de Punto Flotante (Coprocesador Aritmético), en el MP80486 existe una mejora en el rendimiento de los paquetes de aplicación y los programas que lo utilizan como son: Análisis estadístico, el CAD y otros. Este Coprocesador Aritmético interno del MP80486, maneja los cálculos de números reales al doble de la velocidad de la combinación de un MP80386 y su Coprocesador, todo lo anterior aún operando a la misma velocidad del reloj de sincronía.

Ya en la actualidad, los costos han hecho que entre estos dos Microprocesadores, prácticamente no haya diferencia sustancial, por lo que, pudiendo seleccionar entre ambos, es lógico pensar que se elija al MP80486. Sin embargo, el MP80386 sigue teniendo vigencia ya que, tiene una velocidad de resolución muy grande de 4 a 5 MIPS (Millones De Instrucciones Por Segundo); que difícilmente se puede saturar en las condiciones actuales de procesamiento.

Debido a lo anterior es muy probable que durante algún tiempo se siga utilizando este Microprocesador. En lo referente a las aplicaciones a los Procesos Industriales, se puede manifestar que el MP80386 sigue siendo muy confiable y que si en algunos Procesos se ha cambiado por el MP80486 ha sido solamente por la ventaja del Coprocesador que permite la realización de cálculos de manera más rápida (en algunos procesos es necesario la utilización de programas que implican el desplazamiento ó rotación de algún automatismo, lo que necesita de elementos de conteo ascendente y descendente al igual que elementos que giren; por lo que un Coprocesador permite la realización de estos cálculos más eficientemente, que el hacerlos en la Unidad Lógico Aritmética (ALU) del MP80386), para evitar algunos ciclos de reloj sin actividad real sobre el Proceso.

Fuera de esta realidad; en Procesos sencillos y en computadoras personales de uso doméstico, es muy factible que se sigan comercializando y utilizando los sistemas basados en el MP80386, que hasta la fecha sigue demostrando su capacidad en la solución de problemas.

Dentro de las diferencias por Arquitectura, se debe establecer lo siguiente: El miembro más nuevo de la familia "iapx86" es el MP80486 "Overdrive". El Circuito Integrado "Overdrive" hace un bello truco (corre simultáneamente a dos velocidades de reloj). Cuando transfiere datos a/desde el Bus, la Memoria ó cualquiera de los otros elementos, aparte de sí mismo, lo hace a 25 MHz. Pero las operaciones internas (operaciones aritméticas, toma de decisiones, operaciones lógicas y similares) son efectuadas a dos veces la velocidad del reloj; es decir, 50 MHz internamente. El efecto neto es que el Circuito Integrado "Overdrive" hace todo al menos tan velozmente como el MP80486DX de 25 MHz, y muchas operaciones a doble velocidad. El resultado es que el MP "Overdrive", acelera al computador de 33 a 50% aproximadamente.

ANTECEDENTES AL TRABAJO

Los Ordenadores han sido y serán una herramienta de trabajo imprescindible a nivel mundial. Aunque en 1975, ya se podían encontrar Ordenadores en casi todas las organizaciones medianas y grandes todavía eran demasiado costosos para grupos pequeños ó en forma particular. No obstante, los avances en la Electrónica estaban a punto de introducir una categoría totalmente nueva de Ordenadores; equipos de inventario con la capacidad de los antiguos gigantes y con precios al alcance de los individuos.

Actualmente, la gente está consciente de las ventajas que brindan los Ordenadores. Por otro lado, es impresionante el paso agigantado que la Electrónica va avanzando, por lo cual es casi imposible mantenerse al nivel de desarrollo tecnológico de países tan importantes como China, Japón, Estados Unidos de América, Alemania, etcétera. Pero si podemos aprovechar la información que poseemos y actuar con ella en consecuencia y ya no delegar como por desgracia, hasta ahora se ha hecho.

En todo momento de la historia de los Ordenadores; se han tomado en cuenta puntos importantes como son: El saber y conocer las posibilidades y limitaciones de éstos en cuanto a los Programas y Paquetes que puede utilizar y soportar ("*Software*"), a la Arquitectura de Sistemas que pueden soportar y utilizar ("*Hardware*") y el uso de la Arquitectura de Sistemas y la Programación ("*Firmware*"), saber el manejo de los mismos, conocer su estructura interna, conocer la arquitectura básica de los elementos que lo configuran y finalmente apreciar la gran utilidad y facilidad que brindan en el manejo de la información.

Antes de emprender "algo", es una buena idea decidir qué es exactamente lo que se desea hacer. Así pues, debemos preguntarnos: ¿Cuál es nuestro objetivo al intentar producir programas que hagan las cosas "Inteligentes" que hacen las personas? ¿Intentamos producir programas que realicen las tareas del mismo modo que lo hacen las personas? ¿O bien intentamos producir programas que simplemente realicen las tareas de la forma que parezca más fácil? Han habido proyectos de Inteligencia Artificial (IA) motivados por cada uno de los objetivos anteriores.

Los esfuerzos para construir programas que realicen las tareas del mismo modo que las realizan las personas pueden dividirse en dos clases. Los programas de la primera clase, intentan resolver problemas que no encajan exactamente con la definición de tarea de Inteligencia Artificial (IA). Son problemas que un Ordenador puede resolver fácilmente, aunque esa solución haga uso de mecanismos que no parecen estar al alcance de las personas. Muchas personas consideran que los programas de esta primera clase carecen de interés, y en cierto modo pueden tener razón. Sin embargo, estos programas pueden ser herramientas útiles para los psicólogos que quieran comprobar Teorías sobre comportamientos humanos.

La segunda clase de programas que intentan modelar las actuaciones humanas caen más claramente en el ámbito de la definición de tareas de Inteligencia Artificial (IA). Realizan tareas que no son triviales para un Ordenador. Hay diversas razones por las cuales se podría querer modelar las actuaciones humanas en esa clase de tareas:

1.- Para comprobar teorías psicológicas de comportamientos humanos. Un ejemplo interesante de programa escrito por esta razón es "PARRY", que explotaba un modelo de conducta paranoide humana para simular el comportamiento conversacional de una persona paranoide. El modelo fue lo suficientemente bueno como para que diversos psicólogos que tuvieron la oportunidad de conversar con el programa a través de una terminal diagnosticaran su comportamiento como paranoide.

2.- Para permitir que los Ordenadores entiendan los razonamientos humanos. Por ejemplo, para que un Ordenador pueda leer un artículo periodístico y contestar a una pregunta como: "¿Por qué se están preparando los Rusos para una invasión?", su Programa debe ser capaz de simular los procesos de razonamiento de las personas.

3.- Para posibilitar que las personas comprendan el razonamiento del Ordenador. En muchas circunstancias, las personas se muestran reacias a confiar en los resultados dados por el Ordenador a menos que puedan entender cómo llegó la máquina a este resultado. Si el proceso de razonamiento del Ordenador es similar al de las personas, es mucho más fácil producir una explicación aceptable.

4.- Explotar el conocimiento que podamos recoger de las personas. Puesto que las personas son los mejor conocidos de entre los realizadores de las tareas que se tratan, es altamente razonable observarlas para obtener claves sobre la manera de proceder.

¿Qué conclusiones se pueden sacar de lo que en párrafos anteriores se ha manejado, a los principales problemas de la Inteligencia Artificial (IA)? Los problemas son variados, interesantes y difíciles. Para resolverlos se debían lograr dos objetivos primordiales: Hacer todo lo posible para establecer los criterios que permitan decir si se han resuelto y, a continuación, resolverlos. Se necesitan métodos que ayuden a resolver el serio dilema de la Inteligencia Artificial (IA).

Un sistema de Inteligencia Artificial (IA) debe contener gran cantidad de conocimientos, se hace más difícil el acceder a los objetos que necesitamos, por lo que debemos añadir más conocimientos que ayuden. Pero entonces aumenta la cantidad de conocimiento a manejar, por lo que se debería añadir más, y así sucesivamente.

La meta de la Inteligencia Artificial (IA), es construir programas que funcionen y resuelvan los problemas que interesan. La Inteligencia Artificial (IA), es una disciplina joven. Se han aprendido muchas cosas, algunas de las cuales se analizarán a lo largo de este trabajo. Pero aún es difícil saber con exactitud bajo qué perspectiva se han de observar esas cosas.

8.- Señales de interrupción.- A continuación se presentan las tres señales características de este grupo y son:

1.- INTR.- (Petición de interrupción enmascarable).- La activación de esta línea de entrada del MP80386, representa una petición de interrupción, que puede enmascarse con el bit IF del Registro de Señalizadores.

Cuando el MP80386 responde a una petición INTR, realiza dos ciclos de reconocimiento y, al final del segundo, carga un vector de interrupción de 8 bits sobre D0-D7, que identifica el origen de la interrupción. La señal INTR es activa por nivel y asíncrona con la señal CLK2. Para que se asegure el reconocimiento de una interrupción INTR, ésta ha de permanecer activa hasta el inicio del primer ciclo de reconocimiento de interrupción.

2.- NMI.- (Interrupción no enmascarable).- Esta señal introduce al MP80386 una petición de servicio de interrupción, que no puede ser enmascarada con instrucciones en el programa. Siempre es atendida y la rutina a la que se accede, viene determinada por el puntero 2 de la Tabla de Interrupciones. Es cautiva por flanco ascendente y asíncrona con respecto a CLK2. Una vez iniciada la atención a una petición NMI, se ignoran otras peticiones NMI, hasta que no se ejecute la instrucción de retorno de interrupción IRET.

3.- RESET. (Reinicialización).- Al activarse esta señal se suspende cualquier operación en curso y se realiza una rutina que deja al MP80386 en un estado conocido. Para que el Microprocesador acepte la señal de RESET, esta señal ha de permanecer activa durante 15 ó más períodos de CLK2. Cuando es aceptada la señal de RESET, se ignoran las restantes señales de entrada y se pasa a un estado de inactividad, en el que las señales del MP80386 toman los siguientes estados:

II.4.- REPERTORIO DE INSTRUCCIONES DEL MP80386.

Las instrucciones del MP80386 soportan 0, 1, ó 3 operandos, que pueden residir: En un registro, en la memoria, ó en la propia instrucción. La mayoría de las instrucciones que carecen de operando ocupan un byte y las de un operando, generalmente, 2 bytes. El uso de dos operandos permite actuar sobre los siguientes elementos:

- Registro a registro.
- Memoria a registro.
- Inmediato a registro.
- Memoria a memoria.
- Registro a memoria.
- Inmediato a memoria.

Los operandos pueden constar de 8, 16 ó 32 bits. El repertorio de instrucciones del MP80386 se clasifica en 9 grupos, según el tipo de operación que realizan:

- 1.- De transferencia de datos.
- 2.- Aritméticas.
- 3.- De desplazamiento y rotación.
- 4.- De manipulación de cadenas.
- 5.- De manipulación de bits.
- 6.- De transferencia de control.
- 7.- De soporte a los lenguajes de alto nivel.
- 8.- De soporte a sistemas operativos.
- 9.- De control del Microprocesador.

1.- Instrucciones Para La Transferencia de Datos:

a). De propósito General.

MOV: Mover operando.

PUSH: Cargar operando en la Pila.

POP: Sacar operando de la Pila.

PUSHA: Cargar el contenido de todos los registros en la Pila.

POPA: Sacar todos los registros de la Pila.

XCHG: Intercambio de operandos.

XLAT: De traducción.

b). De Conversión.

MOVZX: Mover byte, palabra ó doble palabra con extensión de ceros.

MOVŠX: Mover byte, palabra ó doble palabra con extensión de signo.

CBW: Convertir byte a palabra ó palabra a doble palabra.

CDW: Convertir palabra a doble palabra.

CDWE: Convertir palabra a doble palabra extendida.

CDQ: Convertir doble palabra a palabra cuádruple.

c). De Entrada y Salida.

IN: Entrada de un operando desde el espacio de Entrada/Salida.

OUT: Salida de un operando al espacio de Entrada/Salida.

d). De Actuación Sobre Dirección.

LEA: Cargar la dirección efectiva.

LSD: Cargar puntero en el registro D.

LES: Cargar puntero en el registro E.

LFS: Cargar puntero en el registro F.

LGS: Cargar puntero en el registro G.

LSS: Cargar puntero en el registro S.

e). De Manipulación de Señalizadores.

LAHF: Carga en el registro A los señalizadores (Flags).
SAHF: Almacena el registro A en el registro de señalizadores.
PUSHF: Carga el registro de señalizadores en la Pila.
POPF: Saca el registro de señalizadores de la Pila.
PUSHFD: Carga el registro EFLAGS en la Pila.
POPFD: Saca el registro de señalizadores de la Pila.
CLC: Borra el señalizador de Acarreo.
CLD: Borra el señalizador de Dirección.
CMC: Complementa el Acarreo.
STC: Pone a "1" lógico el Acarreo.
STD: Pone a "1" lógico el señalizador de Dirección.

2.- *Instrucciones Aritméticas:*

a). Suma.

ADD: Suma operandos.
ADC: Suma con acarreo.
INC: Incrementa el operando una unidad.
AAA: Ajuste ASCII para la suma (no empaquetado).
DAA: Ajuste decimal para la suma (empaquetado).

b). Resta.

SUB: Resta operandos.
SBB: Resta con llevada.
DEC: Decrementa una unidad el operando.
NEG: Niega el operando.
CMP: Compara operandos.
AAS: Ajuste ASCII para la resta.

c). Multiplicación.

MUL: Multiplica con simple ó doble precisión.

IMUL: Multiplica enteros.

AAM: Ajuste ASCII para después de la multiplicación.

d). División.

DIV: Divide números sin signo.

IDIV: Divide números enteros con signo.

AAD: Ajuste ASCII para después de la división.

3.- Instrucciones Para el Manejo de Cadenas:

MOVS: Mueve una cadena (string) de bytes, palabras ó dobles palabras.

INS: Entrada de una cadena desde el espacio de Entrada/Salida.

OUTS: Salida de una cadena al espacio de Entrada/Salida.

CMPS: Compara bytes, palabras ó dobles palabras de una cadena.

SCAS: Busca Bytes, palabras ó dobles palabras de una cadena.

LODS: Carga una cadena de bytes, palabras ó dobles palabras.

STOS: Almacena una cadena de bytes, palabras ó dobles palabras.

REP: Repite una operación sobre una cadena, el valor de C.

REPE/REPZ: Repite según C, mientras sea igual a cero.

RENE/REPNZ: Repite según C, mientras no sea igual ó no sea cero, a semejanza con la instrucción del MP8086 que tiene igual nemónico.

4.- Instrucciones Lógicas:

a). Booleanas.

NOT: Operación lógica de inversión.

AND: Operación AND.

OR: Operación OR.

XOR: Operación OR Exclusiva.

TEST: Operación AND sin resultado. Sólo afecta los señalizadores.

b). De Desplazamiento.

SHL/SHR: Desplazamiento lógico a la izquierda ó a la derecha.

SAL/SAR: Desplazamiento aritmético a la izquierda ó a la derecha.

SHLD/SHRD: Doble desplazamiento a la izquierda ó a la derecha.

c). De Rotación.

ROL/ROR: Rotación a la izquierda ó a la derecha.

RCL/RCR: Rotación a través del Acarreo a la izquierda ó a la derecha.

5.- Instrucciones para la Manipulación de Bits:

a). De simple bit.

BT: Prueba de un bit.

BTS: Prueba de un bit y puesta a "1" lógico.

BTR: Prueba de un bit y puesta a "0" lógico.

BTC: Prueba de un bit y complemento.

BSF: Búsqueda de un bit hacia adelante.

BSR: Búsqueda de un bit hacia atrás.

b). De cadena de bits.

IBTS: Inserta cadena de bits.

XBTS: Intercambia cadena de bits.

6.- Instrucciones Condicionales:

SETCC: Poner el byte igual al código de condición.

JA/JNBE: Salta si más alto/no más bajo ó igual.

JAЕ/JNB: Salta si más alto ó igual/no menor.

JB/JNAE: Salta si más bajo/no mayor ó igual.

JC: Salta si el Acarreo es "1" lógico.

JE/JZ: Salta si igual/cero.

JG/JNLE: Salta si mayor/no menor ó igual.

JL/JNGE: Salta si menor/no mayor ó igual.

JLE/JNG: Salta si menor ó igual/no mayor.

JNC: Salta si no Acarreo.

JNE/JNZ: Salta si no igual/no cero.

JNO: Salta si no Overflow.

JNP/JPO: Salta si no Paridad/paridad impar.

JNS: Salta si el señalizador de Signo es "0".

JO: Salta si hay Overflow.

JP/JPE: Salta si Paridad/paridad par.

JS: Salta si el señalizador de Signo es "1".

a). Transferencias incondicionales.

CALL: Llamada a procedimiento ó tarea.

RET: Retorno desde procedimiento ó tarea.

JMP: Salto incondicional.

b). De control de iteración.

LOOP: Bucle repetitivo según C.

LOOPE/LOOPZ: Bucle repetitivo si igual/cero.

LOOPNE/LOOPNZ: Bucle si no igual/no cero.

JCXZ: Salta si el registro CX = 0.

c). De interrupción.

INT: Interrupción por programa.

INTO: Interrupción si hay "Overflow".

IRET: Retorno desde interrupción.

CLI: Pone a cero el señalizador de Interrupción.

SLI: Pone a uno el señalizador de Interrupción.

7.- *De Soporte a Los Lenguajes de Alto Nivel:*

BOUND: Comprueba los límites de un "Array" ó una Tabla.

ENTER: Inicializa par metros para entrar en un procedimiento.

LEAVE: Dejar procedimiento.

8.- *Para Modelo de Protección:*

SGTD: Almacena Tabla de Descriptores Globales (GTD).

SIDT: Almacena Tabla de Descriptores de Interrupción (IDT).

STR: Almacena Registro de Tarea (TR).

SLDT: Almacena Tabla de Descriptores Locales (LDT).

LGDT: Carga Tabla de Descriptores Globales.

LTR: Carga Registro de Tarea.

LIDT: Carga Tabla de Descriptores de Interrupción.

LLDT: Carga Tabla de Descriptores Locales.

ARPL: Ajuste al nivel de privilegio solicitado.

LAR: Carga derechos de acceso.

LSL: Carga límite de segmento.

VERR/VERW: Verifica segmento para lectura ó escritura.

LWSW: Carga la "palabra de estado de la máquina", que son los 16 Bits de menos peso de CR0.

SMSW: Almacena la palabra de estado.

II.5- ARQUITECTURA DEL MICROPROCESADOR 80486.

II.5.1.- INTRODUCCIÓN AL MP80486.

La serie de Microprocesadores 80486, es en gran parte una versión mejorada de la serie MP80386; ya que cuenta fundamentalmente con 2 adiciones incluidas en el mismo Circuito Integrado:

- 1.- Una memoria caché de 8 Kbytes.
- 2.- Una unidad de números reales (FPU, también conocida como un coprocesador matemático).

Los Ingenieros de Intel también rediseñaron la Arquitectura de los circuitos lógicos del Circuito Integrado 80486, para que pueda ejecutar más operaciones en menos ciclos de reloj.

Existen varias versiones del MP80486, ya que se tienen:

- 1.- MP80486DX.
- 2.- MP80486SX.
- 3.- MP80486DX2.
- 4.- MP80486DX4

El diseño mejorado del MP80486DX le dé a las unidades 486, mejoras significativas en el rendimiento del MP y la memoria. Una unidad 486 de 33MHz, produce un rendimiento en el MP de un 85% como mejora, y un rendimiento en memoria que duplica el de una unidad 386 de 33MHz.

El coprocesador matemático interno en el M80486DX mejora el rendimiento de los Programas ("*Software*") que lo utiliza: Análisis estadístico, CAD y otros. Este coprocesador matemático interno del MP80486, maneja los cálculos de números reales al doble de la velocidad de la combinación de un MP80386DX y un MP80387DX que es un coprocesador; todo esto operando a la misma frecuencia de reloj.

Intel fabricó el MP80486SX el cual es básicamente un MP80486DX sin la Unidad de Punto Flotante (FPU), para aquellas aplicaciones en las cuales no es necesario el coprocesador. El MP80486SX sirve como un MP80386DX más eficiente, y tiene la capacidad de mejora que Intel incluyó en su línea 486; se encuentra en versiones de 16, 20 y 25 MHz.

El MP80486SX está diseñado para ejecutar instrucciones al doble de la velocidad de un MP80386 que opere a la misma velocidad.

El MP80486DX2, es un MP80486DX que ejecuta internamente al doble de velocidad del reloj conectado, pero externamente ejecuta al mismo tiempo que marca el reloj. Por ejemplo; un MP80486DX2 de 50MHz, usa un reloj de cristal de 25 MHz y ejecuta internamente a 50 MHz pero externamente a 25 MHz. Esta tecnología, permite el uso de componentes en la tarjeta madre con frecuencias más bajas para crear un sistema más accesible. Una unidad 486 de 50 MHz, es casi 50 veces más "*veloz*" que una IBM/XT original; como una indicación más práctica se dice que una 486DX de 50 MHz es casi 5 veces más rápida que una 386SX de 20 MHz.

El caché incluido en la 486 es más eficiente que un caché externo, porque tiene una vía de acceso de información directa de 128 Bits al circuito de procesamiento del integrado. Intel limitó el tamaño a 8 Kbytes, porque sus circuitos ocupan 1/3 del área del Circuito Integrado.

Los cachés externos que se deben de conectar al 486 mediante su ruta de datos de 32 Bits, pueden mejorar el rendimiento porque pueden ser tan grandes como se quiera. Se debe mencionar que un caché es un bloque pequeño de memoria estática (SRAM), rápido pero costoso que opera sin ciclos de espera que se interpone entre el Microprocesador y la lenta memoria del sistema.

Un controlador de caché intenta anticipar las necesidades del Microprocesador y llena el caché con el contenido de la memoria que tenga más probabilidad de acceso. El caché tiene un ("hit") ó acierto cuando la información necesaria está en el caché y el Microprocesador no tiene que esperar para extraerla; el caché tiene un ("mistake") ó fracaso, cuando la información necesaria no está en el caché y el Microprocesador debe esperar a que la información se extraiga de la memoria general. En general, mientras más grande sea el caché mayor ser la probabilidad de éxito.

Por otra parte, ya existen MP80486SL, los cuales representan un gran ahorro de energía, ya que presentan una alimentación de 3.5 Volts, y con un consumo de potencia mínimo.

Los Microprocesadores SX, se utilizan para sistemas de escritorio a nivel captura; los de clase DX de alto rendimiento se emplean en instrucciones frecuentemente utilizadas en menos ciclos, aún a costa de utilizar más ciclos para las instrucciones utilizadas menos frecuentemente, lo que resulta de esto es una ganancia significativa en el rendimiento. Un resultado del perfil de Intel, es que se está acumulando una enorme base de datos de trazos de instrucciones de diversas aplicaciones comerciales.

El nuevo 486SL tiene un bus PI (Interfase Periférica) que es funcionalmente equivalente a un bus local, en una computadora de escritorio. El bus de Interfase Periférica (PI), permite que un controlador gráfico ó una tarjeta relámpago cortocircuiten el bus de Entrada/Salida, y se enlace directamente a la Unidad de Procesamiento Central (UPC); el bus de Interfase Periférica (PI) opera a la velocidad del reloj de la Unidad de Procesamiento Central (UPC), comparado con el relativamente, lento ancho de banda del bus de Entrada/Salida que es de 8 MHz.

Algunas características de los 486 son:

- 1.- Efectúan el "Pipeline" de cinco etapas.
- 2.- Además se emplea una tecnología de un micrón, para empacar 1.2 millones de transistores.
- 3.- Estaciones y servidores de alta tecnología.

Intel fue el pionero en el concepto de una actualización de un sólo Circuito Integrado con su Microprocesador llamado "Overdrive"; el cual aumenta al doble la velocidad del reloj interno de un Microprocesador e incrementa su rendimiento general en aproximadamente un 50%. Anteriormente, al integrado "Overdrive", la mayoría de las actualizaciones se llevaban a cabo fuera, mediante el reemplazo de la Tarjeta Principal ó mediante la instalación de tarjetas extra ó "tarjetas hijas".

Una de las características de estos nuevos Microprocesadores 80486, es la "perfilación" de instrucciones (la cual se empleaba en los ambientes de minicomputadoras y mainframes). La "perfilación" de instrucciones es el análisis de la frecuencia relativa de las instrucciones utilizadas por las aplicaciones. Con esta información los Ingenieros pueden afinar una arquitectura para que ejecute las estaciones y servidores de alta tecnología.

II.6.- ARQUITECTURA INTERNA DEL MP80486.

Existen varias versiones del MP80486, las cuales, presentan diversas características, las diferentes Compañías presentan los siguientes Circuitos Integrados durante los primeros seis meses de 1993:

1.- Intel 486SX/33 el cual es simplemente una versión más rápida de la línea existente.

2.- IBM 486SCL es la versión de IBM del Circuito Integrado de Intel.

3.- CYRYX 33MHz 486SCL es una versión más rápida del SCL con un conjunto totalmente nuevo de características de manejo de energía.

4.- Intel 486SL proporciona bajo consumo de energía.

5.- CYRYX DRU. Un 486DCL que aumenta al doble el rendimiento de un sistema 386DX a 33MHz.

6.- CYRIX 486S2/50 es un Microprocesador compatible con el 486SX con una memoria caché más pequeña que el equivalente de Intel. CYRIX asegura que haciendo la memoria Caché de "Retroescritura", se compensa con el tamaño más pequeño.

El MP80486 es un Microprocesador avanzado de 32 Bits, diseñado para aquellas aplicaciones donde sea requerida una alta perfección y optimización para sistemas que operen en multitarea. Los registros de 32 Bits y las direcciones de este procesador le permiten direccionar arriba de 4 Gigabytes de memoria física y 64 Terabytes de memoria virtual.

El manejador de memoria integrado y la arquitectura de protección incluye el traspaso de direcciones, registros y un mecanismo de protección para soportar Sistemas Operativos (S.O.) variados, además de la capacidad de realizar multitareas.

Este Microprocesador, es capaz de realizar arriba de 5 MIPS (Millones de Instrucciones Por Segundo). Mantiene compatibilidad con los códigos objeto de todos los miembros de la Familia 8086, de tal manera, que puede ser "Conectado" a la mayoría de los Microprocesadores de el Mundo que mantengan la misma base.

El MP80486 consiste de una Unidad Central de Proceso; una Unidad Manejadora de Memoria y un Bus de Manejo de Interfase, además dependiendo de la versión podrá contener ó no un coprocesador matemático integrado. La Unidad de Ejecución contiene registros de propósito general de 32 Bits, los cuales son empleados para el cálculo de direcciones, operación de datos y un manejador de 128 Bits empleado para rotar, multiplicar y dividir operaciones.

La unidad de instrucción decodifica los códigos de operación y los almacena dentro del decodificador de instrucciones para posteriormente emplearlos por la unidad de ejecución.

La Unidad de Manejo de Memoria, consiste de una Unidad de Segmentación y una Unidad de Página; la Segmentación, es para el manejo de las direcciones un espacio lógico para suministrar un componente de direccionamiento extra, de tal manera, que un código y un dato son fácilmente relocalizables, el mecanismo de Paginación opera de una manera transparente a la segmentación, cada segmento es dividido en uno ó más segmentos de página de 4 Kbytes.

Para implantar un sistema de memoria virtual, el MP80486 soporta reinicio total para todas las páginas y segmentos.

La memoria está organizada dentro de uno ó más segmentos de longitud variable, cada uno de ellos arriba de 4 Gigabytes. Una región dada por el espacio de las líneas de dirección, puede ser asociado con un segmento, donde se tendrán una serie de atributos; éstos incluyen su localización, tamaño, tipo (si es código ó dato) y características de protección. Cada grupo del MP80486, puede tener un máximo de 16381 segmentos con 4 Gigabytes cada uno, lo cual suministra un total de 64 terabytes (trillones de bytes) de memoria virtual. La Unidad de Segmentación suministra 4 niveles de protección. Maneja los modos de operación, de modo de direccionamiento real (modo real), y modo de direccionamiento virtual protegido (modo protegido).

El modo real es requerido para que después pueda instalarse el modo protegido, éste proporciona el acceso al complejo manejador de memoria, a la paginación y capacidades privilegiadas del Microprocesador

Para facilitar el alto desarrollo del diseñ^o de Arquitectura de Sistemas ("*Hardware*") la interfase del MP80486 ofrece direccionamiento "*Pipeline*", bus de datos dinámico y habilitación de señales de Byte directas para cada Byte del bus de datos.

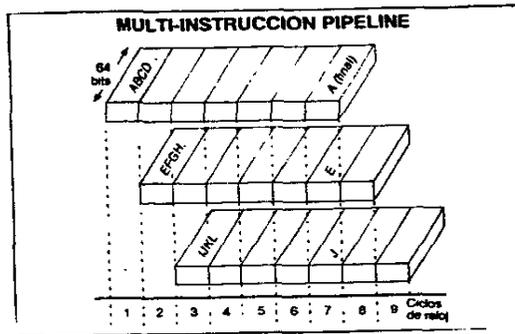


Fig. II.7.- El Empalmado de Multi-Instrucciones "Pipeline" del MP80486.

MICROPROCESADOR 486SL DE INTEL

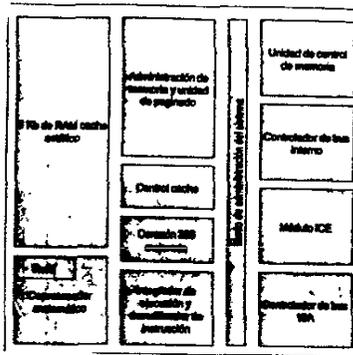
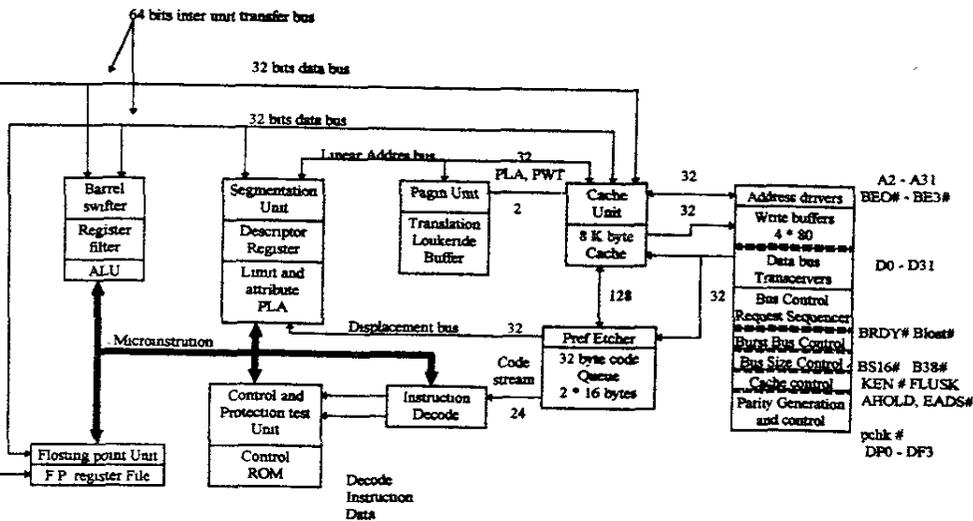


Fig. II.8.- MP80486SL de Intel, para Sistemas de Ordenadores Portátiles ("Notebook").



486 MICROPROCESOR PIPELINED 32 BIT MICROARCHITECTURE
MICROARQUITECTURA

Fig. II.10.- Arquitectura del MP80486 de Intel.

II.7.- REGISTROS INTERNOS DEL MP80486.

El MP80486 tiene los registros agrupados en las siguientes categorías:

- 1.- Registros de Propósito General.
- 2.- Registros de Segmento.
- 3.- Instrucciones de Puntero y Banderas.
- 4.- Registros de Control.
- 5.- Registros del Sistema de Direcciones.
- 6.- Registros Depuradores.
- 7.- Registros de Prueba.

Todos los registros anteriores son un "Superconjunto" de los registros manejados anteriormente, por todos los Microprocesadores precedentes de Intel.

La arquitectura base además, incluye seis segmentos que se pueden acceder directamente, cada uno de 4 Gigabytes, los segmentos son seleccionados colocando los valores adecuados en el registro de segmentos del MP80486, varios valores seleccionados pueden ser cargados cuando un programa se está ejecutando si así se desea.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

II.8.- JUEGO DE INSTRUCCIONES DEL MP80486.

El juego de instrucciones está dividido en nueve categorías de operación:

- 1.- Transferencia de Datos.
- 2.- Aritmética.
- 3.- Rotación.
- 4.- Manipulación de Cadenas.
- 5.- Manipulación de Bit.
- 6.- Transferencias de Control.
- 7.- Soporte de Lenguajes de Alto Nivel.
- 8.- Soporte de Sistemas Operativos.
- 9.- Control de Procesos.

Todas las instrucciones operan con 0, 1, 2 ó 3 operandos, donde un operando reside en un registro, dentro de la misma instrucción ó en memoria; la mayoría de las operaciones e instrucciones cero toman únicamente un byte, una instrucción de operando generalmente tiene una longitud de 2 bytes, el promedio de la longitud de las instrucciones es de 3,2 bytes.

El uso de dos operandos permite los siguientes tipos de instrucciones comunes:

- 1.- Registro a Registro.
- 2.- Memoria a Registro.
- 3.- Inmediato a Registro.
- 4.- Registro a Memoria.
- 5.- Inmediato a Memoria.

Los operandos pueden ser de 8, 16 ó 32 bits de largo, como regla general, cuando se ejecuta un código de escritura (código de 32 bits), los operandos son de 8 ó 32 bits.

A continuación se presenta el juego completo de instrucciones del MP80486 en función de los siguientes parámetros y funciones:

1.- Transferencia de Datos.

- a). De Propósito General.
- b). De Conversión.
- c). De Entrada/Salida.
- d). De Direccionamiento.
- e). De Manipulación de Banderas ó Interrupciones.

2.- De Instrucciones Aritméticas.

- a). De Operación Suma.
- b). De Operación resta.
- c). De Operación Multiplicación.
- d). De Operación División.

3.- De Instrucciones de Comparación.

4.- De operaciones Lógicas.

- a). De Operaciones Lógicas.
- b). De Cambio.
- c). De Rotación.

5.- Instrucciones de Manipulación de Bits.

- a). Instrucciones de Bit Simple.
- b). Instrucciones de Comparación de Bit.

6.- Instrucciones de Control de Programa.

- a). Transferencias Condicionales.
- b). Transferencias no-Condicionales.
- c). Control de Iteraciones.
- d). Interrupciones.

7.- *Instrucciones de Lenguajes de Alto Nivel.*

8.- *Instrucciones de Modo de Protección.*

9.- *Instrucciones de Control del Microprocesador.*

También a continuación, se presenta el “*Juego (SET) de Instrucciones del Coprocesador Matemático 80487*”; el cual le confiere al Microprocesador, la ventaja de encargarse de las operaciones matemáticas, lo cual permite que el tiempo de ejecución global sea menor. Trayendo una eficiencia superior en su desempeño; pero se debe de tener presente, que existen versiones del MP80486 que ya vienen con el coprocesador matemático incluido en el mismo encapsulado del MP80486, este modelo del 486 es el MP80486DX. Más lo anterior no quiere decir que el 80487 no tenga su propio juego de instrucciones, por lo que se mostrar después de analizar el del propio MP80486.

Table 2-2a. Data Transfer	
GENERAL PURPOSE	
MOV	Move operand
PUSH	Push operand onto stack
POP	Pop operand off stack
PUSHA	Push all registers on stack
POPA	Pop all registers off stack
XCHG	Exchange Operand, Register
XLAT	Translate
CONVERSION	
MOVZX	Move byte or Word, Dword, with zero extension
MOVBX	Move byte or Word, Dword, sign extended
CBW	Convert byte to Word, or Word to Dword
CWD	Convert Word to DWORD
CQDE	Convert Word to DWORD extended
CDD	Convert DWORD to QWORD
INPUT/OUTPUT	
IN	Input operand from I/O space
OUT	Output operand to I/O space
ADDRESS OBJECT	
LEA	Load effective address
LDS	Load pointer into D segment register
LES	Load pointer into E segment register
LFS	Load pointer into F segment register
LGS	Load pointer into G segment register
LSS	Load pointer into S (Stack) segment register
FLAG MANIPULATION	
LAHF	Load A register from Flags
SAHF	Store A register in Flags
PUSHF	Push flags onto stack
POPF	Pop flags off stack
PUSHFD	Push EFlags onto stack
POPFD	Pop EFlags off stack
CLC	Clear Carry Flag
CLD	Clear Direction Flag
CMC	Complement Carry Flag
STC	Set Carry Flag
STD	Set Direction Flag

Table 2-2b. Arithmetic Instructions	
ADDITION	
ADD	Add operands
ADC	Add with carry
INC	Increment operand by 1
AAA	ASCII adjust for addition
DAA	Decimal adjust for addition
SUBTRACTION	
SUB	Subtract operands
SBB	Subtract with borrow
DEC	Decrement operand by 1
NEG	Negate operand
CMP	Compare operands
DAS	Decimal adjust for subtraction
AAS	ASCII Adjust for subtraction
MULTIPLICATION	
MUL	Multiply Double/Single Precision
IMUL	Integer multiply
AAM	ASCII adjust after multiply
DIVISION	
IDIV	Divide unsigned
IDIV	Integer Divide
AAD	ASCII adjust before division
Table 2-2c. String Instructions	
MOVB	Move byte or Word, Dword string
INS	Input string from I/O space
OUTS	Output string to I/O space
CMPS	Compare byte or Word, Dword string
SCAS	Scan Byte or Word, Dword string
LODS	Load byte or Word, Dword string
STOS	Store byte or Word, Dword string
REP	Repeat
REPE/ REPZ	Repeat while equal/zero
RENE/ REPNZ	Repeat while not equal/not zero
Table 2-2d. Logical Instructions	
LOGICALS	
NOT	"NOT" operands
AND	"AND" operands
OR	"Inclusive OR" operands
XOR	"Exclusive OR" operands
TEST	"Test" operands

Fig. II.11.- Juego de Instrucciones del MP80486.

Table 2-2d. Logical Instructions (Continued)

SHIFTS	
SHL/SHR	Shift logical left or right
SAL/SAR	Shift arithmetic left or right
BHLV/SHRD	Double shift left or right
ROTATES	
ROL/ROR	Rotate left/right
RCL/RCR	Rotate through carry left/right

Table 2-2e. Bit Manipulation Instructions

SINGLE BIT INSTRUCTIONS	
BT	Bit Test
BTS	Bit Test and Set
BTR	Bit Test and Reset
BTC	Bit Test and Complement
BSF	Bit Scan Forward
BSR	Bit Scan Reverse
BIT STRING INSTRUCTIONS	
IBTS	Insert Bit String
DBTS	Exact Bit String

Table 2-2f. Program Control Instructions

CONDITIONAL TRANSFERS	
BETCC	Set byte equal to condition code
JJA/JNBE	Jump if above/not below nor equal
JAE/JNB	Jump if above or equal/not below
JJB/JNAB	Jump if below/not above nor equal
JBE/JNA	Jump if below or equal/not above
JC	Jump if carry
JE/JZ	Jump if equal/zero
JG/JNLE	Jump if greater/not less nor equal
JGE/JNL	Jump if greater or equal/not less
JL/JNGE	Jump if less/not greater nor equal
JLE/JNG	Jump if less or equal/not greater
JNC	Jump if not carry
JNE/JNZ	Jump if not equal/not zero
JNO	Jump if not overflow
JNP/JPO	Jump if not parity/partly odd
JNS	Jump if not sign
JO	Jump if overflow
JP/JPE	Jump if parity/partly even
JS	Jump if Sign

Table 2-2g. Program Control Instructions (Continued)

UNCONDITIONAL TRANSFERS	
CALL	Call procedure/task
RET	Return from procedure
JMP	Jump
ITERATION CONTROLS	
LOOP	Loop
LOOPE/LOOPZ	Loop if equal/zero
LOOPNE/LOOPNZ	Loop if not equal/not zero
JCJZ	JUMP if register CX = 0
INTERUPTS	
INT	Interrupt
INTD	Interrupt if overflow
IRET	Return from interrupt/task
CLI	Clear Interrupt Enable
STI	Set Interrupt Enable

Table 2-2h. High Level Language Instructions

BOUND	Check Array Bounds
ENTER	Setup Parameter Block for Entering Procedure
LEAVE	Leave Procedure

Table 2-2i. Protection Model

BGDT	Store Global Descriptor Table
SIDT	Store Interrupt Descriptor Table
STR	Store Task Register
SLDT	Store Local Descriptor Table
LGDT	Load Global Descriptor Table
LIDT	Load Interrupt Descriptor Table
LTR	Load Task Register
LLDT	Load Local Descriptor Table
ARPL	Adjust Requested Privilege Level
LAR	Load Access Rights
LSL	Load Segment Limit
VERR/VERW	Verify Segment for Reading or Writing
LMSW	Load Machine Status Word (lower 16 bits of CR0)
HMSW	Store Machine Status Word

Table 2-2j. Processor Control Instructions

HLT	Wait
WAIT	Wait until BUSY# negated
ESC	Escape
LOCK	Lock Bus

Fig. II.12.- Juego de Instrucciones del MP80486 (Continuación).

Instruction	Encoding			Clock Count Range			
	Byte 0	Byte 1	Operation By Bits 2-6	0-20	21-40	41-60	61-80
DATA TRANSFER							
LD - Load							
Integer/real memory to ST(R)	ESC MF 1	MOD 000 R/M	SB/D/DBP	20	45-52	55	61-65
Long integer memory to ST(R)	ESC 111	MOD 101 R/M	SB/D/DBP		56-67		
Extended real memory to ST(R)	ESC 011	MOD 101 R/M	SB/D/DBP		44		
BCD memory to ST(R)	ESC 111	MOD 100 R/M	SB/D/DBP		246-278		
ST(R) to ST(R)	ESC 001	11000 ST(R)			14		
STP - Store							
ST(R) to integer/real memory	ESC MF 1	MOD 010 R/M	SB/D/DBP	44	78-92	46	88-98
ST(R) to ST(R)	ESC 101	11010 ST(R)			11		
STP - Store and Pop							
ST(R) to integer/real memory	ESC MF 1	MOD 011 R/M	SB/D/DBP	44	78-98	46	88-98
ST(R) to long integer memory	ESC 111	MOD 111 R/M	SB/D/DBP		00-07		
ST(R) to extended real	ESC 011	MOD 111 R/M	SB/D/DBP		60		
ST(R) to BCD memory	ESC 111	MOD 110 R/M	SB/D/DBP		512-534		
ST(R) to ST(R)	ESC 101	11001 ST(R)			18		
PLCH - Exchange							
ST(R) and ST(R)	ESC 001	11001 ST(R)			18		
COMPARISON							
PODS - Compare							
Integer/real memory to ST(R)	ESC MF 0	MOD 010 R/M	SB/D/DBP	28	58-63	31	71-78
ST(R) to ST(R)	ESC 000	11010 ST(R)			24		
PODMP - Compare and pop							
Integer/real memory to ST	ESC MF 0	MOD 011 R/M	SB/D/DBP	28	58-63	31	71-78
ST(R) to ST(R)	ESC 000	11011 ST(R)			28		
PODMP - Compare and pop twice							
ST(1) to ST(R)	ESC 110	11001 1001			28		
PTST - Test ST(R)	ESC 001	1110 0100			28		
PODMP - Compare and pop twice	ESC MF 1	11100 ST(R)			28		
PODMP - Unconditional compare and pop	ESC 101	11101 ST(R)			28		
PODMP - Unconditional compare and pop twice	ESC 010	1110 1001			28		
FXAM - Examine ST(R)	ESC 001	11100101			20-26		
CONSTANTS							
FLDZ - Load + 0.0 into ST(R)	ESC 001	1110 1110			28		
FLD1 - Load + 1.0 into ST(R)	ESC 001	1110 1000			24		
FLDPI - Load pi into ST(R)	ESC 001	1110 1011			40		
FLDLIT - Load long (10) into ST(R)	ESC 001	1110 1001			40		

Fig. II.13.- Juego de Instrucciones para el Coprocesador 80487.

Instruction	Encoding			Clock Count Range			
	Byte 6	Byte 7	Optional Bytes 8-9	20-22 Real	23-24 Integer	25-26 Real	27-28 Integer
CONSTANTS (Continued)							
PLBLSE = Load $\log_2(n)$ into ST(0)	ESC 001	1110 1010					40
PLBLSE = Load $\log_2(2)$ into ST(0)	ESC 001	1110 1100					41
PLBLSE = Load $\log_2(3)$ into ST(0)	ESC 001	1110 1101					41
ARITHMETIC							
FADD = Add							
Integer/real memory with ST(R)	ESC MP D	MOD 000 R/R	SB/DBP	24-22	27-22	28-27	71-66
ST(R) and ST(S)	ESC # P D	11000 STW					23-21P
PSUB = Subtract							
Integer/real memory with ST(S)	ESC MP D	MOD 10 R/R/R	SB/DBP	24-22	27-22	28-28	71-67P
ST(R) and ST(S)	ESC # P D	1110 R/R/R					23-24P
PMSL = Multiply							
Integer/real memory with ST(R)	ESC MP D	MOD 001 R/R	SB/DBP	27-26	01-22	22-27	70-67
ST(R) and ST(R)	ESC # P D	1100 R/R/R					26-27P
PCW = Divide							
Integer/real memory with ST(R)	ESC MP D	MOD 11 R/R/R	SB/DBP	28	120-127	24	120-120P
ST(R) and ST(R)	ESC # P D	1111 R/R/R					28P
PCWRT = Square root							
ST(R)	ESC 001	1111 1010					122-122
PCWALS = Square test							
ST(R)	ESC 001	1111 1101					27-26
PCWRS = Partial register							
ST(R)	ESC 001	1111 1000					74-122
PCWRS = Round ST(R) to integer							
ST(R)	ESC 001	1111 1100					22-22
PCWRS = Extract component of ST(R)							
ST(R)	ESC 001	1111 0100					70-70
PCWRS = Absolute value of ST(R)							
ST(R)	ESC 001	1110 0001					22
PCWRS = Change sign of ST(R)							
ST(R)	ESC 001	1110 0000					24-24

NOTES:

- b. Add 3 clocks to the range when d = 1.
- c. Add 1 clock to each range when R = 1.
- d. Add 3 clocks to the range when d = 0.
- e. typical = 52 (When d = 0, 46-54, typical = 49).
- f. Add 1 clock to the range when R = 1.
- g. 135-141 when R = 1.
- h. Add 3 clocks to the range when d = 1.
- i. $0 \leq ST(R) \leq +\infty$

Fig. II.14.- Juego de Instrucciones del Coprocesador 80487.
(Continuación).

Instruction	Encoding			Clock Count Range
	Byte 6	Byte	Optional Bytes 3-8	
TRANSCENDENTAL				
FCOOP = Cosine of ST(0)	ESC 001	1111 1111		152-172
FPYAP = Partial tangent of ST(0)	ESC 001	1111 0010		191-197
FPYAP = Partial arctangent	ESC 001	1111 0011		214-267
FPAB = Abs of ST(0)	ESC 001	1111 1110		128-174
FPACOP = Abs and phase of ST(0)	ESC 001	1111 1011		184-208
FX2M = $2^{ST(0)} - 1$	ESC 001	1111 0000		211-478
FYLSM = $ST(1) * \log_2(ST(0))$	ESC 001	1111 0001		190-630
FYLSM = $ST(1) * \log_2(ST(0) + 1.0)$	ESC 001	1111 1001		207-647
PROCESSOR CONTROL				
FMET = Initialize MPX	ESC 011	1110 0011		23
FSTW AX = Store status word	ESC 111	1110 0000		19
FLDCW = Load control word	ESC 001	M00 101 R/W	SB/CSP	15
FSTCW = Store control word	ESC 101	M00 111 R/W	SB/CSP	16
FSTW = Store status word	ESC 101	M00 111 R/W	SB/CSP	18
FLCIE = Clear exceptions	ESC 011	1110 0010		11
FETEM = Store environment	ESC 001	M00 110 R/W	SB/CSP	103-104
FLDSM = Load environment	ESC 001	M00 100 R/W	SB/CSP	71
FSAVE = Save state	ESC 101	M00 110 R/W	SB/CSP	370-376
FRESTOR = Restore state	ESC 101	M00 100 R/W	SB/CSP	308
FDSCPTP = Increment stack pointer	ESC 001	1111 0111		21
FDSCPTP = Decrement stack pointer	ESC 001	1111 0110		21
FPRES = Free ST(0)	ESC 101	1100 0 ST(0)		18
FNOP = No operations	ESC 001	1101 0000		12

NOTES:

- 1. These timings hold for operands in the range $|x| < \pi/4$. For operands not in this range, up to 70 additional clocks may be needed to reduce the operand.
- 2. $0 < |ST(0)| < \pi/2$
- 3. $1 - 0.5 < ST(0) < 0.5$
- 4. $0 \leq ST(0) < \pi$, $-\pi < ST(1) < +\pi$
- 5. $0 \leq |ST(0)| < (2 - \sqrt{0.2})/2$, $-\pi < ST(1) < +\pi$.

Fig. II.15.- Juego de Instrucciones del Coprocesador 80487 (Continuación).

Polywell Poly 486/33MF	OSI Corp 100minus 486/33	Tandy Corp. Tandy 4833	Tangpat Tangpat 4831	T4Star T4-WM 486D/33 EISA	Unig Tech UTI 486D/33	Wyser Technology Decision 486d
486DX33 486DX266	486DX33	486DX33; 486DX266	486DX33; 486DX266	486DX33 486DX 66	486DX33 486DX66	486SX15, 20 y 25 486 DX200, 25 y 33 486DX250 y 66
.
Wetek 4167 OPTI AMI	Wetek 4167 Contax AMI	Ninguno VLSI/Toprak Phoenix	Wetek 4167 SS AMI	Wetek 4167 Intel AMI	Wetek 4167 OPTI AMI	* (ZIF socket) Wetek 4167 OPTI AMI
4	8	4	4	8	4	4
32	32	64	64	64	32	64
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
64	64	Ninguno	128	256	64	64
256	256	Ninguno	256	256	256	256
1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"
120	80	Varías	100	384	65	120
Mentor XT7120A IDE (SCSI op.)	Varías IDE	Varías IDE	HP Asc2233 IDE	Mator LX2135 SCSI	Comex CP208AE IDE	Cus., Mast. y Seag. IDE
.
8	6	40 Mb a 440 Mb	100 Mb a 810 Mb	210 Mb a 1.2 Gb	4	6
130 Mb a 2.5 Gb	40 Mb a 4 Gb	40 Mb a 440 Mb	100 Mb a 810 Mb	210 Mb a 1.2 Gb	80 Mb a 1.2 Gb	120 Mb y 200 Mb
Viewmatic 4e C 1024x768	CTX 2408A C 1024x768	Tandy VGA 441 C 1024x768	Relays C 1024x768 (en interface)	MAG MX14H C 1260x1024	Aulon C 1024x768	Wyser WY-670 C 1024x768
.
8	8	7	8	8	8	8
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
.	.	.	Varías de memoria para 32 bits	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1
SVGA/1024x768	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768 Bus local integrado D.5
1	1	D.5 Western Digital	Diamond	Diamond Speedstar Plus HiColor	ATI	Wyser Hyper 18
1	1	MP	S	S	S	MP
.
250	200	300	300	200	220	200
.
.
.
.
.
.
.
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	LSL Unis. Banyon Virus
.
.
Ninguno	Ninguno	Ninguno	OS/2 (op.)	AutoCAD Isocad	Ninguno	Ninguno
.
20 días o menos de diseño, 1 año de servicio, 2 en partes y 5 en mano de o	1 año en partes y mano de obra, 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	2 años en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio
.
1.980 db 3.472 db 6.640 RAM 240 Mb SCSI en disco duro, controlador de cache, 220 Mb en cinta de disco	2.128 db 2.840 db 340 Mb en disco duro, monitor a color SVGA	3.299 db 4.999 db monitor a color SVGA, 240 Mb en disco duro expandible a 8 Mb RAM	2.595 db 2.945 db 4 Mb RAM, 128 Kb de cache en RAM	3.695 db 2.945 db Equipo desmontado, 210 Mb en disco duro, controlador cache Teoría SVGA	1.999 db 2.499 db 4 Mb RAM 200 Mb en disco duro	1.709 db 2.928 db CPU expandible 4 Mb RAM 200 Mb en disco duro, monitor a color SVGA

Fig. II.16.- Estudio Comparativo Entre MP80486DX a 33MHz de Diversos Fabricantes.

COMPANIA MODELO	Gateway 2000 486DX/33	Inight Distribution/ Inight 486-33 Cache	Lodestar Computer/ 486 LB Data Master/ Power/Mate 486(33)	Nec Technologies/ Northgate Computer/ Elegance ZX/ P	Parland 86/1 P/B 486DX/33
CHIPS					
Procesadores soportados (velocidad del chip)	486DX/33	486DX/33 486DX/266	486SX/20 y 25, 486DX/25, 33 y 50, 486DX/50 y 66	486DX/33 486DX/25 y 33 486DX/2 y 66	486DX/33 486DX/266
Uso de cache	*	*	*	*	*
Posibilidad de actualizar el CPU	*	*	*	*	*
Soporte a coprocesador externo	*	*	*	*	*
Módulo de los chips en la tarjeta madre	Wetek 4167	Wetek 4167	Wetek 4167	Ninguno	Ninguno
Marca del BIOS	Intel	Intel	UMC	OPTI	Intel
MEMORIA	Phonix	AMI	AMI	Phonix	Northgate
RAM estándar (Mb)	4	4	4	4	4
RAM máximo (Mb)	32	32	32	32	32
Número de pines	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Cache estándar (Kb)	Ninguno	64	64	Ninguno	Ninguno
Cache máximo (Kb)	Ninguno	256	256	64	Ninguno
SISTEMA DE ALMACENAMIENTO					
Configuración estándar de disco flexible	1.2 Mb 5 1/4"	1.2 Mb 5 1/4"	1.2 Mb 5 1/4"	1.2 Mb 5 1/4"	1.2 Mb 5 1/4"
Disquetes y sus tipos	1.44 Mb 3 1/2"	1.44 Mb 3 1/2"	1.44 Mb 3 1/2"	1.44 Mb 3 1/2"	1.44 Mb 3 1/2"
CONFIGURACIÓN DEL DISCO DURO					
Capacidad estándar (Mb)	200	213	120	120	240
Marca y modelo	Western Digital Cavalier	Western Digital	Maxtor XT7120A	Quantum Prodrive	Seagate
Interfaz	IDE (CCSI op.)	IDE	IDE	IDE	IDE
Incluye controlador de cache	*	*	*	*	*
Número de chips (dentro y externo)	2	2	2	2	2
Rango de la capacidad de disco duro disponible	80 Mb a 1.2 Gb	40 Mb a 4 Gb	42 Mb a 1.2 Gb	120 Mb y 240 Mb	40 Mb a 1.5 Gb
BIOS/CMOS	CrytalScan	Viewmonio o TVM	StarView 2000	Ninguno	Panasonic
Color (C) Monocromático (M)	C	C	C	Ninguno	Padcard Def C
Resolución máxima	1024x768	1024x768	1024x768	Ninguno	1024x768
Posibilidad de voltaje dual (115/50Hz)	Ni, Viewmonio, SI, TVM	Ni, Viewmonio, SI, TVM	Ni, Viewmonio, SI, TVM	Ninguno	1024x768
RAMURAS DE EXPANSIÓN					
Número de ranuras ISA	8	8	8	4	7
Número de ranuras EISA	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ranuras propietarias	Ninguno	Ninguno	Doce ranuras de bus de 32 bits	Ninguno	Ninguno
INTERFACES ESTÁNDAR					
Número de puertos seriales	2	2	2	1	2
Número de puertos paralelos para impresora	1	1	1	1	1
Resolución del adaptador de video	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768
VRAM estándar (Mb)	1	1	1	1	0.5
Marca del adaptador de video	ATI Graphics Ultra	Diamond Speedstar	Leadtek local bus VGA	Tsang Labs ET-4000	STB Ergo
Mouse incluido	*	*	*	*	*
Mouse serial (S) Puerto de Mouse (MP)	S	S	S	MP	S
Puerto para juegos incluido	*	*	*	*	*
SUMINISTRO DE ENERGÍA					
Watts	200	250	230	110	220
Voltage dual (115/50Hz-220/50Hz)	*	*	*	*	*
COMPATIBILIDAD					
MS-DOS 5.0	*	*	*	*	*
Windows 3.1	*	*	*	*	*
OS/2	*	*	*	*	*
NetWare 386	*	*	*	*	*
Novel certificado	*	*	*	*	*
SCO Unix	*	*	*	*	*
MPX	*	*	*	*	*
Unix interactivo	*	*	*	*	*
Otros sistemas operativos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	DR DOS 6.0
SOFTWARE INCLUIDO					
MS-DOS 5.0	*	*	*	*	*
Windows 3.1	*	*	*	*	*
Otros	Una de 7 aplicaciones a escoger	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Diagnostico Utilities
GARANTÍA					
Soporte técnico	30 días o devol. de dinero, 1 año en partes y mano de obra, 50 días de pólicia	30 días o devol. de dinero, 1 año en partes y mano de obra	30 días o devol. de dinero, 2 años en partes y mano de obra de por vida	1 año en partes y mano de obra, 1 año de servicio	30 días o devol. de dinero, 1 año en partes y mano de obra
LISTA DE PRECIOS	2,395 ds	1,999 ds	1,579 ds	2,099 ds	precios de OEM
Configuración estándar	2,682 ds	3,069 ds	2,599 ds	3,098 ds	Aprox. 2,200 ds
La unidad revisada en este artículo	4 Mb RAM	4 Mb RAM monitor a color SVGA, 213 Mb en disco duro, controlador de cache en disco duro	356 Kb cache, 4 Mb RAM, 210 Mb en disco duro, monitor a color SVGA, teclado programable 2 Mb de cache en RAM	4 Mb RAM 240 Mb en disco duro monitor a color SVGA teclado Onkeyby	4 Mb RAM

Fig. II.17.- Estudio Comparativo de MP80486 DX a 33MHz de Diversos Fabricantes (Continuación).

COMPUTADORAS DE ESCRITORIO 486DX A 33-MHZ

Prevee con cuidado los monitores pues puede ser un elemento caro de reemplazar (* = sí, * = no)

Computadora CompuAdd 433	CompuTrend Premio 486-33	Daly DC486/33C	Dell Dell 486D/33	DFL Inc. Diamond Series	Duracore Duracore	Eveready Teesep II
486DX/33 486DX/266	486DX/33 486DX/266	486DX/33	486DX/33 486DX/266	486DX/33 486DX/266 486DX/250 ó 66	486SX/20 ó 25 486DX/33 ó 50	486DX/33 ó 66
*	*	*	*	*	*	*
Wetek 4187 OPTI Phoenix	Wetek 4187 Contraq AMI	Wetek 4187 OPTI AMI	Ninguno VLS Phoenix	Wetek 4187 UMC AMI	Wetek 4187 UMC AMI	Wetek 4187 EM9587 AMI
64	32	64	64	64	64	32
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
1.2Mb ó 1 1/2" 1.44Mb ó 3 1/2"	1.2Mb ó 1 1/2" 1.44Mb ó 3 1/2"	1.2Mb ó 1 1/2" 1.44Mb ó 3 1/2"	1.2Mb ó 1 1/2" 1.44Mb ó 3 1/2"	1.2Mb ó 1 1/2" 1.44Mb ó 3 1/2"	1.2Mb ó 1 1/2"	1.44Mb ó 3 1/2" 5 1/4"
200	212	212	84	210	Varios	Varios
Western Digital	Varios	Conner CP-300F	Quantum LPS 84AT	Western Digital	Maxtor	Varios
IDE	IDE	SCSI	IDE	IDE (SCSI op.)	IDE (SCSI op.)	IDE
5	5	5	5	5	5	5
40Mb ó 800Mb	42Mb ó 212 Mb	200 Mb	120Mb ó 500Mb	Varios	80 Mb ó 545 Mb	80 Mb ó 245 Mb
CompuAdd C	Promo C	NEC APG C	Dell M	ADI C	Duracore C	Eveready MCH500 C
1024x768	1024x768	1024x768	804x480	1024x768	1024x768 (sin interfase)	1024x768
8	8	8	8	7	8	7
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Tabla de memoria	Uno para 32 bits Tarjeta de memoria	Uno para 32 bits	Uno para CPU
2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1
SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768 bus local integrado	SVGA/1024x768 bus local integrado	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024
CompuAdd	Paradise	ATI 8514 Ultra	Western Digital	Tsang L ET-4000	0.5 Tosang L ET-4000 Labo ET-4000	0.5 Integrated Tsang
5	5	5	MP	5	5	5
*	*	*	*	*	*	*
200	220	220	225	200	200	200
*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*
*	*	*	*	*	*	*
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Banyan Vines	Ninguno
*	*	*	*	*	Ninguno	Ninguno
Ultrafast	Ninguno	Ninguno	Libertad	Ninguno	Ninguno	Ninguno
1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio op	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra
*	*	*	*	*	*	*
2.355 de 2.875 de 4 Mb RAM 200 Mb en disco duro, ranura para mouse	1.899 de 1.899 de Ninguno	1.799 de 3.475 de 4 Mb RAM, Tarjeta graficadora ATI, monitor NEC APG, disco duro de 200 Mb en disco duro controlador SCSI	2.199 de 3.019 de 4 Mb RAM, 220 Mb en disco duro, monitor a color SVGA disco para 1.44 Mb	2.495 de 3.659 de 4 Mb RAM, 210 Mb en disco duro, monitor a color SVGA	1.299 de 2.495 de 4 Mb RAM, disco para 1.44 Mb Cache 256 Kb, MS-DOS 5.0, Windows 3.1, mouse monitor a color SVGA 200 Mb en disco duro 1 Mb VRAM	1.899 de 2.499 de 4 Mb RAM, 200 Mb en disco duro, monitor a color SVGA

Fig. II.18.- Estudio Comparativo del MP80486 DX a 33 MHz de Diversos Fabricantes (Continuación).

COMPUTADORAS DE ESCRITORIO 486DX A 33-MHz

Considere la actualización después de chequear el soporte en los procesadores, el número de ranuras de expansión y el máximo en RAM.

COMPARAR MODELO	Logic Research, Inc. Ryer 221 CT Model 34000W	Alpha Alpha-D100 Model 486AR-33	Actix Actix Cache 486AR-33	Billtek DT 423	Comarc Comarc 486DX/33	Compart Desktop423 Model 210
CHIPS						
Procesadores soportados (velocidad del chip)	486SX/25, 486DX/33 y 50, 486DX/66	486DX/33, 486DX/25	486DX/33, 486DX/50, 486DX/66	486DX/33, 486DX/66	486DX/33	386DX/33, 486SX/25, 486DX/33
Uso de cache	*	*	*	*	*	*
Posibilidad de actualizar el CPU	*	*	*	*	*	*
Soporte a coprocesador externo	Wishak 4187	Wishak 4187	Wishak 4187	Wishak 4187	Wishak 4187	Ninguno
Máscara de los chips en la tarjeta madre	ALR Phoenix	UMC AMI	Contaq AMI	UMC AMI	Motorola Phoenix	Intel Compaq
MEMORIA						
RAM estándar (Mb)	8	32	4	32	8	4
RAM máximo (Mb)	8	32	32	32	8	32
Número de pines	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Cache estándar (Kb)	0	64	64	64	256	64
Cache máximo (Kb)	256	256	256	256	256	64
STRATEGIAS DE ALMACENAMIENTO						
Configuración estándar de disco flexible	1.44-Mb 3 1/2"	1.2-Mb 5 1/4", 1.44-Mb 3 1/2"	1.2-Mb 5 1/4", 1.44-Mb 3 1/2"	1.2-Mb 5 1/4", 1.44-Mb 3 1/2"	1.2-Mb 5 1/4", 1.44-Mb 3 1/2"	1.44-Mb 3 1/2"
CONFIGURACIÓN DEL DISCO DURO						
Capacidad estándar (Mb)	Variable	213	120	120	120	210
Máscara y método	Variable	Master XT7213AT	Master 7120AT	Comarc CP30104H	Lanstar 300 Mb	Compaq 210
Interfase	IDE	IDE o SCSI	IDE (SCSI OPT)	IDE (SCSI opt)	SCSI	IDE
Analiza controlador de cache	12	8	8	8	8	3
Número de chips internos y externos	12	8	8	8	8	3
Rango de la capacidad de disco duro disponible	120Mb a 530Mb	213 Mb a 2 Gb	80 Mb a 1 Gb	120Mb a 530Mb	120Mb a 330Mb	60Mb a 210Mb
MONTAJE						
Máscara	CTX 5408M	Visionary 5	Visionary 5e	TVM 4A	Amnazing	Compaq
Color (CC Monocromático Mb)	0	0	0	0	0	0
Resolución máxima	1024x768	1024x768 (sin interfase)	1024x768	1024x768 (sin interfase)	1024x768	1024x768
Posibilidad de voltaje dual (115/60Hz: 220/50Hz)	1024x768	1024x768 (sin interfase)	1024x768	1024x768 (sin interfase)	1024x768	1024x768
RANURAS DE EXPANSIÓN						
Número de ranuras ISA	10	8	8	8	6	3
Número de ranuras EISA	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ranuras propietarias	Dos de 32 bits señales de bus	Línea de 32 bits video local del bus	Línea de 32 bits video local del bus	Línea de 32 bits video local del bus	Línea de 32 bits video local del bus	Ninguno
INTERFASES ESTÁNDAR						
Número de puertos seriales	2	2	2	2	2	1
Número de puertos paralelos para impresora	1	1	1	1	1	1
Resolución del adaptador de video	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768
VRAM estándar (Mb)						
Máscara del adaptador de video	Western Digital	Orchid Fahrenheit	Diamond Stealth	ALR	Trident	0.5 Qvision 1024i
Mouse incluido						
Mouse serial (5) Puerto de Mouse (MP)	MP	*	*	*	*	MP
Puerto para mouse incluidos	*	*	*	*	*	*
SUMINISTRO DE ENERGÍA						
Watts	300	230	250	300	250	145
Voltaje dual (115/60Hz: 220/50Hz)	*	*	*	*	*	*
COMPATIBILIDAD						
MS-DOS 5.0	*	*	*	*	*	*
Windows 3.1	*	*	*	*	*	*
OS/2	*	*	*	*	*	*
NetWare 386	*	*	*	*	*	*
Novell certificado	*	*	*	*	*	*
SCSI Unix	*	*	*	*	*	*
UPX	*	*	*	*	*	*
Unix interactivo	*	*	*	*	*	*
Otros sistemas operativos	Microsoft Unix	Ninguno	AT&T Unix, Kerix, p4MOS	Ninguno	DOS concurrente	Ninguno
SOFTWARE INCLUIDO						
MS-DOS 5.0	*	*	*	*	*	*
Windows 3.1	*	*	*	*	*	*
Otros	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ultra
GARANTÍA						
Soporte técnico						
Configuración estándar	1 año en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra	30 días o devolución de dinero, 13 meses en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra	2 años en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio
LISTA DE PRECIOS						
Configuración estándar	3,195 ds	2,850 ds	2,080 ds	1,885 ds	3,295 ds	2,549 ds
La unidad revisada en este artículo	2,920 ds	2,850 ds	2,548 ds	2,595 ds	4,595 ds	3,597 ds
Opciones para la unidad revisada	512 Kb VRAM, monitor a color SVGA, controlador de cache IDE	Ninguno	Controlador de cache, monitor SVGA Diamond, expansión a 8 Mb en RAM, 256-Kb de cache	Expansión a 8 Mb en RAM, 210 Mb en disco duro, adaptador SVGA mouse y Wynton's 3.1 game/te tipo torre	4 Mb RAM, 300-Mb en disco duro, controlador de cache SCSI, monitores a color SVGA	4 Mb RAM, 210-Kb en disco duro, monitor Compaq

Fig. II.19.- Estudio Comparativo del MP80486 DX a 33 MHz de Diversos Fabricantes. (Continuación).

PLAN PROPUESTO

Antes de entrar de lleno al desarrollo del tema, es conveniente proponer un Plan, en el que se exponga la metodología para llevar a cabo los objetivos buscados en la Tesis, así como la utilidad de la misma.

En primera instancia, se requiere tener conocimientos sólidos de Electrónica Analógica y Digital, de Sistemas de Control tanto Analógico como Digital; como también haber tenido y tener contacto físico con Circuitos Integrados, Memorias, Periféricos y con Microprocesadores elementales. Una vez confirmado lo anterior, se recomienda la siguiente Metodología:

1.- El trabajo está orientado en el Capítulo I, a estudiar los conceptos básicos de los Microprocesadores de 32 Bits; es decir, la estructura de este Capítulo es definir correctamente todos los conceptos utilizados dentro del lenguaje propio de los sistemas basados en Microprocesadores tales como Unidad Lógico-Aritmética (*ALU*), Memoria de Sólo Lectura (*ROM*), Memoria de Acceso Aleatorio (*RAM*), Dispositivos de Entrada/Salida, Buses de Comunicaciones, Interfases de Comunicaciones y Protocolos de Comunicaciones. La comparación entre el MP80386 y el MP80486.

2.- El Capítulo II, analiza detalladamente, la Arquitectura del MP80386; siendo muy específico en cuanto al conexionado, la arquitectura interna y el manejo del repertorio de instrucciones propias de este Microprocesador. En este Capítulo se desea establecer toda la información inherente al Microprocesador y conocerlo sólidamente. También en este Capítulo, se analiza a detalle, la Arquitectura del MP80486; en este Capítulo, se realiza el estudio del MP80486, exactamente igual que para el MP80386.

3.- El Capítulo III, analiza básicamente: La Inteligencia Artificial (*IA*) y los Sistemas Expertos (*SE*). De igual forma, todo lo relacionado con los conceptos anteriores y una disertación sobre sus posibilidades reales de aplicación.

4.- El Capítulo IV, analiza las aplicaciones que se pueden dar a los Sistemas Espertos (*SE*) y a la Inteligencia Artificial (*IA*), específicamente a el Control Industrial de los Procesos. Considerando sólo dos aplicaciones, pero concentrando todo los detalles para su exposición y explicación.

No hay duda de que esta pregunta será una de las cuestiones fundamentales tanto filosóficas, como legales en el siglo XXI.

Esta pregunta puede rápidamente polarizar a un gran número de programadores. Hay muchos programadores que piensan con firmeza que *"una máquina es una máquina"*. Una computadora no puede tener libre voluntad porque no tiene mente, sólo circuitos. Por tanto, es imposible que una computadora pueda elegir hacer algo y, más específicamente, pensar. Este es un argumento bastante convincente. Sin embargo, otros programadores que sostienen posturas opuestas pueden ser más persuasivos. Imagine que una computadora está controlando el peso de una carga de ladrillos sobre un camión. Cuando el peso de la carga sobre el camión alcanza un cierto punto, la computadora cierra el paso de ladrillos. *¿Decidió la computadora parar el proceso de carga?* ¡ Sí! La computadora controlaba de forma clara la situación y *"decidió"* parar cuando el peso alcanzó un nivel específico. Si la computadora no hizo la elección, entonces *¿quién la hizo?* Los defensores de este argumento afirman que la capacidad de la computadora para llevar a cabo una labor condicionada demuestra su habilidad para tomar decisiones.

¿ Es una computadora capaz de pensar? Como han demostrado los ejemplos que se acaban de analizar, hay opiniones fuertemente contrastadas. Lo más convincente es decir que el debate aún continúa. Sin embargo, es posible que el lector ya se haya formado su propia opinión. En este momento, mucha gente está convencida de que es imposible determinar si una computadora puede ó no pensar, y si un programa puede ser inteligente. Pero ciertos casos muestran claramente que alguien puede hacer que una computadora siga un comportamiento similar al de una persona. La clave es que algunos programas *"parecen"* claramente inteligentes (y, en verdad, son la base de la Inteligencia Artificial, (IA)). Las dificultades mostradas en el párrafo anterior, están en realidad, relacionadas con el error en la apreciación del concepto *"inteligencia"*.

Lo que las definiciones del diccionario olvidan, es el hecho de que el término "inteligencia" implica inteligencia humana. Esta asociación implícita hace difícil admitir la posibilidad de que una máquina puedan pensar ó que un programa de computadora pueda ser inteligente por el hecho de que la mayoría de los programas no realizan la misma labor, igual que lo hace una persona.

Por otra parte, cuando esta implicación desaparece, es fácil decir que los programas inteligentes no existen. Si se entiende esta diferencia, la definición de un programa inteligente aparece instantáneamente. Para que un programa sea inteligente se requiere que "actúe" inteligentemente, esto es, que debería actuar como un ser humano.

Sus procesos de pensamiento no tienen por qué ser siempre iguales a los de cualquier persona. Por tanto, aquí hay una definición de programa inteligente:

" Un programa inteligente es aquel que muestra un comportamiento similar al de un humano que se enfrenta a un mismo problema. No es necesario que el programa resuelva, ó intente resolver, el problema de la misma forma que lo haría un humano".

De hecho, el programa no tiene por qué pensar como un ser humano, aunque parezca pensar como tal. (Después de todo, hay personas que no piensan siempre de la misma manera). Por tanto, se puede concluir diciendo, que un programa inteligente en cierto modo muestra un comportamiento inteligente cuasi-humano, mientras que los programas no inteligentes no lo hacen.

III.4.- LA VIDA Y EL PENSAMIENTO, FORMAS PARTICULARES DE EXISTENCIA DE LA MATERIA.

Si se analiza atentamente la manera en que A. Oparin construye su artículo "La Vida"; se advierte con facilidad que las propiedades esenciales de la vida, consideradas como forma particular de organización de la materia, tal y como son descritas en el artículo, admiten la formulación de que dicha abstracción de la Naturaleza concreta de los procesos físicos (y sobre todo químicos) elementales que constituyen su fundamento:

1.- Ningún organismo vive, ni existe cuando deja de pasar por su interior en forma incesante el torrente de nuevas partículas de sustancias con la energía que le son propias. La sustancia que penetra en el organismo sufre profundas transformaciones y adquiere parecida estructura a la de la sustancia de que se constituía anteriormente el cuerpo vivo. Lo específico de la materia vida es que las transformaciones de esas sustancias están en cierto modo organizadas en el tiempo, se encuentran coordinadas entre ellas en un sistema coherente y, en conjunto, tienden a la autorenovación y a la constante autoconservación de todo organismo vivo.

2.- Un estudio profundo ha llevado a la conclusión de que tal orden no obedece a causas externas, independientes del cuerpo vivo (como afirman los idealistas): por lo contrario, hoy se sabe que la velocidad, la orientación y correlación de los diferentes procesos que se desarrollan en el organismo, ó sea todo lo que constituye el orden en cuestión está enteramente determinado por las relaciones que se crean en el cuerpo vivo, en su unidad con las condiciones del medio exterior.

3.- *La más evidente de las otras propiedades elementales de los cuerpos vivos es la capacidad de autoreproducción que les es peculiar. La autoreproducción de los organismos no se limita a la multiplicación de las estructuras más simples que los forman. Esas estructuras más simples pueden formarse de nuevo en el organismo. La sucesión de los procesos que constituye la base de esta nueva formación no depende de cualquier factor único, sino que refleja a toda organización del cuerpo vivo en su interacción con el medio exterior.*

4.- *La excitabilidad, como forma particular de relación del organismo con las condiciones del medio exterior es inherente a todo lo que vive, incluidos los seres vivientes más primitivos.*

5.- *Junto al crecimiento, la excitabilidad y otras manifestaciones de la vida, la aptitud para multiplicarse es una de las propiedades esenciales de los cuerpos vivos.*

6.- *El perfeccionamiento de la organización material de la vida consiste en la diferenciación cada vez mayor de las partes de los cuerpos vivos y en la individualización de esas partes en grupos ú órganos con funciones diferentes.*

7.- *En la herencia se encuentra fijada la experiencia de la historia de las generaciones anteriores. La herencia y la variación forman parte de esas particularidades de la vida, de importancia decisiva para el desarrollo ulterior del mundo orgánico.*

Esta serie de afirmaciones de A. Oparin pueden servir de sólida base para la definición de la vida, abstracción hecha de la Naturaleza concreta de los procesos físicos elementales, cuya organización específica permite calificar de fenómenos de la vida su desarrollo de sistema coherente. En la experiencia de la historia de las anteriores generaciones, en la excitabilidad, etcétera; la Cibernética (en específico, los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial), reconoce fácilmente las formas biológicas concretas de manifestación de las nociones generales, la acumulación y la conservación de la información, de la realimentación, etcétera.

En realidad, de momento sólo se conoce el mundo de seres vivos que puebla la Tierra, mundo que tiene una historia común en cuanto a su origen y evolución y, por grandiosas que sean sus proporciones, es un fenómeno singular que se desarrolla, y se desarrolla en un lugar concreto y en un lapso determinado. Hace todavía algunos años que, en el fondo parecía bastante inútil la pregunta de saber si la palabra "Vida" es nombre peculiar a este nuestro Mundo (unido por historia común) de los seres vivos terrestres, ó si bien designa una noción general que se refiere a ilimitado número de sistemas de seres vivos, aparecidos y desarrollados de forma independiente en condiciones completamente diferentes.

Es importante recalcar que A. Oparin, al articular su trabajo; demostró mucha sabiduría en el curso de su exposición al no llevar hasta sus últimas consecuencias la tesis general de que la vida es la forma particular del movimiento de la materia, que aparece en una etapa determinada de su evolución histórica, representada en nuestro planeta por inmenso número de diferentes sistemas individuales, los organismos. Respecto a la vida que existe efectivamente en la Tierra, A. Oparin tiene absoluta razón al precisar que los últimos conocimientos de la Biología han confirmado brillantemente la tesis de Engels que caracteriza a los cuerpos albuminoides como sostén material de la vida.

El poner de relieve la unidad de bases físico-químicas comunes a la estructura a la estructura de los seres vivos terrestres y la unidad de la historia del mundo orgánico realmente desarrollado en la Tierra, ha jugado gran papel progresivo en el avance de la Biología. Baste recordar que en una época, aún no muy lejana, era preciso rechazar las primitivas concepciones relativas a la "*Generación Espontánea*" de los seres vivos, a partir de la materia inerte, sin pasar por la historia tan compleja de la evolución orgánica. Por esta razón, y hasta hace poco, las definiciones sobre la vida consistían realmente en la descripción recogida de los principales rasgos de la única forma de vida conocida por los científicos.

Y en lo referente a la noción pensamiento, ocurría lo mismo hasta tiempos recientes. De hecho, sólo se conoce el pensamiento del hombre y el pensamiento elemental concreto de los animales superiores, que es producto de la actividad del cerebro, según I. Pavlov.

Sin embargo, la situación es hoy diferente debido a dos circunstancias muy concretas. La primera es que en el siglo de la astronáutica se abre la posibilidad, de mucha importancia práctica para nosotros; de hallar nuevas formas de movimiento de la materia que posean las propiedades esenciales de los seres vivos ó pensantes. La segunda de estas circunstancias está en la aparición de las probabilidades, ilimitadas en principio, de modelación de los sistemas materiales, de organización tan compleja como se quiera, que ofrecen las calculadoras modernas. Estas dos circunstancias requieren, instantáneamente, que tanto la definición de la vida como la del pensamiento sean desembarazadas de las arbitrarias premisas relativas a la naturaleza concreta de los procesos físicos que forman su base, que la definición sea puramente funcional.

Tal elaboración de conocimientos tan generales sobre la vida y el pensamiento es asunto del futuro, pero los grandes rasgos de los mismos aparecen bastante claramente. Sin embargo, visto desde el ángulo filosófico (muy importante además), más amplio se trata de la descripción objetiva, precisa, de las condiciones existentes en un medio material en desarrollo de acuerdo con determinadas leyes de relaciones entre causas y efectos; sin ningún propósito fijado desde el exterior a tal desarrollo y en el cual aparecen sistemas materiales de los que no es posible comprender el funcionamiento y la evolución sin recurrir a conocimientos de orden totalmente diferente, sin concebir la adecuación interna a un fin, propia de estos sistemas. El materialismo dialéctico aporta la solución de este problema en sus rasgos esenciales. Pero los clásicos del materialismo dialéctico no se han orientado a abordarlo (cosa comprensible hasta hace poco) como conjunto concreto de fenómenos a explicar, sino como el mundo de los seres vivos terrestres: La vida física de los animales superiores, el pensamiento del hombre. (Ahora llegó el momento en que es necesario representarse, ya concretamente, en su generalidad, las vías de aparición de los sistemas materiales que poseen adecuación interna a un fin sin olvidar tampoco las posibilidades que todavía no fueron observadas directamente).

Los mecanismos especiales de conservación y método de información, se producen desde las etapas iniciales del desarrollo de la vida. Al principio, el perfeccionamiento de estos mecanismos se efectúa por la "vía de la búsqueda ciega". Es el caso, al menos, del mecanismo de elaboración de los reflejos condicionados más simples. Pero desde un estadio relativamente poco avanzado de la evolución orgánica, los mecanismos que aseguran el reflejo correcto de la organización del mundo exterior adquieren cierta autonomía, independientemente de que este reflejo sea ó no necesario, en todos sus detalles, desde el momento en cuestión, para la elaboración del comportamiento.

Más tarde aparecen los mecanismos de la modelación interna del curso posible de los fenómenos en el mundo exterior y de las posibles consecuencias de tal ó cual conducta. Estos mecanismos permiten efectuar la síntesis de conjunto de actos de comportamiento complejos y adecuados a su fin, sin pasar por repetidas pruebas. Al desarrollar con perseverancia el punto de vista funcional que considera la vida y el pensamiento como modos de organización del sistema material, se llega naturalmente a conclusiones que pueden ocasionar ciertas confusiones. La realidad es que la modelación del modo de organización de un sistema material no puede consistir en nada que no sea la creación, a partir de otros elementos materiales, de un nuevo sistema que posea, en sus rasgos esenciales, la misma organización que el sistema representado. Por esta razón, un modelo suficientemente completo de ser vivo debe, en buena ley, llamarse ser vivo, y el modo de ser pensante que reuna esas condiciones, denominarse pensante.

Todos conocemos el interés que suscitan las siguientes interrogantes:

¿Son capaces las máquinas de reproducir máquinas semejantes a ellas; y en el proceso de tal auto reproducción puede darse el proceso de evolución progresiva que llegue a la creación de máquinas muchos más perfeccionadas que las máquinas iniciales?

¿Las máquinas pueden experimentar emociones ?

¿ Es posible que las máquinas quieran algo y se marquen a si mismas nuevas tareas no previstas para ellas por sus constructores ?

A menudo se intenta justificar la respuesta negativa a estas preguntas con la ayuda de:

a). La definición restrictiva de la noción "máquina".

b). La interpretación idealista del concepto "pensamiento", concepto con el que se demuestra fácilmente la ineptitud para pensar, no sólo de las máquinas, sino del propio hombre.

Hay una forma más tradicional y simple de plantear estas preguntas: *¿ Es posible crear seres vivos artificiales, aptos para multiplicarse, para sufrir evolución progresiva, dotados en sus formas superiores de emociones, voluntad y pensamiento, comprendidas incluso las más sutiles variantes de éste ?*

Una definición exacta de todas las nociones que figuran en nuestras formulaciones, no es en absoluto trivial. Sin embargo, a nivel del rigor de las ciencias de la Naturaleza, la definición es posible. La negación de esta probabilidad conduce inevitablemente al "solipsismo" (que es un sistema de idealismo subjetivo que afirma no existir más que el propio yo y sus representaciones; define la actitud mental y especulativa adoptada por el sujeto cuando resuelve en si mismo toda la realidad, tanto práctica como metafísicamente).

La creación de seres vivos altamente organizados sobrepasa las posibilidades de la técnica actual. Si fueran resueltas las dificultades técnicas quedará por lo menos a discusión lo relativo a la oportunidad práctica de la realización del trabajo de programas apropiados.

Sin embargo, es importante comprender con claridad que en el marco de la concepción del mundo materialista no existe ningún argumento sustancial de principio, que niegue una contestación afirmativa a esta pregunta. La respuesta adyacente constituye la formulación moderna de las tesis relativas al origen natural de la vida y a la naturaleza material de la conciencia.

Es indudable que el método de la información y el proceso de mando en los organismos vivos están en complejo entrelazamiento:

a). De mecanismos discretos (cifrados) y de mecanismos continuos.

b). De principios de acción deterministas y de principios probabilistas.

En los organismos vivos; sin embargo, los mecanismos discretos son determinantes en los procesos de método de información y de mando. No existen argumentos sustanciales en favor de la limitación, por principio, de las posibilidades de los mecanismos discretos en relación con los continuos.

La posibilidad , por principio, de obtener seres vivos en toda su validez, contruidos totalmente con mecanismos discretos (cifrados) de método de información y de mando, no contradice los principios de la dialéctica materialista. Si suele encontrarse la opinión opuesta entre los especialistas de la filosofía y las matemáticas es, únicamente, porque éstos están habituados a no ver la dialéctica más que ahí donde aparece lo infinito. No es la dialéctica de lo infinito lo que importa para analizar los fenómenos de la vida, sino la dialéctica de lo grande (la combinación puramente aritmética de gran número de elementos crea, a la vez, lo continuo y las nuevas cualidades).

Pese a lo que se acaba de mencionar, existe también el lado "bueno" del movimiento difundido en oposición a las pretensiones exageradas de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial (algunas aplicaciones a la cibernética). Las obras de síntesis y los trabajos particulares de la cibernética a menudo tienen como defectos reales:

a). La consideración simplista de los mecanismos de método de información y de mando en los organismos vivos, especialmente en el terreno de la actividad nerviosa superior del hombre.

b). El poco caso que se ha hecho de la experiencia acumulada en el estudio de esos mecanismos antes de la constitución de la cibernética como ciencia aparte.

Si el primero de estos defectos se corrige "sobre la marcha" (la falta de fundamento de las consideraciones simplistas aparece en el curso del trabajo), el segundo defecto se tiene que combatir sistemáticamente, en especial en el marco de la planificación de formación de los jóvenes especialistas.

En la esfera de la actividad nerviosa superior del hombre la cibernética no ha dominado más que:

a). El mecanismo de los reflejos condicionados, su forma más simple.

b). El mecanismo del pensamiento lógico formal.

Pero los reflejos condicionados existen en todos los vertebrados, y el pensamiento lógico no aparece sino en el último estadio de la evolución del hombre.

Todos los tipos de actividad sintética de la conciencia humana anteriores al pensamiento lógico formal, que sobrepasan el cuadro de los reflejos condicionados más simples, están todavía por describirse en el lenguaje de la cibernética.

El aparato del pensamiento lógico formal no ocupa el lugar central en la conciencia evolucionada del hombre moderno. Más bien es un tipo de "calculadora auxiliar" que se pone en marcha en la medida de las necesidades. Como por otra parte, los esquemas habituales de la teoría de los reflejos condicionados ofrecen muy pocos elementos para la comprensión de los estadios superiores de la vida emocional del hombre ó, de la intuición creadora del sabio, es preciso reconocer que el análisis cibernético de la conciencia humana, evolucionado en su interacción con la esfera subconsciente, no ha comenzado todavía. La mayoría de los ejemplos citados en los trabajos de cibernética que conciernen a la modelación, sobre máquinas, de procesos de creación artística asombran por su carácter primitivo, compilación de melodías, tomando como base fragmentos de cuatro ó cinco notas sacados de varias decenas de piezas conocidas, etc.

En la literatura no cibernética, el análisis formal de la creación artística alcanzó desde hace mucho tiempo un nivel muy elevado. Puede ser muy provechoso aportar a estas investigaciones las ideas de la teoría de la información y de la cibernética. Pero el avance efectivo en esta dirección exige que entre los especialistas en cibernética se manifieste una sensible elevación del interés por las humanidades y por su conocimiento. En general, esto es indispensable si se fija como objetivo comprender, a partir de las posiciones de la cibernética, la complejidad real de la vida psíquica del hombre.

Es posible que un porvenir adquiera gran alcance práctico el estudio objetivo, en términos cibernéticos, de algunas de las formas más sutiles de la actividad creadora del hombre. Por ejemplo, un problema que en especial afecta a los matemáticos: Se sabe que el lápiz y el papel son indispensables al matemático para su trabajo de investigación creadora intuitiva. A menudo, en lugar de fórmulas escritas en su totalidad, aparecen sobre el papel sus esquemas hipotéticos con lugares en blanco; líneas y puntos representan gran número de figuras en el espacio ó un número infinito de dimensiones; en ocasiones, los signos sirven para designar el estado de la discusión de variantes, agrupadas según principios, que se reorganizan en el curso del mismo examen, etc.

Es enteramente posible que máquinas dotadas de instalación propia para introducir y obtener datos puedan ser útiles en este estadio del trabajo científico. Es natural que la elaboración del método preciso para el uso de las máquinas presupone el previo estudio objetivo del proceso de investigación creadora del sabio.

Algunas otras direcciones del estudio objetivo del mecanismo de la actividad creadora del hombre pueden también quedar son aplicaciones prácticas en un porvenir. En cambio, el estudio objetivo, serio, de la actividad nerviosa superior del hombre en toda su plenitud, se entiende como un eslabón indispensable en la afirmación del humanismo materialista. El desarrollo de la Ciencia ha conducido muchas veces al derrumbe de las ilusiones habituales del hombre, comenzando por la fe reconfortable de la inmortalidad personal. En el de estadio semi-conocimiento y semi-comprensión, esas conclusiones destructoras de la Ciencia se transforman en argumentos contra ella misma, en favor del irracionalismo y del idealismo. "*La Teoría del Origen de las Especies*" de Darwin y el estudio objetivo de la actividad nerviosa superior de Pavlov; fueron presentadas muchas veces como factores negativos para las más altas aspiraciones del hombre en la creación de ideales de moral y estéticos.

De igual forma, en nuestra época, el temor de que el hombre no sea superior en nada a los autómatas "*privados de alma*" se transforma en argumento psicológico en favor del vitalismo y el irracionalismo (el "*argumento del avestruz*").

Hasta ahora, se ha estudiado la teoría de los autómatas discretos, contruidos con gran número de elementos simples (el número de posibles estados de un elemento y el número de elementos del que depende directamente la modificación del estado de un elemento dado, quedan limitados a números muy pequeños). Los Autómatas de este tipo, de número constante de elementos y de estructuras constantes de relaciones entre los elementos, son capaces de efectuar en ellos la modelación de otros autómatas de la misma naturaleza, ó de sistemas que construyen ellos mismos; es decir, de formaciones análogas capaces de modificar su estructura y de asociarse nuevos elementos. Se ha estudiado el problema de la existencia de autómatas universales de estructura constante en el marco de los cuales es posible modelar la evolución de cualquier sistema que se construya él mismo, durante tanto tiempo como el número de elementos que lo constituyen no sea superior a un número dado.

Hay razones para pensar que la actividad subconsciente del hombre para la creación de imágenes (por ejemplo, en la creación artística y científica) es parecida al trabajo de la citada máquina de calcular de acción paralela.

Parece probable que la modelación del trabajo del cerebro humano directamente ligado al desarrollo de la cultura humana, comprendiendo ahí todas las partes que constituyen ese trabajo, desde los hábitos elementales del mismo hasta la creación artística y científica, exige el manejo de cantidades relativamente modestas de información, no del orden de 10^{10} a 10^{15} bits, como muchas veces se supone al basarse en la evaluación de la complejidad de la organización del cerebro.

Sino del orden 10^7 a 10^9 bits. Si esto es exacto, la principal dificultad no reside en la fabricación del suficiente número de células capaces de contener toda la información necesaria, sino en la originalidad del programa que haya de poner en acción al modelo automático.

Es poco alentador lo que sobre este último punto sugiere la teoría de los autómatas. Es conocida la posibilidad de plantear a un autómata discreto problemas cuya formulación es muy simple, pero cuyo problema de solución en un plazo prácticamente aceptable es, notoriamente, muy complejo. En tales casos, el programa complejo que resuelve rápidamente el problema se puede obtener con ayuda de un cálculo automático, para la organización del cual es suficiente introducir en un autómata sumamente poderoso, un programa muy simple.

III.5.- LOS MODELOS DE LOS PROCESOS VITALES Y LA FISIOLÓGIA DEL CEREBRO.

Gran número de especialistas de las más diversas disciplinas, se ocupan de las apasionantes preguntas que plantean los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA) en relación con el problema de la naturaleza de la vida. Al considerar en su conjunto la situación consecutiva al desarrollo de los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA); sus pretensiones y la reacción de aquellos para quienes las mismas no ofrecerían afortunados resultados en lo porvenir, se quiere hacer observar que la causa principal de todas las divergencias reside en la falta de organización de las propias discusiones.

Ninguna discusión resulta fructífera sino a partir del momento en que queda evidente para todos la claridad del planteamiento del problema, la claridad de los criterios y conceptos base del debate. Entonces es cuando la fuerza de los argumentos de los participantes se hace comprensible y adquiere validez. Desgraciadamente, el debate sobre el papel de los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA) en la Ciencia y en la Vida se ha llevado, desde el principio, bien por la de una reacción excesiva a tal enfoque. En realidad, los científicos se encuentran en la situación de quien debe comenzar de nuevo; es decir, han de partir de esquemas lógicos y criterios básicos que proporcionen un sólido punto de apoyo materialista al objeto de obtener solución a la difícil, pero extraordinaria pregunta. Se debe señalar lo sumamente conocido de ciertas ideas que penetran entre los jóvenes investigadores y bajo cuya influencia éstos pierden la perspectiva de su trabajo científico personal.

Esto se puede percibir entre los jóvenes fisiólogos. De pronto deja de interesarles el estudio de la célula nerviosa. "*¿Para qué sirve eso, si pronto se podrá construir, con elementos semiconductores?*". Desafortunadamente tal estado de ánimo se extiende entre la juventud, y precisamente en la Neurocibernética, es donde más ha encontrado cabida.

Es conveniente ahora, atender a ciertos problemas de carácter filosófico, muy importantes, que han sido ya planteados en los órganos fisiológicos de actualidad. *¿De qué se trata?* Si alguien intenta crear modelos mecánicos de lo vivo donde obren elementos de adecuación y adaptación a un fin, se considera que, en el fondo se sitúa, de algún modo, en la categoría de los mecanicistas.

Y por el contrario; los cibernéticos, los físicos y los matemáticos piensan muy sinceramente que quienquiera se oponga a esto (y poco importa que tales posiciones de partida sean razonables ó conservadoras) es un vitalista, profesa la fé vitalista en el carácter indescomponible de la vida, en la imposibilidad de explicar sus principales motores fundamentales, etcétera.

Tal exacerbación de juicios trasladados a nuestros medios son tan inoportunos como injustificados, porque todos comprenden lo que es el materialismo dialéctico y conocen perfectamente los más importantes fundamentos del desarrollo de la ciencia y del pensamiento a partir de las tesis de aquél. Se piensa que esta exacerbación radica simplemente en que ambas partes no encontraron las Normas básicas para la discusión. En efecto, habitualmente se plantea la siguiente pregunta: *¿Puede la máquina llegar a ser más inteligente que el hombre?* Pero la lógica elemental de la discusión científica exige que en primer lugar se defina el concepto de "inteligencia" y de "más inteligente". *¿Qué parámetro es el de "ser más inteligente"; cómo poder definirlo con precisión para que sirva de instrumento de comparación?*

Nadie lo definió, ni lo ha definido; pero todos los científicos lo discuten. Por supuesto, de esto se desprende la discusión desorganizada sobre problema tan importante; esta falta de organización conduce a la confusión y, por lo tanto, a convertir las respuestas en profesiones de fé: Unos creen que es posible y los otros no. Es muy difícil llamar a esto una forma científica de abordar un problema de tal importancia. Por consiguiente, se trata, en primer lugar, de definir los conceptos de inteligencia y de "más inteligente". Así por ejemplo, si se definiera la inteligencia conforme a las Normas de rapidez en el desplazamiento, cualquier motocicleta sería más inteligente que cualquier humano adulto. Si se quiere hacer una comparación se escoje un parámetro, pero es absolutamente imposible resolver por comparación lo que es ó no "más inteligente", tomando una sola facultad, un único parámetro en toda la actividad multiforme del hombre. Se puede admitir por ejemplo, que se elige de parámetro la "combinación de jugadas en el ajedrez". Es una gran realización el construir una máquina capaz "de por sí", y a partir de la valoración de la situación que se presente en el tablero, de hacer jugadas que puedan ser más inteligentes que los movimientos que pudiera hacer un jugador humano.

Es posible admitir que esto es plenamente realizable. Más el trabajo de comparación no se detiene en este parámetro. Este no es sino uno entre millones de parámetros de la actividad de la inteligencia humana, llevado hasta la perfección gracias al hombre y gracias a las máquinas.

El que se puedan llevar diferentes parámetros ó caracteres de la inteligencia humana (del trabajo del cerebro) hasta una perfección superior a la del propio ingenio, constituye inmenso éxito. Ahí radica, precisamente, el aspecto progresivo de los Sistemas Expertos y de la Inteligencia Artificial.

Pero cuando comienza a hablarse de sí, la máquina puede ser ó no "más inteligente" que el hombre, se hace preciso plantear la pregunta de modo más concreto: *¿Puede la máquina efectuar operaciones más diversas que el hombre y efectuarlas mejor, pasando de una operación a otra?* Así se debe poner el acento, no en tal ó cuál aptitud, sino en su interacción, en el paso de una a la otra

¿Qué es la inteligencia, desde nuestro punto de vista? Para los fisiólogos, la particularidad del trabajo del cerebro consiste, justamente, en su aptitud para pasar con increíble rapidez, en función de la rápida síntesis de la situación existente en un momento dado, de la actividad que concluye, por efectos definidos, a otra. Este cambio de actividad descansa en el hecho de que el cerebro cuenta con posibilidades prácticamente ilimitadas de formación de nuevas combinaciones. Es un órgano creado de tal forma en el curso de la evolución, que siempre se ha desarrollado adelantándose a los acontecimientos presentes en la realidad. Esta es una propiedad muy interesante del cerebro. Se podría tomar un hombre que hubiera vivido hace 3 000 años, que desconociera toda nuestra civilización y, después de un entrenamiento adecuado, hacer de él un matemático tan capaz como no importa qué matemático de hoy. Existen ejemplos parecidos.

Un explorador de la zona septentrional de América del Sur residió algún tiempo en una tribu Caribe y a su regreso trajo consigo algunos niños nativos. Los padres de estos niños no sabían contar sino hasta dos y cuando se les pedía contar hasta tres, se dormían. Pero en la escuela, esos muchachos demostraron aptitudes superiores a los de los niños Europeos. Para los fisiólogos del cerebro, no hay en eso nada de sensacional. Se sabe que las posibilidades del cerebro en sus ligazones moleculares son ilimitadas. A menudo se dice: El cerebro tiene 14 mil millones de células.

Esto maravilla al gran público. Efectivamente, son muchas células, pero no tiene nada de milagroso. Lo más importante es que esos 14 mil millones de células están construidas de tal suerte que cada una de ellas tiene sobre su membrana mil contactos con otras células. Y, es más, todos esos mil contactos pueden todavía reflejar mil reacciones químicas diferentes. Ahora es posible imaginarse qué cantidad de posibles operaciones es capaz de plasmar el cerebro al chocar con las condiciones exteriores, con el medio ambiente. ¿ De qué se trata cuando se compara al hombre y a la máquina ? De sus actividades y relaciones recíprocas. Esto es lo que más importa al fisiólogo del cerebro.

Siempre que se intenta comparar la máquina al hombre, la actividad de la máquina y la actividad del cerebro; es necesario hablar de actividad, definir la cualidad y la forma final de la actividad dada. Si se aborda la pregunta desde esta perspectiva, se ve que en un minuto el humano realiza centenares y más de actividades; por lo general, las distintas actividades, bien definidas, son mucho más numerosas que las células. Si se construyese la máquina que realizara aunque no fuese más que dos actividades distintas y que "por sí" pasara de una a la otra, se tendría el punto de partida que permitiera iniciar la comparación entre las posibilidades de la máquina y la actividad del hombre. Como se ha mencionado más arriba, el hombre puede crear máquinas más perfeccionadas para este ó aquel parámetro del cerebro humano y de su actividad:

En la esfera de toda la Ciencia se plantea una pregunta sumamente interesante, tanto en el terreno filosófico como en el de la Ciencia concreta, analítica. Se toma como ejemplo, la categoría de cualidad, como categoría del materialismo dialéctico. ¿ Se suprime ó no la cualidad con la tentativa de presentar la aproximación mecánica del proceso vivo ?

La respuesta es no. La cualidad, como categoría definida a través del salto en el movimiento de la materia, sigue siendo una categoría filosófica. Pero se ha entrado en la época del desarrollo de la Ciencia donde la cualidad debe interpretarse por los parámetros de las ciencias exactas, matemáticas y físicas. Si se habla del denominador común al que los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial reducen todos los fenómenos; es decir, la difusión de la información, la transformación de la información con su código y sus parámetros matemáticamente fundados, también se puede aproximar la cualidad a este punto de vista.

Si alguien dice que la cualidad no puede ser estudiada más profundamente ni ser más escrupulosamente caracterizada, es inexacto. Como muy bien se ha señalado, si se cuenta con una nueva cualidad en el desarrollo de la materia, esta cualidad nueva puede y debe expresarse con todos los conceptos que forman parte de la teoría de la información, con la comprensión de los parámetros, de las magnificencias fisico-matemáticas, etc. Pero esta aproximación no suprime la particularidad cualitativa, simplemente le da una interpretación concreta.

Si se emprende una discusión en esta dirección, no estará fundada. Ciertamente, es necesario precisar la posición de cada persona, precisar lo que se piensa de los parámetros, de la información, cuando se produce el paso cualitativo de una forma del movimiento de la materia a otra. Pero esto no constituye una línea divisoria ideológica como mucha gente piensa. He aquí la penúltima pregunta: La adecuación al fin. Para los fisiólogos, especialmente los fisiólogos del cerebro, la adecuación al fin es algo que ven continuamente, en todo momento, y pueden comprender los errores que han hecho de tal adecuación al fin la base del desarrollo de las concepciones vitalistas, donde aparece en escena la "*fuera vital*" rigiendo esta adecuación. En el presente, en numerosos dominios de la fisiología, ha sido descifrada tal adecuación y para los especialistas se ha convertido en un proceso tan material como los otros, en los que las causas y las consecuencias son absolutamente estudiados y objetivamente conocidos en todos los casos.

Por esto, la adecuación, tal como se le entiende, no corresponde ya, en su esencia, a la noción formulada originalmente.

A partir del momento en que la vida aparece sobre el Planeta, debido a las diferentes transformaciones de la materia mineral, aparecen, naturalmente, Normas para conocer la verdad de todo lo que actúa sobre lo vivo. Respecto a la acción exterior, la materia no podía tener criterio de adecuación ó de inadecuación. Con la aparición de la vida surge el siguiente criterio de la acción exterior: *¿ La conserva ó la destruye ?* Precisamente por esta razón se puede considerar adecuado lo que estabiliza la vida, lo que fija la constancia de sus formas conseguidas ya en la evolución y conservadas por la selección natural. Volviendo al cerebro, se puede decir que ha acomodado estas formas de correlación en un aparato especial, el que no es menos material que todos los procesos que se desarrollan en una probeta. También se ven los límites de este proceso y sobre el particular se debe estar convencido de la posibilidad de principio de reproducir los diferentes mecanismos y las distintas aptitudes del cerebro.

Este es uno de los puntos de desacuerdo con los especialistas de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial: No quieren ver (en parte porque no existe suficiente información mutua), los factores que el cerebro ha acumulado en él a lo largo de la historia; esa previsión del porvenir, la facultad de adelantarse al presente en su acción de adaptación del organismo a los acontecimientos futuros.

Tómese por ejemplo, nuestra vida diaria: El objetivo de la acción, los designios, la intención con la que comenzamos el día y con la que damos término a nuestra jornada. Cada uno de nuestros pasos está señalado por una sucesión de fines, grandes ó pequeños, y tales fines son fijados cada segundo. *¿ Qué es un fin ?* Es siempre un salto a lo largo de las estructuras del cerebro, a lo largo de las trabazones, a lo largo de sus sistemas, un salto hacia el porvenir.

Es la constitución de procesos para los que todavía no existen acontecimientos exteriores, sino que pueden corresponder a futuros acontecimientos externos. Tal cosa se produce porque el hombre tiene la experiencia pasada, porque yo tengo una memoria, "reservas" de las cuales tomo la posibilidad de predecir el porvenir, etc. Todos estos procesos son absolutamente materiales.

A veces, en el curso de conversaciones con matemáticos y físicos suele escucharse en respuesta a esto, la siguiente objeción irónica: "Así, no es realizable una máquina que se fije de por sí sus propios fines". Habitualmente la respuesta es: Tal cosa podría ser realizable, si se tuvieran los materiales y mecanismos concretos que permitan construir tal máquina.

Existen máquinas que se fijan un fin, pero en este caso el objetivo del debate es diferente. Estas máquinas modifican su actividad en los límites de la construcción que les han sido impuestos. Otra cosa sería, por ejemplo; si una máquina para fabricar cartuchos, harta de hacerlo, se pusiera a fabricar calzado. Por supuesto que este es un ejemplo grotesco; pero la realidad es que nosotros los humanos, nos comportamos así continuamente, en todo momento. Un hombre quería ir al teatro, más como llueve renuncia a hacerlo y va a ver a sus amigos, etc. El hombre cambia de actividad; en cada instante se fija un fin en función de la síntesis pertinente que realiza su cerebro en una situación dada.

Ciertamente, si se creara la máquina que sintetizara de la misma manera la situación ambiente y efectuara cada vez actos nuevos, sometiéndolos a los intereses de su "vida", de su "cuerpo" de su "salud", tendríamos la base para comparar la máquina y el cerebro. Lo que caracteriza al cerebro es precisamente el cambio de actividades, pero todavía no se ha tenido oportunidad de ver una máquina que haga sucederse actividades cualitativamente diferentes conforme al modo de ordenar en un momento dado la situación exterior.

En este sentido la máquina más "inteligente" es la más "estúpida", que un bebé arrastrándose por el suelo. Y cuando preguntamos si el hombre es más inteligente ó no que la máquina, es habitual y precisamente eso lo que pensamos. *¿Puede el hombre por sus propios órganos visuales aventajar al microscopio?* Seguro que no, por lo que resulta indiscutible que en este aspecto la máquina dada es "más inteligente" que el hombre. Pero el hombre se adapta a millones de situaciones que surgen de improviso. Son millones de situaciones que acompañan al hombre durante toda su vida y con relación a ellas el hombre realiza su objetivo vital: He aquí lo que debe ser objeto de comparaciones, el contenido que es preciso dar a la expresión "más inteligente".

He aquí el índice según el cual debemos comparar la máquina y el hombre; pero, desgraciadamente, todavía no existen comparaciones suficientemente razonable y científicamente fundadas.

En fin, la última pregunta: *¿Qué aporta la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos al fisiólogo del cerebro, y qué da el fisiólogo del cerebro a la Inteligencia Artificial?* Es indudable que los fisiólogos del cerebro, se han enriquecido y se continúan enriqueciendo con muchas cosas gracias a los métodos y sobre todo a las formas de pensamiento utilizadas por los científicos, los matemáticos y los físicos.

Pavlov descubrió leyes capitales del funcionamiento del cerebro; pero jamás se ocupó de la química y ni siquiera le gustaba. En una ocasión se le propuso a Pavlov estudiar la composición química de la sangre en la fase del efecto activo del bromo sobre el sistema nervioso, y él dijo: "No veo ahí nada de interés; dejemos de ocuparnos de eso". Sin embargo, descubrió leyes de la vida del cerebro tan importantes como la predicción del porvenir, el dominio de hecho, sobre el porvenir.

Las matemáticas, y especialmente la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos, ofrecen la posibilidad de elaborar ciertos modelos y esquemas que permiten comprender el mecanismo interno de esta predicción del porvenir, la manera de dirigirse estos organismos internos a la síntesis y comprender la organización del trabajo del cerebro en su conjunto. El progreso del trabajo de los fisiólogos del cerebro consistirá, justamente, en utilizar esa asombrosa máquina que es el cerebro, con su organización económica y segura para las construcciones y modelos actuales de desarrollo fisiológico. En cuanto al hecho de que el cerebro trabaja económicamente se puede demostrar con no importa qué hecho, y éstos forman legiones.

Cuando se piensa que bastan 5 células nerviosas de nuestro cerebro, que difícilmente se perciben en el microscopio, para hacernos sentir sed, descender a un pozo, ir al río, acarrear el agua, y todo esto para beber, para satisfacer a esas células excitadas. La sensación de sed está formada precisamente por esas cinco células, porque genéticamente están dotadas de una fina sensibilidad a la presión osmótica, que permanece a un mismo nivel durante toda la vida. A cierto grado de modificación de la presión osmótica de la sangre, esas células se ponen a difundir la excitación de alarma por todas las direcciones del órgano cerebral creando la sensación de sed.

III.6. - ¿ ES POSIBLE CREAR ARTIFICIALMENTE LA VIDA ?

Con la aparición de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial, capaces de realizar complejos procesos dirigidos a fines determinados, la pregunta de la creación artificial de la materia viva ha cobrado suma actualidad. En la medida en que el organismo vive es un sistema dinámico que realiza funciones complejas orientadas a fines dados, puede considerarse que la máquina cibernética que cumpla, al menos, una de esas funciones, forma parte de lo vivo en un orden inferior. Más el paso del Sistema Experto del orden inferior al superior no tiene, en principio, límites, si se entiende que este sistema puede cumplir funciones cada vez más numerosas y complejas. Realmente, el Sistema Experto es capaz de verificar procesos de las más diversa complejidad con la única condición de que el resultado a obtener sea expresado en el lenguaje simbólico de los algoritmos introducidos en la máquina en forma de un programa definido. De esto se deduce que, desde el punto de vista de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial, la única diferencia entre el organismo vivo y el Sistema Experto que haga las mismas funciones que aquél, reside, en último término, en lo histórico de su creación, y no en la diferencia de principio entre las leyes físicas que rigen a ambos.

Así pues, la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos, están en su derecho de afirmar que, desde el punto de vista de principios, es posible la creación artificial de la materia viva. En este sentido, estima que el Sistema Experto establecido especialmente para cumplir funciones biológicas las realiza exactamente como lo hace el organismo vivo y que, por lo tanto, en lo que respecta al cumplimiento de determinadas funciones biológicas no hay ninguna distinción entre la materia viva y el Sistema Experto creado a partir del diseño de un automatismo, que a su vez es fruto de la materia mineral.

Las funciones realizadas por una máquina pueden ser de la mayor diversidad y relacionarse tanto con el comportamiento fisiológico de un organismo animal vivo como con la actividad intelectual del hombre.

Considérese ahora, la afirmación opuesta, la que se podría llamar "*Anti-Inteligencia Artificial*": Es imposible crear la materia viva resultante de la facultad de una máquina cibernética idéntica en el plan funcional porque, por principio, el metabolismo biológico, no puede reproducirse con ayuda de la materia mineral.

Cuando en el estadio actual de las Ciencias Naturales se plantea el problema de la creación artificial de lo vivo, es preciso considerar que las dos afirmaciones no pueden ser simultáneamente válidas y que, en consecuencia y desde el punto de vista filosófico general ambas, necesariamente, entrañan tesis teóricas que se excluyen mutuamente.

Sin embargo, la contradicción lógica entre las afirmaciones cibernéticas y anticibernéticas desaparece si se admite que la materia viva, dotada de metabolismo biológico, no se puede crear por ningún medio artificial originado en la materia mineral, pero que las diversas funciones del organismo vivo, que son "*funciones derivadas*" del metabolismo biológico, pueden imitarse por los sistemas cibernéticos de forma tan precisa como se desee. Si esta aseveración, que corresponde, a la vez, a las dos afirmaciones; cibernética y anticibernética, es exacta, resulta que existe una diferencia física de principio entre la función fundamental de la materia viva (el metabolismo biológico), y todas las demás funciones llamadas convencionalmente, "*funciones derivadas*", que juegan un papel en el metabolismo del organismo.

La esencia termodinámica de esta diferencia física entre la función fundamental del organismo vivo y todas sus demás funciones, suponiendo que tal diferencia exista realmente, consistiría en esto: Las funciones del organismo vivo susceptibles de ser ejecutadas a semejanza con precisión ilimitada, por los Sistemas Expertos; son procesos de trabajo que no contradicen el Segundo Principio de la Termodinámica (que establece el hecho de que los procesos siguen una cierta dirección, pero no la dirección opuesta; ya que el calor jamás fluirá del medio frío al medio caliente). Estas funciones pueden ser reproducidas con todo grado de precisión por dispositivos automáticos; por Robots, es decir, por Sistemas Cibernéticos. Pero en cuanto al metabolismo biológico; es decir, a esta función específica del organismo vivo que es la base de sus múltiples funciones, representa un proceso de trabajo original, exclusivamente propio de la materia viva y está en contradicción con el Segundo principio de la Termodinámica.

Como tal, este proceso no puede tener ningún modelo material. Por consiguiente, existe la negativa Termodinámica que se opone a la realización del modelo material ó a la reproducción material de la función fundamental de la materia viva: El metabolismo biológico. A continuación se trata de demostrar en qué consiste la esencia física de esta negativa Termodinámica.

Por complejo que sea el comportamiento de un organismo vivo, todas las funciones observables de que ese comportamiento se compone pueden representarse por procesos de trabajo susceptibles, por principio, de ser imitados por Sistemas Cibernéticos; incluso se comprueba cierta superioridad de estos últimos. Es manifiesto que la máquina cibernética que realiza determinada función compleja del organismo trabaja durante más tiempo y es más veloz que el organismo vivo. Esa superioridad funcional de la máquina cibernética sobre el organismo se explica, en parte, porque el organismo cumple constantemente gran número de diversas funciones recíprocamente relacionadas, mientras que la máquina cibernética, construida con fines concretos, está libre de funciones "accesorias".

La ventaja de la máquina se ha hecho más evidente al establecer, en el terreno teórico, que podía crearse un Sistema Cibernético, transformador universal de la información que llegara a la máquina en forma de signos convenientes.

Los rasgos particulares del Sistema Cibernético (la aptitud para simular cualquier función biológica compleja con carácter de proceso de trabajo "externo", y la superioridad sobre el organismo de la máquina cibernética, susceptible de repetir gran número de veces y cumplir muy rápidamente una función dada), han llevado a la afirmación de que, la actividad del organismo equivaldría al funcionamiento de un mecanismo sometido, en todas sus partes, a las mismas leyes físicas y químicas de toda máquina. Sin embargo, entre el organismo vivo y la máquina existe una diferencia fundamental, que aparece cuando se estudia el vínculo entre la estructura y la función de ambos sistemas. La máquina puede permanecer en reposo sin perder su estructura, al menos durante un tiempo similar a la duración de sus ciclos de trabajo. La estructura de la máquina es estable a su temperatura de funcionamiento; también lo es cuando la máquina está parada. Por el contrario, el organismo vivo debe funcionar permanentemente, y sí, por cualquier razón, cesa de cumplir sus funciones a la temperatura habitual a su actividad vital pierde irreversiblemente su estructura y acaba por perecer. Como la pérdida de su estructura por el organismo que cese de funcionar está ligada a la fluctuación térmica de las sustancias en la temperatura en que se cumple su actividad vital, el mantenimiento de la estructura del organismo en actividad debe ser relacionado con ciertos procesos de la materia viva que se oponen a la fluctuación; sin hablar de los demás procesos de trabajo del organismo activo.

Los procesos externos de trabajo y los procesos "antifluctuación" de mantenimiento de la estructura, portadores del contenido informativo del organismo vivo, se conjugan en el seno del mismo y se desarrollan en un sólo y mismo tiempo y en cierto intervalo (breve) de temperatura correspondiente a la actividad vital. El cese del proceso "antifluctuación" a la temperatura de actividad vital del organismo es fatal y conduce a la abolición de la estructura del sistema vivo ó a la pérdida irreversible de su contenido informativo. No obstante, existen dos procedimientos experimentales que permiten interrumpir el proceso "antifluctuación" del organismo vivo sin que ello entrañe la pérdida irreversible de su estructura; es decir, la pérdida del contenido informativo del organismo vivo.

En primer lugar, la inmovilización por el frío del agua intracelular (por enfriamiento del organismo hasta una temperatura netamente inferior a la que corresponde a su actividad vital). En segundo lugar, la eliminación del agua contenida en las células (por evaporación del agua del organismo a la misma temperatura de su actividad vital).

A continuación, se verá más a detalle estos dos procedimientos de conservación del contenido informativo del organismo vivo cuando existe cese de su actividad interna "antifluctuación". Cuando se enfría con precaución un organismo vivo hasta alcanzar una temperatura claramente inferior a la de su actividad vital; se llega, en numerosos casos a conservar su estructura al producirse el cese simultáneo de los procesos metabólicos. A temperatura suficientemente baja, la velocidad de las reacciones químicas del metabolismo es prácticamente nula, y el sistema vivo interrumpe su formación metabólica conservando no obstante la especificidad de su estructura. Si tal sistema, enfriado pero conservando su estructura, se calienta hasta el punto de temperatura de su metabolismo normal, puede recobrar la vida.

En los animales y vegetales primitivos, es posible lograr el mismo efecto de conservación de la estructura con el cese simultáneo del metabolismo, mediante el método de deshidratación. Cuando se elimina con precaución el agua del sistema vivo, pasa al estado de anabiosis, se detienen los procesos metabólicos. Si ese sistema, deshidratado, pero no transformado en cuanto a su estructura, se rehidrata, los procesos metabólicos se reestablecen.

Estas experiencias permitieron descubrir dos propiedades fundamentales distintivas de los sistemas vivos:

Primera, que la estructura de la célula es termolábil (es decir, es un compuesto térmico fácil de transformar en otro más estable), a la temperatura correspondiente de su actividad vital.

Segunda, que todos los demás componentes de la célula viva (ácidos nucleicos, etcétera.) que con el agua constituyen la estructura del sistema vivo, son portadores de información; y, en ausencia del agua, son termoestables a la temperatura del metabolismo.

La conclusión que se desprende de estas dos propiedades del sistema vivo, no cerrado desde el punto de vista termodinámico, es paradójica desde el ángulo de la Termodinámica de los sistemas-máquinas no cerrados. La paradoja es la siguiente: El sistema vivo no cerrado desde el punto de vista termodinámico, constituye una máquina química original que, a partir de la información contenida en su estructura, funciona con estabilidad contra su destrucción térmica.

En el sistema vivo se desarrollan dos procesos antagonistas, que son la base del metabolismo: La edificación de la estructura termolábil y su descomposición a la temperatura de la vida. Las nociones fisiológicas de asimilación y desasimilación, de anabolismo y de catabolismo, de síntesis y de descomposición de las sustancias, reciben así la siguiente interpretación termodinámica: Los procesos de asimilación representan procesos de edificación de la estructura termolábil del sistema vivo, y los procesos de desasimilación lo son de destrucción térmica de la estructura a la temperatura de la vida.

Bajo la acción del calor a la temperatura de la vida, la estructura del sistema vivo se destruye invariablemente y, al mismo tiempo, los procesos de trabajo "*interno*" que se verifican en el sistema vivo reedifican de nuevo; sin cesar, la estructura termolábil del sistema. Se llega a la conclusión de que en la base de la vida, el metabolismo, se encuentran procesos dirigidos a dominar el caos térmico, y que nacen en el seno del sistema vivo a la temperatura de la vida. Estos procesos son antientrópicos y contradicen el Segundo Principio de la Termodinámica.

La creación de un modelo material del sistema vivo se revela, pues, imposible, porque la función esencial del modelo del sistema vivo debe consistir en la edificación de una estructura que sea termolábil a la temperatura de edificación de esta misma estructura. Los procesos de trabajo internos "*antifluctuación*" no pueden ser reproducidos ó modelados materialmente. Se pueden crear modelos de procesos biológicos que, de hecho son procesos de trabajo externos. Estos procesos pueden cumplirse por mecanismos que posean estructura termoestable a su temperatura de funcionamiento. En otros términos: Es imposible construir una máquina que funcione a temperatura en que las sustancias que componen la máquina son termolábiles y sufren cambios de fase que les hace pasar de un estado de agregación a otro. Por ejemplo; líquido » gas, sólido » líquido.

Se pueden clasificar entre los procesos biológicos susceptibles de recibir un modelo material los procesos metabólicos "*derivados*", las funciones de los diversos órganos y del organismo en su conjunto en caso de que quepa describir con precisión estas funciones en forma de procesos de trabajo externos; por ejemplo, bajo la forma de trabajo osmótico, mecánico ó eléctrico, de síntesis químicas, etc. Todos estos fenómenos pueden ser simulados materialmente si son descritos, reducidos a un algoritmo, y si este algoritmo es programado e introducido en la máquina. Sin embargo, no se puede introducir en la máquina un programa dirigido contra su propia destrucción térmica cuando el funcionamiento de la máquina se desarrolla precisamente a temperatura que engendre su destrucción térmica. En efecto, el portador material del programa está igualmente sometido a la destrucción térmica. Cuando, partiendo del obstáculo termodinámico referente a la imposibilidad de construir una máquina que funcione a su temperatura de fusión, se concluye "*que existen propiedades de la máquina viva imposibles a simular*", tal cosa no constituye de ninguna manera una concesión al idealismo, como piensan algunos científicos.

Es suficiente considerar que no se habla aquí de modelos teóricos, sino de modelos materiales; es decir, de la reproducción de la propiedad fundamental de la materia viva, de su actividad "*antifluctuación*" ó de la edificación de una estructura termolábil. El sistema vivo contiene la información estructural que dirige el curso de los procesos de trabajo que se oponen a la destrucción térmica de su propia estructura, que es portadora de la información misma.

Desde el punto de vista de la Termodinámica, en esto reside la esencia de la materia viva, lo que la distingue de la materia mineral. El sistema vivo está compuesto de dos tipos de sustancias netamente diferentes según la Termodinámica:

1.- Los otros componentes que aparte del agua constituyen cerca del 20% de la célula viva, que son portadores de información, y termoestables, en ausencia del agua, a la temperatura de la actividad vital del organismo.

2.- El agua intracelular, masa esencial de la célula viva, que no lleva ninguna información y que, con los otros componentes del sistema vivo, constituye la estructura termolábil del sistema vivo a su temperatura de actividad vital.

De esto se puede concluir que el agua intracelular se encuentra en una especie de estado termolábil, casi cristalino, que recuerda al hielo, estado que se ve sometido a la destrucción térmica de la célula en proceso de metabolismo y que, sin cesar, renace como consecuencia de la constante renovación de esos procesos metabólicos. El agua intracelular está, pues, en continuo estado de cambios de fase: Pasa del estado termolábil ordenado, casi cristalino, al de la fase térmicamente estable de agua-disolvente, y viceversa.

Bajo el efecto de destrucción del movimiento térmico, el agua pasa al estado de probabilidad termodinámica máxima correspondiente a la estructura del agua líquida, y como resultado de los procesos de trabajo organizador del metabolismo pasa al estado de fase ordenada inestable dotada de estructura casi cristalina. Estos cambios de fase, ó pulsaciones, del agua intracelular forman probablemente la función dinámica esencial del metabolismo y todas las demás funciones especializadas de la célula viva se derivan de esa misma función esencial. En efecto, la llegada a la célula (por vía de difusión del medio ambiente), de las sustancias que la aprovisionan de energía química no puede hacerse sino en el agua-disolvente intracelular, y el rechazo activo de las sustancias-desecho de la célula hacia el medio ambiente no es posible sino cuando se produce el cambio de fase que lleva al agua al estado ordenado, casi cristalino.

Así, las pulsaciones que permiten pasar al agua de la fase casi cristalina a la líquida, y viceversa, aseguran el intercambio de energía y de sustancia entre el sistema vivo y el medio ambiente.

El agua intracelular asegura con sus cambios de fase la movilidad específica de la materia viva, base de todas las funciones normales del organismo susceptibles de ser simuladas. Los incesantes cambios de fase del agua intracelular representan la forma de movimiento de la materia viva que no se puede reproducir realmente a partir de la materia mineral, a los que se puede considerar, desde el punto de vista filosófico, como la forma biológica del movimiento de la materia.

Partiendo del precedente análisis, se puede formular como sigue el Principio Termodinámico de existencia de la materia viva: La materia viva representa un sistema dinámico que funciona a la temperatura de destrucción térmica de su estructura. Es imposible crear a partir de la materia mineral un sistema dinámico que funcione a la temperatura de fusión de su estructura. Se puede formular la siguiente negativa termodinámica: No puede crearse una máquina cuya función sea crear su propia estructura, si ésta es termolábil durante la duración de la actividad de la propia máquina. Así es, pues en toda máquina "no viva", todas sus partes, toda su acción, están sometidas a las leyes físicas de la materia "no viva".

El Principio Termodinámico de existencia de la materia viva es un principio autónomo, que indica que la física de la materia viva presenta un carácter autónomo y que la materia viva no puede aparecer a partir de la materia mineral tal y como nosotros la conocemos. Se ha llegado así a dos preguntas cardinales:

- 1.- ¿ Puede crearse artificialmente la materia viva ?
- 2.- ¿ Cómo ha aparecido, históricamente, la materia viva ?

La primera pregunta parece que en la actualidad no obtiene una respuesta definitiva. Pero supóngase, que a partir de la materia mineral se consiguen crear todos los componentes además del agua de la célula viva; es decir, las biomacromoléculas albuminoideas, los ácidos nucleicos, etcétera; en otras palabras, todos los componentes portadores de información del sistema vivo. Entonces, la creación de tal célula consistirá en asociar a todos los componentes de información, siguiendo un plan determinado, con el constituyente esencial de la célula viva: *El agua*.

Como el agua intracelular se encuentra en estado termolábil (negentrópico) casi cristalina, los componentes de la célula viva no pueden asociarse sino en dos diferentes condiciones: A una temperatura extremadamente baja, en presencia de agua "*congelada*" (ordenada, pero termoestable), ó a la temperatura de actividad vital, pero sin agua; es decir, en estado anhidro. En el primer caso, el establecimiento del metabolismo biológico exige que el sistema sea calentado hasta la temperatura de su actividad vital; en el segundo, es indispensable "*hidratar*" el sistema.

Teóricamente son realizables estas dos condiciones. Pero, en el terreno experimental, existen probablemente dificultades de principio insuperables. Según toda verosimilitud, es imposible "*edificar una estructura de componentes macromoleculares*" en presencia de agua cristalizada; ó sea, a baja temperatura, cuando los componentes macromoleculares están inmóviles; y, quizás también imposible "*edificar una estructura de componentes macromoleculares*" en ausencia de agua; es decir, a la temperatura vital de la célula, pero en seco, cuando los componentes macromoleculares están, igualmente, inmóviles.

Se tratará ahora la segunda pregunta cardinal: *¿ De qué manera la materia viva ha aparecido como realidad material si existe la negativa termodinámica que se opone a la aparición de la materia viva a partir de la materia mineral tal y como existe actualmente ?*

El análisis conduce a reconocer el carácter histórico tanto de la materia viva como de la materia mineral. En todo momento, el mundo ha sido material. Es interesante anotar que la edad de la materia viva es del mismo orden que el del Universo en su fase actual, que es una fase de expansión. Se encuentran índices de biósfera en los sedimentos de la corteza terrestre que se remontan a más de 2 000 000 000 años. Las raíces de la vida son probablemente todavía mucho más antiguas. Se estima que en un período distante 5 a 10 mil millones de años, el Universo se encontraba en un estado de "caos inicial" y las leyes físicas de esa época eran definidas por el estado del mundo material de entonces.

Hace varios miles de millones de años se modificaron las condiciones de existencia del Universo, entrando éste en expansión. Es el período inicial en que se constituye el planeta Tierra, en el que la vida nace en su superficie, verosímelmente como fase termodinámica que aparece súbitamente, cuando la modificación repentina de las condiciones físicas corresponde a la existencia de un estado de fase dado.

La aparición de la materia viva se presenta, pues, como la aparición simultánea de todo el conjunto de seres vivos primarios en condiciones adecuadas a su existencia, y no como la aparición de uno ó varios seres vivos luego de ilimitada multiplicación. Desde el punto de vista geológico y geoquímico, no se trata de la síntesis de un organismo particular, sino de la aparición de la biósfera.

El mundo de la materia viva y el mundo de la materia mineral tal y como se le conoce actualmente tienen pues, aproximadamente, la misma edad: De 2 a 4 mil millones de años. De esto se puede concluir que hace más de 4 mil millones de años, cuando el Universo entró en su fase actual de desarrollo (fase de expansión), cierta protomateria "A" dió nacimiento, casi simultáneamente, a dos sustancias materiales "B" y "C"; la materia viva y la materia mineral; cada una de las cuales se desarrolla según sus propias leyes.

En lo referente a los *Sistemas Expertos*, se puede mencionar lo siguiente:

Los Sistemas Expertos (SE), se emplean para ejecutar una variedad muy complicada de tareas, que en el pasado solamente podían llevarse a cabo por un número limitado de personas expertas intensamente entrenadas.

Un Sistema Experto (SE), es una aplicación informática que soluciona problemas complicados que de otra manera exigirían ampliamente la pericia humana. Para lograr esto, se simula el proceso de razonamiento humano mediante la aplicación específica de conocimientos e inferencias.

Internamente, un Sistema Experto (*SE*) ideal se puede caracterizar como un sistema que comprende:

- Amplio conocimiento específico a partir del campo de interés.
- Aplicación de técnicas de búsqueda.
- Soporte para análisis heurístico.
- Habilidad para inferir nuevos conocimientos a partir de conocimientos ya existentes.
- Procesamiento de símbolos.
- Capacidad para explicar su propio razonamiento.

Los principios básicos en los que se basan los Sistemas Expertos (SE), se enumeran a continuación:

Principio 1.0.- La potencia de un experto se debe más al conocimiento amplio del área específica que a la comprensión del desempeño genérico de un experto.

Principio 1.1.- La selección del esquema de representación del conocimiento es una de las decisiones más críticas en el diseño de un Sistema Experto.

Principio 1.2.- El proceso de buscar los conocimientos apropiados y a partir de éstos deducir nuevos conocimientos, constituye un elemento clave del procesamiento de un Sistema Experto.

Principio 1.3.- La selección del paradigma de inferencia considerando la explosión combinatoria, influye fuertemente en el desempeño global de un Sistema Experto (SE).

Principio 1.4.- En un Sistema Experto ideal, el motor de inferencia nunca debería necesitar de modificaciones.

Principio 1.5.- La credibilidad que se le concede a un Sistema Experto (SE) depende de la habilidad del Sistema Experto para explicar su propio proceso de razonamiento.

En menos de cinco años, la Inteligencia Artificial ha pasado de ser un pequeño aspecto de la ciencia informática a ser quizás la aportación más importante a la informática desde el transistor. Este rápido cambio se basa en cuatro factores fundamentales: El éxito de los Sistemas Expertos, que fueron los primeros productos de la Inteligencia Artificial de auténtico impacto comercial; el bien conocido compromiso de los japoneses con la Inteligencia Artificial; la lenta pero firme integración de las técnicas de Inteligencia Artificial en las aplicaciones existentes y, finalmente, el hecho de que ha llegado la hora de la Inteligencia Artificial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Conocer y estudiar detalladamente, las características de la Arquitectura, Programación y Aplicación de los Microprocesadores de 32 Bits, lo referente a la Inteligencia Artificial (*IA*), los Sistemas Expertos (*SE*), al igual que su Aplicación a el Control Industrial.

OBJETIVOS PARTICULARES:

1.- Conocer los fundamentos de los Microprocesadores de 32 Bits, así como, las definiciones básicas que se involucran en los Sistemas Digitales basados en Microprocesadores.

2.- Conocer detalladamente la Arquitectura interna del MP80386, así como su conexionado y el repertorio de instrucciones para su programación. Conocer detalladamente la Arquitectura interna del MP80486, así como su conexionado y el repertorio de instrucciones para su correcta programación.

3.- Establecer los conceptos básicos de los Sistemas Expertos (*SE*) y la Inteligencia Artificial (*IA*), así como las posibilidades de estas técnicas específicas en la solución de problemas.

4.- Conocer las aplicaciones que se pueden hacer mediante la utilización de los Sistemas Expertos (*SE*) y la Inteligencia Artificial (*IA*), a el Control Industrial.

IV.4.- Robótica

La robótica es una ciencia aplicada que ha sido considerada como una combinación de tecnología de las Máquinas-Herramienta y de la informática. Comprende campos tan aparentemente diferentes como son diseño de máquinas, teoría de control, Micro-electrónica, programación de ordenadores, inteligencia artificial, factores humanos y teoría de la producción. El sector de investigación y desarrollo está procediendo en todas estas áreas para mejorar la forma en que los robots trabajan y "piensan". Es probable que los esfuerzos de investigación den lugar a futuros robots que hagan que las máquinas actuales parezcan bastante primitivas. Los avances en tecnología ampliarán la gama de las aplicaciones industriales de los robots.

Los campos técnicos anteriormente citados son muy interdependientes en la manera en que se utilizan en Robótica. Para poder apreciar la tecnología de la robótica y su programación debe conocerse la forma en que los robots se aplican en la industria. Para comprender el empleo de sensores en Robótica hay que estar familiarizado con la forma en que se programan los robots. Para comprender el uso de un efector final debe conocerse que una función fundamental de un robot es manipular piezas y herramientas.

Para describir la tecnología de un robot, se tiene que definir una diversidad de características técnicas relativas a la forma en que está construido el robot, y a la manera en que opera. Los robots trabajan con sensores, herramientas y pinzas, y deberán definirse esos términos. La programación del robot, se realiza de varias formas. Los robots se utilizan para ejecutar trabajos en la industria, de diversa índole y aplicación.

La anatomía del robot se refiere a la construcción física del cuerpo, brazo y muñeca de la máquina. La mayoría de los robots utilizados en las fábricas actuales están montados sobre una base que está sujeta al suelo. El cuerpo está unido a la base y el conjunto del brazo está unido al cuerpo. Al final del brazo está la muñeca. La muñeca está constituida por varios componentes que le permiten orientarse en una diversidad de posiciones. Los movimientos relativos entre los diversos componentes del cuerpo, brazo y muñeca son proporcionados por una serie de articulaciones.

Estos movimientos de las articulaciones suelen implicar deslizamientos ó giros. El cuerpo, el brazo y el conjunto de la muñeca se denomina, a veces, el manipulador.

Unida a la muñeca del robot va una mano. El nombre técnico aplicado a la mano es "*efector final*". El efector final, no se considera como parte de la anatomía del robot.

Las articulaciones del cuerpo y del brazo del manipulador se emplean para situar el efector final y las articulaciones de la muñeca del manipulador se utilizan para orientar dicho efector final.

Los robots industriales están diseñados para realizar un trabajo productivo. El trabajo se realiza permitiendo que el robot desplace su cuerpo, brazo y muñeca mediante una serie de movimientos y posiciones. Unido a la muñeca está el efector final, que se utiliza por el robot para realizar una tarea específica. Los movimientos del robot pueden dividirse en dos categorías generales: Movimientos de brazo y cuerpo, y movimientos de la muñeca. Los movimientos de articulaciones individuales asociados con estas dos categorías se denomina, a veces, por el término "*grado de libertad*", y un robot típico industrial, está dotado de cuatro a seis grados de libertad.

Los movimientos del robot se realizan por medio de articulaciones accionadas. Tres articulaciones suelen estar asociadas con la acción del brazo y del cuerpo, y dos ó tres articulaciones se suelen emplear para accionar la muñeca.

Para la conexión de las diversas articulaciones del manipulador se emplean unos elementos rígidos denominados uniones. En cualquier cadena de unión-articulación-unión, se llama unión de entrada al eslabón que está más próximo a la base en la cadena. La unión de salida es la que se desplaza con respecto a la entrada. Las articulaciones utilizadas en el diseño de robots industriales, suelen implicar un movimiento relativo de las uniones contiguas, movimiento que es lineal ó rotacional. Las articulaciones lineales implican un movimiento deslizante ó de translación de las uniones de conexión. Este movimiento puede conseguirse de varias formas (por ejemplo, mediante un pistón, un mecanismo telescópico y el movimiento relativo a lo largo de un carril ó vía lineal).

Las articulaciones del brazo y del cuerpo están diseñadas para permitir al robot desplazar su efector final a una posición deseada dentro de los límites del tamaño del robot, y de los movimientos de las articulaciones. Para robots de configuración polar, cilíndrica ó de brazo articulado, los tres grados de libertad asociados con los movimientos del brazo y del cuerpo son:

- 1.- Transversal vertical.- Es la capacidad para desplazar la muñeca hacia arriba ó abajo para proporcionar la postura vertical deseada.
- 2.- Transversal radial.- Implica la extensión ó retracción (movimiento hacia adentro ó afuera) del brazo desde el centro vertical del robot.
- 3.- Transversal rotacional.- Es la rotación del brazo alrededor del eje vertical.

IV.4.1.- Cuatro Tipos de Controles de Robot.

Los robots industriales disponibles en el mercado pueden clasificarse en cuatro categorías, según sus sistemas de control. Las cuatro categorías son:

- 1.- Robot de Secuencia Limitada.
- 2.- Robots de Reproducción con Control Punto a Punto.
- 3.- Robot de Reproducción con Control Recorrido Continuo.
- 4.- Robots Inteligentes.

De las cuatro categorías, los robots de secuencia limitada representan el control de nivel más bajo, y los robots inteligentes el más complejo.

Los robots de secuencia limitada no utilizan servo-control para indicar las posiciones relativas de las articulaciones. En cambio, se controlan por el posicionamiento de los interruptores de fin de carrera y/o topes mecánicos para establecer los puntos finales de desplazamiento para cada una de sus articulaciones. El establecimiento de las posiciones y las secuencias de estos topes implica una puesta a punto mecánica del manipulador en lugar de una programación del robot en el sentido habitual del término. Con este método de control, las articulaciones individuales sólo pueden desplazarse a sus límites de desplazamientos extremos. Esto tiene el efecto de limitar severamente el número de puntos distintos que pueden especificarse en un programa para estos robots.

La secuencia en la que se reproduce el ciclo de movimiento se define mediante un conmutador paso a paso, una placa de clavijas "pegboard", ú otro dispositivo de secuenciamiento. Este dispositivo que constituye el controlador del robot, señala cada uno de los actuadores particulares para que operen en la sucesión adecuada. No suele existir ninguna realimentación asociada con un robot de secuencia limitada para indicar que se alcanzó la posición deseada. Cualquiera de estos tres sistemas de impulsión puede utilizarse con este tipo de sistema de control; sin embargo, la impulsión neumática parece ser el tipo utilizado con mayor frecuencia. Las aplicaciones para este tipo de robot suelen implicar movimientos simples, tales como operaciones de "coger y situar".

Los robots de reproducción utilizan una unidad de control más compleja, en la que una serie de posiciones ó movimientos son "enseñados" al robot, registrados en memoria y luego repetidos por el robot bajo su propio control. El término "reproducción" es descriptivo de este modo operativo general. El procedimiento de enseñar y registrar en memoria, se conoce como la programación del robot. Los robots de reproducción suelen tener alguna forma de servo-control para asegurar que las posiciones conseguidas por el robot son las posiciones que se le "enseñaron".

Los robots de reproducción pueden clasificarse en dos categorías: Robot punto a punto (PTP) y robot de trayectoria continua (CP). Los robots punto a punto son capaces de realizar ciclos de movimiento que consisten en una serie de localizaciones de puntos deseados y acciones afines. Al robot se le enseña cada punto, y estos puntos se registran en la unidad de control del robot. Durante la reproducción, el robot se controla para desplazarse desde un punto a otro en la secuencia adecuada. Los robots punto a punto, no controlan la trayectoria tomada por el robot para pasar de un punto al siguiente. Si el programador quiere ejercer una cantidad limitada de control sobre la trayectoria seguida, debe realizarlo mediante la programación de una serie de puntos a lo largo de la trayectoria deseada. El control de la secuencia de posiciones es bastante apropiado para muchas clases de aplicaciones, incluyendo las máquinas de carga y descarga, y la soldadura por puntos.

Los robots de trayectoria continua son capaces de realizar ciclos de movimiento, en los que se controla la trayectoria seguida por el robot. Esto suele realizarse efectuando el desplazamiento del robot a través de una serie de puntos próximos, que describen la trayectoria deseada.

Los puntos individuales se definen por la unidad de control y no por el programador. El movimiento en línea recta es una forma común de control de trayectoria continua para los robots industriales. El programador especifica el punto inicial y el punto final de la trayectoria, y la unidad de control calcula la secuencia de puntos individuales que permiten al robot seguir una trayectoria de línea recta. Algunos robots tienen capacidad para seguir una trayectoria curva suave, definida por un programador que desplaza manualmente el brazo a través del ciclo de movimiento deseado.

Para conseguir un control de trayectoria continua más allá de una extensión limitada se exige que la unidad de control sea capaz de almacenar un gran número de posiciones de puntos individuales que definan la trayectoria curva compuesta. Actualmente, esto implica el empleo de una computadora digital (se suele utilizar un Microprocesador como unidad central de proceso para la computadora) como unidad de control del robot. El control se requiere para algunos tipos de aplicaciones industriales, tales como revestimiento por pulverización y soldadura por arco.

Los robots inteligentes constituyen una clase cada vez más numerosa de los robots industriales, y capacidad no sólo para reproducir un ciclo de movimiento programado, sino para interaccionar con su entorno de una manera que parece inteligente. Invariablemente, el controlador consiste en una computadora digital ó dispositivo similar. Los robots inteligentes pueden modificar su ciclo programado en respuesta a las condiciones particulares que se produzcan en el lugar de trabajo. Pueden tomar decisiones lógicas basadas en los datos del sensor recibidos desde la operación. Los robots de esta clase tienen capacidad para comunicarse, durante el ciclo de trabajo, con los operadores humanos ó con sistemas basados en computadora.

Los robots inteligentes se suelen programar utilizando un lenguaje similar al inglés, y un lenguaje simbólico no muy diferente a un lenguaje de programación de computadora. En realidad, las clases de aplicaciones que se realizan por robots inteligentes se basan en el empleo de un lenguaje de alto nivel para realizar las actividades complejas que pueden ser ejecutadas por estos robots. Aplicaciones típicas de los robots inteligentes son las tareas de montaje y las operaciones de soldadura por arco.

IV.4.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición.

Una característica del robot que está relacionada con esta exposición, es el control coordinado de fuerza y posición. Dicho control del manipulador del robot se refiere al desplazamiento del extremo de la muñeca en respuesta a una fuerza ó torsión que se ejerza sobre él. Un valor alto de esta característica significa que la muñeca se desplaza en una gran magnitud como respuesta a una fuerza relativamente pequeña. A veces se utiliza el término "elástico" para describir un robot con un alto valor de esta característica. Si tiene un valor bajo significa que el manipulador es relativamente rígido y no se desplaza en una magnitud significativa.

El control coordinado de fuerza y posición del manipulador de un robot es una característica direccional. Es decir, ser mayor en determinadas direcciones que en otras, debido a la construcción mecánica del brazo.

Se trata de una característica importante puesto que reduce la precisión de movimiento del robot bajo carga. Si el robot está manipulando una carga pesada, el peso de la carga hará que se desvíe el brazo del robot. Si el robot está presionando una herramienta contra una pieza de trabajo, la fuerza de reacción de la pieza puede producir una desviación del manipulador. Si la programación del robot para la situación final en su efector ha sido hecha en condición de descarga, si la exactitud de la posición es importante para la aplicación, cuando trabaje en condición de carga puede ver degradado su rendimiento debido precisamente a esa característica.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.

1.1.- MICROPROCESADOR (MP).

Es difícil dar una definición exacta de lo que es un Microprocesador, sobre todo porque en los últimos años, el desarrollo de la electrónica en esta área, ha dado lugar a la aparición de un sinnúmero de estos dispositivos, diseñados con enfoques hacia diversos campos de aplicación.

Sin embargo, todos los Microprocesadores tienen ciertos atributos comunes que los distinguen de otros elementos electrónicos.

Las características principales de un Microprocesador son su "*Universalidad*" y su "*Programabilidad*", que hacen de él un dispositivo tan versátil y poderoso, que puede utilizarse como elemento inteligente ó "*cerebro*", en aplicaciones que van desde la computadora personal hasta un rastreador de satélites ó un aparato detector de epilepsia.

Esencialmente, un Microprocesador es un circuito de alta escala de integración (LSI), compuesto de muchos circuitos más simples como son Flip-Flop's, contadores, registros, decodificadores, comparadores, etcétera; todos ellos dentro de la misma pastilla de silicio, de modo que el Microprocesador puede ser considerado un dispositivo lógico de propósito general ó universal.

La "*Programabilidad*", se refiere a la capacidad que tiene un Microprocesador para que su función sea definida a través de un programa. El "*Programa*" consta de una serie de órdenes ó "*Instrucciones*" relacionadas, ejecutadas secuencialmente (una a la vez) por el Microprocesador y que pueden implicar operaciones lógicas ó aritméticas. Las instrucciones se especifican por medio de un código especial que constituye el lenguaje del Microprocesador.

De los párrafos anteriores, se puede deducir la existencia de dos géneros diferentes de elementos que se complementan y que juntos delimitan el concepto del Microprocesador como un dispositivo útil. El primero de ellos lo forman el circuito mismo, sus componentes electrónicos, sus alambres de interconexión y, en general, todo aquello determinado por la configuración física del Circuito Integrado (CI). A este género se le conoce como el ("*Hardware*") ó la Arquitectura de Sistema del Microprocesador, ya que por su misma naturaleza no admite modificaciones.

Por otro lado, se encuentran el código de instrucciones, los algoritmos y los programas que determinan el comportamiento del Microprocesador, los cuales pueden ser alterados cuantas veces sea necesario, con el fin de adaptar y optimizar el desempeño del dispositivo a algún campo de aplicación particular. Este segundo género recibe el nombre de ("*Software*") ó Soporte Lógico.

1.2.- UNIDAD LÓGICA-ARITMÉTICA (ALU).

Una Unidad Lógico Aritmética (ALU), es una Función Multi-Operacional Digital de Lógica Combinacional. Ésta puede realizar un conjunto de operaciones aritméticas básicas y un conjunto de operaciones lógicas. La Unidad Lógico Aritmética (ALU), tiene un número de líneas de selección para habilitar una operación particular de la Unidad.

Las líneas de selección se decodifican dentro de la Unidad Lógico Aritmética (ALU) de manera que las "k" variables de selección pueden especificar hasta 2 a la "k" operaciones diferentes.

Todos los Microprocesadores contienen una Unidad Lógico Aritmética (ALU), que con frecuencia se conoce simplemente como Unidad Lógico Aritmética (ALU). Esta es la parte del Microprocesador que lleva a cabo las operaciones Aritméticas y Lógicas en los datos binarios. Algunas de ellas se aplican sobre dos operandos, mientras que otras requieren solamente uno. La Unidad Lógico Aritmética (ALU), generalmente es capaz de ejecutar las siguientes operaciones:

- 1.- Suma aritmética.
- 2.- Funciones lógicas AND, OR y XOR.
- 3.- Complemento.
- 4.- Rotación hacia la derecha ó hacia la izquierda.

Además, la Unidad Lógico Aritmética (ALU) contiene un conjunto de Flip-Flop's llamados "*banderas*", los cuales guardan información relacionada con el resultado de una operación aritmética ó lógica. Por ejemplo, una de las banderas sirve para indicar si el resultado de la última operación fue cero.

1.3.- MEMORIA DE SÓLO LECTURA (ROM).

Una Memoria de Sólo Lectura (ROM), es esencialmente un dispositivo (ó acumulador) de memoria en el cual se almacena un conjunto fijo de información binaria. La información binaria puede especificarse por el usuario y luego enclavarse en la unidad para formar el patrón de interconexión requerido. Las Memorias de Sólo Lectura (ROM) vienen con enlaces internos especiales que pueden estar fusionados ó abiertos. La interconexión deseada para una aplicación particular requiere que ciertos enlaces estén fusionados para formar los caminos necesarios del circuito.

Una vez que se establezca un patrón para una Memoria de Sólo Lectura (ROM), éste permanece fijo aunque se haga un corte de corriente y luego se restablezca.

Una Memoria de Sólo Lectura (ROM), consiste de " n " líneas de entrada y " m " líneas de salida. Cada combinación de bits de las variables de entrada se llama una "*dirección*" y cada combinación de bits que sale por las líneas de salida se llama "*palabra*". El número de bits por palabra es igual al número de líneas de salida " m ". Una dirección es esencialmente un número binario que denota uno de los términos mínimos de " n " variables. El número de direcciones diferentes posibles con " n " variables de entrada es 2^n a 1 a " n ". Una palabra de salida puede ser seleccionada por una dirección única y como hay 2^n a 1 a " n " direcciones diferentes en una Memoria de Sólo Lectura (ROM), hay 2^n a 1 a " n " palabras diferentes que se dice que están acumuladas en la unidad. La palabra disponible en las líneas de salida, en cualquier momento dado, depende del valor de la dirección aplicada a las líneas de entrada. Una Memoria de Sólo Lectura (ROM), se caracteriza por el número de palabras 2^n a 1 a " n " y el número de bits por palabra " m ".

Considérese como ejemplo práctico una Memoria de Sólo Lectura (ROM) de 32X8. La unidad consiste en 32 palabras de 8 bits cada una. Esto significa que hay 8 líneas de salida y 32 palabras distintas almacenadas en la unidad, cada una de las cuales puede aplicarse a las líneas de salida. La palabra particular seleccionada que está presente en las líneas de salida se determina a partir de las 5 líneas de entrada. Hay solamente 5 entradas en una Memoria de Sólo Lectura (ROM) de 32X8, porque 2 a la 5 es igual a 32; y con 5 variables se puede especificar 32 direcciones ó términos mínimos. Para cada dirección de entrada hay una palabra única seleccionada.

El número de palabras direccionadas en una ROM se determina del hecho de que se necesitan " n " líneas de entrada para especificar 2 a la " n " palabras. Una Memoria de Sólo Lectura (ROM) se especifica algunas veces por el número total de bits que contiene, el cual será 2 a la " n " por " m ".

Internamente, la Memoria de Sólo Lectura (ROM), es un circuito combinacional con compuertas AND conectadas como decodificador, y un número de compuertas OR igual al número de salidas de la unidad. La Memoria de Sólo Lectura (ROM) es una configuración de dos niveles en forma de suma de términos mínimos. No tiene que ser una configuración AND-OR, pero puede ser cualquier otra posible configuración de términos mínimos de dos niveles. Las Memorias de Sólo Lectura (ROM), tienen muchas aplicaciones importantes en el diseño de sistemas de Ordenadores Digitales. Su uso para la configuración de circuitos combinacionales complejos es justamente una de sus aplicaciones más importantes.

Los caminos necesarios en una Memoria de Sólo Lectura (ROM), pueden ser programados de dos maneras diferentes. La primera se llama programación por máscara y la hace el fabricante durante el último proceso de fabricación de la unidad. El procedimiento para fabricar una Memoria de Sólo Lectura (ROM), requiere que el cliente llene la tabla de verdad según lo que desee que haga la Memoria de Sólo Lectura (ROM). La tabla de verdad debe ser entregada en una forma especial suministrada por el fabricante. Se entrega a menudo en cinta de papel ó tarjetas perforadas en el formato especificado en la hoja de datos de una Memoria de Sólo Lectura (ROM) particular.

El fabricante hace la máscara correspondiente para que los caminos produzcan "1" ó "0" lógicos de acuerdo a la tabla de verdad del cliente. Este procedimiento es muy costoso ya que el vendedor, le carga al cliente una tarifa especial por hacerle una Memoria de Sólo Lectura (ROM) con máscara.

Por esta razón, la programación con máscara es económica solamente si se van a fabricar grandes cantidades del mismo tipo de configuración de Memoria de Sólo Lectura (ROM).

Para pequeñas cantidades, es más económico usar un segundo tipo de Memoria de Sólo Lectura (ROM) llamado memoria programable de sólo lectura ó PROM. Cuando se ordenan las unidades PROM contienen "0" lógicos (ó "1" lógicos), en cada bit de las palabras almacenadas. Los enlaces en el PROM se rompen por medio de pulsos de corriente a través de los terminales de salida. Un enlace roto define un estado binario, y uno no roto representa el otro estado. Esto le permite al usuario, programar la unidad en su propio laboratorio para lograr las relaciones deseadas entre las direcciones de entrada y las palabras almacenadas.

Comercialmente, se obtienen unidades especiales llamadas programadores de PROM para facilitar este procedimiento. De todas formas, todos los procedimientos para programar las Memorias de Sólo Lectura (ROM) son procedimientos de la Arquitectura de los Materiales ("*Hardware*"), aunque se use la palabra "*Programación*". El procedimiento de los materiales para programar Memorias del tipo ROM y PROM es irreversible, y una vez programado el patrón dado, es permanente y no se puede alterar. Una vez que se ha establecido un patrón de bits se debe descartar la unidad si se quiere cambiar el patrón de bits. Un tercer tipo de unidad, es la llamada PROM borrable ó EPROM.

Las Memorias tipo EPROM pueden ser recuperables a su valor inicial (todos "1" ó todos "0" lógicos), aunque se hayan cambiado previamente. Cuando una Memoria tipo EPROM se coloca bajo una luz ultravioleta especial por un periodo dado de tiempo, la radiación de onda corta descarga los puentes internos que sirven de contactos. Una vez borrada la ROM regresa a su estado inicial para ser reprogramada. Ciertas Memorias de Sólo Lectura (ROM) pueden ser borradas con señales eléctricas en vez de luz ultravioleta y se les llama algunas veces Memorias tipo ROM eléctricamente alterable ó EAPROM.

La función de una Memoria de Sólo Lectura (ROM) puede interpretarse de dos maneras diferentes. La primera es la de una unidad que configura cualquier circuito combinatorial. Desde este punto de vista, cada terminal de salida se considera separadamente como una salida de una Función de Boole expresada en suma de términos mínimos. La segunda interpretación considera a la Memoria de Sólo Lectura (ROM) como una unidad de almacenamiento que tiene un patrón fijo de cadenas de bits llamadas palabras. Visto de esta forma, las entradas especifican una dirección para una palabra específica almacenada que se aplica luego a las salidas.

Lectura se usa para implicar, que el contenido de una palabra especificada por una dirección en una unidad de almacenamiento se localiza en los terminales de salida. Así, una Memoria de Sólo Lectura (ROM) es una unidad de memoria con un patrón fijo de palabras que puede ser leído bajo la aplicación de una dirección dada. El patrón de bits en la Memoria de Sólo Lectura (ROM) es permanente y no puede cambiarse durante la operación normal.

Las Memorias de Sólo Lectura (ROM), se usan extensamente para ejecutar circuitos combinatoriales complejos directamente de sus tablas de verdad. Son muy útiles para convertir de un código binario a otro (tal como ASCII a EBCDIC), para funciones aritméticas como multiplicadores para mostrar caracteres en un TRC, y en cualquier otra aplicación que requiera un gran número de entradas y salidas.

Se emplean también en el diseño de unidades de control de los sistemas digitales. Como tales, se usan para almacenar patrones fijos de bits que representen una secuencia de variables de control necesarios para habilitar las diferentes operaciones en el sistema. Una unidad de control que utiliza una Memoria de Sólo Lectura (ROM) para almacenar información de control binario, se llama una *Unidad de Control Microprogramada*.

Un circuito combinacional puede tener ocasionalmente condiciones de no importa. Cuando se configura con una Memoria de Sólo Lectura (ROM) una condición de no importa se convierte en una dirección de entrada que nunca ocurre. Las palabras en las direcciones de no importa no necesitan ser programadas, y pueden dejarse en su estado original (todos "1" ó todos "0" lógicos).

El resultado es que no todos los patrones de bits disponibles en la Memoria de Sólo Lectura (ROM) se usan, lo cual se considera como un desperdicio de equipo disponible. Para aquellos casos en los cuales el número de condiciones de no importa es excesivo, es más económico usar un segundo tipo de componente LSI, llamado *Arreglo Lógico Programado (PLA)*.

1.4.- MEMORIA DE ACCESO ALEATORIO (RAM).

Estas memorias tienen como finalidad el almacenamiento de datos y resultados intermedios ó también se utilizan como memoria de programa para zonas del mismo que deben ser modificadas en curso de ejecución, para la fase de puesta a punto de un sistema, ó para sistemas en los que el programa es cargado al inicializar el sistema a partir de un medio auxiliar de memoria.

Las memorias del tipo RAM son volátiles, es decir, la información almacenada se pierde si falla la alimentación del sistema. Si es preciso salvar la información en caso de falla de tensión se debe disponer de un sistema de baterías para alimentación de la memoria tipo RAM. En este caso la memoria tipo RAM de tecnología CMOS son especialmente útiles por su bajo consumo. Existen dos tipos de memoria de tipo RAM y son:

a). RAM Estáticas.- La información se almacena en un circuito biestable, de forma que el contenido se mantiene mientras haya alimentación.

b). RAM Dinámicas.- La información se mantiene en forma de carga en la capacidad puerta-sustrato de un transistor MOS. Esta carga se disipa con el tiempo (del orden de milisegundos), por lo que es necesario un refresco periódico consistente en un ciclo de lectura/escritura en cada bit de memoria, realizado de forma paralela con todos los bits de una misma columna a la vez.

La principal desventaja de las memorias dinámicas es la necesidad de disponer de un circuito de refresco externo, en general muy complejo. Esta desventaja va desapareciendo al irse desarrollando Circuitos Integrados de memoria dinámica con circuitos de control de refresco incorporado. Además, algunos Microprocesadores, incorporan en sus salidas de control señales para facilitar la circuitería de control de memorias dinámicas.

Las ventajas de la memoria dinámica es que permiten una mayor densidad de integración (actualmente del orden de 64Kbits frente a 16 de las estáticas), al precisar menos transistores por celda elemental de memoria, por lo que son más baratas que la memoria tipo RAM estática de la misma capacidad y consumen menos potencia.

Las memorias dinámicas acostumbran a organizarse en módulos de NX1 bits, lo cual implica que se debe utilizar un mínimo de 8 circuitos integrados para disponer de una memoria tipo RAM para un Microprocesador de 8 bits de longitud de palabra. Esto es un inconveniente para sistemas reducidos pero no lo es para sistemas de gran capacidad de memoria, ya que la organización de NX1 es la más económica, para la misma capacidad.

1.5.- DISPOSITIVOS DE ENTRADA/SALIDA (E/S).

La solución lógica al problema de obtener máxima concurrencia en el procesamiento de la Entrada/Salida, es disponer de un sistema de Entrada/Salida Inteligente que aisle a la Unidad de Procesamiento Central (UPC) de los periféricos. La Unidad de Procesamiento Central (UPC) sería entonces libre de proseguir a toda velocidad con su tarea primordial, de procesar el programa y manipular los datos internamente. El subsistema de E/S inteligente se obtiene mediante un *Procesador de Entrada/Salida (PES)*.

Básicamente, un Procesador de Entrada/Salida es capaz de ejecutar un pequeño repertorio de órdenes para atender la petición de Entrada/Salida. Este Procesador está asociado directamente al bus del sistema, y es responsable de la selección y extracción de las órdenes de Entrada/Salida individuales contenidas en la memoria principal. El Procesador de Entrada/Salida (PES) contiene generalmente un procesador específicamente diseñado para el proceso de la Entrada/Salida, y una serie de canales de Entrada/Salida.

Los canales proporcionan una vía de comunicación entre el Procesador de Entrada/Salida y los controladores de dispositivos. También pueden existir canales de Entrada/Salida sin un Procesador de Entrada/Salida.

En su forma más simple, y cuando está sólo, un canal puede ser un pequeño Procesador que realiza operaciones de *Acceso Directo a Memoria (DMA)*, para un reducido conjunto de dispositivos. Si el canal va incorporado dentro de un Procesador de Entrada/Salida, se trata esencialmente de un componente pasivo sin capacidad por sí mismo de procesamiento lógico. Cuando el canal posee capacidad de proceso, se suele utilizar como Procesador de Entrada/Salida.

1.6.- BUSES DE COMUNICACIONES.

Los distintos periféricos estarán enlazados con la Unidad de Proceso Central (UPC) siguiendo una de las estructuras siguientes:

1.- Línea compartida ("*Party-Line*").- Los diversos módulos de Entrada/Salida comparten en el tiempo unas líneas únicas. En general, estas líneas son un subconjunto de los buses externos, por lo que el sistema periférico comparte el bus de direcciones, datos y control con el sistema de memoria. Esta estructura es la más utilizada, ya que reduce significativamente el número de líneas que precisa la Unidad de Proceso Central (UPC) para la gestión de Entrada/Salida y posibilita a la vez una concepción modular del sistema.

2.- Estructura radial ("*Star*").- En este caso cada periférico se conecta a la Unidad de Proceso Central (UPC) a través de líneas dedicadas.

Este sistema está muy limitado por la cantidad de terminales que se precisan en la Unidad de Proceso Central (UPC). Se utiliza en sistemas en los que la Unidad de Proceso Central (UPC) posee algunas líneas de Entrada/Salida y en el caso de MicroOrdenadores integrados en una sola pastilla, donde la incorporación de memoria tipo ROM y tipo RAM en el mismo circuito integrado que el resto de la Unidad de Proceso Central (UPC), permite disponer de terminales para funciones de Entrada/Salida.

3.- Estructura de cadena ("*Daisy-Chain*").- En este caso las señales se propagan de un periférico a otro. Cuando un periférico concreto es seleccionado, bloquea la transmisión de las señales al resto del sistema. Este método se utiliza en algunos MicroOrdenadores para disponer de un sistema jerárquico de interrupciones, estableciéndose los niveles según la posición en la cadena.

Las necesidades de comunicación en un sistema MicroOrdenador aparecen a tres niveles distintos:

1.- Comunicación entre los elementos constituyentes de un circuito integrado.- Este sistema de comunicación constituye los buses internos, de estructura más ó menos distinta para cada Unidad de Proceso Central (UPC) considerada.

2.- Comunicación entre los distintos subsistemas del MicroOrdenador.- Unidad Central de Proceso, y Entrada/Salida. El conjunto de las vías para este tipo de comunicación forman los buses externos, en general de carácter síncrono.

3.- Comunicación con periféricos.- Esta comunicación es a nivel de sistema Entrada/Salida con Periférico. El conjunto de líneas de transmisión que forman los buses periféricos, es en general de carácter asíncrono.

La información desde ó hacia la Unidad de Proceso Central (UPC) y otros subsistemas puede ser de tres tipos: Direcciones, datos y control; por lo que funcionalmente se encontrarán tres tipos de buses en el MicroOrdenador, aunque no están físicamente siempre separados, ya que pueden estar "*multiplexados*" en el tiempo sobre líneas comunes. La interconexión de la Unidad de Proceso Central (UPC) con el sistema de memoria y Entrada/Salida se realiza mediante estos buses.

1.- Bus de direcciones.- Son líneas de la Unidad de Proceso Central (UPC) a memoria y sistema de Entrada/Salida, que sirven para enviar la dirección del elemento seleccionado para una transferencia. Estas líneas estarán siempre gobernadas por la Unidad de Proceso Central (UPC), salvo en el caso de transferencia por Acceso Directo a Memoria (DMA). Pueden compartir parcialmente las líneas físicas con el bus de datos.

2.- Bus de datos.- Son líneas bidireccionales (ó dos buses unidireccionales independientes) para el envío de información (instrucciones y datos) entre subsistemas. Su anchura, en general, es la longitud de palabra del Microprocesador.

3.- Bus de control.- Son líneas de entrada ó de salida de la Unidad de Proceso Central (UPC) de órdenes ó de información de estado, que permiten coordinar la operación de todo el sistema. El bus de control presenta variaciones notables de un Microprocesador a otro. Existen dos tendencias en cuanto a su realización física:

a). Dar más señales de control elementales, que pueden estar codificadas, y que deben ser interpretadas temporalmente respecto al estado en que se produce en cada ciclo de máquina. Esta estructura se observa principalmente en Microprocesadores de las primeras generaciones.

b). Dar un conjunto de señales completo y de multiplexado a las de memorias y periféricos, y para que respondan de una forma pasiva, por lo que son precisos circuitos especializados para la decodificación de las señales de control.

1.7.- INTERFASES DE COMUNICACIONES (SERIE Y PARALELO).

Varias familias de MicroOrdenadores, disponen de Circuitos Integrados (CI), LSI compatibles con el resto de los elementos del sistema, a fin de evaluar el sistema de Entrada/Salida. Las características fundamentales de estos subsistemas son:

1.- Facilidad de interconexión a los buses de comunicación.- Por ser elementos compatibles con el resto del sistema, en cuanto a señales y temporizaciones, es muy fácil conectarlos a los buses, requiriendo en general, solamente un sistema de decodificación de direcciones.

2.- Posibilidad de programación.- De esta forma, se logra disponer de un cierto número de opciones de funcionamiento. En general, la programación consiste en cargar de una forma determinada un registro interno de modo operacional, lo cual dé además, la posibilidad de una reprogramación dinámica, es decir, en fase de operación. Esta posibilidad no siempre es utilizada, pero una programación inicial que permita adaptar el sistema a las necesidades particulares de cada aplicación, amplía los campos de utilización de un determinado circuito, dando como resultado una modularidad y reducción en costo en comparación con el desarrollo de circuitos especiales para cada configuración.

3.- Inteligencia distribuida.- La posibilidad de que estos circuitos posean una cierta capacidad de decisión para desarrollar funciones de control, permite descargar al Microprocesador de estas tareas, simplificando de esta forma el programa y/o posibilitando determinadas prestaciones del sistema que serían imposibles de conseguir, si la unidad central tuviera que hacerse cargo de toda la gestión del Sistema Entrada/Salida.

Por la función que realizan, se pueden también dividir en tres categorías:

1.- Interfases Dedicadas.- Son circuitos especializados para una función específica, aunque en general permiten un cierto número de operaciones. En esta categoría, se incluyen temporizadores, controladores de sistema (interrupciones y Acceso Directo a Memoria), y controladores de periféricos (discos flexibles, pantallas, teclados, Protocolos, etcétera).

2.- Interfases Generales.- Son circuitos de tipo más universal que los anteriores, y tienen como misión posibilitar la transferencia y diálogo entre Microprocesadores y los periféricos. Funcionalmente existen dos tipos distintos:

a).- Interfases para Transmisión en Paralelo.- Permiten disponer de un número elevado de líneas de entrada y salida, que permitirán el intercambio de información, así como el envío de órdenes y recepción de estado de una forma sencilla, flexible y rápida.

b).- Interfases para Transmisión en Serie.- Permiten utilizar canales de transferencia serie de un modo transparente al Microprocesador; es decir, se descarga a la unidad central de la tareas de serialización y sincronización.

Pueden ser síncronas y/o asíncronas según permitan un modo u otro de transmisión.

3.- MicroOrdenadores Especializados de Entrada y Salida.- En principio, cualquier Microprocesador puede considerarse a modo de "Esclavo" de otro, realizando tareas bajo control del "Director". Estas tareas pueden ser cualesquiera y por lo tanto la gestión de entradas y salidas es una de ellas.

1.8.- PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN.

Una de las características claramente observable en la evolución de la tecnología de los computadores es la tendencia a la modularidad. Los elementos estructurales de los Ordenadores se conciben cada vez más como unidades dotadas de cierta autonomía que cooperan entre sí. Esta tendencia se fundamenta no sólo en la búsqueda de diseños más rápidos y eficientes sino también en principio de la división de funciones que facilita la concepción, diseño y mantenimiento de los diversos elementos que forman el sistema.

También es fácil constatar la atención que se ha prestado en la última década al estudio de los sistemas informáticos distribuidos que brindan la posibilidad de compartir recursos informáticos y aumentan la fiabilidad y disponibilidad de los sistemas a un precio justificable. Los multiprocesadores y las redes de computadores son ejemplos de este tipo de sistemas. La aparición y extensión de los Microprocesadores incrementan el interés en los sistemas distribuidos al posibilitar la concepción de redes de Microprocesadores y de nuevas arquitecturas multimicroprocesador formadas por un número elevado de Microprocesadores que se comuniquen entre sí de forma bien definida, sin necesidad de un control centralizado.

Estas consideraciones sugieren la posibilidad de contemplar todo sistema informático como un conjunto de unidades más ó menos autónomas con la función bien definida de colaborar entre sí para la consecución de tareas determinadas. La naturaleza y los objetivos perseguidos con esta cooperación difieren radicalmente de un sistema a otro, existiendo, sin embargo, ciertos aspectos comunes a todos ellos. Desde la óptica en que nos hemos situado puede señalarse con aspecto común de todos los sistemas la necesidad de intercambiar información entre los elementos que lo integran. Estos pueden ser circuitos, módems, concentradores, terminales, computadoras, procesos, personas, etc.

El intercambio de información entre los componentes de un sistema se denomina comunicación. La forma en que se realiza la comunicación depende de múltiples factores pero, en cualquier caso, es indispensable establecer claramente las reglas que han de seguirse en el intercambio de información.

Se denomina Protocolo de comunicación al conjunto de reglas que siguen la comunicación entre los elementos de un sistema. La materialización ("*Hardware*" ó "*Software*") de estas reglas se recibe así mismo la denominación de Protocolo.

Obsérvese que en estas definiciones no se ha impuesto ninguna restricción al tipo de información que intercambian los elementos del sistema. El concepto de comunicación se extiende desde el intercambio de datos, que presumiblemente involucrar procesos complejos de Programas ("*Software*"), hasta la simple señal que notifica a un elemento el estado de otro.

Obsérvese también que un Protocolo determinado controla el flujo de información entre las dos partes físicamente separadas de un mismo nivel. Ahora bien, igualmente necesario es establecer las reglas de comunicación entre los distintos niveles. Para distinguir los Protocolos "*Horizontales*" (entre partes de un mismo nivel) de los "*Verticales*" (entre niveles adyacentes), se denomina a estos últimos interfases de comunicación. La utilización del término interfase es coherente con el hecho de que generalmente los equipos que realizan los Protocolos de distinto nivel son diferentes, constituyendo las reglas de comunicación una verdadera interfase. Contrariamente, la comunicación dentro de un nivel suele realizarse entre entidades idénticas ó cuando menos similares.

Las funciones básicas de los Protocolos e Interfases son:

1.- Direccionamiento.- La especificación del origen y destino de la información.

2.- Control de Error.- La detección y recuperación de errores en la transmisión sobre el canal virtual de comunicaciones que se utiliza. En general, todo Protocolo ha de garantizar la transmisión correcta de una única copia de cada mensaje.

3.- Control de Flujo.- Se engloban en esta función las operaciones destinadas al mantenimiento del flujo de la información como son la selección de la ruta que han de seguir los mensajes, la reserva de espacio (de memoria), en la estación destino para información que ha de enviarse, etcétera.

4.- Sincronización.- Todo Protocolo ha de ser capaz de mantener en sincronismo las partes de un mismo nivel en el curso de la comunicación.

Otras funciones características de los Protocolos son la conexión y desconexión de circuitos físicos en ciertas aplicaciones, el mantenimiento de una secuencia ordenada de los mensajes, la segmentación de mensajes en unidades de transmisión más pequeñas ("*Paquetes*") y su ulterior reconstrucción, el tratamiento de mensajes con prioridades diversas, etcétera.

1.9.- MÉTODOS DE PRUEBA PARA LOS MICROPROCESADORES.

La comprobación de componentes tan complejos como son los Microprocesadores es una fuente de dificultades. Si se considera que una simple memoria de 64 bits resulta casi imposible de comprobar completamente (la prueba de todas las combinaciones posibles, al ritmo de 1 millón de combinaciones por segundo, ocuparía más de 10 años); se entiende con mayor razón, que la prueba de un Microprocesador no podrá ser efectuada al 100%. Prácticamente, una prueba de Microprocesador exigirá varias decenas de segundos utilizando un material de informática potente; esto encarece el precio de venta del componente. Han sido elaborados varios métodos de prueba. La primera idea que se debe considerar es al Microprocesador como un producto encargado de efectuar un cierto número de funciones. Se le envía entonces un cierto número de instrucciones y de datos, y se verifica si la solución que se obtiene es correcta. Los métodos de prueba son los siguientes:

1.9.1.-Método de "Autoprueba".- En este método de prueba, el control no se efectúa en un comprobador de componentes propiamente dicho. Se comprueba el Microprocesador en un conjunto que reconstruya al sistema natural con memorias tipo RAM, tipo ROM, buses de comunicaciones y periféricos; el método funciona de la siguiente manera: Se carga un programa de diagnóstico en una memoria, el cual será ejecutado por el Microprocesador. Ese programa debe hacer ejecutar el máximo posible de instrucciones en las peores condiciones de operación para los registros internos. Si todas las instrucciones se desarrollan correctamente, el programa bifurca a una dirección final "*Bueno*". Si el Microprocesador está defectuoso, el programa bifurca a una dirección "*Malo*". De este método se pueden destacar un cierto número de ventajas, las cuales son:

a). El Microprocesador está en su ambiente ó entorno natural.

b). El programa de prueba podrá ser cualquiera de los que comercialmente se utilizan para la verificación y configuración del sistema (por ejemplo; NORTON DISK DOCTOR, PC TOOLS, DISK MANAGER ó bién algunos Comandos del Sistema Operativo).

c). El costo por instrucción ejecutada es bajo.

Sin embargo; presenta también algunos inconvenientes:

a). Puede suceder que varios errores se compensen y no sean detectados.

b). Generalmente, no se puede determinar la causa del defecto, por lo que resulta difícil un análisis del producto.

c). Es preciso esperar al desarrollo completo del programa para saber si el Microprocesador es "*Bueno*", lo que puede implicar un tiempo de prueba inútil si el defecto aparece desde el principio.

1.9.2.- Método de Comparación.- El método llamado de comparación necesita la utilización de un comprobador que comprenda dos conjuntos de manejadores y de detectores, dos soportes, una memoria y un Microprocesador de referencia. El método funciona de la siguiente manera: El Microprocesador de referencia trabaja de la misma forma que en el método anterior. Toda la información que entra al Microprocesador de referencia, se envía paralelamente también al producto a controlar, siendo comparadas las informaciones que salen de los dos productos. Se encuentran las mismas ventajas que en el método anterior; pero un primer defecto puede ser detectado inmediatamente en cada ciclo de instrucción. La velocidad de prueba está determinada por el tiempo de respuesta del Microprocesador de referencia y algunas veces aparecen defectos inexistentes si los dos productos tienen velocidades diferentes. También se deben de cumplir las siguientes restricciones:

$$n = n \\ 1 \quad 2$$

$$m = m \\ 1 \quad 2$$

$$x = x \\ 1 \quad 2$$

donde: n = número de terminales de cada Microprocesadores.

m = velocidad de cada Microprocesador.

x = tipo y fabricante de cada Microprocesador.

1.9.3.- Método Algorítmico en Tiempo Real.- En este método, se escribe un programa en lenguaje máquina perteneciente al Microprocesador y se carga posteriormente en un "Buffer"; se envía cada instrucción al Microprocesador el cual da su respuesta y una señal de espera. Se compara la respuesta a una previamente calculada por el algoritmo. Si la respuesta es "Buena", se envía la instrucción siguiente al Microprocesador después de una señal de "Reinicio", en caso contrario, se señala que se ha producido un "Error". Se pueden destacar de este método de prueba un cierto número de ventajas:

- a). Una velocidad máxima para los Microprocesadores.
- b). Un primer defecto es detectado inmediatamente.

Sin embargo, este método presenta numerosos inconvenientes:

- a). Las instrucciones complejas tales como llamadas de sub-programa y el procedimiento de interrupciones necesitan varios "Bytes" consecutivos y son difícilmente controlables.

b). La ejecución es demasiado lenta para los Microprocesadores fabricados con canal N.

c). El control no se efectúa para cada ciclo de reloj interno.

d). El programador debe estar familiarizado con el producto en un 100% para determinar el orden de ejecución, los arreglos y las instrucciones.

1.9.4.- Método de las Configuraciones Grabadas.- Se desarrolla en dos etapas independientes: En la primera se simula el Microprocesador en una minicalculadora, una memoria de tipo RAM y una memoria tipo ROM; cada respuesta simulada puede ser identificada y asociada a la instrucciones correspondiente. El conjunto es controlado y enviado a un "Buffer" en períodos definidos. El contenido del "Buffer" se guarda seguidamente en una unidad de disco ó de cinta magnética. En la segunda fase, se cargan las configuraciones desde el disco ó cinta magnética al "Buffer" siendo transferidas al Microprocesador, que es vigilado de nuevo por el "controlador". Las ventajas de este método son su facilidad de puesta a punto y una cierta elasticidad de prueba. Sin embargo, presenta importantes defectos como son:

a). Necesidad de un gran "Buffer" para transferir las configuraciones, lo que resulta costoso debido a su gran capacidad.

b). Para cada cambio aunque sea mínimo, se debe reemprender la primera fase, de donde resulta una nueva simulación.

c). No es posible simular las interrupciones.

d). Requiere un soporte importante de paquetería y programas de prueba.

1.9.5.- Método "LEAD".- La Industria "Fairchild Systems Technology", ha desarrollado un programa denominado LEAD, que trabaja sobre uno de sus comprobadores de la Serie "Sentry" el S670 (velocidad programable hasta 100 MHz, 60 terminales de Entrada/Salida y 160 pasos de resolución sobre los relojes). LEAD permite generar un programa de prueba partiendo solamente de las informaciones de las especificaciones del producto. Simula también el entorno del Microprocesador utilizando los recursos del probador.

El programador provee todas las condiciones analógicas de trabajo, las condiciones de sincronización del probador sobre el Microprocesador (estas condiciones deben ser nominales con el fin de garantizar al máximo el buen funcionamiento del producto de referencia). El método funciona de la siguiente manera: El programador escribe un programa en el lenguaje apropiado al Microprocesador (hexadecimal, octal ó ensamblador). LEAD convierte entonces este programa en códigos asimilables por el probador y los coloca en la memoria. Esta memoria está organizada en varias secciones: 65 000 palabras de memoria virtual, memoria de los acontecimientos, direcciones periféricas, "Buffer's". Es así como LEAD utilizar la memoria para simular a las Memorias tipo RAM y tipo ROM.

Cuando se ha insertado un Microprocesador de referencia en su soporte, LEAD ejecuta la fase de generación. Las instrucciones son enviadas del "Buffer" al Microprocesador y las respuestas de todos las terminales se graban para cada pulso de reloj. Para economizar, el tamaño del "Buffer" es limitado a 2048 bits/terminal. Como este "Buffer" es una memoria rápida y no un registro propiamente dicho, permite tener ciclos y subprogramas guardados hasta 16 niveles.

En todas las páginas LEAD graba el estado del Microprocesador, carga el "Buffer" con los nuevos datos y restituye el estado precedente del Microprocesador. Cuando se termina de generar se puede utilizar el programa de prueba. El programador puede entonces precisar las condiciones marginales de las pruebas. El programa se ejecuta página a página. El Microprocesador es controlado a cada pulso de reloj simultáneamente sobre todos los terminales. A la menor desviación con respecto a los valores registrados, el probador envía un mensaje de error que comprende: La secuencia, la instrucción, el ciclo de reloj, la terminal considerada y el nivel de salida.

Como el Microprocesador está en un entorno simulado idéntico al entorno natural, es posible simular la ejecución de instrucciones complejas en tiempo real. Las características más importantes y ventajas de este método particular de prueba de los Microprocesadores son: Su facilidad de puesta a punto, su facilidad de programación (soporte de programación reducido), no es necesario el conocimiento intrínseco del Microprocesador, la simulación del entorno por el probador, la no interrupción entre cada instrucción y la facilidad de análisis del producto. Se debe observar que es necesario tener un Microprocesador de referencia.

1.10.- COMPARACIÓN ENTRE EL MP80386 Y EL MP80486.

Para poder comparar a estos dos Microprocesadores, es necesario avocarse a su Arquitectura y principales aplicaciones (dentro de los Procesos Industriales y de los Servidores de Red), ya que de otro modo esta "comparación" estaría incompleta. Lo primero que se debe analizar es lo siguiente:

MP80386	MP80486
Presentado en 1985.	Presentado en 1987.
Bus de 32 Bits.	Bus de 32 Bits.
275 000 transistores.	400 000 transist.
Tecnología CHMOS.	Tecnología CHMOS.
Costo \$ 299 USD.	Costo \$ 400 USD.
Velocidad de 4 MIPS.	Velocidad mayor a 5 MIPS.
Autocomprobación 75%	Autocomprobación 90%
Versiones SX y DX.	Versiones SX y DX.
Velocidad de 25 y 33 MHz.	Velocidad de 33, 50, 100MHz.
Sin UPF y Caché.	Con UPF y Caché.
Sin "Pipeline".	Con "Pipeline".

Analizando la tabla anterior se puede concluir que: El MP80486 es un MP80386 mejorado, el cual tiene un rendimiento de aproximadamente un 85%, en relación a su antecesor. Desde el punto de vista de la Unidad de Punto Flotante (Coprocesador Aritmético), en el MP80486 existe una mejora en el rendimiento de los paquetes de aplicación y los programas que lo utilizan como son: Análisis estadístico, el CAD y otros. Este Coprocesador Aritmético interno del MP80486, maneja los cálculos de números reales al doble de la velocidad de la combinación de un MP80386 y su Coprocesador, todo lo anterior aún operando a la misma velocidad del reloj de sincronía.

Ya en la actualidad, los costos han hecho que entre estos dos Microprocesadores, prácticamente no haya diferencia sustancial, por lo que, pudiendo seleccionar entre ambos, es lógico pensar que se elija al MP80486. Sin embargo, el MP80386 sigue teniendo vigencia ya que, tiene una velocidad de resolución muy grande de 4 a 5 MIPS (Millones De Instrucciones Por Segundo); que difícilmente se puede saturar en las condiciones actuales de procesamiento.

Debido a lo anterior es muy probable que durante algún tiempo se siga utilizando este Microprocesador. En lo referente a las aplicaciones a los Procesos Industriales, se puede manifestar que el MP80386 sigue siendo muy confiable y que si en algunos Procesos se ha cambiado por el MP80486 ha sido solamente por la ventaja del Coprocesador que permite la realización de cálculos de manera más rápida (en algunos procesos es necesario la utilización de programas que implican el desplazamiento ó rotación de algún automatismo, lo que necesita de elementos de conteo ascendente y descendente al igual que elementos que giren; por lo que un Coprocesador permite la realización de estos cálculos más eficientemente, que el hacerlos en la Unidad Lógica Aritmética (ALU) del MP80386), para evitar algunos ciclos de reloj sin actividad real sobre el Proceso.

Fuera de esta realidad; en Procesos sencillos y en computadoras personales de uso doméstico, es muy factible que se sigan comercializando y utilizando los sistemas basados en el MP80386, que hasta la fecha sigue demostrando su capacidad en la solución de problemas.

Dentro de las diferencias por Arquitectura, se debe establecer lo siguiente: El miembro más nuevo de la familia "iapx86" es el MP80486 "Overdrive". El Circuito Integrado "Overdrive" hace un bello truco (corre simultáneamente a dos velocidades de reloj). Cuando transfiere datos a/desde el Bus, la Memoria ó cualquiera de los otros elementos, aparte de si mismo, lo hace a 25 MHz. Pero las operaciones internas (operaciones aritméticas, toma de decisiones, operaciones lógicas y similares) son efectuadas a dos veces la velocidad del reloj; es decir, 50 MHz internamente. El efecto neto es que el Circuito Integrado "Overdrive" hace todo al menos tan velozmente como el MP80486DX de 25 MHz, y muchas operaciones a doble velocidad. El resultado es que el MP "Overdrive", acelera al computador de 33 a 50% aproximadamente.

CAPÍTULO II

MICROPROCESADORES DE 32 BITS.

II.1.- INTRODUCCIÓN AL MP 80386.

En octubre de 1985, INTEL organizó en Madrid, España; la presentación mundial de su nuevo Microprocesador de 32 Bits, el modelo 80386 en unión con un conjunto de componentes y tarjetas y un equipo lógico complementario, que configuran la familia 386.

El MP80386 consta de más de 275,000 transistores y está fabricado en tecnología CHMOS. La familia 80386 es compatible con todo el sistema lógico desarrollado para el MP8086 y sus sucesores. Su costo inicial de venta fue de \$299USD en Estados Unidos de América.

Dos aspectos destacables en el MP80386 son su velocidad de funcionamiento, que oscila entre 4 y 5 MIPS (Millones de Instrucciones por Segundo) y la capacidad de direccionamiento de memoria virtual, que supera los 64 trillones de bytes. Soporta una configuración Multi-Ejecución, que permite realizar distintos programas escritos en entornos correspondientes a diversos sistemas operativos, como UNIX, MS-DOS e iRMX.

La Unidad de Manejo de Memoria (MMU), está integrada en el MP80386 y soporta los dos métodos de gestión de memoria más empleados: *La segmentación y la paginación.*

El Microprocesador tiene una memoria tampón ó caché de 32 posiciones, en las que se almacena las direcciones lineales y sus correspondientes direcciones físicas, que más se utilizan en el programa de ejecución durante el período de tiempo anterior. Dichas direcciones actúan de punteros sobre una memoria tampón exterior, de cualquier tamaño, mediante la que se accede al código ó los datos necesarios. El hecho de que la memoria tampón interna contenga las tablas de traducción más usadas en el programa, minimiza el tiempo empleado en la gestión de la memoria.

Otra característica avanzada del MP80386 la constituye la propia autocomprobación de más del 75% de las funciones internas, que se produce en el momento de aplicar la tensión de alimentación. Otra novedad de este Microprocesador es la de permitir generar interrupciones cuando se accede a la memoria de datos.

Dentro de los cuatro campos en los que se prevee el mayor consumo de Microprocesadores de 32 Bits: Automatización Industrial, Aplicaciones Científicas, Automatización de Gestión y Telecomunicaciones, existen unos sectores concretos en los que se implantar rápidamente el MP80386 y son:

- Robótica y Visión Artificial.
- CAD/CAM/CIM.
- Tratamiento de Textos y Mensajes Electrónicos.
- Sustitución de MiniOrdenadores por MicroOrdenadores en Configuraciones Multi-usuario.
- Reconocimiento de el Lenguaje Natural.
- Centrales Telefónicas Avanzadas.

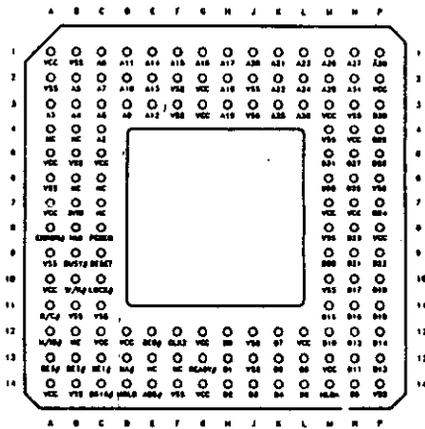


Fig.- II.1.- Vista del MP 80386 Desde el Lado de las Terminales. Las Terminales Asignadas por NC, no se Conectan.

Existen varias terminales V_{cc} que deben conectarse al positivo de la alimentación, ó sea, + 5V +/- 5% y varias GND que se conectan a tierra lógica.

El MP80386 está diseñado para funcionar con una temperatura comprendida entre 0 y 85 °C, medida en el centro de la pastilla, por el lado donde no hay terminales.

Otras características interesantes del Microprocesador de 32 bits se exponen en la Tabla de la Figura II.2 que son válidas para las versiones de 12 y 16 MHz, con una alimentación de + 5V +/- 5%.

SÍMBOLO	PARÁMETRO	MÍNIMO	MÁXIMO
	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	-65°C	+150°C
V _{IL}	VOLTAJE DE ENTRADA BAJO	-0.5V	0.9V
V _{IH}	VOLTAJE DE ENTRADA ALTO	2V	V _{CC} + 0.5V
V _{OL}	VOLTAJE DE SALIDA BAJO		
	I _{OL} = 4 mA; A2 - A31, B0 - B31		0.45V
V _{OH}	VOLTAJE DE SALIDA ALTO		
	I _{OH} = 1 mA; A2 - A31, B0 - B31	2.0V	
I _{CC}	CORRIENTE DE ALIMENTACIÓN		400 mA
C _{IN}	CAPACIDAD ENTRADA (F _L = 1 MHz)		10 pF
C _{OUT}	CAPACIDAD SALIDA (F _L = 1 MHz)		12 pF

Fig.-II.2.- Características Relevantes Comunes a las Versiones 80386.

II.2.- ARQUITECTURA INTERNA DEL MP 80386.

El MP80386 consta de tres grandes bloques:

- 1.- Unidad Central de Proceso (UCP).
- 2.- Unidad de Manejo de Memoria (MMU).
- 3.- Unidad de Interfase de Bus (BIU).

En la Figura II.3 se muestra la distribución de los tres bloques fundamentales del MP80386, así como la relación que existe entre ellos.

La UCP de MP80386 se compone de una Unidad para la Decodificación de las Instrucciones y otra de Ejecución. La Unidad de Ejecución de instrucciones dispone de una zona con 8 registros de propósito general de 32 bits, que se emplean en el cálculo del direccionamiento y en la manipulación de datos. Tiene también un Registro de Desplazamiento Rápido de 64 bits, dentro de la Unidad de Ejecución, muy eficaz en las operaciones de rotación, multiplicación, división y desplazamiento. La Unidad Lógico Aritmética (ALU) completa la Unidad de Ejecución.

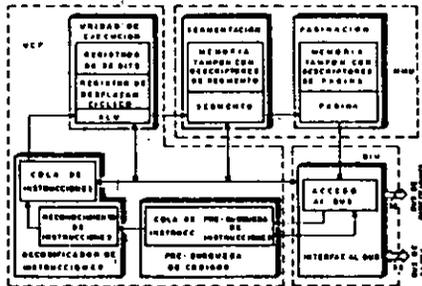


Fig.- II.3.- Estructura General del MP80386, Formada, Esencialmente, por los Bloques UCP, MMU y BIU.

La Unidad de Manejo de Memoria, posee una zona dedicada al procedimiento de la paginación y otra para la segmentación. La memoria está organizada en uno ó varios segmentos de longitud variable, con un máximo de 4 Gigabytes cada uno.

Cada segmento se divide en una ó más páginas de 4 Kbytes cada una. Cada tarea en el MP80386 puede ocupar un máximo de 16,381 segmentos, lo que supone una memoria virtual de 64 Terabytes (64 trillones de bytes).

Cada región del espacio de memoria ó segmento se caracteriza por ciertos atributos, como posición, tamaño, tipo (código, dato, pila) y protección.

La unidad de segmentación proporciona 4 niveles de protección para aislar las aplicaciones e impedir la entrada de otros usuarios. El MP80386 puede trabajar de dos formas:

- 1.- Modo real (modo de direccionamiento real).
- 2.- Modo protegido (modo de direccionamiento virtual protegido).

En el modo real el μ P80386 funciona como un MP8086 muy rápido y con una extensión de 32 Bits en el bus de direcciones.

En el modo protegido se puede acceder a formas de manejo de memoria complejas, con capacidad para la paginación.

La BIU (Unidad de Interfase de Bus), del MP80386 facilita enormemente el diseño del equipo físico al soportar direccionado "Pipelining", información dinámica del bus de datos y señales de permiso de byte para cada uno de los bytes de que se compone el bus de datos. La arquitectura "Pipeline" admite las funciones de búsqueda de codificación, ejecución y manejo de memoria en paralelo.

II.3.- CONEXIONADO DEL MP80386.

El bus de datos y el bus de direcciones del MP80386 consta de 32 líneas cada uno, que son independientes entre sí, en oposición con el "Multiplexado" que existe en los Microprocesadores de 8 y 16 bits de INTEL.

El bus de datos es bidireccional y el de direcciones que tiene carácter unidireccional, utiliza dos de sus líneas para generar señales de habilitación para los cuatro bytes en que se puede descomponer un dato de 32 bits. El control de ambos buses se realiza mediante las señales asociadas que genera el propio Microprocesador.

El ciclo de bus del Microprocesador es el mecanismo básico para la transferencia de información entre el sistema y el Microprocesador. El ciclo de bus del MP80386 ejecuta una transferencia de datos en sólo dos períodos de reloj. Con un bus de datos de 32 Bits, a una frecuencia de 16 Mhz, el MP80386 admite un nivel de transferencia que alcanza los 32 Mbits/s. En la Fig. II.4 se presenta un esquema de la Microarquitectura del MP80386 y su interrelación con el mundo exterior a través de las señales de entrada y salida de los buses. En la Fig. II.5 se presenta un esquema de los 132 terminales de la pastilla, visto por su parte superior.

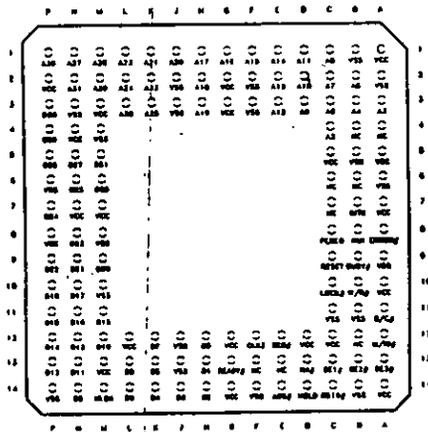


Fig. II.5.- Distribución de las 132 Terminales del MP80386, Visto Desde la Parte Superior de la Cápsula.

La Fig. II.6 muestra las señales de interconexión del MP80386 con los demás elementos del sistema, agrupadas por funciones y son las siguientes:

1.- CLK2 (Señal de Reloj).- Por el terminal de entrada al MP80386, referenciada por CLK2, se introduce el control de tiempos necesario. CLK2 se divide por 2, para generar la señal de reloj interna que controla el funcionamiento del Microprocesador en la ejecución de las instrucciones.

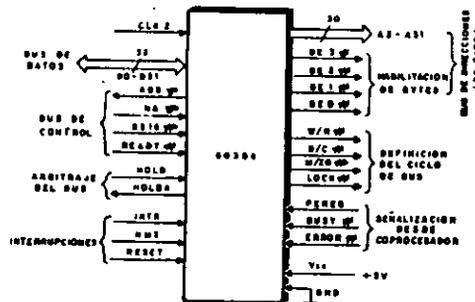


Fig. II.6.- Señales de Control y Adaptación del MP80386 Agrupadas en Funciones Comunes.

2.- D0-D31 (Bus de Datos).- Son 32 líneas que admiten el estado flotante y tienen carácter bidireccional. Una característica especial del bus de datos es que puede transferir información de 16 y de 32 Bits, usando como elemento de control la señal auxiliar de entrada BS16#.

3.- A2-A31 y BE0#BE3#. (Bus de direcciones).- Estas líneas de salida del MP80386 de tipo triestado, proporcionan la dirección física de una posición de memoria o de una Entrada/Salida. Con este tamaño de bus se pueden direccionar 4,000,000,000 de bytes (4 Gigabytes), comprendidos entre las direcciones físicas 0000 0000 y la FFFF FFFF. El bus de direcciones se encarga también de controlar 64 K Bytes dedicados a Entradas/Salidas y que ocupan las direcciones 0000 0000 hasta la 0000 FFFF.

Las cuatro señales auxiliares del bus de direcciones BE0#-BE3# de habilitación de byte, indica cuál de los cuatro bytes, que componen los 32 bits del bus de datos, se emplean en la transferencia en curso. Estas cuatro señales se obtienen por la combinación de las líneas del bus de direcciones A0 y A1 y el control de los bytes se efectúa de la siguiente forma:

- BE0# controla el byte contenido en las líneas de datos D0-D7.
- BE1# controla el byte contenido en las líneas de datos D8-D15.
- BE2# controla el byte contenido en las líneas de datos D16-D23.
- BE3# controla el byte contenido en las líneas de datos D24-D31.

Cuando se está realizando un ciclo de escritura y el operando se transfiere por las 16 líneas de más peso de bus de datos (D16-D31), dicha información se duplica en las 16 líneas de menos peso (D0-D15), para optimizar la escritura sobre buses de 16 líneas.

4.- Señales que definen el ciclo del bus.- Las señales triestado W/R#, D/C#, M/I0# y LOCK# sirven para definir el ciclo de bus que se ejecuta.

W/R#: Distingue entre los ciclos de escritura y los de lectura.

D/C#: Distingue entre los ciclos de datos y los de control.

M/I-0#: Distingue entre los ciclos de memoria y los de Entrada/Salida.

LOCK#: Distingue entre los ciclos cerrados y abiertos.

5.- Señales de control del bus.- Las señales comprendidas en este grupo, indican el principio y el fin del ciclo del bus, el control de direccionamiento "Pipeline" a otros sistemas a la anchura del bus de datos que se emplea.

ADS#. (Estado de dirección).- Es una salida triestado que indica la validez de un ciclo de bus y la conducción de una dirección por las terminales adecuadas del MP80386 (A2-A31, BE0#-BE3#, W/R# y M/I-0#).

READY#. (Reconocimiento de transferencia).- Esta señal de entrada al procesador indica la terminación del ciclo del bus y la aceptación de los bytes activos determinados por BE0#-BE3# y por BS16#.

NA#. (Petición de la dirección siguiente).- Esta entrada señaliza que el sistema está preparado para recibir nuevos valores de BE0#-BE3#, A2-A31, W/R#, D/C# y M/I-0# desde el MP80386, aunque el ciclo de bus actual aún no ha sido reconocido por READY#.

BS16#. (Tamaño del bus).- Esta señal permite al MP80386 conectarse, de forma directa, con sistemas de buses de datos de 16 y 32 bits. La habilitación de esta señal restringe, el ciclo de bus en curso, a utilizar sólo la mitad menos significativa del bus de datos (D0-D15), correspondientes a BE0# y BE1#.

6.- Señales de arbitraje de bus.-Este grupo de líneas sirven al Procesador para abordar el control de los buses locales cuando se produce una petición por otro equipo "Maestro".

HOLD.- (Petición del bus).- Esta señal de entrada al MP80386 indica que otro dispositivo solicita el dominio del sistema de buses. La señal HOLD permanece activa durante todo el tiempo que se cede el bus. Mientras permanezca activa la señal RESET, no se conoce a HOLD.

HLDA.- (Reconocimiento de la cesión del bus).- La activación de esa línea de salida significa que el MP80386 ha cedido el control de su bus local, en respuesta a una petición de HOLD. La aceptación de HOLD deja en estado de alta impedancia las siguientes terminales del procesador: D0-D31, A2-A31, BE0#-BE3#, W/R#, D/C#, M/I-O# LOCK# y ADS#.

7.- Señales de adaptación desde coprocesador.- Son tres terminales de entrada al MP80386 que se encargan de implantar la interfase con el coprocesador numérico 80287 y 80387.

PEREQ#.- (Petición de coprocesador).- La activación de esta línea significa la petición del coprocesador para que sea transferido un dato a/desde la memoria por el Microprocesador.

BUSY#.- (Coprocesador ocupado).- La activación de esta señal, indica que el coprocesador está todavía ejecutando una instrucción y no puede aceptar otra nueva.

ERROR#.- (Error de coprocesador).- Esta señal de entrada, indica que la instrucción anterior del coprocesador, ha generado un tipo de error no enmascarable por el registro de control del coprocesador. Cuando el MP80386 encuentra una instrucción para el coprocesador, explora la línea ERROR#, y si está activa, genera la excepción del tipo 7, con objeto de acceder al sistema lógico de tratamiento de los errores.

8.- Señales de interrupción.- A continuación se presentan las tres señales características de este grupo y son:

1.- INTR.- (Petición de interrupción enmascarable).- La activación de esta línea de entrada del MP80386, representa una petición de interrupción, que puede enmascarse con el bit IF del Registro de Señalizadores.

Cuando el MP80386 responde a una petición INTR, realiza dos ciclos de reconocimiento y, al final del segundo, carga un vector de interrupción de 8 bits sobre D0-D7, que identifica el origen de la interrupción. La señal INTR es activa por nivel y asincrónica con la señal CLK2. Para que se asegure el reconocimiento de una interrupción INTR, ésta ha de permanecer activa hasta el inicio del primer ciclo de reconocimiento de interrupción.

2.- NMI.- (Interrupción no enmascarable).- Esta señal introduce al MP80386 una petición de servicio de interrupción, que no puede ser enmascarada con instrucciones en el programa. Siempre es atendida y la rutina a la que se accede, viene determinada por el puntero 2 de la Tabla de Interrupciones. Es cautiva por flanco ascendente y asincrónica con respecto a CLK2. Una vez iniciada la atención a una petición NMI, se ignoran otras peticiones NMI, hasta que no se ejecute la instrucción de retorno de interrupción IRET.

3.- RESET. (Reinicialización).- Al activarse esta señal se suspende cualquier operación en curso y se realiza una rutina que deja al MP80386 en un estado conocido. Para que el Microprocesador acepte la señal de RESET, esta señal ha de permanecer activa durante 15 ó más periodos de CLK2. Cuando es aceptada la señal de RESET, se ignoran las restantes señales de entrada y se pasa a un estado de inactividad, en el que las señales del MP80386 toman los siguientes estados:

II.4.- REPERTORIO DE INSTRUCCIONES DEL MP80386.

Las instrucciones del MP80386 soportan 0, 1, ó 3 operandos, que pueden residir: En un registro, en la memoria, ó en la propia instrucción. La mayoría de las instrucciones que carecen de operando ocupan un byte y las de un operando, generalmente, 2 bytes. El uso de dos operandos permite actuar sobre los siguientes elementos:

- Registro a registro.
- Memoria a registro.
- Inmediato a registro.
- Memoria a memoria.
- Registro a memoria.
- Inmediato a memoria.

Los operandos pueden constar de 8, 16 ó 32 bits. El repertorio de instrucciones del MP80386 se clasifica en 9 grupos, según el tipo de operación que realizan:

- 1.- De transferencia de datos.
- 2.- Aritméticas.
- 3.- De desplazamiento y rotación.
- 4.- De manipulación de cadenas.
- 5.- De manipulación de bits.
- 6.- De transferencia de control.
- 7.- De soporte a los lenguajes de alto nivel.
- 8.- De soporte a sistemas operativos.
- 9.- De control del Microprocesador.

1.- Instrucciones Para La Transferencia de Datos:

a). De propósito General.

MOV: Mover operando.

PUSH: Cargar operando en la Pila.

POP: Sacar operando de la Pila.

PUSHA: Cargar el contenido de todos los registros en la Pila.

POPA: Sacar todos los registros de la Pila.

XCHG: Intercambio de operandos.

XLAT: De traducción.

b). De Conversión.

MOVZX: Mover byte, palabra ó doble palabra con extensión de ceros.

MOVŠX: Mover byte, palabra ó doble palabra con extensión de signo.

CBW: Convertir byte a palabra ó palabra a doble palabra.

CDW: Convertir palabra a doble palabra.

CDWE: Convertir palabra a doble palabra extendida.

CDQ: Convertir doble palabra a palabra cuádruple.

c). De Entrada y Salida.

IN: Entrada de un operando desde el espacio de Entrada/Salida.

OUT: Salida de un operando al espacio de Entrada/Salida.

d). De Actuación Sobre Dirección.

LEA: Cargar la dirección efectiva.

LSD: Cargar puntero en el registro D.

LES: Cargar puntero en el registro E.

LFS: Cargar puntero en el registro F.

LGS: Cargar puntero en el registro G.

LSS: Cargar puntero en el registro S.

e). De Manipulación de Señalizadores.

LAHF: Carga en el registro A los señalizadores (Flags).
SAHF: Almacena el registro A en el registro de señalizadores.
PUSHF: Carga el registro de señalizadores en la Pila.
POPF: Saca el registro de señalizadores de la Pila.
PUSHFD: Carga el registro EFLAGS en la Pila.
POPFD: Saca el registro de señalizadores de la Pila.
CLC: Borra el señalizador de Acarreo.
CLD: Borra el señalizador de Dirección.
CMC: Complementa el Acarreo.
STC: Pone a "1" lógico el Acarreo.
STD: Pone a "1" lógico el señalizador de Dirección.

2.- *Instrucciones Aritméticas:*

a). Suma.

ADD: Suma operandos.
ADC: Suma con acarreo.
INC: Incrementa el operando una unidad.
AAA: Ajuste ASCII para la suma (no empaquetado).
DAA: Ajuste decimal para la suma (empaquetado).

b). Resta.

SUB: Resta operandos.
SBB: Resta con llevada.
DEC: Decrementa una unidad el operando.
NEG: Niega el operando.
CMP: Compara operandos.
AAS: Ajuste ASCII para la resta.

c). Multiplicación.

MUL: Multiplica con simple ó doble precisión.

IMUL: Multiplica enteros.

AAM: Ajuste ASCII para después de la multiplicación.

d). División.

DIV: Divide números sin signo.

IDIV: Divide números enteros con signo.

AAD: Ajuste ASCII para después de la división.

3.- *Instrucciones Para el Manejo de Cadenas:*

MOVS: Mueve una cadena (string) de bytes, palabras ó dobles palabras.

INS: Entrada de una cadena desde el espacio de Entrada/Salida.

OUTS: Salida de una cadena al espacio de Entrada/Salida.

CMPS: Compara bytes, palabras ó dobles palabras de una cadena.

SCAS: Busca Bytes, palabras ó dobles palabras de una cadena.

LODS: Carga una cadena de bytes, palabras ó dobles palabras.

STOS: Almacena una cadena de bytes, palabras ó dobles palabras.

REP: Repite una operación sobre una cadena, el valor de C.

REPE/REPZ: Repite según C, mientras sea igual a cero.

RENE/REPZ: Repite según C, mientras no sea igual ó no sea cero, a semejanza con la instrucción del MP8086 que tiene igual nemónico.

4.- *Instrucciones Lógicas:*

a). Booleanas.

NOT: Operación lógica de inversión.

AND: Operación AND.

OR: Operación OR.

XOR: Operación OR Exclusiva.

TEST: Operación AND sin resultado. Sólo afecta los señalizadores.

b). De Desplazamiento.

SHL/SHR: Desplazamiento lógico a la izquierda ó a la derecha.

SAL/SAR: Desplazamiento aritmético a la izquierda ó a la derecha.

SHLD/SHRD: Doble desplazamiento a la izquierda ó a la derecha.

c). De Rotación.

ROL/ROR: Rotación a la izquierda ó a la derecha.

RCL/RCR: Rotación a través del Acarreo a la izquierda ó a la derecha.

5.- Instrucciones para la Manipulación de Bits:

a). De simple bit.

BT: Prueba de un bit.

BTS: Prueba de un bit y puesta a "1" lógico.

BTR: Prueba de un bit y puesta a "0" lógico.

BTC: Prueba de un bit y complemento.

BSF: Búsqueda de un bit hacia adelante.

BSR: Búsqueda de un bit hacia atrás.

b). De cadena de bits.

IBTS: Inserta cadena de bits.

XBTS: Intercambia cadena de bits.

6.- *Instrucciones Condicionales:*

SETCC: Poner el byte igual al código de condición.

JA/JNBE: Salta si más alto/no más bajo ó igual.

JAE/JNB: Salta si más alto ó igual/no menor.

JB/JNAE: Salta si más bajo/no mayor ó igual.

JC: Salta si el Acarreo es "1" lógico.

JE/JZ: Salta si igual/cero.

JG/JNLE: Salta si mayor/no menor ó igual.

JL/JNGE: Salta si menor/no mayor ó igual.

JLE/JNG: Salta si menor ó igual/no mayor.

JNC: Salta si no Acarreo.

JNE/JNZ: Salta si no igual/no cero.

JNO: Salta si no Overflow.

JNP/JPO: Salta si no Paridad/paridad impar.

JNS: Salta si el señalizador de Signo es "0".

JO: Salta si hay Overflow.

JP/JPE: Salta si Paridad/paridad par.

JS: Salta si el señalizador de Signo es "1".

a). Transferencias incondicionales.

CALL: Llamada a procedimiento ó tarea.

RET: Retorno desde procedimiento ó tarea.

JMP: Salto incondicional.

b). De control de iteración.

LOOP: Bucle repetitivo según C.

LOOPE/LOOPZ: Bucle repetitivo si igual/cero.

LOOPNE/LOOPNZ: Bucle si no igual/no cero.

JCXZ: Salta si el registro CX = 0.

c). De interrupción.

INT: Interrupción por programa.

INTO: Interrupción si hay "Overflow".

IRET: Retorno desde interrupción.

CLI: Pone a cero el señalizador de Interrupción.

SLI: Pone a uno el señalizador de Interrupción.

7.- *De Soporte a Los Lenguajes de Alto Nivel:*

BOUND: Comprueba los límites de un "Array" ó una Tabla.

ENTER: Inicializa par metros para entrar en un procedimiento.

LEAVE: Dejar procedimiento.

8.- *Para Modelo de Protección:*

SGTD: Almacena Tabla de Descriptores Globales (GTD).

SIDT: Almacena Tabla de Descriptores de Interrupción (IDT).

STR: Almacena Registro de Tarea (TR).

SLDT: Almacena Tabla de Descriptores Locales (LDT).

LGDT: Carga Tabla de Descriptores Globales.

LTR: Carga Registro de Tarea.

LIDT: Carga Tabla de Descriptores de Interrupción.

LLDT: Carga Tabla de Descriptores Locales.

ARPL: Ajuste al nivel de privilegio solicitado.

LAR: Carga derechos de acceso.

LSL: Carga límite de segmento.

VERR/VERW: Verifica segmento para lectura ó escritura.

LWSW: Carga la "palabra de estado de la máquina", que son los 16 Bits de menos peso de CR0.

SMSW: Almacena la palabra de estado.

II.5- ARQUITECTURA DEL MICROPROCESADOR 80486.

II.5.1.- INTRODUCCIÓN AL MP80486.

La serie de Microprocesadores 80486, es en gran parte una versión mejorada de la serie MP80386; ya que cuenta fundamentalmente con 2 adiciones incluidas en el mismo Circuito Integrado:

- 1.- Una memoria caché de 8 Kbytes.
- 2.- Una unidad de números reales (FPU, también conocida como un coprocesador matemático).

Los Ingenieros de Intel también rediseñaron la Arquitectura de los circuitos lógicos del Circuito Integrado 80486, para que pueda ejecutar más operaciones en menos ciclos de reloj.

Existen varias versiones del MP80486, ya que se tienen:

- 1.- MP80486DX.
- 2.- MP80486SX.
- 3.- MP80486DX2.
- 4.- MP80486DX4

El diseño mejorado del MP80486DX le dé a las unidades 486, mejoras significativas en el rendimiento del MP y la memoria. Una unidad 486 de 33MHz, produce un rendimiento en el MP de un 85% como mejora, y un rendimiento en memoria que duplica el de una unidad 386 de 33MHz.

El coprocesador matemático interno en el M80486DX mejora el rendimiento de los Programas ("*Software*") que lo utiliza: Análisis estadístico, CAD y otros. Este coprocesador matemático interno del MP80486, maneja los cálculos de números reales al doble de la velocidad de la combinación de un MP80386DX y un MP80387DX que es un coprocesador; todo esto operando a la misma frecuencia de reloj.

Intel fabricó el MP80486SX el cual es básicamente un MP80486DX sin la Unidad de Punto Flotante (FPU), para aquellas aplicaciones en las cuales no es necesario el coprocesador. El MP80486SX sirve como un MP80386DX más eficiente, y tiene la capacidad de mejora que Intel incluyó en su línea 486; se encuentra en versiones de 16, 20 y 25 MHz.

El MP80486SX está diseñado para ejecutar instrucciones al doble de la velocidad de un MP80386 que opere a la misma velocidad.

El MP80486DX2, es un MP80486DX que ejecuta internamente al doble de velocidad del reloj conectado, pero externamente ejecuta al mismo tiempo que marca el reloj. Por ejemplo; un MP80486DX2 de 50MHz, usa un reloj de cristal de 25 MHz y ejecuta internamente a 50 MHz pero externamente a 25 MHz. Esta tecnología, permite el uso de componentes en la tarjeta madre con frecuencias más bajas para crear un sistema más accesible. Una unidad 486 de 50 MHz, es casi 50 veces más "*veloz*" que una IBM/XT original; como una indicación más práctica se dice que una 486DX de 50 MHz es casi 5 veces más rápida que una 386SX de 20 MHz.

El caché incluido en la 486 es más eficiente que un caché externo, porque tiene una vía de acceso de información directa de 128 Bits al circuito de procesamiento del integrado. Intel limitó el tamaño a 8 Kbytes, porque sus circuitos ocupan 1/3 del área del Circuito Integrado.

Los cachés externos que se deben de conectar al 486 mediante su ruta de datos de 32 Bits, pueden mejorar el rendimiento porque pueden ser tan grandes como se quiera. Se debe mencionar que un caché es un bloque pequeño de memoria estática (SRAM), rápido pero costoso que opera sin ciclos de espera que se interpone entre el Microprocesador y la lenta memoria del sistema.

Un controlador de caché intenta anticipar las necesidades del Microprocesador y llena el caché con el contenido de la memoria que tenga más probabilidad de acceso. El caché tiene un ("hit") ó acierto cuando la información necesaria está en el caché y el Microprocesador no tiene que esperar para extraerla; el caché tiene un ("mistake") ó fracaso, cuando la información necesaria no está en el caché y el Microprocesador debe esperar a que la información se extraiga de la memoria general. En general, mientras más grande sea el caché mayor ser la probabilidad de éxito.

Por otra parte, ya existen MP80486SL, los cuales representan un gran ahorro de energía, ya que presentan una alimentación de 3.5 Volts, y con un consumo de potencia mínimo.

Los Microprocesadores SX, se utilizan para sistemas de escritorio a nivel captura; los de clase DX de alto rendimiento se emplean en instrucciones frecuentemente utilizadas en menos ciclos, aún a costa de utilizar más ciclos para las instrucciones utilizadas menos frecuentemente, lo que resulta de esto es una ganancia significativa en el rendimiento. Un resultado del perfil de Intel, es que se está acumulando una enorme base de datos de trazos de instrucciones de diversas aplicaciones comerciales.

El nuevo 486SL tiene un bus PI (Interfase Periférica) que es funcionalmente equivalente a un bus local, en una computadora de escritorio. El bus de Interfase Periférica (PI), permite que un controlador gráfico ó una tarjeta relámpago cortocircuiten el bus de Entrada/Salida, y se enlace directamente a la Unidad de Procesamiento Central (UPC); el bus de Interfase Periférica (PI) opera a la velocidad del reloj de la Unidad de Procesamiento Central (UPC), comparado con el relativamente, lento ancho de banda del bus de Entrada/Salida que es de 8 MHz.

Algunas características de los 486 son:

- 1.- Efectúan el "*Pipeline*" de cinco etapas.
- 2.- Además se emplea una tecnología de un micrón, para empacar 1.2 millones de transistores.
- 3.- Estaciones y servidores de alta tecnología.

Íntel fue el pionero en el concepto de una actualización de un sólo Circuito Integrado con su Microprocesador llamado "*Overdrive*"; el cual aumenta al doble la velocidad del reloj interno de un Microprocesador e incrementa su rendimiento general en aproximadamente un 50%. Anteriormente, al integrado "*Overdrive*", la mayoría de las actualizaciones se llevaban a cabo fuera, mediante el reemplazo de la Tarjeta Principal ó mediante la instalación de tarjetas extra ó "*tarjetas hijas*".

Una de las características de estos nuevos Microprocesadores 80486, es la "*perfilación*" de instrucciones (la cual se empleaba en los ambientes de minicomputadoras y mainframes). La "*perfilación*" de instrucciones es el análisis de la frecuencia relativa de las instrucciones utilizadas por las aplicaciones. Con esta información los Ingenieros pueden afinar una arquitectura para que ejecute las estaciones y servidores de alta tecnología.

II.6.- ARQUITECTURA INTERNA DEL MP80486.

Existen varias versiones del MP80486, las cuales, presentan diversas características, las diferentes Compañías presentan los siguientes Circuitos Integrados durante los primeros seis meses de 1993:

1.- Intel 486SX/33 el cual es simplemente una versión más rápida de la línea existente.

2.- IBM 486SCL es la versión de IBM del Circuito Integrado de Intel.

3.- CYRIX 33MHz 486SCL es una versión más rápida del SCL con un conjunto totalmente nuevo de características de manejo de energía.

4.- Intel 486SL proporciona bajo consumo de energía.

5.- CYRIX DRU. Un 486DCL que aumenta al doble el rendimiento de un sistema 386DX a 33MHz.

6.- CYRIX 486S2/50 es un Microprocesador compatible con el 486SX con una memoria caché más pequeña que el equivalente de Intel. CYRIX asegura que haciendo la memoria Caché de "Retroescritura", se compensa con el tamaño más pequeño.

El MP80486 es un Microprocesador avanzado de 32 Bits, diseñado para aquellas aplicaciones donde sea requerida una alta perfección y optimización para sistemas que operen en multitarea. Los registros de 32 Bits y las direcciones de este procesador le permiten direccionar arriba de 4 Gigabytes de memoria física y 64 Terabytes de memoria virtual.

El manejador de memoria integrado y la arquitectura de protección incluye el traspaso de direcciones, registros y un mecanismo de protección para soportar Sistemas Operativos (S.O.) variados, además de la capacidad de realizar multitareas.

Este Microprocesador, es capaz de realizar arriba de 5 MIPS (Millones de Instrucciones Por Segundo). Mantiene compatibilidad con los códigos objeto de todos los miembros de la Familia 8086, de tal manera, que puede ser "Conectado" a la mayoría de los Microprocesadores de el Mundo que mantengan la misma base.

El MP80486 consiste de una Unidad Central de Proceso; una Unidad Manejadora de Memoria y un Bus de Manejo de Interfase, además dependiendo de la versión podrá contener ó no un coprocesador matemático integrado. La Unidad de Ejecución contiene registros de propósito general de 32 Bits, los cuales son empleados para el cálculo de direcciones, operación de datos y un manejador de 128 Bits empleado para rotar, multiplicar y dividir operaciones.

La unidad de instrucción decodifica los códigos de operación y los almacena dentro del decodificador de instrucciones para posteriormente emplearlos por la unidad de ejecución.

La Unidad de Manejo de Memoria, consiste de una Unidad de Segmentación y una Unidad de Página; la Segmentación, es para el manejo de las direcciones un espacio lógico para suministrar un componente de direccionamiento extra, de tal manera, que un código y un dato son fácilmente relocalizables, el mecanismo de Paginación opera de una manera transparente a la segmentación, cada segmento es dividido en uno ó más segmentos de página de 4 Kbytes.

Para implantar un sistema de memoria virtual, el MP80486 soporta reinicio total para todas las páginas y segmentos.

La memoria está organizada dentro de uno ó más segmentos de longitud variable, cada uno de ellos arriba de 4 Gigabytes. Una región dada por el espacio de las líneas de dirección, puede ser asociado con un segmento, donde se tendrán una serie de atributos; éstos incluyen su localización, tamaño, tipo (si es código ó dato) y características de protección. Cada grupo del MP80486, puede tener un máximo de 16381 segmentos con 4 Gigabytes cada uno, lo cual suministra un total de 64 terabytes (trillones de bytes) de memoria virtual. La Unidad de Segmentación suministra 4 niveles de protección. Maneja los modos de operación, de modo de direccionamiento real (modo real), y modo de direccionamiento virtual protegido (modo protegido).

El modo real es requerido para que después pueda instalarse el modo protegido, éste proporciona el acceso al complejo manejador de memoria, a la paginación y capacidades privilegiadas del Microprocesador

Para facilitar el alto desarrollo del diseñ^o de Arquitectura de Sistemas ("*Hardware*") la interfase del MP80486 ofrece direccionamiento "*Pipeline*", bus de datos dinámico y habilitación de señales de Byte directas para cada Byte del bus de datos.

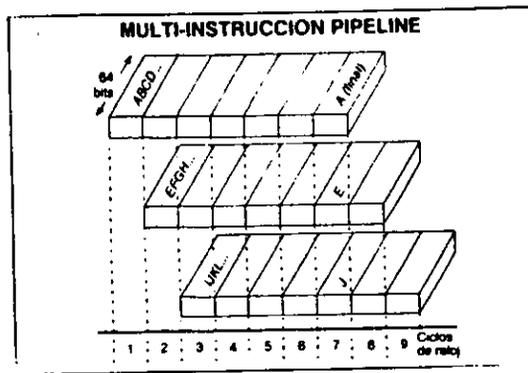


Fig. II.7.- El Empalme de Multi-Instrucciones "Pipeline" del MP80486.

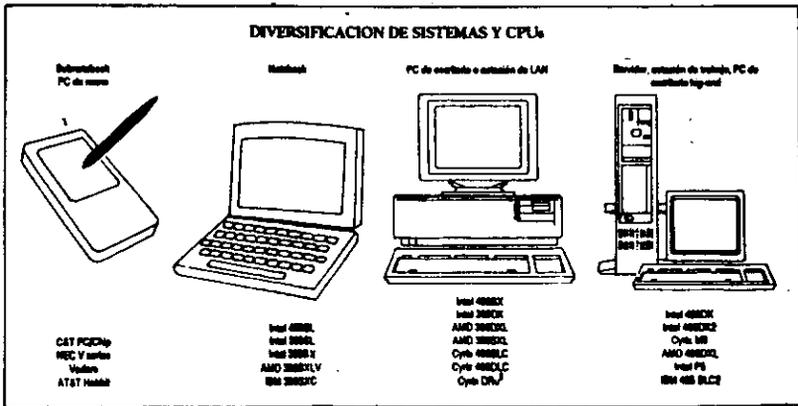
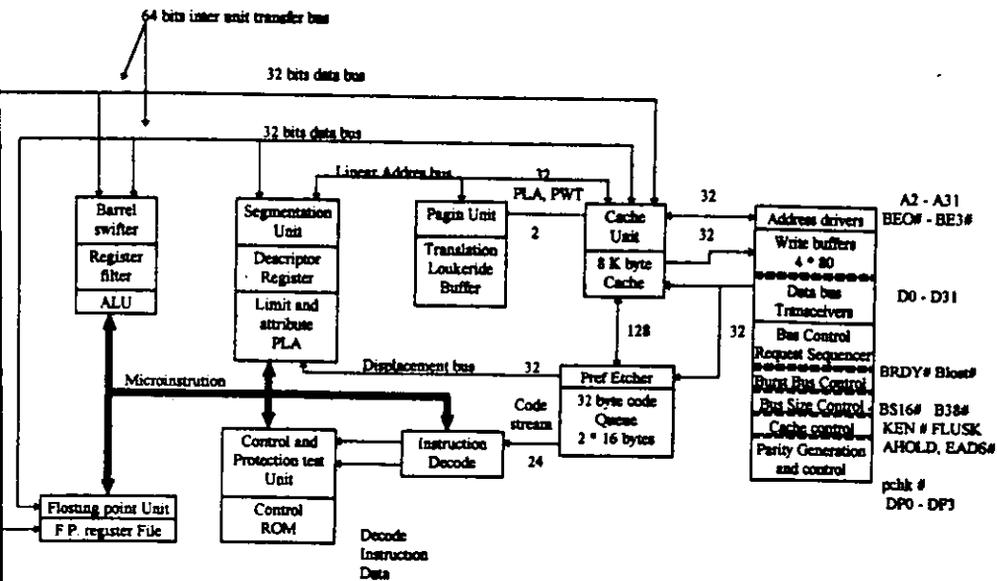


Fig. II.9.- Diversificación de Sistemas y Ordenadores, Basados en el MP80486.



486 MICROPROCESSOR PIPELINED 32 BIT MICROARCHITECTURE

MICROARCHITECTURA

Fig. II.10.- Arquitectura del MP80486 de Intel.

II.7.- REGISTROS INTERNOS DEL MP80486.

El MP80486 tiene los registros agrupados en las siguientes categorías:

- 1.- Registros de Propósito General.
- 2.- Registros de Segmento.
- 3.- Instrucciones de Puntero y Banderas.
- 4.- Registros de Control.
- 5.- Registros del Sistema de Direcciones.
- 6.- Registros Depuradores.
- 7.- Registros de Prueba.

Todos los registros anteriores son un "Superconjunto" de los registros manejados anteriormente, por todos los Microprocesadores precedentes de Intel.

La arquitectura base además, incluye seis segmentos que se pueden acceder directamente, cada uno de 4 Gigabytes, los segmentos son seleccionados colocando los valores adecuados en el registro de segmentos del MP80486, varios valores seleccionados pueden ser cargados cuando un programa se está ejecutando si así se desea.

II.8.- JUEGO DE INSTRUCCIONES DEL MP80486.

El juego de instrucciones está dividido en nueve categorías de operación:

- 1.- Transferencia de Datos.
- 2.- Aritmética.
- 3.- Rotación.
- 4.- Manipulación de Cadenas.
- 5.- Manipulación de Bit.
- 6.- Transferencias de Control.
- 7.- Soporte de Lenguajes de Alto Nivel.
- 8.- Soporte de Sistemas Operativos.
- 9.- Control de Procesos.

Todas las instrucciones operan con 0, 1, 2 ó 3 operandos, donde un operando reside en un registro, dentro de la misma instrucción ó en memoria; la mayoría de las operaciones e instrucciones cero toman únicamente un byte, una instrucción de operando generalmente tiene una longitud de 2 bytes, el promedio de la longitud de las instrucciones es de 3,2 bytes.

El uso de dos operandos permite los siguientes tipos de instrucciones comunes:

- 1.- Registro a Registro.
- 2.- Memoria a Registro.
- 3.- Inmediato a Registro.
- 4.- Registro a Memoria.
- 5.- Inmediato a Memoria.

Los operandos pueden ser de 8, 16 ó 32 bits de largo, como regla general, cuando se ejecuta un código de escritura (código de 32 bits), los operandos son de 8 ó 32 bits.

A continuación se presenta el juego completo de instrucciones del MP80486 en función de los siguientes parámetros y funciones:

1.- Transferencia de Datos.

- a). De Propósito General.
- b). De Conversión.
- c). De Entrada/Salida.
- d). De Direccionamiento.
- e). De Manipulación de Banderas ó Interrupciones.

2.- De Instrucciones Aritméticas.

- a). De Operación Suma.
- b). De Operación resta.
- c). De Operación Multiplicación.
- d). De Operación División.

3.- De Instrucciones de Comparación.

4.- De operaciones Lógicas.

- a). De Operaciones Lógicas.
- b). De Cambio.
- c). De Rotación.

5.- Instrucciones de Manipulación de Bits.

- a). Instrucciones de Bit Simple.
- b). Instrucciones de Comparación de Bit.

6.- Instrucciones de Control de Programa.

- a). Transferencias Condicionales.
- b). Transferencias no-Condicionales.
- c). Control de Iteraciones.
- d). Interrupciones.

7.- *Instrucciones de Lenguajes de Alto Nivel.*

8.- *Instrucciones de Modo de Protección.*

9.- *Instrucciones de Control del Microprocesador.*

También a continuación, se presenta el "*Juego (SET) de Instrucciones del Coprocesador Matemático 80487*"; el cual le confiere al Microprocesador, la ventaja de encargarse de las operaciones matemáticas, lo cual permite que el tiempo de ejecución global sea menor. Trayendo una eficiencia superior en su desempeño; pero se debe de tener presente, que existen versiones del MP80486 que ya vienen con el coprocesador matemático incluido en el mismo encapsulado del MP80486, este modelo del 486 es el MP80486DX. Más lo anterior no quiere decir que el 80487 no tenga su propio juego de instrucciones, por lo que se mostrar después de analizar el del propio MP80486.

Table 2-2a. Data Transfer	
GENERAL PURPOSE	
MOV	Move operand
PUSH	Push operand onto stack
POP	Pop operand off stack
PUSHA	Push all registers on stack
POPA	Pop all registers off stack
XCHG	Exchange Operand, Register
XLAT	Translate
CONVERSION	
MOVB	Move byte or Word, Dword, with zero extension
MOVSB	Move byte or Word, Dword, sign extended
CBW	Convert byte to Word, or Word to Dword
CWD	Convert Word to DWORD
CQWB	Convert Word to DWORD extended
CQDQ	Convert DWORD to QWORD
INPUT/OUTPUT	
IN	Input operand from I/O space
OUT	Output operand to I/O space
ADDRESS OBJECT	
LEA	Load effective address
LDS	Load pointer into D segment register
LES	Load pointer into E segment register
LFS	Load pointer into F segment register
LGS	Load pointer into G segment register
LSS	Load pointer into S (Stack) segment register
FLAG MANIPULATION	
LAHF	Load A register from Flags
SAHF	Store A register in Flags
PUSHF	Push flags onto stack
POPF	Pop flags off stack
PUSHFD	Push EFlags onto stack
POPFD	Pop EFlags off stack
CLC	Clear Carry Flag
CLD	Clear Direction Flag
CMC	Complement Carry Flag
STC	Set Carry Flag
STD	Set Direction Flag

Table 2-2b. Arithmetic Instructions	
ADDITION	
ADD	Add operands
ADC	Add with carry
INC	Increment operand by 1
AAA	ASCII adjust for addition
DAA	Decimal adjust for addition
SUBTRACTION	
SUB	Subtract operands
SBB	Subtract with borrow
DEC	Decrement operand by 1
NEG	Negate operand
CMPS	Compare operands
DAS	Decimal adjust for subtraction
AAS	ASCII adjust for subtraction
MULTIPLICATION	
MUL	Multiply Double/Single Precision
IMUL	Integer multiply
AAM	ASCII adjust after multiply
DIVISION	
DIV	Divide unsigned
IDIV	Integer Divide
AAD	ASCII adjust before division

Table 2-2c. String Instructions	
MOVS	Move byte or Word, Dword string
INS	Input string from I/O space
OUTS	Output string to I/O space
CMPS	Compare byte or Word, Dword string
SCAS	Scan Byte or Word, Dword string
LODS	Load byte or Word, Dword string
STOS	Store byte or Word, Dword string
REP	Repeat
REPE/REPZ	Repeat while equal/zero
REPNE/REPNZ	Repeat while not equal/not zero

Table 2-2d. Logical Instructions	
LOGICALS	
NOT	"NOT" operands
AND	"AND" operands
OR	"Inclusive OR" operands
XOR	"Exclusive OR" operands
TEST	"Test" operands

Fig. II.11.- Juego de Instrucciones del MP80486.

Table 2-2d. Logical Instructions (Continued)

SHIFTS	
SHL/SHR	Shift logical left or right
SAL/SAR	Shift arithmetic left or right
BHLD/ SH-RD	Double shift left or right
ROTATES	
ROL/ROR	Rotate left/right
RCL/RCR	Rotate through carry left/right

Table 2-2e. Bit Manipulation Instructions

SINGLE BIT INSTRUCTIONS	
BT	Bit Test
BTS	Bit Test and Set
BTR	Bit Test and Reset
BTC	Bit Test and Complement
BSF	Bit Scan Forward
BSR	Bit Scan Reverse
BIT STRING INSTRUCTIONS	
IBTS	Insert Bit String
XIBTS	Extract Bit String

Table 2-2f. Program Control Instructions

CONDITIONAL TRANSFERS	
SETCC	Set byte equal to condition code
JA/JNBE	Jump if above/not below nor equal
JAE/JNB	Jump if above or equal/not below
JB/JNAE	Jump if below/not above nor equal
JBE/JNA	Jump if below or equal/not above
JC	Jump if carry
JE/JZ	Jump if equal/zero
JG/JNLE	Jump if greater/not less nor equal
JGE/JNL	Jump if greater or equal/not less
JL/JNGE	Jump if less/not greater nor equal
JLE/JNG	Jump if less or equal/not greater
JNC	Jump if not carry
JNE/JNZ	Jump if not equal/not zero
JNO	Jump if not overflow
JNP/JPO	Jump if not parity/parity odd
JNS	Jump if not sign
JO	Jump if overflow
JP/JPE	Jump if parity/parity even
JR	Jump if Sign

Table 2-2g. Program Control Instructions (Continued)

UNCONDITIONAL TRANSFERS	
CALL	Call procedure/leaf
RET	Return from procedure
JMP	Jump
ITERATION CONTROLS	
LOOP	Loop
LOOPE/ LOOPZ	Loop if equal/zero
LOOPNE/ LOOPNZ	Loop if not equal/not zero
JCQZ	JUMP if register CX = 0
INTERRUPTS	
INT	Interrupt
INTO	Interrupt if overflow
INRET	Return from Interrupt/Task
CLI	Clear Interrupt Enable
STI	Set Interrupt Enable

Table 2-2h. High Level Language Instructions

BOUND	Check Array Bounds
ENTER	Setup Parameter Block for Entering Procedure
LEAVE	Leave Procedure
Table 2-2i. Protected Mode	
SGDT	Store Global Descriptor Table
SDT	Store Interrupt Descriptor Table
STR	Store Task Register
SLDT	Store Local Descriptor Table
LGDT	Load Global Descriptor Table
LIDT	Load Interrupt Descriptor Table
LTR	Load Task Register
LLDT	Load Local Descriptor Table
ARPL	Adjust Requested Privilege Level
LAR	Load Access Rights
LSL	Load Segment Limit
VERR/ VERW	Verify Segment for Reading or Writing
LMSW	Load Machine Status Word (lower 18 bits of CR0)
SMSW	Store Machine Status Word

Table 2-2j. Processor Control Instructions

HLT	Halt
WAIT	Wait until BUSY = negated
ESC	Escape
LOCK	Lock Bus

Fig. II.12.- Juego de Instrucciones del MP80486 (Continuación).

Instruction	Encoding			Clock Count Range			
	Byte 0	Byte 1	Optional Bytes 2-5	00-03 Clock	04-07 Integer	08-09 Clock	10-11 Integer
CONSTANTS (Constant)							
PLBLD - Load (reg) into ST(0)	ESC 001	1110 1010			00		
PLBLD - Load by (R) into ST(0)	ESC 001	1110 1100			01		
PLBLD - Load (reg) into ST(0)	ESC 001	1110 1101			01		
ARITHMETIC							
PADD - Add							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 000 R/R	00/DSP	04-02	07-72	00-07	71-00
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	1100 0100			03-07	00-07	
PSUB - Subtract							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 100 R/R	00/DSP	04-02	07-02	00-00	71-00
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	1110 R/R			00-00		
PMUL - Multiply							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 001 R/R	00/DSP	07-00	01-02	00-07	70-07
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	1100 1 R/R			00-07		
PDIV - Divide							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 11 R/R	00/DSP	00	100-127	04	100-100
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	1111 R/R			00		
PSQRT - Square root							
ST(0)	ESC 001	1111 1010			120-100		
PCALB - Scale ST(0) by ST(1)							
ST(0)	ESC 001	1111 1101			07-00		
PRRND - Partial remainder							
ST(0)	ESC 001	1111 1000			70-100		
PROPR - Round ST(0) to integer							
ST(0)	ESC 001	1111 1100			00-00		
PEXTR - Extract components of ST(0)							
ST(0)	ESC 001	1111 0100			70-70		
PABS - Absolute value of ST(0)							
ST(0)	ESC 001	1110 0001			02		
PCOM - Change sign of ST(0)							
ST(0)	ESC 001	1110 0000			04-70		

NOTES:

- 0: Add 3 clocks to the range when d = 1.
- 1: Add 1 clock to each range when R = 1.
- 2: Add 3 clocks to the range when d = 0.
- 3: typical = 52 (When d = 0, 00-04, typical = 00).
- 4: Add 1 clock to the range when R = 1.
- 5: 120-141 when R = 1.
- 6: Add 3 clocks to the range when d = 1.
- 7: 0 ≤ ST(0) ≤ +∞

Fig. II.14.- Juego de Instrucciones del Coprocesador 80487 (Continuación).

Instruction	Encoding			Clock Count Range
	Byte 0	Byte 1	Optional Bytes 2-5	
TRANSCEMPTAL				
PODOP = Control of ST0	ESC 001	1111 1111		181-207
PPTAMP = Partial target of ST0	ESC 001	1111 0010		214-227
PPTAMP = Partial extension	ESC 001	1111 0011		188-214
POOP = Size of ST0	ESC 001	1111 1110		184-200
POOOP = Size of partial ST0	ESC 001	1111 0011		011-070
POOP = ST0 - 1	ESC 001	1111 0000		180-200
PLAMP = ST0 * log2(ST0)	ESC 001	1111 0001		007-047
PLAMP = ST0 * log2(ST0) + 1/2	ESC 001	1111 1001		
PROCESSOR CONTROL				
PMY = enable MPE	ESC 011	1110 0011		00
PSTW AX = Store status word	ESC 111	1110 0000		10
PLCWC = Load control word	ESC 001	MOD 101 R/W	SB/DSP	10
PSTWC = Store control word	ESC 101	MOD 111 R/W	SB/DSP	10
PSTWC = Store control word	ESC 101	MOD 111 R/W	SB/DSP	10
PLCWC = Clear exception	ESC 011	1110 0010		10
PSTWC = Store environment	ESC 001	MOD 110 R/W	SB/DSP	100-100
PSTWC = Load environment	ESC 001	MOD 100 R/W	SB/DSP	91
PMVE = Save state	ESC 101	MOD 110 R/W	SB/DSP	070-070
PMSTC = Restore state	ESC 101	MOD 100 R/W	SB/DSP	000
PMSTC = Restore state pointer	ESC 001	1111 0111		01
PMSTC = Restore state pointer	ESC 001	1111 0110		02
PMVE = Free ST0	ESC 101	1100 0110		10
PMCP = No operations	ESC 001	1101 0000		13

NOTES:
 1. These strings hold for operands in the range $|x| < \pi/4$. For operands not in this range, up to 70 additional blocks may be needed to reduce the operand.
 a. $0 \leq |ST(0)| < \pi/2$
 l. $-0.8 \leq ST(0) \leq 0.8$
 m. $0 \leq ST(0) < \pi$, $-\pi \leq ST(1) < +\pi$
 n. $0 \leq |ST(0)| < (2 - \sqrt{2})\pi/2$, $-\pi \leq ST(1) < +\pi$.

Fig. II.15.- Juego de Instrucciones del Coprocesador 80487 (Continuación).

Polywell Poly 486/33VF	OSI Corp Olivetti 486/33	Tandy Corp. Tandy 4823	Tangente Tangente 4831	Ti.Su. T4-WN 486D/33 E.P.S.A	Uniq Tech UT 486D/33	Wyse Technology Desktop 486AJ
486DX/33 486DX/286	486DX/33	486DX/33; 486DX/286	486DX/33; 486DX/286	486DX/33 486DX-66	486DX/33 486DX/286	486SX/18, 20 y 25 486 DX/20, 25 y 33 486DX/250 y 86
.
Webtek 4187 OPTI AM	Webtek 4187 Contas AM	Ninguna VLSI/Impact Phoenix	Webtek 4187 SIS AM	Webtek 4187 Intel AM	Webtek 4187 OPTI AM	Webtek 4187 OPTI AM
4	8	4	4	8	4	4
32	32	64	64	64	32	64
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
84	84	84	128	256	64	256
256	256	256	256	256	256	256
1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"
120	80	Varitas	100	284	80	120
Master XT/120A	Varitas	Varitas	MP Inc/2233	Master LX/2135	Conner CP/208E	Que., Mast. y Seag. IDE
IDE (SCSI op.)	IDE	IDE	IDE	SCSI	IDE	IDE
8	8	8	8	8	4	8
130 Mb a 2.5 Gb	40 Mb a 4 Gb	40 Mb a 400 Mb	100 Mb a 510 Mb	210 Mb a 1.2 Gb	80 Mb a 1.2 Gb	120 Mb y 200 Mb
Viewsonic 4e C	CTX 540BA C	Tandy VGM 441 C	Reflex C	MAG MX 14H C	Axon C	Wyse WY-870 C
1024x768	1024x768	1024x768	1024x768 (en Invertida)	1280x1024	1024x768	1024x768
.
8	8	7	8	2	8	8
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Tarjetas de memoria para 32 bits	Ninguna	Ninguna	Ninguna
2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1
SVGA/1024x768	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768 bus local integrado
1	1	0.5	1	1	1	0.5
Trend	STB	Western Digital	Diamond	Diamond SpeedStar Plus HiColor	ATI	WyseHyper 18
.
8	8	MP	8	8	8	MP
.
250	200	300	300	220	220	200
.
.
.
.
.
.
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	URL, Unidades Barridos Vistas
.
.	.	.	OS/2 (op.)	AutoCAD subrotal	Ninguna	Ninguna
.
Ninguna	Ninguna	Ninguna
30 días o devol. de dinero, 1 año de servicio, 2 en partes y 5 en mano de o	1 año en partes y mano de obra, 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra, 1 año de servicio	2 años en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio
.
1,880 de 3,475 de 8 Mb RAM 240 Mb SCSI en disco duro, controlador de cache, 250 Mb en cinta de disco	2,128 de 2,940 de 340 Mb en disco duro, monitor a color SVGA	3,239 de 4,958 de monitor a color SVGA, 240 Mb en disco duro, expandible a 8 Mb RAM	2,595 de 2,945 de 4 Mb RAM, 128 Kb de cache en RAM	3,095 de 3,125 de Equipo downgrade, 210 Mb en disco duro, controlador cache, Tagra SVGA	1,989 de 2,409 de 4 Mb RAM 200 Mb en disco duro	1,709 de 2,928 de CPU expandible 4 Mb RAM 200 Mb en disco duro, monitor a color SVGA

Fig. II.16.- Estudio Comparativo Entre MP80486DX a 33MHz de Diversos Fabricantes.

COMPañIA MODELO	Gateway 2000 486D1/33	Insight Distribution Insight 486-33 Cache	Ledstar Computer 486 LB Data Master	Nac Tecnología Northgate 486/33	Northgate Computer Elgarce ZXP	Parland Bel PB 486D1/33
CHIPS						
Procesadores importados (velocidad del chip)	486DX/33	486DX/33 486DX/266	486SX/20 y 25, 486DX/25, 33 y 50, 486DX/50 y 66	486DX/33 486DX/250 y 66	486SX/25, 486DX/25 y 33, 486DX/2 y 66	486DX/33, 486DX/266
Uso de cache	*	*	*	*	*	*
Posibilidad de actualizar el CPU	*	*	*	*	*	*
Soporte a procesador externo	Welsak 4167	Welsak 4167	Welsak 4167	Ninguno	(ZIF socket) Welsak 4167	Ninguno
Marca de los chips en la tarjeta madre	Intel	OP1	UAC	OP1	OP1	Intel
Marca del BIOS	Phoenix	AMI	AMI	Phoenix	Northgate	Phoenix
MEMORIA						
RAM estándar (Mb)	4	4	4	4	4	4
RAM máximo (Mb)	32	32	32	36	32	20
Número de bancos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Cache estándar (Kb)	Ninguno	64	64	Ninguno	64	Ninguno
Cache máximo (Kb)	Ninguno	256	256	Ninguno	256	Ninguno
SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO						
Configuración estándar de disco flexible	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"	1.2 Mb 5 1/4" 1.44 Mb 3 1/2"
Dosete y sus tipos						
CONFIGURACIÓN DEL DISCO DURO						
Capacidad estándar (Mb)	300	813	130	120	240	130
Marca y modelo	Western Digital IDE (SCSI op.)	Western Digital IDE	Maxtor XT7120A IDE (SCSI op.)	Quantum Pocket IDE	Seagate IDE	Seagate ST114AA IDE
Incluye controlador de cache	*	*	*	*	*	*
Número de cabezales internos y externos	8	8	8	4	5	4
Rango de la capacidad de disco duro disponible	80 Mb a 1.2 Gb	40 Mb a 4 Gb	48 Mb a 1.2 Gb	120 Mb y 240 Mb	40 Mb a 5 Gb	130 Mb a 400 Mb
BIOS						
Marca	Crytalhan C	Viewsonic e TVM	BitFlow 2000 C	Ninguno	Panasonic C	Packard Bell C
Color (C) Monocromático (M)	1024x768	1024x768	1024x768	Ninguno	1024x768	1024x768
Resolución máxima	1024x768	1024x768	1024x768	Ninguno	1024x768	1024x768
Posibilidad de voltaje dual (115/200V-220/50Hz)	*	No, Viewsonic, SI, TVM	*	*	*	*
RAMURAS DE EXPANSIÓN						
Número de ranuras ISA	8	8	6	4	7	4
Número de ranuras EISA	Ninguno	Ninguno	Dos ranuras de bus de 32 bits	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ranuras propietarias	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
INTERFASES ESTÁNDAR						
Número de puertos seriales	2	2	2	1	2	1
Número de puertos paralelos para impresora	1	1	1	1	1	1
Resolución del adaptador de vídeo	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768
VRAM estándar (Mb)						
Marca del adaptador de vídeo	ATI Graphics Ultra	Diamond Speedstar	Leadstar local bus VGA	Tsang Labs ET-4000	STB Edge	Oak Tech, OTI-077
Módem incluido						
Módem serial (S) Puerto de Mouse (MP)	*	*	*	MP	S	S
Puerto para juegos incluidos	*	*	*	*	*	*
SUMINISTRO DE ENERGÍA						
Watts	300	250	220	110	220	150
Voltaje dual (115/200V-220/50Hz)	*	*	*	*	*	*
COMPATIBILIDAD						
MS-DOS 5.0	*	*	*	*	*	*
Windows 3.1	*	*	*	*	*	*
OS/2	*	*	*	*	*	*
NetWare 386	*	*	*	*	*	*
Novell certificado	*	*	*	*	*	*
SCSI Unit	*	*	*	*	*	*
MPX	*	*	*	*	*	*
Linea Interactivo	*	*	*	*	*	*
Otros sistemas operativos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	DR DOS 6.0	Ninguno
SOFTWARE INCLUIDO						
MS-DOS 5.0	*	*	*	*	*	*
Windows 3.1	*	*	*	*	*	*
Otros	Una de 7 aplicaciones a escoger	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Diagnostic Utilities	Utilities, Subroutines, Lotus Wise, Lotus 1-2-3 for Windows
GARANTÍA						
Soporte técnico						
LISTA DE PRECIOS						
Configuración estándar	2,395 ds	1,990 ds	1,970 ds	2,099 ds	1,999	precio de CE M
La unidad revisada en este artículo	2,662 ds	3,099 ds	2,599 ds	2,099 ds	2,919	Aprox. 2,200 ds
Opciones para la unidad revisada	4 Mb RAM	4 Mb RAM monitor a color SVGA, 213 Mb en disco duro, controlador de cache en disco duro	256 Kb cache, 4 Mb RAM, 210 Mb en disco duro, monitor a color SVGA, teclado prog. amable, 2 Mb de cache en RAM	4 Mb RAM	4 Mb RAM 240 Mb en disco duro, monitor a color SVGA teclado Omnibury	4 Mb RAM

Fig. II.17.- Estudio Comparativo de MP80486 DX a 33MHz de Diversos Fabricantes (Continuación).

COMPUTADORAS DE ESCRITORIO 486DX A 33-MHZ

Revise con cuidado los modelos para poder ser un elemento más de reemplazo (* = sí, ° = no)

Computador CompuAdd 486	Computador Primus 486-33	Daily DCAM/33C	Dell Dell 486DX33	DPL Inc. Diamond Series	Duracore DeLuxe	Eventos Tiempo M
486DX/33, 486DX/256	486DX/33, 486DX/256	486DX/33	486DX/33, 486DX/256	486DX/33, 486DX/256, 486DX/250 ó 86	486SX/20 ó 25, 486DX/33 ó 50,	486DX/33, 486DX/250 ó 86
*	*	*	*	*	*	*
Webat 4187 OPTI Phoenix	Webat 4187 Contaq AM	Webat 4187 OPTI AM	Ninguno VLSI Phoenix	Webat 4187 LMAC AM	Webat 4187 LMAC AM	Webat 4187 E056/07 AM
4	4	4	4	4	4	4
64	32	64	64	Ninguno	64	Ninguno
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	2:1	Ninguno	1:2
128	256	64	512	2:1	128	256
1.2 Mb ó 1.44 Mb ó 3.12 Mb	1.2 Mb ó 1.44 Mb ó 3.12 Mb	1.2 Mb ó 1.44 Mb ó 3.12 Mb	1.2 Mb ó 1.44 Mb ó 3.12 Mb	1.2 Mb ó 1.44 Mb ó 3.12 Mb	1.2 Mb ó 1.44 Mb ó 3.12 Mb	1.44 Mb ó 3.12 Mb ó 5.14 Mb
200	212	212	84	210	Varia	Varia
Western Digital EIDE	Varia EIDE	Conner CP 3200F SCSI	Quantum LPS 84AT EIDE	Western Digital EIDE	Varia Master IDE (SCSI op)	Varia EIDE
8	8	8	8	8	8	8
40 Mb ó 80 Mb	40 Mb ó 212 Mb	200 Mb	120 Mb ó 500 Mb	Varia	80 Mb ó 545 Mb	80 Mb ó 245 Mb
Computador C	Primus C	NEC 486 C	Dell M	ADI C	Duracore C	Eventos LMC500 C
1024x768	1024x768	1024x768	800x600	1024x768	1024x768 (sin interfaz)	1024x768
*	*	*	*	*	*	*
8	8	8	8	7	8	7
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Uno para 32 bits	Uno para 32 bits	Uno para CPU
			Tabla de memoria	Tabla de memoria		
2	2	2	2	2	2	2
1	1	1	1	1	1	1
SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768 bus local integrado	SVGA/1024x768 bus local integrado	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024
Computador	Paralelo	ATI 8514 Libre	Western Digital	Tseng L ET-4000	Tseng L ET-4000	Integrated Tseng
8	8	8	MP	S	S	S
*	*	*	*	*	*	*
200	220	220	225	200	200	200
*	*	*	*	*	*	*
Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Banyan Varia	Ninguno
*	*	*	*	*	*	*
Utilizables	Ninguno	Ninguno	Utilizables	Ninguno	Ninguno	Ninguno
1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio op	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra
*	*	*	*	*	*	*
2,335 de 2,875 de 4 Mb RAM, 200 Mb en disco duro, reposo para mouse	1,699 de 1,999 de Ninguno	1,799 de 3,475 de 4 Mb RAM, Tarjeta grabadora ATI, monitor NEC 485, disco duro de 200 Mb en disco duro, conector SCSI	2,199 de 3,019 de 4 Mb RAM, 220 Mb en disco duro, monitor a color SVGA, dos para 1.44 Mb	2,495 de 3,659 de 4 Mb RAM, 210 Mb en disco duro, monitor a color SVGA	1,299 de 2,495 de 4 Mb RAM, clave para 1.44 Mb, cache 256 Kb, MS DOS 5.0, mouse, monitor a color SVGA, 200 Mb en disco duro, 1 Mb VRAM	1,899 de 2,499 de 4 Mb RAM, 200 Mb en disco duro, monitor a color SVGA

Fig. II.18.- Estudio Comparativo del MP80486 DX a 33 MHz de Diversos Fabricantes (Continuación).

COMPUTADORAS DE ESCRITORIO 486DX A 33-MHz

Considere la actualización después de chequear el soporte en los proveedores, el número de ranuras de expansión y el máximo en RAM

COMPANIA MODELO	Logic Research, Inc. Ryer 3X CT Model 34000W	Atlan Atlan-DK33 : 132MHz	Asht Asht Cache 486A-33	BI Lkh DI 403	Comex Comex : 4860X/33	Compaq Desktop/331 Model 216
CPUS						
Procesadores soportados (retocados del chip)	486SX/25, 486DX/33 y 50, 486DX/66	486DX/33, 486DX/50, 486DX/66	486DX/33, 486DX/50, 486DX/66	486DX/33, 486DX/50	486DX/33	386DX/33, 486SX/25, 486DX/33
Uso de cache						
Posibilidad de actualizar el CPU	•	•	•	•	•	•
Soporte a coprocesador externo	•	•	•	•	•	•
México de los chips en la tarjeta madre	Webb 4187 ALJ	Webb 4187 LBC	Webb 4187 Comex ASR	Webb 4187 LBC AM	Webb 4187 Microcom Phoenix	Ninguno Intel Compaq
México del BIOS	Phoenix	AM	Phoenix	AM	Phoenix	Compaq
MEMORIA						
RAM estándar (Mb)	8	4	4	4	4	4
RAM máxima (Mb)	84	32	32	32	84	32
Número de módulos	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Cache estándar (Kb)	0	64	64	64	256	64
Cache máxima (Kb)	256	256	256	256	256	64
SYSTEMAS DE ALMACENAMIENTO						
Configuración estándar de disco flexible	1.44-Mb 3 1/2"	1.44-Mb 3 1/2"	1.44-Mb 3 1/2"	1.44-Mb 3 1/2"	1.44-Mb 3 1/2"	1.44-Mb 3 1/2"
Otros y más tipos						
CONFIGURACIÓN DEL DISCO DURO						
Capacidad estándar (Mb)	Variable	213	130	120	120	210
Modelo y modelo	Variable	Master XT7213AT IDE o SCSI	Master 7130AT IDE (SCSI OPT.)	Comex CP301 (4H) IDE (SCSI opt)	Lenovo 330 Mb SCSI	Compaq 210 IDE
Incluye controlador de cache	•	•	•	•	•	•
Número de cabezales y platos	12	6	80 Mb x 10h	120Mb x 530Mb	120Mb x 330Mb	80Mb x 210Mb
Rango de la capacidad de disco duro disponible	120Mb a 1236Mb	213 Mb a 2.0b	80 Mb x 10h	120Mb x 530Mb	120Mb x 330Mb	80Mb x 210Mb
MONITOR						
México	ALJ	CTX 84898	Master 84	TVM 4A	Almazing C	Compaq C
Color (C Monocromático M)	C	C	C	C	C	C
Resolución máxima	1024x768	1024x768 (sin interlase)	1024x768	1024x768 (sin interlase)	1024x768	1024x768
Posibilidad de voltaje dual (115/230Vz)	•	•	•	•	•	•
RANURAS DE EXPANSIÓN						
Número de ranuras ISA	10	8	8	8	8	3
Número de ranuras EISA	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Ranuras propietarias	Dos de 32 bits ranura de bus	Uno de 32 bits ranura de bus	Uno de 32 bits ranura de bus	Uno de 32 bits ranura de bus	Ninguno	Ninguno
INTERFASES ESTÁNDAR						
Número de puertos seriales	2	2	2	2	2	1
Número de puertos paralelos para impresora	1	1	1	1	1	1
Resolución del adaptador de vídeo	SVGA/1024x768	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1280x1024	SVGA/1024x768	SVGA/1024x768
VRAM estándar (Mb)	1	1	1	1	1	0.8
México del adaptador de vídeo	Western Digital	Orchid Fahrenheit	Diamond Stealth	ALJ	Trend	Orchid 10241
México incluido	•	•	•	•	•	•
México serial (S) Puerto de México (MP)	MP	•	•	•	•	MP
Puerto para joystick incluido	•	•	•	•	•	•
SUMINISTRO DE ENERGÍA						
Watts	300	320	350	300	250	146
Voltaje dual (115/230Vz 230Vz)	•	•	•	•	•	•
COMPATIBILIDAD						
MS-DOS 5.0	•	•	•	•	•	•
Windows 3.1	•	•	•	•	•	•
OS/2	•	•	•	•	•	•
NetWare 386	•	•	•	•	•	•
Novell NetWare	•	•	•	•	•	•
SCSI Unit	•	•	•	•	•	•
MPX	•	•	•	•	•	•
Unit Interactiva	•	•	•	•	•	•
Otros sistemas operativos	Microsoft Unix	Ninguno	AT&T Unix, Xenix, pC/MOS	Ninguno	DOS concurrente	Ninguno
SOFTWARE INCLUIDO						
MS-DOS 5.0	•	•	•	•	•	•
Windows 3.1	•	•	•	•	•	•
Otros	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Utilitas
GARANTÍA						
	1 año en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra	30 días o devolución de dinero, 13 meses en partes y mano de obra	1 año en partes y mano de obra	2 años en partes y mano de obra 1 año de servicio	1 año en partes y mano de obra 1 año de servicio
Soporte técnico						
LISTA DE PRECIOS						
Configuración estándar	3,185 dls	2,850 dls	2,080 dls	1,685 dls	3,395 dls	2,549 dls
La unidad revisada en este artículo	3,185 dls	2,850 dls	2,848 dls	2,856 dls	4,595 dls	3,567 dls
Opciones para la unidad revisada	312 Kb VRAM, controlador de cache IDE	Ninguno	Controlador de cache, monitor SVGA Diamond Stealth, expansión a 8 Mb en RAM, 256-Kb de cache	Expansión a 8 Mb en RAM, 210 Mb en disco duro, adaptador SVGA, mouse y Windows 3.1 gabinete tipo torre	4 Mb RAM, 300-Mb en disco duro, controlador de cache SCSI, monitor a color SVGA, 256 kb de cache adaptador SVGA	4 Mb RAM, 210-Mb en disco duro, monitor Compaq

Fig. II.19.- Estudio Comparativo del MP80486 DX a 33 MHz de Diversos Fabricantes. (Continuación).

CAPÍTULO III

SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AUTÓMATAS PROGRAMABLES: FUNDAMENTOS, ARQUITECTURA Y APLICACIONES.

III.1- INTRODUCCIÓN.

El control automático de equipos utilizados en la industria, la escuela y el hogar es particularmente útil para tareas peligrosas, repetitivas, tediosas ó simples. A nivel Industrial se emplean máquinas que cargan, descargan, soldan, cortan ó moldean con el fin de conseguir precisión, seguridad, economía y productividad. La aplicación de computadores integrados a máquinas que realizan tareas como lo hace un ser humano, fue planteado por diversos autores.

Los Autómatas Programables, son computadores integrados en máquinas. Frecuentemente, sustituyen la labor humana en tareas repetitivas específicas. Algunos dispositivos tienen incluso mecanismos antropomorfos; incluyendo algunos que reconoceríamos como brazos mecánicos, muñecas y manos. Un Autómata Programable, se define como un manipulador reprogramable y multifuncional diseñado para mover materiales peligrosos, partes, herramientas ó dispositivos especiales a través de movimientos variables programados para realizar varias tareas. La capacidad de un robot es que sea programable, lo que permite utilizarlo en diversas aplicaciones.

Algunas aplicaciones de los Automatas Programables, cuentan con requisitos para los cuales, el uso de un Ordenador Digital, es el método más apropiado de control total de la célula de trabajo. Al hacer referencia a la utilización de un Servidor dedicado (generalmente un MiniOrdenador ó un MicroOrdenador) en lugar del Ordenador que se utiliza como la unidad de control del Automata Programable (AP). En casos donde el Ordenador es el controlador de la célula de trabajo, se debería utilizar ó en serie con un Automata Programable ó como un sustituto de éste. El Ordenador podría efectuar diversas actividades en la Planta Industrial y así se prepararía para controlar a la célula del Automata Programable en un modo de operación denominado de tiempo compartido. De igual forma, el Ordenador probablemente formaría parte como un componente de una Red de Ordenadores jerárquicas en la fábrica, conectadas en su parte final a los Automatas Programables, y/o controladores de Automatas Programables en la célula, y conectadas hacia arriba al siguiente nivel jerárquico en la Planta Industrial.

Los Automatas Programables son dispositivos especializados que se diseñan para comunicarse con el Control de Procesos Industriales. Se proporcionan con puertos de Entrada/Salida que pueden ser cableados directamente a los elementos que constituyen la Planta Industrial. Esto es una ventaja sobre el Ordenador Digital, ya que se deben realizar disposiciones especiales para comunicar el Ordenador a los equipos del área industrial en la célula.

Sin embargo, el Automata Programable (AP), tiene ciertas limitaciones en el procesamiento y manejo de datos y lenguaje de programación que dan al Ordenador una ventaja de aplicaciones que necesitan estas capacidades. Algunos ejemplos de los tipos de características de aplicaciones de un Automata Programable, que podrían tender a favorecer el uso de Ordenadores para el control de célula de trabajo incluirían las siguientes:

1.- Casos en los que existe alguna célula cuyas operaciones se deben controlar y que significan cantidades de datos que deben comunicarse entre ellos.

2.- Células en las cuales el problema de detección y recuperación de error es una parte importante en la codificación que se debe programar para la operación de la célula de trabajo.

3.- Cuando algunos productos diferentes se hacen sobre la misma línea de producción automatizada, las operaciones en las diferentes estaciones se tienen que controlar y secuenciar adecuadamente. Los computadores estarían bien adecuados a las funciones de procesamiento de datos que se requieren en este tipo de aplicación. En casos donde las líneas de producción son utilizadas para operaciones de ensamblaje, los diversos tamaños y estilos de las piezas componentes, se deben clasificar y adaptar al modelo particular que va a ser ensamblado en cada estación de trabajo respectiva, a lo largo de toda la línea de producción.

4.- Situaciones en las cuales se requiere un alto nivel de planeación de la producción en control de inventarios; en la operación de la célula. Otra vez, este tipo de función de procesamiento de datos podría necesitar la utilización de una computadora además de, ó como un sustituto de un Autómata Programable.

Las diferencias entre los computadores digitales y los Autómatas Programables, son principalmente, diferencia en aplicación, más que diferencia en tecnología y arquitectura básica. El Autómata Programable (AP) puede, de hecho, considerarse como una forma especializada de computador digital con características dedicadas para el control de Entrada/Salida de elementos industriales. Las tecnologías de los dos tipos de control son bastante similares.

III.2.- INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS.

La Inteligencia Artificial es la solución de problemas complejos con el apoyo del computador digital, mediante la aplicación de procesos que son análogos al proceso de razonamiento humano.

Sólo unos pocos acontecimientos que han ocurrido ú ocurrirán en el último cuarto de este siglo tendrán un efecto tan profundo y duradero sobre la vida humana, como lo es la creación de Máquinas Inteligentes. El uso de computadoras y Automatas Programables Inteligentes y autónomos provocará un cambio fundamental en nuestra sociedad. Para entender su importancia es conveniente que se lleguen a entender dos ideas fundamentales. Lo primero es que prácticamente todos los usos y aplicaciones de las computadoras digitales y de la automatización, en general a la industria; están estrechamente relacionados con los principios básicos en que se fundó la Revolución Industrial: Más específicamente, el uso de los computadores y de la Automatización ha reemplazado a aquellos trabajadores que desempeñaban actividades poco cualificadas y repetitivas. El segundo punto a tener en cuenta es que el uso de una Automatización Inteligente, desembocará una segunda Revolución Industrial. No obstante, en esta Revolución, los trabajadores que serán reemplazados por las máquinas pertenecerán a un nivel medio, donde entrarían todos aquellos trabajos que exigen la toma de decisiones analizadas (pero, quizá, ninguna inventiva).

Hasta hace poco, muchos usuarios, han observado el campo de la Inteligencia Artificial (IA); como el lado oscuro de la ciencia informática; creían que, al igual que el Doctor Frankenstein de Mary Shelley, intentaba crear la vida; los programadores de Inteligencia Artificial (IA) trabajaban para crear pensamiento. Los investigadores en Inteligencia Artificial fueron; a veces, paradójicamente considerados como la élite y los "Fanáticos" de la ciencia informática. Cuidadosos de no referenciar a la Inteligencia Artificial (IA), e incluso por su clasificación de programadores empleados, cuando se les forzaba a dar una visión de la viabilidad ó realidad práctica de una máquina inteligente, normalmente solían argumentar que *"aún quedaban muchas investigaciones por hacer"*, y que *"en un futuro próximo habrá importantes descubrimientos, pero por el momento, lo alcanzado no es aún mencionable"*. ¡ La imágen de la Inteligencia Artificial ha cambiado de una vez por todas !

Es difícil proporcionar una fecha real del comienzo de lo que normalmente se denomina Inteligencia Artificial (IA). Los primeros computadores eran en realidad, máquinas que tenían que ser literalmente renovadas en su totalidad, para resolver problemas diferentes. El almacenamiento de programas permitía a la computadora cambiarse rápida y fácilmente con sólo ejecutar un nuevo programa. Esta capacidad implica que una computadora podría ser capaz de cambiar su propia función, es decir, aprender ó pensar!

El campo de la Inteligencia Artificial (IA), requiere de varias áreas de estudio. De ellas se enlistan las más importantes y son:

- 1.- Búsqueda (de soluciones).
- 2.- Sistemas Expertos.
- 3.- Procesamiento en Lenguaje Natural.
- 4.- Reconocimiento de Modelos.
- 5.- Robótica.
- 6.- Aprendizaje de las Máquinas.
- 7.- Lógica.
- 8.- Incertidumbre y "*Lógica Difusa*".

Algunas de las áreas representan aplicaciones finales, tales como los Sistemas Expertos; otras como el procesamiento de el Lenguaje Natural y la Búsqueda de Soluciones, son bloques de la Inteligencia Artificial (IA) que se añaden a otros programas para llevar a cabo su realización.

Cuando se hace referencia a la Inteligencia Artificial (IA), el término búsqueda se refiere a la Búsqueda de Soluciones a un problema. (No implica encontrar una información específica dentro de una base de datos). Los Sistemas Expertos (SE), son el primer producto de la Inteligencia Artificial (IA) viable comercialmente. Un Sistema Experto (SE) tiene dos características especiales y principales. Primero, le permite introducir información sobre un tema en una computadora. A esta información se le suele llamar base de conocimiento. En segundo lugar, le permite interrogar a esta base de conocimiento y luego actúa como si fuese un experto en la materia, que es en definitiva la razón de su nombre.

Para algunos investigadores en Inteligencia Artificial (*IA*), el procesamiento del Lenguaje Natural (conocido como PLN), es uno de los fines principales que la Inteligencia Artificial (*IA*) debe alcanzar porque permite a la computadora la entrada del lenguaje humano de forma directa. El único obstáculo para lograr este objetivo es el tamaño y la complejidad de los lenguajes humanos. Además tenemos el problema de que la computadora sea consciente de la información contextual que pueda aparecer en cualquier situación que no sea de las más simples.

El reconocimiento y relación de modelos, es importante para varias aplicaciones, incluidas la Robótica y el Procesamiento de Imágenes. Por ejemplo, cuando se dá una imagen de TV digitalizada, *¿cómo puede determinar la computadora dónde termina un objeto y empieza otro, ó si un objeto está sobre otro?*

Al igual que el procesamiento del Lenguaje Natural, el reconocimiento y relación de modelos es necesario para que una computadora se interrelacione con el mundo humano.

Aplicado a los Autómatas Programables (*AP*), la Inteligencia Artificial (*IA*) ayuda a que una computadora controle el movimiento usando un razonamiento especial. Para los Autómatas Programables Industriales (*API*), como los que se utilizan en el ensamblaje de automóviles, los problemas para la Inteligencia Artificial (*IA*) aparecen al tratar de suministrarles un movimiento natural ó preciso dentro de un conjunto de posiciones concretas. Los Robots autónomos tienen mayores problemas para desenvolverse en un mundo humano; con sus obstáculos, sucesos inesperados y cambios de ambiente.

Una de las áreas más importantes de la Inteligencia Artificial (IA), es la del aprendizaje mecánico. Esta área trata de hacer que los programas "aprendan" de sus propios errores, en base a la observación y a la autoevaluación. El aprendizaje mecánico significa simplemente hacer que la computadora sea capaz de beneficiarse de su propia experiencia. De los muchos productos de la Inteligencia Artificial (IA) de importancia práctica, están los que pueden usarse para estudiar la corrección lógica de un argumento aplicando unas reglas lógicas generales. En este contexto, la palabra "argumento" se refiere a las distintas afirmaciones conectadas de manera lógica para alcanzar un fin. Esto incluye análisis matemático, lógica formal y lógica silogística ó filosófica. La mayoría de las decisiones que se toman, están basadas en un conocimiento incorrecto.

Por ejemplo; cuando se compra una casa, no se sabe que todas las cañerías funcionen correctamente, etc. La decisión de comprar se basa en la suposición de que hay una cierta probabilidad ó posibilidad de que todo se encuentre en perfectas condiciones.

El que una computadora pueda "pensar" de la misma manera que un ser humano implica el uso de la lógica incierta (es decir, la toma de decisiones basadas en una información incompleta ó probable).

A continuación se enlistan los principios fundamentales en que se basa la IA, y éstos son:

Principio 1.0.- Las técnicas de la Inteligencia Artificial IA intentan en forma explícita, trasladar el proceso de razonamiento hacia el programa.

Principio 1.1.- Un Sistema Experto (SE), se dedica a un problema de un área específica. No se intenta enfocar las capacidades humanas en todas las áreas.

Principio 1.2.- Habitualmente se espera de una persona un desempeño aceptable, pero no se le exige una solución óptima en todos los casos.

Principio 1.3.- Un Sistema Experto *SE* busca una solución satisfactoria, tal que sea lo suficientemente buena para hacer el trabajo, aunque no sea la óptima.

Principio 1.4.- El nivel de exactitud y precisión que exige una solución satisfactoria se dictamina por el dominio del problema.

Uno de los más importantes acontecimientos que ocurrió en la Inteligencia Artificial (*IA*) sucedió en los años sesenta, pero pasó virtualmente desapercibido en los Estados Unidos de América; hasta la década de los ochenta. Este fue la creación del *PROLOG* en 1972, obra de Alain Colmerauer en Marseille, Francia. Al igual que *LISP*; *PROLOG* era un lenguaje diseñado para ayudar a resolver problemas relativos a la Inteligencia Artificial (*IA*); al contrario de *LISP*, poseía un gran número de características especiales, como son una base de datos incorporada y una sintáxis, bastante simple. En esencia, hacia 1980, el *LISP* era el lenguaje de la Inteligencia Artificial (*IA*) elegido en los Estados Unidos de América, mientras que *PROLOG* tenía el mismo estatus en Europa. Sin embargo, en 1981, esta situación cambió tras el anuncio de los japoneses de que usarían *PROLOG* como base de sus Ordenadores de la "*Quinta Generación*", una de las de mayor oferta.

Lo que hace a *PROLOG* importante en la historia de la Inteligencia Artificial (*IA*), es el hecho de que reuniera un conocimiento más profundo del proceso de pensamiento de lo que lo hacía el *LISP*. Por ejemplo, *PROLOG* contiene la posibilidad de una base de datos incorporada y rutinas de retroseguimiento, siendo ambas necesarias en muchas situaciones en resolución de problemas.

Aunque *PROLOG* ha ido ganando popularidad en los Estados Unidos de América desde 1981, aún no está claro si se convertirá en el primer lenguaje de investigación de Inteligencia Artificial (*IA*) en Estados Unidos de América.

Actualmente, el énfasis en el campo de la Inteligencia Artificial (*IA*) pasa de la investigación a la aplicación. Este cambio significa que las técnicas de Inteligencia Artificial (*IA*) desarrolladas en el laboratorio usando un lenguaje de investigación, necesitarán hacerse efectivas usando diversos lenguajes de ámbito general para resolver aplicaciones reales.

III.3.- ¿ PUEDEN LAS COMPUTADORAS PENSAR ?

Antes de que pueda explorar el ámbito de la Inteligencia Artificial (IA) a través de su programación, debe entender lo que significa para una computadora el hecho de pensar. El concepto de una computadora pensante implica que una computadora está ejecutando un programa pensante. Para esta discusión y en vistas a mantenernos compatibles con términos tradicionales, se hablará de programa pensante como un programa inteligente. Sin embargo, hay una gran discusión acerca de si los programas son inteligentes ó no, y consecuentemente, si las computadoras pensantes existen. No es fácil de entablar este debate, ya que todo depende de la forma en que se interprete la definición de "inteligencia". Hay argumentos convincentes (y algunas veces emocionales), que apoyan cada punto de vista. Una pregunta que surge en este debate es cómo un programa inteligente se diferencia de uno "no - inteligente" . Este apartado explora varios de estos argumentos, sin embargo, queda a cada persona decidir su propia concepción.

Determinar lo que se considera como programa inteligente implica conocer el significado de inteligencia. Se define el término "inteligencia", como la capacidad de comprender hechos y proposiciones, sus relaciones y razonamientos. Esta definición nos lleva a una pregunta: *¿Qué significa razonar?* En este contexto, significa "pensar". Hace mucho tiempo se consideraba que la gente no podía explicar "cómo" pensaba, pero podía decir "lo que pensaba". El hecho es que la gente realmente no puede entender cómo piensa. (Si lo hiciera, no sería pues tan difícil hacer que una computadora pensáse).

Si se mantuviera una interpretación estricta de la definición de inteligencia, podría argumentar que "todos" los programas son inteligentes. Considérese lo siguiente: La primera parte de la definición de inteligencia es la capacidad de comprender los hechos, las propuestas y sus relaciones. Las computadoras están increíblemente bien diseñadas para llevar a cabo estos tipos de trabajos. Por ejemplo, una base de datos relacional puede almacenar (comprender) información, aceptar preguntas (proposiciones), y como su nombre implica, representar relaciones.

Ciertamente, algunos tipos de información, tales como las imágenes visuales, son mucho más difícil de comprender para una computadora que cualquier otro, pero la definición de inteligencia no exige que la comprensión se lleve a cabo de una manera determinada (sólo exige que la comprensión tenga lugar). Por tanto, lo que una computadora hace normalmente (unir, almacenar y acceder a la información), satisface la primera exigencia de la inteligencia. Sin embargo, *¿ puede la base de datos "razonar" estos hechos? (¿ qué es la segunda exigencia de la inteligencia?)*. Quizá la respuesta depende de lo que alguien considere como definición correcta de "razonar". Si la manipulación de la información de la base de datos (el acto de buscar, clasificar, procesar las preguntas, archivar, etc.) puede ser llamado "razonamiento", entonces cualquiera puede afirmar que la base de datos es un programa inteligente. Esto implica que la mayoría de los programas de computadoras son inteligentes. Recuerde que precisamente la mayor parte de los programas de computadoras manipulan la información de una manera lógica y razonable. Por tanto, esta forma de razonamiento debe ser clasificada como inteligencia.

Para mucha gente, esta conclusión es difícil de aceptar. Implica que virtualmente todos los programas pertenecen al campo de la Inteligencia Artificial (una implicación que no se ajusta a la verdad). Su intuición y experiencia en ejemplos específicos de programas basados en Inteligencia Artificial (IA), le dice que hay una diferencia. Pero, ¿ cuál es ? Si intenta justificar su incapacidad para aceptar que una base de datos relacional es un programa pensante, se podría decir que no puede serlo porque se cree que lo que el programa de base de datos hace, no es similar al concepto de pensamiento humano. Sin embargo, el lector se encuentra entonces con el hecho de que *"exactamente la misma labor"* realizada por un empleado de archivos, exige obviamente inteligencia por parte de dicho empleado. He aquí la paradoja: Si el programa de base de datos lleva a cabo esta labor, entonces no está pensando; aunque, si una persona realizara esta función se diría que piensa. Este problema surge debido a nuestro propio orgullo. Como ser humano, preferiría pensar que es su cerebro lo que le hace especial, es decir, que el género humano tiene el monopolio del pensamiento cognitivo. Puede quizá, admitir que los mamíferos superiores pueden pensar e incluso razonar, a niveles muy elementales, pero los humanos van más allá. Sin embargo, que una simple máquina pueda pensar, a cualquier nivel, es una idea incómoda. Tanto es así que, cuando algún brillante programador crea un programa inteligente, la tendencia general es decir, *"bueno, no es realmente inteligente"*.

Es sólo que actúa de forma inteligente . No decir esto, sería admitir que se ha perdido el monopolio humano sobre el pensamiento. Hay otra forma de ver el problema. Uno podría decir que un perro bien amaestrado es inteligente si le trae a su dueño el periódico del jardín. Alguien incluso diría, que su hijo de un año es bastante inteligente si puede hacer lo mismo. Aunque en realidad no es tan difícil construir un robot controlado por computadora que fuera capaz de realizar la misma función.

Sin embargo, la mayoría de la gente no se inclinaría a decir que el robot era inteligente por el simple hecho de que pudiera traerles el periódico de la mañana. La razón para este prejuicio estriba en que la mayoría de la gente diría que un robot que trae el periódico es simplemente una máquina que ejecuta un programa creado por un programador, y que el robot no *"piensa"* cuando realiza esta tarea, sino que simplemente la *"hace"*.

El ejemplo del robot y el periódico también suscita un problema diferente que lleva de vuelta al hecho de que las personas no saben cómo piensan. Debido a que el programa para traer el periódico del jardín es fácil de comprender, la tendencia es a decir que el programa no puede ser inteligente *"porque"* se puede entender. A esto es a lo que suele llamarse principio mágico: A nivel emocional, la mayoría de la gente considera que el proceso del pensamiento es algo mágico. Debido a que la gran mayoría no entiende los procesos del pensamiento, incorrectamente se asume que cualquier mecanismo construido y dominado por el hombre no puede ser inteligente, puesto que su inteligencia es, en definitiva, la de aquel que la construyó. Esencialmente, creen que la creación es siempre inferior a su creador.

Además, existe la cuestión fundamental de la libre voluntad. A través de la historia, el pensamiento ha estado siempre relacionado con el concepto de libre voluntad: Sólo un ente con la *"voluntad de pensar"*, puede pensar. Descartes, el famoso filósofo del siglo XVII, proclamó que el pensamiento probaba su propia existencia cuando escribió la famosa afirmación filosófica *"Pienso, luego... existo"*. Lo que hace a este concepto problemático es que, en el ejemplo del robot y el periódico, parece que tanto el niño como el perro eligen traer el periódico (como algo opuesto a hacer cualquier otra cosa); pero debido a que el robot *"está programado"* para hacer esto (verdaderamente, debe traer el periódico, porque es su programa) no puede hacer otra cosa. Sin embargo, *¿ puede una computadora "elegir" alguna vez algo ?*

No hay duda de que esta pregunta será una de las cuestiones fundamentales tanto filosóficas, como legales en el siglo XXI.

Esta pregunta puede rápidamente polarizar a un gran número de programadores. Hay muchos programadores que piensan con firmeza que *"una máquina es una máquina"*. Una computadora no puede tener libre voluntad porque no tiene mente, sólo circuitos. Por tanto, es imposible que una computadora pueda elegir hacer algo y, más específicamente, pensar. Este es un argumento bastante convincente. Sin embargo, otros programadores que sostienen posturas opuestas pueden ser más persuasivos. Imagine que una computadora está controlando el peso de una carga de ladrillos sobre un camión. Cuando el peso de la carga sobre el camión alcanza un cierto punto, la computadora cierra el paso de ladrillos. *¿ Decidió la computadora parar el proceso de carga ?* ; Sí ! La computadora controlaba de forma clara la situación y *"decidió"* parar cuando el peso alcanzó un nivel específico. Si la computadora no hizo la elección, entonces *¿ quién la hizo ?* Los defensores de este argumento afirman que la capacidad de la computadora para llevar a cabo una labor condicionada demuestra su habilidad para tomar decisiones.

¿ Es una computadora capaz de pensar ? Como han demostrado los ejemplos que se acaban de analizar, hay opiniones fuertemente contrastadas. Lo más convincente es decir que el debate aún continúa. Sin embargo, es posible que el lector ya se haya formado su propia opinión. En este momento, mucha gente está convencida de que es imposible determinar si una computadora puede ó no pensar, y si un programa puede ser inteligente. Pero ciertos casos muestran claramente que alguien puede hacer que una computadora siga un comportamiento similar al de una persona. La clave es que algunos programas *"parecen"* claramente inteligentes (y, en verdad, son la base de la Inteligencia Artificial, (IA)). Las dificultades mostradas en el párrafo anterior, están en realidad, relacionadas con el error en la apreciación del concepto *"inteligencia"*.

Lo que las definiciones del diccionario olvidan, es el hecho de que el término "inteligencia" implica inteligencia humana. Esta asociación implícita hace difícil admitir la posibilidad de que una máquina puedan pensar ó que un programa de computadora pueda ser inteligente por el hecho de que la mayoría de los programas no realizan la misma labor, igual que lo hace una persona.

Por otra parte, cuando esta implicación desaparece, es fácil decir que los programas inteligentes no existen. Si se entiende esta diferencia, la definición de un programa inteligente aparece instantáneamente. Para que un programa sea inteligente se requiere que "actúe" inteligentemente, esto es, que debería actuar como un ser humano.

Sus procesos de pensamiento no tienen por qué ser siempre iguales a los de cualquier persona. Por tanto, aquí hay una definición de programa inteligente:

" Un programa inteligente es aquel que muestra un comportamiento similar al de un humano que se enfrenta a un mismo problema. No es necesario que el programa resuelva, ó intente resolver, el problema de la misma forma que lo haría un humano".

De hecho, el programa no tiene por qué pensar como un ser humano, aunque parezca pensar como tal. (Después de todo, hay personas que no piensan siempre de la misma manera). Por tanto, se puede concluir diciendo, que un programa inteligente en cierto modo muestra un comportamiento inteligente cuasi-humano, mientras que los programas no inteligentes no lo hacen.

III.4.- LA VIDA Y EL PENSAMIENTO, FORMAS PARTICULARES DE EXISTENCIA DE LA MATERIA.

Si se analiza atentamente la manera en que A. Oparin construye su artículo "La Vida"; se advierte con facilidad que las propiedades esenciales de la vida, consideradas como forma particular de organización de la materia, tal y como son descritas en el artículo, admiten la formulación de que dicha abstracción de la Naturaleza concreta de los procesos físicos (y sobre todo químicos) elementales que constituyen su fundamento:

1.- Ningún organismo vive, ni existe cuando deja de pasar por su interior en forma incesante el torrente de nuevas partículas de sustancias con la energía que le son propias. La sustancia que penetra en el organismo sufre profundas transformaciones y adquiere parecida estructura a la de la sustancia de que se constituía anteriormente el cuerpo vivo. Lo específico de la materia vida es que las transformaciones de esas sustancias están en cierto modo organizadas en el tiempo, se encuentran coordinadas entre ellas en un sistema coherente y, en conjunto, tienden a la autorenovación y a la constante autoconservación de todo organismo vivo.

2.- Un estudio profundo ha llevado a la conclusión de que tal orden no obedece a causas externas, independientes del cuerpo vivo (como afirman los idealistas); por lo contrario, hoy se sabe que la velocidad, la orientación y correlación de los diferentes procesos que se desarrollan en el organismo, ó sea todo lo que constituye el orden en cuestión está enteramente determinado por las relaciones que se crean en el cuerpo vivo, en su unidad con las condiciones del medio exterior.

3.- *La más evidente de las otras propiedades elementales de los cuerpos vivos es la capacidad de autoreproducción que les es peculiar. La autoreproducción de los organismos no se limita a la multiplicación de las estructuras más simples que los forman. Esas estructuras más simples pueden formarse de nuevo en el organismo. La sucesión de los procesos que constituye la base de esta nueva formación no depende de cualquier factor único, sino que refleja a toda organización del cuerpo vivo en su interacción con el medio exterior.*

4.- *La excitabilidad, como forma particular de relación del organismo con las condiciones del medio exterior es inherente a todo lo que vive, incluidos los seres vivientes más primitivos.*

5.- *Junto al crecimiento, la excitabilidad y otras manifestaciones de la vida, la aptitud para multiplicarse es una de las propiedades esenciales de los cuerpos vivos.*

6.- *El perfeccionamiento de la organización material de la vida consiste en la diferenciación cada vez mayor de las partes de los cuerpos vivos y en la individualización de esas partes en grupos ú órganos con funciones diferentes.*

7.- *En la herencia se encuentra fijada la experiencia de la historia de las generaciones anteriores. La herencia y la variación forman parte de esas particularidades de la vida, de importancia decisiva para el desarrollo ulterior del mundo orgánico.*

Esta serie de afirmaciones de A. Oparin pueden servir de sólida base para la definición de la vida, abstracción hecha de la Naturaleza concreta de los procesos físicos elementales, cuya organización específica permite calificar de fenómenos de la vida su desarrollo de sistema coherente. En la experiencia de la historia de las anteriores generaciones, en la excitabilidad, etcétera; la Cibernética (en específico, los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial), reconoce fácilmente las formas biológicas concretas de manifestación de las nociones generales, la acumulación y la conservación de la información, de la realimentación, etcétera.

En realidad, de momento sólo se conoce el mundo de seres vivos que puebla la Tierra, mundo que tiene una historia común en cuanto a su origen y evolución y, por grandiosas que sean sus proporciones, es un fenómeno singular que se desarrolla, y se desarrolla en un lugar concreto y en un lapso determinado. Hace todavía algunos años que, en el fondo parecía bastante inútil la pregunta de saber si la palabra "*Vida*" es nombre peculiar a este nuestro Mundo (unido por historia común) de los seres vivos terrestres, ó si bien designa una noción general que se refiere a ilimitado número de sistemas de seres vivos, aparecidos y desarrollados de forma independiente en condiciones completamente diferentes.

Es importante recalcar que A. Oparin, al articular su trabajo; demostró mucha sabiduría en el curso de su exposición al no llevar hasta sus últimas consecuencias la tesis general de que la vida es la forma particular del movimiento de la materia, que aparece en una etapa determinada de su evolución histórica, representada en nuestro planeta por inmenso número de diferentes sistemas individuales, los organismos. Respecto a la vida que existe efectivamente en la Tierra, A. Oparin tiene absoluta razón al precisar que los últimos conocimientos de la Biología han confirmado brillantemente la tesis de Engels que caracteriza a los cuerpos albuminoides como sostén material de la vida.

El poner de relieve la unidad de bases fisico-químicas comunes a la estructura a la estructura de los seres vivos terrestres y la unidad de la historia del mundo orgánico realmente desarrollado en la Tierra, ha jugado gran papel progresivo en el avance de la Biología. Baste recordar que en una época, aún no muy lejana, era preciso rechazar las primitivas concepciones relativas a la "*Generación Espontánea*" de los seres vivos, a partir de la materia inerte, sin pasar por la historia tan compleja de la evolución orgánica. Por esta razón, y hasta hace poco, las definiciones sobre la vida consistían realmente en la descripción recogida de los principales rasgos de la única forma de vida conocida por los científicos.

Y en lo referente a la noción pensamiento, ocurría lo mismo hasta tiempos recientes. De hecho, sólo se conoce el pensamiento del hombre y el pensamiento elemental concreto de los animales superiores, que es producto de la actividad del cerebro, según I. Pavlov.

Sin embargo, la situación es hoy diferente debido a dos circunstancias muy concretas. La primera es que en el siglo de la astronáutica se abre la posibilidad, de mucha importancia práctica para nosotros; de hallar nuevas formas de movimiento de la materia que posean las propiedades esenciales de los seres vivos ó pensantes. La segunda de estas circunstancias está en la aparición de las probabilidades, ilimitadas en principio, de modelación de los sistemas materiales, de organización tan compleja como se quiera, que ofrecen las calculadoras modernas. Estas dos circunstancias requieren, instantáneamente, que tanto la definición de la vida como la del pensamiento sean desembarazadas de las arbitrarias premisas relativas a la naturaleza concreta de los procesos físicos que forman su base, que la definición sea puramente funcional.

Tal elaboración de conocimientos tan generales sobre la vida y el pensamiento es asunto del futuro, pero los grandes rasgos de los mismos aparecen bastante claramente. Sin embargo, visto desde el ángulo filosófico (muy importante además), más amplio se trata de la descripción objetiva, precisa, de las condiciones existentes en un medio material en desarrollo de acuerdo con determinadas leyes de relaciones entre causas y efectos; sin ningún propósito fijado desde el exterior a tal desarrollo y en el cual aparecen sistemas materiales de los que no es posible comprender el funcionamiento y la evolución sin recurrir a conocimientos de orden totalmente diferente, sin concebir la adecuación interna a un fin, propia de estos sistemas. El materialismo dialéctico aporta la solución de este problema en sus rasgos esenciales. Pero los clásicos del materialismo dialéctico no se han orientado a abordarlo (cosa comprensible hasta hace poco) como conjunto concreto de fenómenos a explicar, sino como el mundo de los seres vivos terrestres: La vida física de los animales superiores, el pensamiento del hombre. (Ahora llegó el momento en que es necesario representarse, ya concretamente, en su generalidad, las vías de aparición de los sistemas materiales que poseen adecuación interna a un fin sin olvidar tampoco las posibilidades que todavía no fueron observadas directamente).

Los mecanismos especiales de conservación y método de información, se producen desde las etapas iniciales del desarrollo de la vida. Al principio, el perfeccionamiento de estos mecanismos se efectúa por la "vía de la búsqueda ciega". Es el caso, al menos, del mecanismo de elaboración de los reflejos condicionados más simples. Pero desde un estadio relativamente poco avanzado de la evolución orgánica, los mecanismos que aseguran el reflejo correcto de la organización del mundo exterior adquieren cierta autonomía, independientemente de que este reflejo sea ó no necesario, en todos sus detalles, desde el momento en cuestión, para la elaboración del comportamiento.

Más tarde aparecen los mecanismos de la modelación interna del curso posible de los fenómenos en el mundo exterior y de las posibles consecuencias de tal ó cual conducta. Estos mecanismos permiten efectuar la síntesis de conjunto de actos de comportamiento complejos y adecuados a su fin, sin pasar por repetidas pruebas. Al desarrollar con perseverancia el punto de vista funcional que considera la vida y el pensamiento como modos de organización del sistema material, se llega naturalmente a conclusiones que pueden ocasionar ciertas confusiones. La realidad es que la modelación del modo de organización de un sistema material no puede consistir en nada que no sea la creación, a partir de otros elementos materiales, de un nuevo sistema que posea, en sus rasgos esenciales, la misma organización que el sistema representado. Por esta razón, un modelo suficientemente completo de ser vivo debe, en buena ley, llamarse ser vivo, y el modo de ser pensante que reúna esas condiciones, denominarse pensante.

Todos conocemos el interés que suscitan las siguientes interrogantes:

¿Son capaces las máquinas de reproducir máquinas semejantes a ellas; y en el proceso de tal auto reproducción puede darse el proceso de evolución progresiva que llegue a la creación de máquinas muchos más perfeccionadas que las máquinas iniciales?

¿ Las máquinas pueden experimentar emociones ?

¿ Es posible que las máquinas quieran algo y se marquen a sí mismas nuevas tareas no previstas para ellas por sus constructores ?

A menudo se intenta justificar la respuesta negativa a estas preguntas con la ayuda de:

- a). La definición restrictiva de la noción "máquina".
- b). La interpretación idealista del concepto "pensamiento", concepto con el que se demuestra fácilmente la ineptitud para pensar, no sólo de las máquinas, sino del propio hombre.

Hay una forma más tradicional y simple de plantear estas preguntas: *¿ Es posible crear seres vivos artificiales, aptos para multiplicarse, para sufrir evolución progresiva, dotados en sus formas superiores de emociones, voluntad y pensamiento, comprendidas incluso las más sutiles variantes de éste ?*

Una definición exacta de todas las nociones que figuran en nuestras formulaciones; no es en absoluto trivial. Sin embargo, a nivel del rigor de las ciencias de la Naturaleza, la definición es posible. La negación de esta probabilidad conduce inevitablemente al "solipsismo" (que es un sistema de idealismo subjetivo que afirma no existir más que el propio yo y sus representaciones; define la actitud mental y especulativa adoptada por el sujeto cuando resuelve en sí mismo toda la realidad, tanto práctica como metafísicamente).

La creación de seres vivos altamente organizados sobrepasa las posibilidades de la técnica actual. Si fueran resueltas las dificultades técnicas quedará por lo menos a discusión lo relativo a la oportunidad práctica de la realización del trabajo de programas apropiados.

Sin embargo, es importante comprender con claridad que en el marco de la concepción del mundo materialista no existe ningún argumento sustancial de principio, que niegue una contestación afirmativa a esta pregunta. La respuesta adyacente constituye la formulación moderna de las tesis relativas al origen natural de la vida y a la naturaleza material de la conciencia.

Es indudable que el método de la información y el proceso de mando en los organismos vivos están en complejo entrelazamiento:

a). De mecanismos discretos (cifrados) y de mecanismos continuos.

b). De principios de acción deterministas y de principios probabilistas.

En los organismos vivos; sin embargo, los mecanismos discretos son determinantes en los procesos de método de información y de mando. No existen argumentos sustanciales en favor de la limitación, por principio, de las posibilidades de los mecanismos discretos en relación con los continuos.

La posibilidad, por principio, de obtener seres vivos en toda su validez, contruidos totalmente con mecanismos discretos (cifrados) de método de información y de mando, no contradice los principios de la dialéctica materialista. Si suele encontrarse la opinión opuesta entre los especialistas de la filosofía y las matemáticas es, únicamente, porque éstos están habituados a no ver la dialéctica más que ahí donde aparece lo infinito. No es la dialéctica de lo infinito lo que importa para analizar los fenómenos de la vida, sino la dialéctica de lo grande (la combinación puramente aritmética de gran número de elementos crea, a la vez, lo continuo y las nuevas cualidades).

Pese a lo que se acaba de mencionar, existe también el lado "bueno" del movimiento difundido en oposición a las pretensiones exageradas de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial (algunas aplicaciones a la cibernética). Las obras de síntesis y los trabajos particulares de la cibernética a menudo tienen como defectos reales:

a). La consideración simplista de los mecanismos de método de información y de mando en los organismos vivos, especialmente en el terreno de la actividad nerviosa superior del hombre.

b). El poco caso que se ha hecho de la experiencia acumulada en el estudio de esos mecanismos antes de la constitución de la cibernética como ciencia aparte.

Si el primero de estos defectos se corrige "*sobre la marcha*" (la falta de fundamento de las consideraciones simplistas aparece en el curso del trabajo), el segundo defecto se tiene que combatir sistemáticamente, en especial en el marco de la planificación de formación de los jóvenes especialistas.

En la esfera de la actividad nerviosa superior del hombre la cibernética no ha dominado más que:

a). El mecanismo de los reflejos condicionados, su forma más simple.

b). El mecanismo del pensamiento lógico formal.

Pero los reflejos condicionados existen en todos los vertebrados, y el pensamiento lógico no aparece sino en el último estadio de la evolución del hombre.

Todos los tipos de actividad sintética de la conciencia humana anteriores al pensamiento lógico formal, que sobrepasan el cuadro de los reflejos condicionados más simples, están todavía por describirse en el lenguaje de la cibernética.

El aparato del pensamiento lógico formal no ocupa el lugar central en la conciencia evolucionada del hombre moderno. Más bien es un tipo de "calculadora auxiliar" que se pone en marcha en la medida de las necesidades. Como por otra parte, los esquemas habituales de la teoría de los reflejos condicionados ofrecen muy pocos elementos para la comprensión de los estadios superiores de la vida emocional del hombre ó, de la intuición creadora del sabio, es preciso reconocer que el análisis cibernético de la conciencia humana, evolucionado en su interacción con la esfera subconsciente, no ha comenzado todavía. La mayoría de los ejemplos citados en los trabajos de cibernética que conciernen a la modelación, sobre máquinas, de procesos de creación artística asombran por su carácter primitivo, compilación de melodías, tomando como base fragmentos de cuatro ó cinco notas sacados de varias decenas de piezas conocidas, etc.

En la literatura no cibernética, el análisis formal de la creación artística alcanzó desde hace mucho tiempo un nivel muy elevado. Puede ser muy provechoso aportar a estas investigaciones las ideas de la teoría de la información y de la cibernética. Pero el avance efectivo en esta dirección exige que entre los especialistas en cibernética se manifieste una sensible elevación del interés por las humanidades y por su conocimiento. En general, esto es indispensable si se fija como objetivo comprender, a partir de las posiciones de la cibernética, la complejidad real de la vida psíquica del hombre.

Es posible que un porvenir adquiera gran alcance práctico el estudio objetivo, en términos cibernéticos, de algunas de las formas más sutiles de la actividad creadora del hombre. Por ejemplo; un problema que en especial afecta a los matemáticos: Se sabe que el lápiz y el papel son indispensables al matemático para su trabajo de investigación creadora intuitiva. A menudo, en lugarde fórmulas escritas en su totalidad, aparecen sobre el papel sus esquemas hipotéticos con lugares en blanco; líneas y puntos representan gran número de figuras en el espacio ó un número infinito de dimensiones; en ocasiones, los signos sirven para designar el estado de la discusión de variantes, agrupadas según principios, que se reorganizan en el curso del mismo exámen, etc.

Es enteramente posible que máquinas dotadas de instalación propia para introducir y obtener datos puedan ser útiles en este estadio del trabajo científico. Es natural que la elaboración del método preciso para el uso de las máquinas presupone el previo estudio objetivo del proceso de investigación creadora del sabio.

Algunas otras direcciones del estudio objetivo del mecanismo de la actividad creadora del hombre pueden también quedar son aplicaciones prácticas en un porvenir. En cambio, el estudio objetivo, serio, de la actividad nerviosa superior del hombre en toda su plenitud, se entiende como un eslabón indispensable en la afirmación del humanismo materialista. El desarrollo de la Ciencia ha conducido muchas veces al derrumbe de las ilusiones habituales del hombre, comenzando por la fe reconfortable de la inmortalidad personal. En el de estadio semi-conocimiento y semi-comprensión, esas conclusiones destructoras de la Ciencia se transforman en argumentos contra ella misma, en favor del irracionalismo y del idealismo. "*La Teoría del Origen de las Especies*" de Darwin y el estudio objetivo de la actividad nerviosa superior de Pavlov; fueron presentadas muchas veces como factores negativos para las más altas aspiraciones del hombre en la creación de ideales de moral y estéticos.

De igual forma, en nuestra época, el temor de que el hombre no sea superior en nada a los autómatas "*privados de alma*" se transforma en argumento psicológico en favor del vitalismo y el irracionalismo (el "*argumento del avestruz*").

Hasta ahora, se ha estudiado la teoría de los autómatas discretos, contruidos con gran número de elementos simples (el número de posibles estados de un elemento y el número de elementos del que depende directamente la modificación del estado de un elemento dado, quedan limitados a números muy pequeños). Los Autómatas de este tipo, de número constante de elementos y de estructuras constantes de relaciones entre los elementos, son capaces de efectuar en ellos la modelación de otros autómatas de la misma naturaleza, ó de sistemas que construyen ellos mismos; es decir, de formaciones análogas capaces de modificar su estructura y de asociarse nuevos elementos. Se ha estudiado el problema de la existencia de autómatas universales de estructura constante en el marco de los cuales es posible modelar la evolución de cualquier sistema que se construya él mismo, durante tanto tiempo como el número de elementos que lo constituyen no sea superior a un número dado.

Hay razones para pensar que la actividad subconsciente del hombre para la creación de imágenes (por ejemplo, en la creación artística y científica) es parecida al trabajo de la citada máquina de calcular de acción paralela.

Parece probable que la modelación del trabajo del cerebro humano directamente ligado al desarrollo de la cultura humana, comprendiendo ahí todas las partes que constituyen ese trabajo, desde los hábitos elementales del mismo hasta la creación artística y científica, exige el manejo de cantidades relativamente modestas de información, no del orden de 10^{10} a 10^{15} bits, como muchas veces se supone al basarse en la evaluación de la complejidad de la organización del cerebro.

Sino del orden 10^7 a 10^9 bits. Si esto es exacto, la principal dificultad no reside en la fabricación del suficiente número de células capaces de contener toda la información necesaria, sino en la originalidad del programa que haya de poner en acción al modelo automático.

Es poco alentador lo que sobre este último punto sugiere la teoría de los autómatas. Es conocida la posibilidad de plantear a un autómata discreto problemas cuya formulación es muy simple, pero cuyo problema de solución en un plazo prácticamente aceptable es, notoriamente, muy complejo. En tales casos, el programa complejo que resuelve rápidamente el problema se puede obtener con ayuda de un cálculo automático, para la organización del cual es suficiente introducir en un autómata sumamente poderoso, un programa muy simple.

III.5.- LOS MODELOS DE LOS PROCESOS VITALES Y LA FISIOLÓGIA DEL CEREBRO.

Gran número de especialistas de las más diversas disciplinas, se ocupan de las apasionantes preguntas que plantean los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA) en relación con el problema de la naturaleza de la vida. Al considerar en su conjunto la situación consecutiva al desarrollo de los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA); sus pretensiones y la reacción de aquellos para quienes las mismas no ofrecerían afortunados resultados en lo porvenir, se quiere hacer observar que la causa principal de todas las divergencias reside en la falta de organización de las propias discusiones.

Ninguna discusión resulta fructífera sino a partir del momento en que queda evidente para todos la claridad del planteamiento del problema, la claridad de los criterios y conceptos base del debate. Entonces es cuando la fuerza de los argumentos de los participantes se hace comprensible y adquiere validez. Desgraciadamente, el debate sobre el papel de los Sistemas Expertos (SE) y la Inteligencia Artificial (IA) en la Ciencia y en la Vida se ha llevado, desde el principio, bien por la de una reacción excesiva a tal enfoque. En realidad, los científicos se encuentran en la situación de quién debe comenzar de nuevo; es decir, han de partir de esquemas lógicos y criterios básicos que proporcionen un sólido punto de apoyo materialista al objeto de obtener solución a la difícil, pero extraordinaria pregunta. Se debe señalar lo sumamente conocido de ciertas ideas que penetran entre los jóvenes investigadores y bajo cuya influencia éstos pierden la perspectiva de su trabajo científico personal.

Esto se puede percibir entre los jóvenes fisiólogos.

De pronto deja de interesarles el estudio de la célula nerviosa. "*¿Para qué sirve eso, si pronto se podrá construir, con elementos semiconductores?*". Desafortunadamente tal estado de ánimo se extiende entre la juventud, y precisamente en la Neurocibernética, es donde más ha encontrado cabida.

Es conveniente ahora, atender a ciertos problemas de carácter filosófico, muy importantes, que han sido ya planteados en los órganos fisiológicos de actualidad. *¿ De qué se trata ?* Si alguien intenta crear modelos mecánicos de lo vivo donde obren elementos de adecuación y adaptación a un fin, se considera que, en el fondo se sitúa, de algún modo, en la categoría de los mecanicistas.

Y por el contrario; los cibernéticos, los físicos y los matemáticos piensan muy sinceramente que quienquiera se oponga a esto (y poco importa que tales posiciones de partida sean razonables ó conservadoras) es un vitalista, profesa la fé vitalista en el carácter indescomponible de la vida, en la imposibilidad de explicar sus principales motores fundamentales, etcétera.

Tal exacerbación de juicios trasladados a nuestros medios son tan inoportunos como injustificados, porque todos comprenden lo que es el materialismo dialéctico y conocen perfectamente los más importantes fundamentos del desarrollo de la ciencia y del pensamiento a partir de las tesis de aquél. Se piensa que esta exacerbación radica simplemente en que ambas partes no encontraron las Normas básicas para la discusión. En efecto, habitualmente se plantea la siguiente pregunta: *¿ Puede la máquina llegar a ser más inteligente que el hombre ?* Pero la lógica elemental de la discusión científica exige que en primer lugar se defina el concepto de "inteligencia" y de "más inteligente". *¿ Qué parámetro es el de "ser más inteligente"; cómo poder definirlo con precisión para que sirva de instrumento de comparación ?*

Nadie lo definió, ni lo ha definido; pero todos los científicos lo discuten. Por supuesto, de esto se desprende la discusión desorganizada sobre problema tan importante; esta falta de organización conduce a la confusión y, por lo tanto, a convertir las respuestas en profesiones de fé: Unos creen que es posible y los otros no. Es muy difícil llamar a esto una forma científica de abordar un problema de tal importancia. Por consiguiente, se trata, en primer lugar, de definir los conceptos de inteligencia y de *"más inteligente"*. Así por ejemplo, si se definiera la inteligencia conforme a las Normas de rapidez en el desplazamiento, cualquier motocicleta sería más inteligente que cualquier humano adulto. Si se quiere hacer una comparación se escoje un parámetro, pero es absolutamente imposible resolver por comparación lo que es ó no *"más inteligente"*, tomando una sola facultad, un único parámetro en toda la actividad multiforme del hombre. Se puede admitir por ejemplo; que se elige de parámetro la "combinación de jugadas en el ajedrez". Es una gran realización el construir una máquina capaz *"de por sí"*, y a partir de la valoración de la situación que se presente en el tablero, de hacer jugadas que puedan ser más inteligentes que los movimientos que pudiera hacer un jugador humano.

Es posible admitir que esto es plenamente realizable. Más el trabajo de comparación no se detiene en este parámetro. Este no es sino uno entre millones de parámetros de la actividad de la inteligencia humana, llevado hasta la perfección gracias al hombre y gracias a las máquinas.

El que se puedan llevar diferentes parámetros ó caracteres de la inteligencia humana (del trabajo del cerebro) hasta una perfección superior a la del propio ingenio, constituye inmenso éxito. Ahí radica, precisamente, el aspecto progresivo de los Sistemas Expertos y de la Inteligencia Artificial.

Pero cuando comienza a hablarse de sí, la máquina puede ser ó no "más inteligente" que el hombre, se hace preciso plantear la pregunta de modo más concreto: *¿Puede la máquina efectuar operaciones más diversas que el hombre y efectuarlas mejor, pasando de una operación a otra?* Así se debe poner el acento, no en tal ó cuál aptitud, sino en su interacción, en el paso de una a la otra.

¿Qué es la inteligencia, desde nuestro punto de vista? Para los fisiólogos, la particularidad del trabajo del cerebro consiste, justamente, en su aptitud para pasar con increíble rapidez, en función de la rápida síntesis de la situación existente en un momento dado, de la actividad que concluye, por efectos definidos, a otra. Este cambio de actividad descansa en el hecho de que el cerebro cuenta con posibilidades prácticamente ilimitadas de formación de nuevas combinaciones. Es un órgano creado de tal forma en el curso de la evolución, que siempre se ha desarrollado adelantándose a los acontecimientos presentes en la realidad. Esta es una propiedad muy interesante del cerebro. Se podría tomar un hombre que hubiera vivido hace 3 000 años, que desconociera toda nuestra civilización y, después de un entrenamiento adecuado, hacer de él un matemático tan capaz como no importa qué matemático de hoy. Existen ejemplos parecidos.

Un explorador de la zona septentrional de América del Sur residió algún tiempo en una tribu Caribe y a su regreso trajo consigo algunos niños nativos. Los padres de estos niños no sabían contar sino hasta dos y cuando se les pedía contar hasta tres, se dormían. Pero en la escuela, esos muchachos demostraron aptitudes superiores a los de los niños Europeos. Para los fisiólogos del cerebro, no hay en eso nada de sensacional. Se sabe que las posibilidades del cerebro en sus ligazones moleculares son ilimitadas. A menudo se dice: El cerebro tiene 14 mil millones de células.

Esto maravilla al gran público. Efectivamente, son muchas células, pero no tiene nada de milagroso. Lo más importante es que esos 14 mil millones de células están construidas de tal suerte que cada una de ellas tiene sobre su membrana mil contactos con otras células. Y, es más, todos esos mil contactos pueden todavía reflejar mil reacciones químicas diferentes. Ahora es posible imaginarse qué cantidad de posibles operaciones es capaz de plasmar el cerebro al chocar con las condiciones exteriores, con el medio ambiente. *¿ De qué se trata cuando se compara al hombre y a la máquina ?* De sus actividades y relaciones recíprocas. Esto es lo que más importa al fisiólogo del cerebro.

Siempre que se intenta comparar la máquina al hombre, la actividad de la máquina y la actividad del cerebro; es necesario hablar de actividad, definir la cualidad y la forma final de la actividad dada. Si se aborda la pregunta desde esta perspectiva, se ve que en un minuto el humano realiza centenares y más de actividades; por lo general, las distintas actividades, bien definidas, son mucho más numerosas que las células. Si se construyese la máquina que realizara aunque no fuese más que dos actividades distintas y que "por sí" pasara de una a la otra, se tendría el punto de partida que permitiera iniciar la comparación entre las posibilidades de la máquina y la actividad del hombre. Como se ha mencionado más arriba, el hombre puede crear máquinas más perfeccionadas para este ó aquel parámetro del cerebro humano y de su actividad:

En la esfera de toda la Ciencia se plantea una pregunta sumamente interesante, tanto en el terreno filosófico como en el de la Ciencia concreta, analítica. Se toma como ejemplo, la categoría de cualidad, como categoría del materialismo dialéctico. *¿ Se suprime ó no la cualidad con la tentativa de presentar la aproximación mecánica del proceso vivo ?*

La respuesta es no. La cualidad, como categoría definida a través del salto en el movimiento de la materia, sigue siendo una categoría filosófica. Pero se ha entrado en la época del desarrollo de la Ciencia donde la cualidad debe interpretarse por los parámetros de las ciencias exactas, matemáticas y físicas. Si se habla del denominador común al que los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial reducen todos los fenómenos; es decir, la difusión de la información, la transformación de la información con su código y sus parámetros matemáticamente fundados, también se puede aproximar la cualidad a este punto de vista.

Si alguien dice que la cualidad no puede ser estudiada más profundamente ni ser más escrupulosamente caracterizada, es inexacto. Como muy bien se ha señalado, si se cuenta con una nueva cualidad en el desarrollo de la materia, esta cualidad nueva puede y debe expresarse con todos los conceptos que forman parte de la teoría de la información, con la comprensión de los parámetros, de las magnificencias físico-matemáticas, etc. Pero esta aproximación no suprime la particularidad cualitativa, simplemente le da una interpretación concreta.

Si se emprende una discusión en esta dirección, no estará fundada. Ciertamente, es necesario precisar la posición de cada persona, precisar lo que se piensa de los parámetros, de la información, cuando se produce el paso cualitativo de una forma del movimiento de la materia a otra. Pero esto no constituye una línea divisoria ideológica como mucha gente piensa. He aquí la penúltima pregunta: La adecuación al fin. Para los fisiólogos, especialmente los fisiólogos del cerebro, la adecuación al fin es algo que ven continuamente, en todo momento, y pueden comprender los errores que han hecho de tal adecuación al fin la base del desarrollo de las concepciones vitalistas, donde aparece en escena la "*fuera vital*" rigiendo esta adecuación. En el presente, en numerosos dominios de la fisiología, ha sido descifrada tal adecuación y para los especialistas se ha convertido en un proceso tan material como los otros, en los que las causas y las consecuencias son absolutamente estudiados y objetivamente conocidos en todos los casos.

Por esto, la adecuación, tal como se le entiende, no corresponde ya, en su esencia, a la noción formulada originalmente.

A partir del momento en que la vida aparece sobre el Planeta, debido a las diferentes transformaciones de la materia mineral, aparecen, naturalmente, Normas para conocer la verdad de todo lo que actúa sobre lo vivo. Respecto a la acción exterior, la materia no podía tener criterio de adecuación ó de inadecuación. Con la aparición de la vida surge el siguiente criterio de la acción exterior: *¿ La conserva ó la destruye ?* Precisamente por esta razón se puede considerar adecuado lo que estabiliza la vida, lo que fija la constancia de sus formas conseguidas ya en la evolución y conservadas por la selección natural. Volviendo al cerebro, se puede decir que ha acomodado estas formas de correlación en un aparato especial, el que no es menos material que todos los procesos que se desarrollan en una probeta. También se ven los límites de este proceso y sobre el particular se debe estar convencido de la posibilidad de principio de reproducir los diferentes mecanismos y las distintas aptitudes del cerebro.

Este es uno de los puntos de desacuerdo con los especialistas de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial: No quieren ver (en parte porque no existe suficiente información mutua), los factores que el cerebro ha acumulado en él a lo largo de la historia; esa previsión del porvenir, la facultad de adelantarse al presente en su acción de adaptación del organismo a los acontecimientos futuros.

Tómese por ejemplo, nuestra vida diaria: El objetivo de la acción, los designios, la intención con la que comenzamos el día y con la que damos término a nuestra jornada. Cada uno de nuestros pasos está señalado por una sucesión de fines, grandes ó pequeños, y tales fines son fijados cada segundo. *¿ Qué es un fin ?* Es siempre un salto a lo largo de las estructuras del cerebro, a lo largo de las trabazones, a lo largo de sus sistemas, un salto hacia el porvenir.

Es la constitución de procesos para los que todavía no existen acontecimientos exteriores, sino que pueden corresponder a futuros acontecimientos externos. Tal cosa se produce porque el hombre tiene la experiencia pasada, porque yo tengo una memoria, "*reservas*" de las cuales tomo la posibilidad de predecir el porvenir, etc. Todos estos procesos son absolutamente materiales.

A veces, en el curso de conversaciones con matemáticos y físicos suele escucharse en respuesta a esto, la siguiente objeción irónica: "*Así, no es realizable una máquina que se fije de por sí sus propios fines*". Habitualmente la respuesta es: Tal cosa podría ser realizable, si se tuvieran los materiales y mecanismos concretos que permitan construir tal máquina.

Existen máquinas que se fijan un fin, pero en este caso el objetivo del debate es diferente. Estas máquinas modifican su actividad en los límites de la construcción que les han sido impuestos. Otra cosa sería, por ejemplo; si una máquina para fabricar cartuchos, harta de hacerlo, se pusiera a fabricar calzado. Por supuesto que este es un ejemplo grotesco; pero la realidad es que nosotros los humanos, nos comportamos así continuamente, en todo momento. Un hombre quería ir al teatro, más como llueve renuncia a hacerlo y va a ver a sus amigos, etc. El hombre cambia de actividad; en cada instante se fija un fin en función de la síntesis pertinente que realiza su cerebro en una situación dada.

Ciertamente, si se creara la máquina que sintetizara de la misma manera la situación ambiente y efectuara cada vez actos nuevos, sometiéndolos a los intereses de su "*vida*", de su "*cuerpo*" de su "*salud*", tendríamos la base para comparar la máquina y el cerebro. Lo que caracteriza al cerebro es precisamente el cambio de actividades, pero todavía no se ha tenido oportunidad de ver una máquina que haga sucederse actividades cualitativamente diferentes conforme al modo de ordenar en un momento dado la situación exterior.

En este sentido la máquina más "inteligente" es la más "estúpida", que un bebé arrastrándose por el suelo. Y cuando preguntamos si el hombre es más inteligente ó no que la máquina, es habitual y precisamente eso lo que pensamos. *¿Puede el hombre por sus propios órganos visuales aventajar al microscopio?* Seguro que no, por lo que resulta indiscutible que en este aspecto la máquina dada es "más inteligente" que el hombre. Pero el hombre se adapta a millones de situaciones que surgen de improviso. Son millones de situaciones que acompañan al hombre durante toda su vida y con relación a ellas el hombre realiza su objetivo vital: He aquí lo que debe ser objeto de comparaciones, el contenido que es preciso dar a la expresión "más inteligente".

He aquí el índice según el cual debemos comparar la máquina y el hombre; pero, desgraciadamente, todavía no existen comparaciones suficientemente razonable y científicamente fundadas.

En fin, la última pregunta: *¿Qué aporta la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos al fisiólogo del cerebro, y qué da el fisiólogo del cerebro a la Inteligencia Artificial?* Es indudable que los fisiólogos del cerebro, se han enriquecido y se continúan enriqueciendo con muchas cosas gracias a los métodos y sobre todo a las formas de pensamiento utilizadas por los científicos, los matemáticos y los físicos.

Pavlov descubrió leyes capitales del funcionamiento del cerebro; pero jamás se ocupó de la química y ni siquiera le gustaba. En una ocasión se le propuso a Pavlov estudiar la composición química de la sangre en la fase del efecto activo del bromo sobre el sistema nervioso, y él dijo: "No veo ahí nada de interés; dejemos de ocuparnos de eso". Sin embargo, descubrió leyes de la vida del cerebro tan importantes como la predicción del porvenir, el dominio de hecho, sobre el porvenir.

Las matemáticas, y especialmente la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos, ofrecen la posibilidad de elaborar ciertos modelos y esquemas que permiten comprender el mecanismo interno de esta predicción del porvenir, la manera de dirigirse estos organismos internos a la síntesis y comprender la organización del trabajo del cerebro en su conjunto. El progreso del trabajo de los fisiólogos del cerebro consistirá, justamente, en utilizar esa asombrosa máquina que es el cerebro, con su organización económica y segura para las construcciones y modelos actuales de desarrollo fisiológico. En cuanto al hecho de que el cerebro trabaja económicamente se puede demostrar con no importa qué hecho, y éstos forman legiones.

Cuando se piensa que bastan 5 células nerviosas de nuestro cerebro, que difícilmente se perciben en el microscopio, para hacernos sentir sed, descender a un pozo, ir al río, acarrear el agua, y todo esto para beber, para satisfacer a esas células excitadas. La sensación de sed está formada precisamente por esas cinco células, porque genéticamente están dotadas de una fina sensibilidad a la presión osmótica, que permanece a un mismo nivel durante toda la vida. A cierto grado de modificación de la presión osmótica de la sangre, esas células se ponen a difundir la excitación de alarma por todas las direcciones del órgano cerebral creando la sensación de sed.

III.6.- *¿ ES POSIBLE CREAR ARTIFICIALMENTE LA VIDA ?*

Con la aparición de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial, capaces de realizar complejos procesos dirigidos a fines determinados, la pregunta de la creación artificial de la materia viva ha cobrado suma actualidad. En la medida en que el organismo vive es un sistema dinámico que realiza funciones complejas orientadas a fines dados, puede considerarse que la máquina cibernética que cumpla, al menos, una de esas funciones, forma parte de lo vivo en un orden inferior. Más el paso del Sistema Experto del orden inferior al superior no tiene, en principio, límites, si se entiende que este sistema puede cumplir funciones cada vez más numerosas y complejas. Realmente, el Sistema Experto es capaz de verificar procesos de las más diversa complejidad con la única condición de que el resultado a obtener sea expresado en el lenguaje simbólico de los algoritmos introducidos en la máquina en forma de un programa definido. De esto se deduce que, desde el punto de vista de los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial, la única diferencia entre el organismo vivo y el Sistema Experto que haga las mismas funciones que aquél, reside, en último término, en lo histórico de su creación, y no en la diferencia de principio entre las leyes físicas que rigen a ambos.

Así pues, la Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos, están en su derecho de afirmar que, desde el punto de vista de principios, es posible la creación artificial de la materia viva. En este sentido, estima que el Sistema Experto establecido especialmente para cumplir funciones biológicas las realiza exactamente como lo hace el organismo vivo y que, por lo tanto, en lo que respecta al cumplimiento de determinadas funciones biológicas no hay ninguna distinción entre la materia viva y el Sistema Experto creado a partir del diseño de un automatismo, que a su vez es fruto de la materia mineral.

Las funciones realizadas por una máquina pueden ser de la mayor diversidad y relacionarse tanto con el comportamiento fisiológico de un organismo animal vivo como con la actividad intelectual del hombre.

Considérese ahora, la afirmación opuesta, la que se podría llamar "*Anti-Inteligencia Artificial*": Es imposible crear la materia viva resultante de la facultad de una máquina cibernética idéntica en el plan funcional porque, por principio, el metabolismo biológico, no puede reproducirse con ayuda de la materia mineral.

Cuando en el estadio actual de las Ciencias Naturales se plantea el problema de la creación artificial de lo vivo, es preciso considerar que las dos afirmaciones no pueden ser simultáneamente válidas y que, en consecuencia y desde el punto de vista filosófico general ambas, necesariamente, entrañan tesis teóricas que se excluyen mutuamente.

Sin embargo, la contradicción lógica entre las afirmaciones cibernéticas y anticibernéticas desaparece si se admite que la materia viva, dotada de metabolismo biológico, no se puede crear por ningún medio artificial originado en la materia mineral, pero que las diversas funciones del organismo vivo, que son "*funciones derivadas*" del metabolismo biológico, pueden imitarse por los sistemas cibernéticos de forma tan precisa como se desee. Si esta aseveración, que corresponde, a la vez, a las dos afirmaciones; cibernética y anticibernética, es exacta, resulta que existe una diferencia física de principio entre la función fundamental de la materia viva (el metabolismo biológico), y todas las demás funciones llamadas convencionalmente, "*funciones derivadas*", que juegan un papel en el metabolismo del organismo.

La esencia termodinámica de esta diferencia física entre la función fundamental del organismo vivo y todas sus demás funciones, suponiendo que tal diferencia exista realmente, consistiría en esto: Las funciones del organismo vivo susceptibles de ser ejecutadas a semejanza con precisión ilimitada, por los Sistemas Expertos; son procesos de trabajo que no contradicen el Segundo Principio de la Termodinámica (que establece el hecho de que los procesos siguen una cierta dirección, pero no la dirección opuesta; ya que el calor jamás fluirá del medio frío al medio caliente). Estas funciones pueden ser reproducidas con todo grado de precisión por dispositivos automáticos; por Robots, es decir, por Sistemas Cibernéticos. Pero en cuanto al metabolismo biológico; es decir, a esta función específica del organismo vivo que es la base de sus múltiples funciones, representa un proceso de trabajo original, exclusivamente propio de la materia viva y está en contradicción con el Segundo principio de la Termodinámica.

Como tal, este proceso no puede tener ningún modelo material. Por consiguiente, existe la negativa Termodinámica que se opone a la realización del modelo material ó a la reproducción material de la función fundamental de la materia viva: El metabolismo biológico. A continuación se trata de demostrar en qué consiste la esencia física de esta negativa Termodinámica.

Por complejo que sea el comportamiento de un organismo vivo, todas las funciones observables de que ese comportamiento se compone pueden representarse por procesos de trabajo susceptibles, por principio, de ser imitados por Sistemas Cibernéticos; incluso se comprueba cierta superioridad de estos últimos. Es manifiesto que la máquina cibernética que realiza determinada función compleja del organismo trabaja durante más tiempo y es más veloz que el organismo vivo. Esa superioridad funcional de la máquina cibernética sobre el organismo se explica, en parte, porque el organismo cumple constantemente gran número de diversas funciones reciprocamente relacionadas, mientras que la máquina cibernética, construida con fines concretos, está libre de funciones "*accesorias*".

La ventaja de la máquina se ha hecho más evidente al establecer, en el terreno teórico, que podía crearse un Sistema Cibernético, transformador universal de la información que llegara a la máquina en forma de signos convenientes.

Los rasgos particulares del Sistema Cibernético (la aptitud para simular cualquier función biológica compleja con carácter de proceso de trabajo "*externo*", y la superioridad sobre el organismo de la máquina cibernética, susceptible de repetir gran número de veces y cumplir muy rápidamente una función dada), han llevado a la afirmación de que, la actividad del organismo equivaldría al funcionamiento de un mecanismo sometido, en todas sus partes, a las mismas leyes físicas y químicas de toda máquina. Sin embargo, entre el organismo vivo y la máquina existe una diferencia fundamental, que aparece cuando se estudia el vínculo entre la estructura y la función de ambos sistemas. La máquina puede permanecer en reposo sin perder su estructura, al menos durante un tiempo similar a la duración de sus ciclos de trabajo. La estructura de la máquina es estable a su temperatura de funcionamiento; también lo es cuando la máquina está parada. Por el contrario, el organismo vivo debe funcionar permanentemente, y sí, por cualquier razón, cesa de cumplir sus funciones a la temperatura habitual a su actividad vital pierde irreversiblemente su estructura y acaba por perecer. Como la pérdida de su estructura por el organismo que cese de funcionar está ligada a la fluctuación térmica de las sustancias en la temperatura en que se cumple su actividad vital, el mantenimiento de la estructura del organismo en actividad debe ser relacionado con ciertos procesos de la materia viva que se oponen a la fluctuación; sin hablar de los demás procesos de trabajo del organismo activo.

Los procesos externos de trabajo y los procesos "antifluctuación" de mantenimiento de la estructura, portadores del contenido informativo del organismo vivo, se conjugan en el seno del mismo y se desarrollan en un sólo y mismo tiempo y en cierto intervalo (breve) de temperatura correspondiente a la actividad vital. El cese del proceso "antifluctuación" a la temperatura de actividad vital del organismo es fatal y conduce a la abolición de la estructura del sistema vivo ó a la pérdida irreversible de su contenido informativo. No obstante, existen dos procedimientos experimentales que permiten interrumpir el proceso "antifluctuación" del organismo vivo sin que ello entrañe la pérdida irreversible de su estructura; es decir, la pérdida del contenido informativo del organismo vivo.

En primer lugar, la inmovilización por el frío del agua intracelular (por enfriamiento del organismo hasta una temperatura netamente inferior a la que corresponde a su actividad vital). En segundo lugar, la eliminación del agua contenida en las células (por evaporación del agua del organismo a la misma temperatura de su actividad vital).

A continuación, se verá más a detalle estos dos procedimientos de conservación del contenido informativo del organismo vivo cuando existe cese de su actividad interna "antifluctuación". Cuando se enfría con precaución un organismo vivo hasta alcanzar una temperatura claramente inferior a la de su actividad vital; se llega, en numerosos casos a conservar su estructura al producirse el cese simultáneo de los procesos metabólicos. A temperatura suficientemente baja, la velocidad de las reacciones químicas del metabolismo es prácticamente nula, y el sistema vivo interrumpe su formación metabólica conservando no obstante la especificidad de su estructura. Si tal sistema, enfriado pero conservando su estructura, se calienta hasta el punto de temperatura de su metabolismo normal, puede recobrar la vida.

En los animales y vegetales primitivos, es posible lograr el mismo efecto de conservación de la estructura con el cese simultáneo del metabolismo, mediante el método de deshidratación. Cuando se elimina con precaución el agua del sistema vivo, pasa al estado de anabiosis, se detienen los procesos metabólicos. Si ese sistema, deshidratado, pero no transformado en cuanto a su estructura, se rehidrata, los procesos metabólicos se reestablecen.

Estas experiencias permitieron descubrir dos propiedades fundamentales distintivas de los sistemas vivos:

Primera, que la estructura de la célula es termolábil (es decir, es un compuesto térmico fácil de transformar en otro más estable), a la temperatura correspondiente de su actividad vital.

Segunda, que todos los demás componentes de la célula viva (ácidos nucleicos, etcétera.) que con el agua constituyen la estructura del sistema vivo, son portadores de información; y, en ausencia del agua, son termoestables a la temperatura del metabolismo.

La conclusión que se desprende de estas dos propiedades del sistema vivo, no cerrado desde el punto de vista termodinámico, es paradójica desde el ángulo de la Termodinámica de los sistemas-máquinas no cerrados. La paradoja es la siguiente: El sistema vivo no cerrado desde el punto de vista termodinámico, constituye una máquina química original que, a partir de la información contenida en su estructura, funciona con estabilidad contra su destrucción térmica.

En el sistema vivo se desarrollan dos procesos antagonistas, que son la base del metabolismo: La edificación de la estructura termolábil y su descomposición a la temperatura de la vida. Las nociones fisiológicas de asimilación y desasimilación, de anabolismo y de catabolismo, de síntesis y de descomposición de las sustancias, reciben así la siguiente interpretación termodinámica: Los procesos de asimilación representan procesos de edificación de la estructura termolábil del sistema vivo, y los procesos de desasimilación lo son de destrucción térmica de la estructura a la temperatura de la vida.

Bajo la acción del calor a la temperatura de la vida, la estructura del sistema vivo se destruye invariablemente y, al mismo tiempo, los procesos de trabajo "*interno*" que se verifican en el sistema vivo reedifican de nuevo; sin cesar, la estructura termolábil del sistema. Se llega a la conclusión de que en la base de la vida, el metabolismo, se encuentran procesos dirigidos a dominar el caos térmico, y que nacen en el seno del sistema vivo a la temperatura de la vida. Estos procesos son antientrónicos y contradicen el Segundo Principio de la Termodinámica.

La creación de un modelo material del sistema vivo se revela, pues, imposible, porque la función esencial del modelo del sistema vivo debe consistir en la edificación de una estructura que sea termolábil a la temperatura de edificación de esta misma estructura. Los procesos de trabajo internos "*antifluctuación*" no pueden ser reproducidos ó modelados materialmente. Se pueden crear modelos de procesos biológicos que, de hecho son procesos de trabajo externos. Estos procesos pueden cumplirse por mecanismos que posean estructura termoestable a su temperatura de funcionamiento. En otros términos: Es imposible construir una máquina que funcione a temperatura en que las sustancias que componen la máquina son termolábiles y sufren cambios de fase que les hace pasar de un estado de agregación a otro. Por ejemplo; líquido » gas, sólido » líquido.

Se pueden clasificar entre los procesos biológicos susceptibles de recibir un modelo material los procesos metabólicos "*derivados*", las funciones de los diversos órganos y del organismo en su conjunto en caso de que quepa describir con precisión estas funciones en forma de procesos de trabajo externos; por ejemplo, bajo la forma de trabajo osmótico, mecánico ó eléctrico, de síntesis químicas, etc. Todos estos fenómenos pueden ser simulados materialmente si son descritos, reducidos a un algoritmo, y si este algoritmo es programado e introducido en la máquina. Sin embargo, no se puede introducir en la máquina un programa dirigido contra su propia destrucción térmica cuando el funcionamiento de la máquina se desarrolla precisamente a temperatura que engendre su destrucción térmica. En efecto, el portador material del programa está igualmente sometido a la destrucción térmica. Cuando, partiendo del obstáculo termodinámico referente a la imposibilidad de construir una máquina que funcione a su temperatura de fusión, se concluye "*que existen propiedades de la máquina viva imposibles a simular*", tal cosa no constituye de ninguna manera una concesión al idealismo, como piensan algunos científicos.

Es suficiente considerar que no se habla aquí de modelos teóricos, sino de modelos materiales; es decir, de la reproducción de la propiedad fundamental de la materia viva, de su actividad "*antifluctuación*" ó de la edificación de una estructura termolábil. El sistema vivo contiene la información estructural que dirige el curso de los procesos de trabajo que se oponen a la destrucción térmica de su propia estructura, que es portadora de la información misma.

Desde el punto de vista de la Termodinámica, en esto reside la esencia de la materia viva, lo que la distingue de la materia mineral. El sistema vivo está compuesto de dos tipos de sustancias netamente diferentes según la Termodinámica:

1.- *Los otros componentes que aparte del agua constituyen cerca del 20% de la célula viva, que son portadores de información, y termoestables, en ausencia del agua, a la temperatura de la actividad vital del organismo.*

2.- *El agua intracelular, masa esencial de la célula viva, que no lleva ninguna información y que, con los otros componentes del sistema vivo, constituye la estructura termolábil del sistema vivo a su temperatura de actividad vital.*

De esto se puede concluir que el agua intracelular se encuentra en una especie de *estado termolábil*, casi cristalino, que recuerda al hielo, estado que se ve sometido a la destrucción térmica de la célula en proceso de metabolismo y que, sin cesar, renace como consecuencia de la constante renovación de esos procesos metabólicos. El agua intracelular está, pues, en continuo estado de cambios de fase: Pasa del estado termolábil ordenado, casi cristalino, al de la fase térmicamente estable de agua-disolvente, y viceversa.

Bajo el efecto de destrucción del movimiento térmico, el agua pasa al estado de probabilidad termodinámica máxima correspondiente a la estructura del agua líquida, y como resultado de los procesos de trabajo organizador del metabolismo pasa al estado de fase ordenada inestable dotada de estructura casi cristalina. Estos cambios de fase, ó pulsaciones, del agua intracelular forman probablemente la función dinámica esencial del metabolismo y todas las demás funciones especializadas de la célula viva se derivan de esa misma función esencial. En efecto, la llegada a la célula (por vía de difusión del medio ambiente), de las sustancias que la aprovisionan de energía química no puede hacerse sino en el agua-disolvente intracelular, y el rechazo activo de las sustancias-desecho de la célula hacia el medio ambiente no es posible sino cuando se produce el cambio de fase que lleva al agua al estado ordenado, casi cristalino.

Así, las pulsaciones que permiten pasar al agua de la fase casi cristalina a la líquida, y viceversa, aseguran el intercambio de energía y de sustancia entre el sistema vivo y el medio ambiente.

El agua intracelular asegura con sus cambios de fase la movilidad específica de la materia viva, base de todas las funciones normales del organismo susceptibles de ser simuladas. Los incesantes cambios de fase del agua intracelular representan la forma de movimiento de la materia viva que no se puede reproducir realmente a partir de la materia mineral, a los que se puede considerar, desde el punto de vista filosófico, como la forma biológica del movimiento de la materia.

Partiendo del precedente análisis, se puede formular como sigue el Principio Termodinámico de existencia de la materia viva: La materia viva representa un sistema dinámico que funciona a la temperatura de destrucción térmica de su estructura. Es imposible crear a partir de la materia mineral un sistema dinámico que funcione a la temperatura de fusión de su estructura. Se puede formular la siguiente negativa termodinámica: No puede crearse una máquina cuya función sea crear su propia estructura, si ésta es termolábil durante la duración de la actividad de la propia máquina. Así es, pues en toda máquina "no viva", todas sus partes, toda su acción, están sometidas a las leyes físicas de la materia "no viva".

El Principio Termodinámico de existencia de la materia viva es un principio autónomo, que indica que la física de la materia viva presenta un carácter autónomo y que la materia viva no puede aparecer a partir de la materia mineral tal y como nosotros la conocemos. Se ha llegado así a dos preguntas cardinales:

- 1.- *¿ Puede crearse artificialmente la materia viva ?*
- 2.- *¿ Cómo ha aparecido, históricamente, la materia viva ?*

La primera pregunta parece que en la actualidad no obtiene una respuesta definitiva. Pero supóngase, que a partir de la materia mineral se consiguen crear todos los componentes además del agua de la célula viva; es decir, las biomacromoléculas albuminoideas, los ácidos nucleicos, etcétera; en otras palabras, todos los componentes portadores de información del sistema vivo. Entonces, la creación de tal célula consistirá en asociar a todos los componentes de información, siguiendo un plan determinado, con el constituyente esencial de la célula viva: *El agua*.

Como el agua intracelular se encuentra en estado termolábil (negantrópico) casi cristalina, los componentes de la célula viva no pueden asociarse sino en dos diferentes condiciones: A una temperatura extremadamente baja, en presencia de agua "*congelada*" (ordenada, pero termoestable), ó a la temperatura de actividad vital, pero sin agua; es decir, en estado ánhidro. En el primer caso, el establecimiento del metabolismo biológico exige que el sistema sea calentado hasta la temperatura de su actividad vital; en el segundo, es indispensable "*hidratar*" el sistema.

Teóricamente son realizables estas dos condiciones. Pero, en el terreno experimental, existen probablemente dificultades de principio insuperables. Según toda verosimilitud, es imposible "*edificar una estructura de componentes macromoleculares*" en presencia de agua cristalizada; ó sea, a baja temperatura, cuando los componentes macromoleculares están inmóviles; y, quizás también imposible "*edificar una estructura de componentes macromoleculares*" en ausencia de agua; es decir, a la temperatura vital de la célula, pero en seco, cuando los componentes macromoleculares están, igualmente, inmóviles.

Se tratará ahora la segunda pregunta cardinal: *¿ De qué manera la materia viva ha aparecido como realidad material si existe la negativa termodinámica que se opone a la aparición de la materia viva a partir de la materia mineral tal y como existe actualmente ?*

El análisis conduce a reconocer el carácter histórico tanto de la materia viva como de la materia mineral. En todo momento, el mundo ha sido material. Es interesante anotar que la edad de la materia viva es del mismo orden que el del Universo en su fase actual, que es una fase de expansión. Se encuentran índices de biósfera en los sedimentos de la corteza terrestre que se remontan a más de 2 000 000 000 años. Las raíces de la vida son probablemente todavía mucho más antiguas. Se estima que en un período distante 5 a 10 mil millones de años, el Universo se encontraba en un estado de "caos inicial" y las leyes físicas de esa época eran definidas por el estado del mundo material de entonces.

Hace varios miles de millones de años se modificaron las condiciones de existencia del Universo, entrando éste en expansión. Es el período inicial en que se constituye el planeta Tierra, en el que la vida nace en su superficie, verosimilmente como fase termodinámica que aparece súbitamente, cuando la modificación repentina de las condiciones físicas corresponde a la existencia de un estado de fase dado.

La aparición de la materia viva se presenta, pues, como la aparición simultánea de todo el conjunto de seres vivos primarios en condiciones adecuadas a su existencia, y no como la aparición de uno ó varios seres vivos luego de ilimitada multiplicación. Desde el punto de vista geológico y geoquímico, no se trata de la síntesis de un organismo particular, sino de la aparición de la biósfera.

El mundo de la materia viva y el mundo de la materia mineral tal y como se le conoce actualmente tienen pues, aproximadamente, la misma edad: De 2 a 4 mil millones de años. De esto se puede concluir que hace más de 4 mil millones de años, cuando el Universo entró en su fase actual de desarrollo (fase de expansión), cierta protomateria "A" dió nacimiento, casi simultáneamente, a dos sustancias materiales "B" y "C"; la materia viva y la materia mineral; cada una de las cuales se desarrolla según sus propias leyes.

En lo referente a los *Sistemas Expertos*, se puede mencionar lo siguiente:

Los Sistemas Expertos (SE), se emplean para ejecutar una variedad muy complicada de tareas, que en el pasado solamente podían llevarse a cabo por un número limitado de personas expertas intensamente entrenadas.

Un Sistema Experto (SE), es una aplicación informática que soluciona problemas complicados que de otra manera exigirían ampliamente la pericia humana. Para lograr esto, se simula el proceso de razonamiento humano mediante la aplicación específica de conocimientos e inferencias.

Internamente, un Sistema Experto (*SE*) ideal se puede caracterizar como un sistema que comprende:

- Amplio conocimiento específico a partir del campo de interés.
- Aplicación de técnicas de búsqueda.
- Soporte para análisis heurístico.
- Habilidad para inferir nuevos conocimientos a partir de conocimientos ya existentes.
- Procesamiento de símbolos.
- Capacidad para explicar su propio razonamiento.

Los principios básicos en los que se basan los Sistemas Expertos (SE), se enumeran a continuación:

Principio 1.0.- La potencia de un experto se debe más al conocimiento amplio del área específica que a la comprensión del desempeño genérico de un experto.

Principio 1.1.- La selección del esquema de representación del conocimiento es una de las decisiones más críticas en el diseño de un Sistema Experto.

Principio 1.2.- El proceso de buscar los conocimientos apropiados y a partir de éstos deducir nuevos conocimientos, constituye un elemento clave del procesamiento de un Sistema Experto.

Principio 1.3.- La selección del paradigma de inferencia considerando la explosión combinatoria, influye fuertemente en el desempeño global de un Sistema Experto (SE).

Principio 1.4.- En un Sistema Experto ideal, el motor de inferencia nunca debería necesitar de modificaciones.

Principio 1.5.- La credibilidad que se le concede a un Sistema Experto (SE) depende de la habilidad del Sistema Experto para explicar su propio proceso de razonamiento.

En menos de cinco años, la Inteligencia Artificial ha pasado de ser un pequeño aspecto de la ciencia informática a ser quizás la aportación más importante a la informática desde el transistor. Este rápido cambio se basa en cuatro factores fundamentales: El éxito de los Sistemas Expertos, que fueron los primeros productos de la Inteligencia Artificial de auténtico impacto comercial; el bien conocido compromiso de los japoneses con la Inteligencia Artificial; la lenta pero firme integración de las técnicas de Inteligencia Artificial en las aplicaciones existentes y, finalmente, el hecho de que ha llegado la hora de la Inteligencia Artificial.

CAPÍTULO IV

APLICACIONES AL CONTROL INDUSTRIAL DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES.

IV.1.- Introducción.

Se entiende por Controlador Lógico Programable (*PLC*) ó Autómata Programable; a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales. Su manejo y programación puede ser realizada por personal eléctrico ó electrónico sin conocimientos informáticos. Realiza funciones lógicas: Series, paralelos, temporizaciones, contajes y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etcétera.

El Controlador Lógico Programable (*PLC*), por sus especiales características de diseño, tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución de la Arquitectura de Sistemas ("*Hardware*") y de los Programas y Paquetes de Aplicación ("*Software*"), amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se dá fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario realizar procesos de maniobra, control, señalización, etcétera; por lo tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo de transformaciones industriales, control de instalaciones, etcétera.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación ó alteración de los mismos, etcétera; hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- Espacio Reducido.
- Procesos de Producción Periódicamente Cambiantes.
- Procesos Secuenciales.
- Maquinaria de Procesos Variables.
- Instalaciones de Procesos Complejos y Amplios.
- Verificación de Programación Centralizada de las Partes de el Proceso.

A continuación de enumeran ejemplos de aplicación general, que pueden ser los siguientes:

1.- De Maniobra de Máquinas:

- a). Maquinaria industrial del mueble y madera.
- b). Maquinaria en procesos de grava, arena y cemento.
- c). Maquinaria en la industria del plástico.
- d). Máquinas-herramienta complejas.
- e). Maquinaria en procesos textiles y de confección.
- f). Maquinaria de ensamblaje.
- g). Máquinas de transferencia.

2.- Maniobra de Instalaciones:

- a). Instalaciones de aire acondicionado, calefacción, etc.
- b). Instalaciones de seguridad.
- c). Instalaciones de frío industrial.
- d). Instalaciones de almacenamiento y trasvase de cereales.
- e). Instalaciones en plantas embotelladoras.
- f). Instalaciones en la industria de automoción.
- g). Instalaciones de tratamientos térmicos.
- h). Instalaciones de plantas depuradoras de residuos.
- i). Instalaciones de cerámica.

3.- Señalizaciones y Control:

- a). Verificación de programas.
- b). Señalización del estado de procesos.

A continuación, se analizarán las ventajas e inconvenientes del Controlador Lógico Programable (PLC), y son:

Las condiciones favorables que presenta un Controlador Lógico Programable (PLC) son las siguientes:

1.- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

- a). No es necesario dibujar el esquema de contactos.
- b). No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
- c). La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etcétera.

2.- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado, ni añadir aparatos:

- 3.- Mínimo espacio de ocupación.*
- 4.- Menor costo de mano de obra de la instalación.*
- 5.- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos Automatas Programables, pueden detectar e indicar averías.*

6.- *Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo Controlador Lógico Programable (PLC).*

7.- *Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo de cableado.*

8.- *Si por alguna razón, la máquina queda fuera de servicio, el Controlador Lógico Programable (PLC) sigue siendo útil para otra máquina ó sistema de producción.*

Los inconvenientes del Controlador Lógico Programable (PLC), se puede mencionar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en ese sentido.

Pero hay otro factor importante, como el costo inicial, que puede ser ó no un inconveniente, según las características del automatismo en cuestión. Dado que el Controlador Lógico Programable (PLC) cubre ventajosamente un amplio espacio entre la lógica cableada y el Microprocesador, es preciso que el proyectista lo conozca tanto en su amplitud como en sus limitaciones. Por lo tanto, aunque el costo inicial debe ser tenido en cuenta a la hora de decidir por uno ú otro sistema, conviene analizar todos los demás factores para asegurar una decisión acertada.

IV.2.- Estructura Externa.

La estructura externa ó configuración externa de un Autómata Programable (PLC); se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques ó elementos en que está dividido, etcétera. Desde su nacimiento y hasta nuestros días han sido varias las estructuras y configuraciones que han salido al mercado condicionadas no sólo por el fabricante del mismo, sino por la tendencia existente en el área al que perteneciese: Americana ó Europea. Actualmente, son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

a). Estructura compacta.- Este tipo de Controlador Lógico Programable (PLC), se distingue por presentar en un sólo bloque todos sus elementos, esto es, Fuente de Alimentación, Microprocesador, Memorias, Dispositivos de Entrada/Salida, etcétera.

En cuanto a su unidad de programación, existen tres versiones: Unidad fija ó enchufable directamente en el Controlador Lógico Programable (PLC); enchufable mediante cable y conector, ó la posibilidad de ambas conexiones. Si la unidad de programación es sustituida por un Ordenador, se encuentra en la posibilidad de que la conexión del mismo ser mediante cable y conector. El montaje del Controlador Lógico Programable (PLC) al armario que ha de contenerlo se realiza por cualquiera de los sistemas conocidos: Carril DIN, placa perforada, etcétera.

b). Estructura modular.- La estructura de este tipo de Controlador Lógico Programable (PLC) se divide en módulos ó partes del mismo que realizan funciones específicas. Aquí cabe hacer dos divisiones para distinguir entre las que se denominan Americana y Europea:

- Estructura Americana.- Se caracteriza por separar las Entrada/Salida del resto del Controlador Lógico Programable (*PLC*), de tal forma que en un bloque compacto están reunidos los Microprocesadores, Memoria de Usuario ó de Programa y Fuente de Alimentación, y separadamente las unidades de Entrada/Salida en los bloques ó tarjetas necesarias.

- Estructura Europea.- Su característica principal es la de que existe un módulo para cada función: Fuente de poder, Microprocesador, Dispositivos de Entrada/Salida, etcétera. La unidad de programación se une mediante cable y conector. La sujeción de los mismos se hace bien sobre carril DIN ó placa perforada; bien sobre "*RACK*", en donde va alojado el "*BUS*" externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

IV.3.- Estructura ó Arquitectura Interna.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) se componen esencialmente de tres bloques, tal como lo presenta la fig. IV.1.

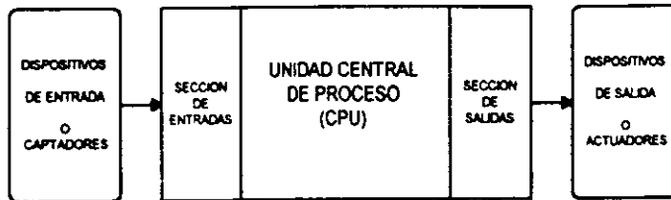


Fig. IV.1.- Autómata Programable Básico (PLC).

Dentro del bloque de análisis anterior, se deben especificar los siguientes elementos que lo configuran:

a). La Sección de Entradas.- Mediante una interfase, se adapta y codifica de forma comprensible por el Ordenador, las señales procedentes de los dispositivos de entrada ó captadores; esto es, pulsadores, finales de carrera, sensores, etcétera; también tiene una misión de protección de los circuitos electrónicos internos del Controlador Lógico Programable (PLC), realizando una separación eléctrica entre éstos y los captadores.

b). La Unidad Central de Proceso (CPU).- Es la unidad de inteligencia del sistema, ya que mediante la interpretación de las instrucciones del programa de usuario y en función de los valores de las entradas, activa las salidas deseadas.

c). La Sección de Salidas.- Mediante la interfase trabaja de forma inversa a la de entradas; es decir, decodifica las señales procedentes de el Ordenador, las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida ó actuadores, como lámparas, relevadores (*Relés*), contactores, arrancadores, electroválvulas, etcétera; aquí también existen unas interfases de adaptación a las salidas y de protección de circuitos internos.

Con las partes descritas, se puede decir que se tiene un Controlador Lógico Programable (*PLC*); pero para que sea operativo son necesarios otros elementos tales como:

- La unidad de alimentación.
- La unidad ó consola de programación.
- Los dispositivos periféricos.
- Interfases.

En la fig. IV.2, se han incluido de manera explícita todos estos elementos.

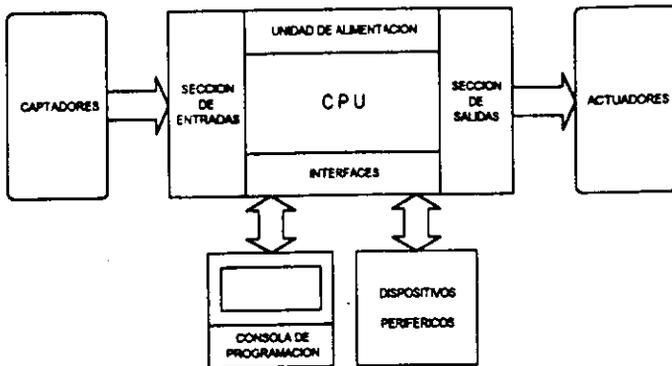


Fig. IV.2.- Autómata Programable (PLC), con sus Periféricos y Unidad de Alimentación.

d). La Unidad de Alimentación.- Adapta la tensión de red de 127 V y 60 Hz (en América) ó de 220 V y 50 Hz (en Europa); a la de funcionamiento de los circuitos electrónicos internos del Controlador Lógico Programable (PLC), así como a los dispositivos de entrada: 24 V por ejemplo.

cc

e). La Unidad de Programación.- Se ha dicho que la Unidad de Procesamiento Central (UPC) elabora las salidas en función de los estados de las entradas y de las Micro-instrucciones del programa de usuario; pero, *¿cómo accede el usuario al interior de la Unidad de Procesamiento Central (UPC) para cargar en memoria su programa?* La respuesta es mediante la unidad de programación. En los Controladores Lógicos Programables (PLC) más sencillos es un teclado con un "Display" similar a una calculadora que cuando se quiere cargar un programa en la Unidad de Procesamiento Central (UPC) se acopla a ésta mediante un cable y un conector, ó bién mediante un enchufe directo a la UPC.

f). Periféricos ó Equipos Periféricos.- Son aquellos elementos auxiliares, físicamente independientes del Controlador Lógico Programable (PLC), que se unen al mismo para realizar su función específica y que amplían su campo de aplicación ó facilitan su uso. Como tales no intervienen directamente ni en la elaboración, ni en la ejecución del programa.

g). Interfases.- Son aquellos circuitos ó dispositivos electrónicos que permiten la conexión a la Unidad de Procesamiento Central (UPC) de los elementos periféricos descritos.

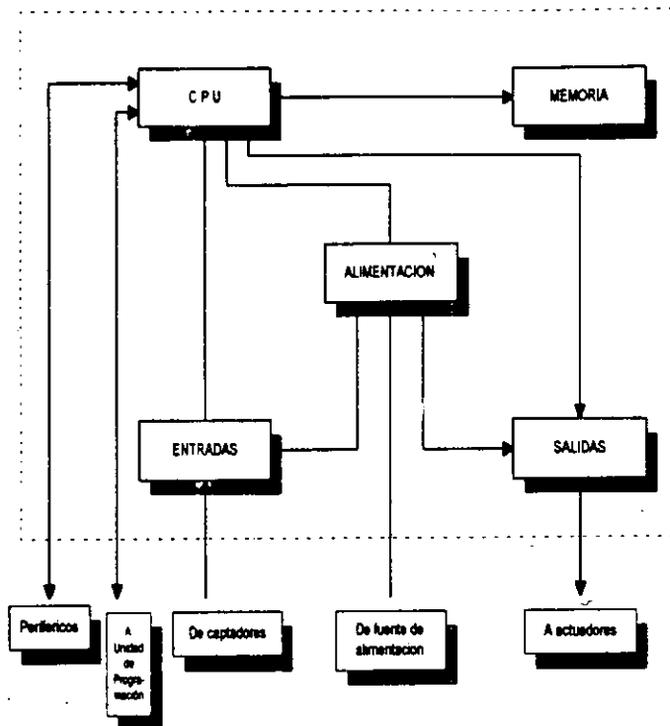


Fig. IV.3.- Esquema de Bloques Simplificado de Interconexión de un Controlador Lógico Programable (PLC).

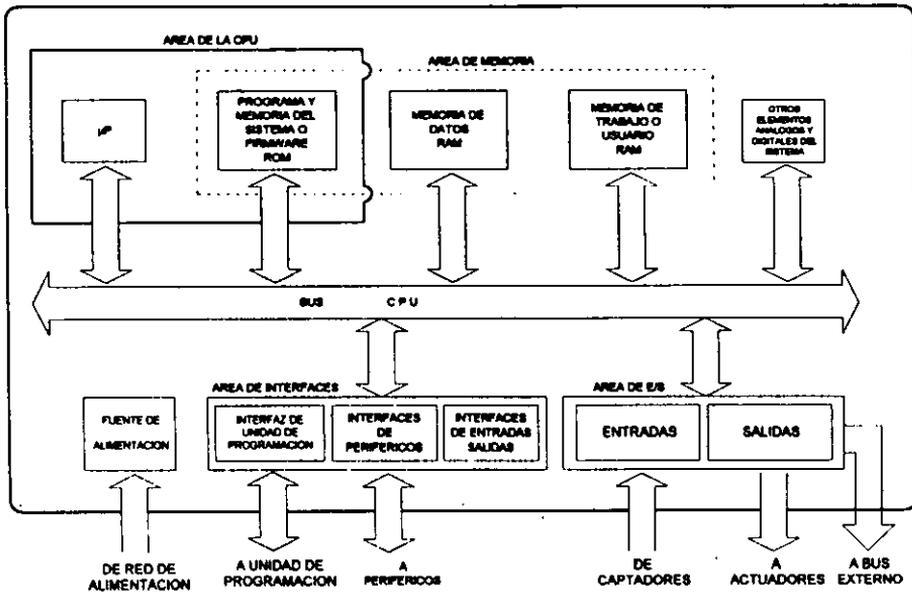


Fig. IV.4.- Arquitectura de un Controlador Lógico Programable (PLC).

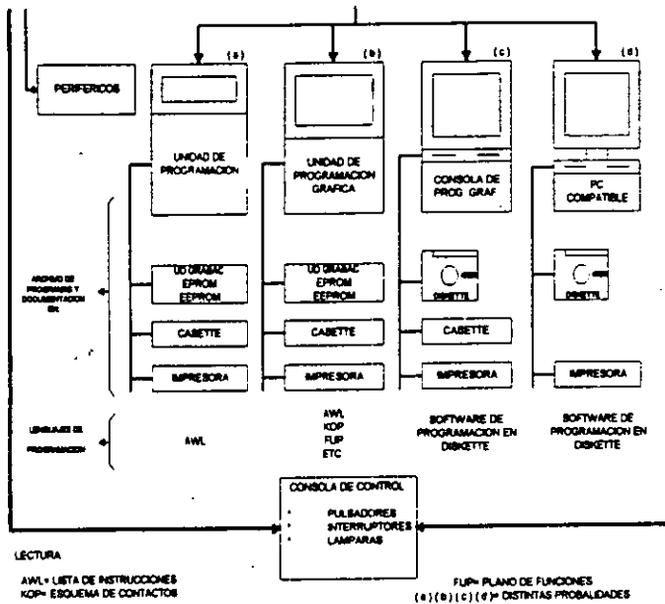


Fig. IV.5.- Estructura Completa de un Controlador Lógico Programable (PLC) y su Entorno.

IV.4.- Robótica.

La robótica es una ciencia aplicada que ha sido considerada como una combinación de tecnología de las Máquinas-Herramienta y de la informática. Comprende campos tan aparentemente diferentes como son diseño de máquinas, teoría de control, Micro-electrónica, programación de ordenadores, inteligencia artificial, factores humanos y teoría de la producción. El sector de investigación y desarrollo está procediendo en todas estas áreas para mejorar la forma en que los robots trabajan y "*piensan*". Es probable que los esfuerzos de investigación den lugar a futuros robots que hagan que las máquinas actuales parezcan bastante primitivas. Los avances en tecnología ampliarán la gama de las aplicaciones industriales de los robots.

Los campos técnicos anteriormente citados son muy interdependientes en la manera en que se utilizan en Robótica. Para poder apreciar la tecnología de la robótica y su programación debe conocerse la forma en que los robots se aplican en la industria. Para comprender el empleo de sensores en Robótica hay que estar familiarizado con la forma en que se programan los robots. Para comprender el uso de un efector final debe conocerse que una función fundamental de un robot es manipular piezas y herramientas.

Para describir la tecnología de un robot, se tiene que definir una diversidad de características técnicas relativas a la forma en que está construido el robot, y a la manera en que opera. Los robots trabajan con sensores, herramientas y pinzas, y deberán definirse esos términos. La programación del robot, se realiza de varias formas. Los robots se utilizan para ejecutar trabajos en la industria, de diversa índole y aplicación.

La anatomía del robot se refiere a la construcción física del cuerpo, brazo y muñeca de la máquina. La mayoría de los robots utilizados en las fábricas actuales están montados sobre una base que está sujeta al suelo. El cuerpo está unido a la base y el conjunto del brazo está unido al cuerpo. Al final del brazo está la muñeca. La muñeca está constituida por varios componentes que le permiten orientarse en una diversidad de posiciones. Los movimientos relativos entre los diversos componentes del cuerpo, brazo y muñeca son proporcionados por una serie de articulaciones.

Estos movimientos de las articulaciones suelen implicar deslizamientos ó giros. El cuerpo, el brazo y el conjunto de la muñeca se denomina, a veces, el manipulador.

Unida a la muñeca del robot va una mano. El nombre técnico aplicado a la mano es "*efector final*". El efector final, no se considera como parte de la anatomía del robot.

Las articulaciones del cuerpo y del brazo del manipulador se emplean para situar el efector final y las articulaciones de la muñeca del manipulador se utilizan para orientar dicho efector final.

Los robots industriales están diseñados para realizar un trabajo productivo. El trabajo se realiza permitiendo que el robot desplace su cuerpo, brazo y muñeca mediante una serie de movimientos y posiciones. Unido a la muñeca está el efector final, que se utiliza por el robot para realizar una tarea específica. Los movimientos del robot pueden dividirse en dos categorías generales: Movimientos de brazo y cuerpo, y movimientos de la muñeca. Los movimientos de articulaciones individuales asociados con estas dos categorías se denomina, a veces, por el término "*grado de libertad*", y un robot típico industrial, está dotado de cuatro a seis grados de libertad.

Los movimientos del robot se realizan por medio de articulaciones accionadas. Tres articulaciones suelen estar asociadas con la acción del brazo y del cuerpo, y dos ó tres articulaciones se suelen emplear para accionar la muñeca.

Para la conexión de las diversas articulaciones del manipulador se emplean unos elementos rígidos denominados uniones. En cualquier cadena de unión-articulación-unión, se llama unión de entrada al eslabón que está más próximo a la base en la cadena. La unión de salida es la que se desplaza con respecto a la entrada. Las articulaciones utilizadas en el diseño de robots industriales, suelen implicar un movimiento relativo de las uniones contiguas, movimiento que es lineal ó rotacional. Las articulaciones lineales implican un movimiento deslizante ó de translación de las uniones de conexión. Este movimiento puede conseguirse de varias formas (por ejemplo, mediante un pistón, un mecanismo telescópico y el movimiento relativo a lo largo de un carril ó vía lineal).

Las articulaciones del brazo y del cuerpo están diseñadas para permitir al robot desplazar su efector final a una posición deseada dentro de los límites del tamaño del robot, y de los movimientos de las articulaciones. Para robots de configuración polar, cilíndrica ó de brazo articulado, los tres grados de libertad asociados con los movimientos del brazo y del cuerpo son:

1.- Transversal vertical.- Es la capacidad para desplazar la muñeca hacia arriba ó abajo para proporcionar la postura vertical deseada.

2.- Transversal radial.- Implica la extensión ó retracción (movimiento hacia adentro ó afuera) del brazo desde el centro vertical del robot.

3.- Transversal rotacional.- Es la rotación del brazo alrededor del eje vertical.

IV.4.1.- Cuatro Tipos de Controles de Robot.

Los robots industriales disponibles en el mercado pueden clasificarse en cuatro categorías, según sus sistemas de control. Las cuatro categorías son:

- 1.- Robot de Secuencia Limitada.
- 2.- Robots de Reproducción con Control Punto a Punto.
- 3.- Robot de Reproducción con Control Recorrido Continuo.
- 4.- Robots Inteligentes.

De las cuatro categorías, los robots de secuencia limitada representan el control de nivel más bajo, y los robots inteligentes el más complejo.

Los robots de secuencia limitada no utilizan servo-control para indicar las posiciones relativas de las articulaciones. En cambio, se controlan por el posicionamiento de los interruptores de fin de carrera y/o topes mecánicos para establecer los puntos finales de desplazamiento para cada una de sus articulaciones. El establecimiento de las posiciones y las secuencias de estos topes implica una puesta a punto mecánica del manipulador en lugar de una programación del robot en el sentido habitual del término. Con este método de control, las articulaciones individuales sólo pueden desplazarse a sus límites de desplazamientos extremos. Esto tiene el efecto de limitar severamente el número de puntos distintos que pueden especificarse en un programa para estos robots.

La secuencia en la que se reproduce el ciclo de movimiento se define mediante un conmutador paso a paso, una placa de clavijas "pegboard", ú otro dispositivo de secuenciamiento. Este dispositivo que constituye el controlador del robot, señala cada uno de los actuadores particulares para que operen en la sucesión adecuada. No suele existir ninguna realimentación asociada con un robot de secuencia limitada para indicar que se alcanzó la posición deseada. Cualquiera de estos tres sistemas de impulsión puede utilizarse con este tipo de sistema de control; sin embargo, la impulsión neumática parece ser el tipo utilizado con mayor frecuencia. Las aplicaciones para este tipo de robot suelen implicar movimientos simples, tales como operaciones de "coger y situar".

Los robots de reproducción utilizan una unidad de control más compleja, en la que una serie de posiciones ó movimientos son "enseñados" al robot, registrados en memoria y luego repetidos por el robot bajo su propio control. El término "reproducción" es descriptivo de este modo operativo general. El procedimiento de enseñar y registrar en memoria, se conoce como la programación del robot. Los robots de reproducción suelen tener alguna forma de servo-control para asegurar que las posiciones conseguidas por el robot son las posiciones que se le "enseñaron".

Los robots de reproducción pueden clasificarse en dos categorías: Robot punto a punto (PTP) y robot de trayectoria continua (CP). Los robots punto a punto son capaces de realizar ciclos de movimiento que consisten en una serie de localizaciones de puntos deseados y acciones afines. Al robot se le enseña cada punto, y estos puntos se registran en la unidad de control del robot. Durante la reproducción, el robot se controla para desplazarse desde un punto a otro en la secuencia adecuada. Los robots punto a punto, no controlan la trayectoria tomada por el robot para pasar de un punto al siguiente. Si el programador quiere ejercer una cantidad limitada de control sobre la trayectoria seguida, debe realizarlo mediante la programación de una serie de puntos a lo largo de la trayectoria deseada. El control de la secuencia de posiciones es bastante apropiado para muchas clases de aplicaciones, incluyendo las máquinas de carga y descarga, y la soldadura por puntos.

Los robots de trayectoria continua son capaces de realizar ciclos de movimiento, en los que se controla la trayectoria seguida por el robot. Esto suele realizarse efectuando el desplazamiento del robot a través de una serie de puntos próximos, que describen la trayectoria deseada.

Los puntos individuales se definen por la unidad de control y no por el programador. El movimiento en línea recta es una forma común de control de trayectoria continua para los robots industriales. El programador especifica el punto inicial y el punto final de la trayectoria, y la unidad de control calcula la secuencia de puntos individuales que permiten al robot seguir una trayectoria de línea recta. Algunos robots tienen capacidad para seguir una trayectoria curva suave, definida por un programador que desplaza manualmente el brazo a través del ciclo de movimiento deseado.

Para conseguir un control de trayectoria continua más allá de una extensión limitada se exige que la unidad de control sea capaz de almacenar un gran número de posiciones de puntos individuales que definan la trayectoria curva compuesta. Actualmente, esto implica el empleo de una computadora digital (se suele utilizar un Microprocesador como unidad central de proceso para la computadora) como unidad de control del robot. El control se requiere para algunos tipos de aplicaciones industriales, tales como revestimiento por pulverización y soldadura por arco.

Los robots inteligentes constituyen una clase cada vez más numerosa de los robots industriales, y capacidad no sólo para reproducir un ciclo de movimiento programado, sino para interaccionar con su entorno de una manera que parece inteligente. Invariablemente, el controlador consiste en una computadora digital ó dispositivo similar. Los robots inteligentes pueden modificar su ciclo programado en respuesta a las condiciones particulares que se produzcan en el lugar de trabajo. Pueden tomar decisiones lógicas basadas en los datos del sensor recibidos desde la operación. Los robots de esta clase tienen capacidad para comunicarse, durante el ciclo de trabajo, con los operadores humanos ó con sistemas basados en computadora.

Los robots inteligentes se suelen programar utilizando un lenguaje similar al inglés, y un lenguaje simbólico no muy diferente a un lenguaje de programación de computadora. En realidad, las clases de aplicaciones que se realizan por robots inteligentes se basan en el empleo de un lenguaje de alto nivel para realizar las actividades complejas que pueden ser ejecutadas por estos robots. Aplicaciones típicas de los robots inteligentes son las tareas de montaje y las operaciones de soldadura por arco.

IV.4.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición.

Una característica del robot que está relacionada con esta exposición, es el control coordinado de fuerza y posición. Dicho control del manipulador del robot se refiere al desplazamiento del extremo de la muñeca en respuesta a una fuerza ó torsión que se ejerza sobre él. Un valor alto de esta característica significa que la muñeca se desplaza en una gran magnitud como respuesta a una fuerza relativamente pequeña. A veces se utiliza el término "elástico" para describir un robot con un alto valor de esta característica. Si tiene un valor bajo significa que el manipulador es relativamente rígido y no se desplaza en una magnitud significativa.

El control coordinado de fuerza y posición del manipulador de un robot es una característica direccional. Es decir, ser mayor en determinadas direcciones que en otras, debido a la construcción mecánica del brazo.

Se trata de una característica importante puesto que reduce la precisión de movimiento del robot bajo carga. Si el robot está manipulando una carga pesada, el peso de la carga hará que se desvíe el brazo del robot. Si el robot está presionando una herramienta contra una pieza de trabajo, la fuerza de reacción de la pieza puede producir una desviación del manipulador. Si la programación del robot para la situación final en su efector ha sido hecha en condición de descarga, si la exactitud de la posición es importante para la aplicación, cuando trabaje en condición de carga puede ver degradado su rendimiento debido precisamente a esa característica.

CONCLUSIONES

A manera de conclusiones al presente trabajo de Tesis se pueden mencionar las siguientes:

1.- Se han definido de forma específica las características que tienen los Microprocesadores de 32 Bits; estas características corresponden a su Arquitectura, Modo de Direccionamiento, Teoría de Operación, Configuración Interna, Juego Básico de Instrucciones y su Aplicación a algunos tipos característicos de computadores. Este análisis está enfocado a los Microprocesadores 80386 y 80486. Teniendo en consideración que son de los más utilizados y actualizados que existen en el mercado de Microprocesadores.

Mención aparte correspondería al Microprocesador "*Pentium*", que por tener algunos errores de origen (en especial el error de dividir), hace que en aplicaciones muy especiales, pudiera tener errores inherentes que afectarían al sistema en el cual está instalado.

Otro Microprocesador importante es el "*P6*", el nuevo elemento de Intel que está por entrar al mercado, y que pretende sustituir al Microprocesador Pentium con sus errores de origen. De este procesador se tiene poca información (estamos hablando de Junio de 1998) , por lo que no se incluye en este trabajo de investigación y aplicación de los Microprocesadores de 32 Bits.

2.- La necesidad cada vez más presionante de aumentar la productividad y conseguir productos acabados de una calidad uniforme, está haciendo que la Industria gire cada vez hacia una automatización basada en Ordenadores. En el momento actual, la mayoría de las tareas de fabricación automatizada, se realizan mediante máquinas de uso especial diseñadas para realizar funciones predeterminadas en un proceso de manufacturación. La inflexibilidad y generalmente el alto costo de estas máquinas, a menudo llamadas "*Sistemas de Automatización Duros*", han llevado a un interés creciente en el uso de robots capaces de efectuar una variedad de funciones de fabricación en un entorno de trabajo más flexible y a un menor costo de producción, al utilizar los modernos métodos del control digital y los robots.

De lo anterior podemos concluir que, un robot industrial es un manipulador de uso general controlado por computadora que consiste en algunos elementos rígidos conectados en serie mediante articulaciones prismáticas ó de revolución. El final de la cadena está fijo a una base soporte, mientras el otro extremo est libre y equipado con una herramienta para manipular objetos ó realizar tareas de montaje. El movimiento de las articulaciones resulta en, ó produce, un movimiento relativo de los distintos elementos.

Mecánicamente, un robot se compone de un brazo y una muñeca más una herramienta. Se diseña para alcanzar una pieza de trabajo localizada dentro de su volumen de trabajo. El volumen de trabajo es la esfera de influencia de un robot cuyo brazo puede colocar el sub-montaje de la muñeca en cualquier punto dentro de la esfera. El brazo generalmente se puede mover con tres grados de libertad. La combinación de los movimientos posiciona a la muñeca sobre la pieza de trabajo. La muñeca normalmente consta de tres movimientos giratorios. La combinación de estos movimientos orienta a la pieza de acuerdo a la configuración del objeto para facilitar su recogida. Estos tres últimos movimientos se denominan elevación ("*pitch*"), desviación ("*yaw*"), y giro ("*roll*"). Por tanto, para un robot con seis articulaciones, el brazo es el mecanismo de posicionamiento, mientras que la muñeca es el mecanismo de orientación.

Muchos de los robots industriales, que están disponibles comercialmente, se utilizan ampliamente en tareas de fabricación y de ensamblaje, tales como manejo de material, soldaduras por arco y punto, montajes de piezas, pintura al "spray", carga y descarga de máquinas controladas numéricamente, exploraciones espaciales y submarinas, investigación de brazos protésicos y en el manejo de materiales peligrosos.

3.- Las áreas de aplicación de los Sistemas Expertos (SE) incluyen la diagnosis y prescripción médica; automatización del conocimiento médico; interpretación de datos químicos; síntesis biológicas y químicas; descubrimiento de minerales y petróleo; planificación y programación; ayudas de Estrategia Militar; localizaciones tácticas de blancos; Defensa Nacional; Control de Tráfico Aéreo; análisis de circuitos; diseños VSLI; ayudas para determinar los daños de una estructura; selección para la configuración de una computadora; entendimiento del habla; enseñanza asistida por computadora; acceso a conocimiento base y administración; planificación de procesos de programación y fabricación de Sistemas Expertos (SE).

Existen unas pequeñas limitaciones para el uso de Sistemas Expertos (SE) en última instancia. Sin embargo, la naturaleza de su diseño y construcción es cambiante. Se ponen de manifiesto algunas de las limitaciones de los sistemas basados en reglas: No todos los conocimientos se pueden estructurar como relaciones empíricas. Tales asociaciones tienden a ocultar las relaciones causales y tampoco adecuadas para estructuras y funciones muy complicadas. Los Sistemas Expertos (SE) más recientes contienen conocimientos sobre causalidad y la estructura. Estos sistemas prometen ser mucho más sólidos que los sistemas actuales, y pueden dar respuestas correctas lo suficientemente buenas para que se considere su uso en sistemas autónomos y no sólo como ayudantes inteligentes.

Otra modificación es la tendencia creciente hacia los sistemas que no están basados en reglas. Tales sistemas, que emplean redes semánticas, matrices y otras estructuras de representación de conocimiento, se adaptan generalmente mejor a un modelo causal. Dando al problema concreto una representación más adecuada del conocimiento, se tiende a simplificar el razonamiento requerido. Algunos sistemas expertos emplean la solución "*blackboard*", que combina partes basadas en reglas y no basadas en reglas que trabajan juntas para construir soluciones de manera incremental, de tal manera que cada segmento de programa contribuye con su propia experiencia particular.

ÍNDICE

<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
<u>JUSTIFICACIÓN</u>	5
<u>ANTECEDENTES AL TRABAJO</u>	8
<u>PLAN PROPUESTO</u>	12
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	14
<u>OBJETIVOS PARTICULARES</u>	15
<u>CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN</u>	16
I.1. Microprocesador (MP)	16
I.2. Unidad Lógico-Aritmética (ALU)	18
I.3. Memoria de Sólo Lectura (ROM)	19
I.4. Memoria de Acceso Aleatorio (RAM)	24
I.5. Dispositivos de Entrada/Salida (E/S)	26
I.6. Buses de Comunicaciones	27
I.7. Interfases de Comunicaciones (Serie/Paralelo).....	30
I.8. Protocolos de Comunicación	32
I.9. Métodos de Prueba para los Microprocesadores	35

I.9.1.- Método de "Autopueba"	35
I.9.2.- Método de Comparación	36
I.9.3.- Método Algorítmico en Tiempo Real	37
I.9.4.- Método de las Configuraciones Grabadas	38
I.9.5.- Método "LEAD"	39
I.10. Comparación entre el MP80383 y el MP80486	41

CAPÍTULO II.- MICROPROCESADORES DE 32 BITS:
FUNDAMENTOS, ARQUITECTURA E
INSTRUCCIONES

II.1. Introducción al Microprocesador MP80386	44
II.2. Arquitectura Interna del Microprocesador MP80386de Intel	48
II.3. Conexionado del Microprocesador MP80386	51
II.4. Repertorio de Instrucciones del Microprocesador MP80386 de Intel	60
II.5 Arquitectura del Microprocesador 80486	68
II.5.1.- Introducción al MP 80486	68
II.6.- Arquitectura Interna del MP 80486	72
II.7.- Registros Internos del MP 80486	79
II.8.- Juego de Instrucciones del MP 80486	80

CAPÍTULO III.- SISTEMAS EXPERTOS, INTELIGENCIA
ARTIFICIAL Y AUTÓMATAS
PROGRAMABLES 93

III.1.- Introducción	93
III.2.- Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos	96
III.3.- ¿Pueden las Computadoras Pensar?	103
III.4.- La Vida y el Pensamiento, Formas Particulares de Existencia de la Materia	109
III.5.- Los Modelos de los Procesos Vitales y la Fisiología del Cerebro	122
III.6.- ¿Es Posible Crear Artificialmente la Vida?	132

CAPÍTULO IV.- APLICACIONES AL CONTROL INDUSTRIAL
DE LOS AUTÓMATAS
PROGRAMABLES (PLC's) 147

IV.1. Introducción	147
IV.2. Estructura Externa	152
IV.3. Estructura ó Arquitectura Interna	154
IV.4. Robótica	161
IV.4.1. Cuatro Tipos de Controles de Robot	164
IV.4.2. Control Coordinado de Fuerza y Posición	168

BIBLIOGRAFÍA

"SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL".

Richard C. Dorf.

Edit. Adisson-Wesley Iberoamericana. 2º Edic.

"DIGITAL CONTROL OF DYNAMIC SYSTEMS".

Gene F. Franklin.

Edit. Adisson-Wesley. 2º Edic.

"ROBÓTICA INDUSTRIAL. TECNOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y APLICACIONES".

Mikell P. Groover.

Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

"ROBÓTICA. CONTROL, DETECCIÓN, VISIÓN E INTELIGENCIA".

R.C. González.

Edit. Mc Graw-Hill. 1º Edic.

"MANUAL DEL MICROPROCESADOR MP80386".

INTEL

México, 1985.

"MANUAL DEL MICROPROCESADOR MP80486".
INTEL México, 1992.

"ROBÓTICA".
Marvin Minsky.
Edit. Planeta. 1° Edic.

"INTERCONEXIÓN DE PERIFÉRICOS A MICROPROCESADORES".
Mompin.
Edit. Marcombó. 2° Edic.

"AUTÓMATAS PROGRAMABLES".
Alejandro Porras Criado.
Edit. Mc Graw-Hill. 1° Edic.

"PRINCIPIOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS".
David W. Rolston.
Edit. Mc Graw-Hill. 1° Edic.

"UTILIZACIÓN DE C EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL".
Herbert Schildt.
Edit. Mc Graw-Hill. 1° Edic.

"FUNDAMENTOS DE LOS MICROPROCESADORES".

Roger Tokheim.

Edit. Mc Graw-Hill.

2° Edic.

*"MICROPROCESADORES, PROGRAMACIÓN E
INTERCONEXIÓN".*

José María Uruñuela M.

Edit. Mc Graw-Hill.

2° Edic.