

6



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

"ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE MICROPROCESADORES DE 32 Y DE 64 BITS, COMO SON EL 80386, EL 80486 Y EL PENTIUM; APLICADOS EN COMPONENTES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS ESPECIFICOS DE CONTROL INDUSTRIAL Y ROBÓTICA"

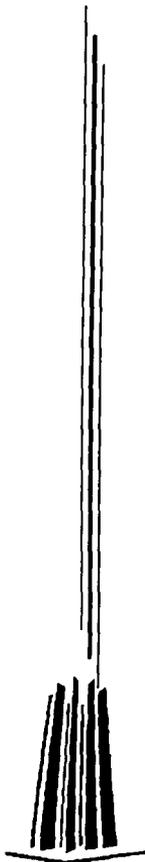
T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA ELECTRICA ELECTRONICA
P R E S E N T A :
RAUL AVILA RIVAS

ASESOR: ING. DAVID MOISÉS TERAN PEREZ

MÉXICO

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN





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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**RAÚL ÁVILA RIVAS
PRESENTE.**

En contestación a la solicitud de fecha 21 de septiembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. DAVID MOISÉS TERÁN PÉREZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado "ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE MICROPROCESADORES DE 32 Y DE 64 BITS, COMO SON EL 80386, EL 80486 Y EL PENTIUM; APLICADOS EN COMPONENTES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE CONTROL INDUSTRIAL Y ROBÓTICA", 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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 11 de octubre del 2001
LA DIRECTORA

L. Turcott
ARQ. LILIA TURCOTT GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica.
C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
C p Asesor de Tesis.

LTG/AIR/la.

X

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

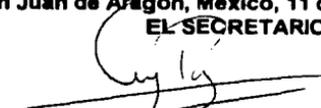
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 10 de enero del año en curso, por la que se comunica que el alumno RAÚL ÁVILA RIVAS, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "ANÁLISIS CUANTITATIVO Y CUALITATIVO DE MICROPROCESADORES DE 32 Y DE 64 BITS, COMO SON EL 80386, EL 80486 Y EL PENTIUM; APLICADOS EN COMPONENTES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS COMO SOLUCIÓN A PROBLEMAS ESPECÍFICOS DE CONTROL INDUSTRIAL Y ROBÓTICA", 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, 11 de enero del 2002
EL SECRETARIO


Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/RCC/vr



Dedico el presente trabajo a:

*Mi esposa, Laura Isabel,
Ya mis hijos,
Estela Isabel, Raúl Enrique, y David Ernesto
Ellos han sido mi fuerza para terminar.*

*A la señora Estela Vergara Lope de Sosa
Ya Ricardo Sosa, por su apoyo incondicional*

*A mi mamá, Isabel Rivas, que puso en mi la
semilla del trabajo y esfuerzo incansable para
llegar a ser alguien, y su esposo, señor Carlos
Caballero.*

*A la señorita Josefina Rosas Rocha, por
infundirme los principios fundamentales de
responsabilidad y trabajo, y darme todo tipo de
apoyo. Con todo mi cariño, reconocimiento y
gratitud.*

*A todos mis hermanos, que siempre han
compartido esfuerzos y me han apoyado y dado
ánimos para seguir adelante.*

*A mis amigos, ingenieros Jesús López, Manuel
Navarrete, Raúl Camacho y Héctor García
Ramírez, y sus familias, por compartir tiempos
buenos y malos, esperanzas y alegrías.*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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.

TESIS COM
FALLA DE ORIGEN

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 tratará 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 percepci3n y compresi3n de el Lenguaje Natural. Adem3s de estas actividades cotidianas, mucha gente realiza otras actividades "inteligentes" en las cuales es experta. Puesto que s3lo unas pocas personas son capaces de realizar estas cosas (tales como el diagn3stico de enfermedades), se consideran a menudo m3s difciles que las actividades m3s comunes. Pero se ha demostrado que varios de estos problemas pueden resolverse mediante programas usualmente llamados Sistemas Expertos (SE).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 imagen 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 Industrial; 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).

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.

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 y del MP PENTIUM.

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 Expertos (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.

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.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LOS MICROPROCESADORES DE 32 Y 64 BITS.¹

Este trabajo de tesis, se refiere a los sistemas basados en Microprocesadores, en la aplicación real de esos sistemas de control a la llamada Inteligencia Artificial y los Sistemas Expertos. Es decir, la solución de problemas con el uso de la Microelectrónica (como por ejemplo, la Nanotecnología), los Sistemas de Comunicaciones, los conceptos de la Psicología y los propiamente Biológicos. Es importante hacer mención de que para poder desarrollar este tipo de complejos sistemas, se requiere el conocimiento del concepto de "Inteligencia".

Un tema que en realidad no se conoce muy bien. *¿Por qué?* Quizá en parte porque nadie ha tenido la oportunidad de estudiar otros tipos de inteligencia aparte de la humana. *¿Por qué esto es importante?* Porque es muy difícil entender nada si no se tiene otras cosas con que compararlo.

Solamente cuando examinamos muchos ejemplos diferentes podemos empezar a distinguir los principios generales importantes y separarlos de la miríada de hechos interesantes, pero a menudo no importantes y accidentales, referentes a casos concretos. Los biólogos han descubierto casi todo lo que saben llevando a cabo estudios comparativos de varios tipos de animales, plantas, bacterias y virus.

También hemos podido aprender muchas cosas sobre nuestra cultura estudiando las de otras naciones, tribus y comunidades; y hemos aprendido muchas cosas sobre nuestro lenguaje comparándolo con los idiomas y literaturas de otros pueblos. Pero nunca hemos podido estudiar muy bien la *"Inteligencia Comparada"*, simplemente porque no hay otras especies animales cuya inteligencia sea realmente comparable con la nuestra.

Es cierto que podemos estudiar cómo piensan los niños, y esto nos ha enseñado muchas cosas sobre el funcionamiento de nuestras mentes; sin embargo, el joven humano se parece demasiado al adulto.

¹ Piaget, Jean. (1975). Psicología Humana. México: Trillas, p.p. 36-76.

Podemos estudiar a los chimpancés, que también se parecen mucho a nosotros, y podemos estudiar a los elefantes, delfines y perros, cuyas mentes son desde luego menos semejantes a las nuestras.

Pero no podemos aprender muchas cosas de ellos y menos todavía de otros animales, porque no tienen en grado suficiente lo que nosotros consideramos como "Inteligencia".

Por fin, tenemos la posibilidad de conocer mentes realmente extrañas. Nuestros primeros encuentros no tendrán lugar con inteligencias muy evolucionadas en otros planetas (nadie puede predecir cuándo sucederá esto). Ahora parece mucho más probable que nuestros primeros encuentros con mentes "Extrañas", se produzcan con las que nosotros mismos hemos construido; con nuestras propias máquinas de Inteligencia Artificial.

Y a juzgar por lo que han sido ahora sus antecesoras, podemos estar seguros de que serán tan distintas de nosotros que darán amplia materia al pensamiento comparado. El único problema es que no sabemos si pronto podremos trabar conocimiento con ellas, porque no sabemos qué hacer para que las máquinas sean inteligentes. *¿En qué consiste exactamente el problema?*

Según se ha comprobado, la mayoría de personas ajenas al campo de la Inteligencia Artificial está convencida de que saben lo que es: Creen que la IA tiene alguna relación con los misterios de la inspiración, la creatividad, la intuición, la originalidad y la emoción.

Sin embargo, si algo hemos aprendido en las investigaciones sobre IA, es que ésta no es la mejor manera de describir el problema. El problema de cuando se admiran los grandes éxitos de los mejores pensadores humanos, atletas y personajes semejantes; es que dejamos de lado las cosas maravillosas que todos nosotros hacemos cuando caminamos, hablamos, miramos, razonamos y planeamos. No es preciso iniciar las investigaciones sobre IA intentando escribir programas de ordenador que pinten grandes pinturas ó que escriban brillantes obras teatrales. En esta fase podemos aprender más intentando desarrollar programas que puedan distinguir con la vista un perro de un gato ó que puedan sostener una conversación sencilla. Cuando los investigadores de IA intentaron por primera vez que los Ordenadores reprodujeran las capacidades humanas, nos encontramos con una curiosa paradoja. No tuvo que pasar realmente mucho tiempo para que los ordenadores hicieran cosas como jugar ajedrez, demostrar teoremas que asombraban a los matemáticos y diseñar circuitos que los ingenieros tenían dificultad en imaginar. Estas máquinas, que no pasaban de ser ordenadores regulares con programas, eran muy impresionantes. Sus descendientes actuales se llaman Sistemas Expertos, y cada día se les descubren nuevas y útiles aplicaciones.

El problema es que todos están demasiado estrechamente especializados; sólo funcionan dentro de los contextos ó de los entornos para los cuales se diseñaron. Cuando intentamos utilizarlos para algo más, no muestran muchos indicios de tener un sentido común corriente. Pero, *¿por qué cuesta tanto dotar a las máquinas de sentido común?*

Para responder a la pregunta hay que definir de algún modo el sentido común. El sentido común debería significar literalmente: "Lo que todo el mundo sabe". Pero el sentido común está formado en su mayor parte por cosas que damos por sentadas, por cosas tan naturales y evidentes que nos cuesta ver lo que son, a pesar de que intervienen en casi todo lo que hacemos. Un rasgo del conocimiento basado en el sentido común es que si bien de entrada parece compuesto de reglas, cada una de éstas tiene tantas excepciones que no sirve de mucho saber sólo las reglas generales.

¿Cuál es, pues, la diferencia entre el funcionamiento de los Sistemas Expertos Informáticos y el funcionamiento del Sentido Común Humano? La diferencia consiste en la gama y variedad de los conocimientos que utiliza. El Sistema Experto consigue funcionar utilizando únicamente unas pocas variedades de un conocimiento muy especializado sobre su materia. Dentro de cada una de estas categorías de conocimiento el programa puede "saber" miles de hechos, pero esencialmente todos pertenecen al mismo tipo.

Sin embargo, el conocimiento que debe poseer una persona razonable para ir por el mundo ordinario no se parece en nada a esto; tenemos que conocer miles de cosas de tipo diferente. Así pues, hay mucha más complejidad en la manera de estar representadas las cosas en nuestras mentes que en los programas de ordenador. Y esto supone un serio problema porque trabajando de acuerdo con las líneas de nuestras teorías actuales de la Inteligencia Artificial, es difícil descubrir maneras adecuadas de representar cada tipo de conocimiento.

El problema puede ser relativamente sencillo, aunque haya enormes cantidades de datos, mientras podamos utilizar sistemas uniformes para representarlo en su totalidad. Los programadores de ordenador llaman a veces a estos sistemas "Estructuras de Datos". La dificultad con relación al sentido común es que necesitamos muchos tipos diferentes de estructuras así; y nadie conoce todavía ningún procedimiento sistemático para enlazarlas sin problemas.

Y sin estos enlaces, las máquinas no pueden llevar a cabo razonamientos ordinarios y razonables. No basta simplemente con programarlas con muchos hechos separados. También necesitamos buenos sistemas que permitan decidir qué hechos deben combinarse, y buenos sistemas para combinarlos.

¿Qué tamaño tienen nuestras redes de conocimientos humanos?

Nadie lo sabe con certeza, pero se supone que se necesitaría más de un millón de bits enlazados de conocimiento y menos de mil millones para igualar la mente de cualquier sabio. (Mil millones de segundos equivalen a treinta años, y la psicología no ha descubierto ningún sistema para que una persona aprenda algo nuevo cada segundo durante un período prolongado de tiempo). En todo caso comprender la manera de fabricar máquinas que puedan construir en su interior estas redes, parece el problema de investigación más excitante de la época actual.

Sería un error intentar estudiar el razonamiento de sentido común sin estudiar también el proceso de aprendizaje. Un motivo para ello es de orden práctico. Aunque entendamos cómo hacerlo, continuará siendo una tarea enorme programar en una máquina todos los conocimientos que debe poseer una persona razonable. Para vivir en el mundo ordinario cada uno de nosotros debe reconocer y utilizar diez mil tipos diferentes de conceptos.

De modo semejante, para participar en convenciones cotidianas sabemos varios significados de un número comparable de palabras. Intentar programar esto sería más fácil y mejor programar nuestras máquinas para que adquieran ellas mismas estos conocimientos: Mirando lo que pasa, manteniendo conversaciones con gente informada, formulando preguntas y llevando a cabo experimentos, leyendo libros y haciendo todo lo que hacen las personas para educarse. Las personas necesitamos tiempo, desde luego, para aprender. Una persona puede convertirse en unos pocos años en un buen ajedrecista ó matemático, pero un niño necesita todavía más tiempo para convertirse en un adolescente competente.

Sin embargo, cuando descubramos un conjunto adecuado de principios para este proceso no hay motivos que impidan a los ordenadores inteligentes aprender con mucha mayor rapidez que nosotros. Hay otra razón para que las máquinas deban tener la capacidad de aprender si realmente han de ser inteligentes. Esta razón es que el conocimiento no es una cosa estática. Cuando resolvemos un problema difícil, siempre entra en juego algún aprendizaje, por lo menos en una escala temporal breve.

Es cierto que normalmente concebimos los conocimientos y la memoria como sistemas para almacenar pensamientos con vistas a su uso futuro. Pero durante la solución de cualquier problema complicado necesitamos también seguir la pista de lo que ha sucedido recientemente, para poder cambiar nuestras estrategias y salvar los obstáculos que encontramos.

Esto obliga a la mente a tener anotado lo que ha estado haciendo; sin estas notas volveríamos continuamente al principio de cada tarea y repetiríamos sin éxito el proceso una y otra vez. Además, aunque normalmente creemos que el aprendizaje y la memoria son relativamente pasivos en el sentido de que se limitan a tomar nota de lo que sucede, consideremos el proceso que sigue a la resolución de un difícil problema:

Si queremos aprender de la experiencia vivida, una parte de nuestra mente ha de disponer de sistemas para decidir qué debe recordar; ha de saber cómo formular hipótesis y juicios sobre los rasgos de la situación actual que podrán aplicarse probablemente a momentos posteriores.

¿Cómo funciona el aprendizaje humano? Sería maravilloso si pudiéramos buscar las respuestas en la psicología y en las ciencias del cerebro. Pero en realidad estas ciencias saben todavía bien poco sobre los mecanismos del aprendizaje y la memoria. Ya se ha dicho que nuestros mejores métodos son los basados en los estudios comparativos, como hizo el gran psicólogo suizo Jean Piaget al investigar el pensamiento de los niños.

Como demostró en sus investigaciones, los niños tienen diferentes maneras de pensar en estadios distintos de su desarrollo y podemos aprender muchas cosas sobre cómo desarrollamos el sentido común comparando estos diferentes estadios. Por ejemplo, parece que algunas habilidades no aparecen nunca por sí solas antes que otras; esto sugiere que las habilidades posteriores se basan de algún modo concreto en las anteriores. Si miráramos sólo a los adultos y no dispusiéramos de estos estudios no descubriríamos nunca estas dependencias internas.

Jean Piaget hizo muchas observaciones sobre la naturaleza de los diferentes tipos de pensamiento; algunas no se habían observado nunca, mientras que otras se habían dado siempre por sentadas y se suponía que estaban presentes desde el nacimiento sin sospechar que pudieran desarrollarse a través de la primera y segunda infancia. Los científicos que trabajan en Inteligencia Artificial, están aprendiendo más rápidamente incluso que los psicólogos la representación que adopta el conocimiento en los Sistemas Inteligentes: Ordenadores y cerebros.

Sin embargo, todavía queda mucho por aprender de la Biología, especialmente de la del cerebro; por ejemplo, sobre el almacenamiento del conocimiento en nuestros cerebros. *¿Son los bancos de memoria como compartimientos del refrigerador, donde el tiempo se ha detenido ó interacciona lentamente su contenido?*

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

¿Cuánto tiempo se conservan los recuerdos? ¿Envejecen algunos y mueren? ¿Se debilitan y se desvanecen ó se pierden simplemente, y no se encuentran ya más?

Sabemos bastantes cosas sobre el tema; por ejemplo, parece ser que los recuerdos raramente se hacen permanentes si no se permite a sus precursores persistir durante una hora ó menos. Sin embargo, nadie conoce muchas cosas sobre la naturaleza de la maquinaria ó del proceso que convierte recuerdos de corto plazo en otros de largo plazo. Pero sabemos bastantes cosas sobre la velocidad de tales procesos. Sabemos que al parecer la velocidad con que se fijan los recuerdos no varía mucho entre personas distintas.

¿Qué significa para nosotros la "Inteligencia"? No da nunca buen resultado intentar formular definiciones estrechas para cosas que todavía no comprendemos muy bien, por lo tanto limitémonos a decir; que la Inteligencia es la capacidad para resolver problemas que según la gente, exigen Inteligencia.

Podemos preguntar entonces: Si la Inteligencia es una cosa sencilla *¿no podría haber muchos Sistemas Inteligentes para que los cerebros ó las máquinas piensen?* Desde luego nadie conoce aún la respuesta, pero sería ciertamente sorprendente que hubiera un sólo sistema. De hecho algunos especialistas en Inteligencia Artificial confían en adoptar algunos métodos de la lógica y de las matemáticas, métodos en los que todo puede deducirse de unos cuantos principios básicos. Estas teorías buscan métodos muy limpios y lógicos para fabricar máquinas pensantes.

Otros investigadores no creen que esto funcione. Dicen que es imposible descubrir tales sistemas de lógica. En cambio creen que si queremos fabricar máquinas que puedan tener buenas ideas debemos proporcionarles la capacidad de utilizar analogías vagas y aproximadas. Estas máquinas no se diseñarían alrededor de un número muy reducido de principios siempre aplicables, sino que acumularían una cantidad grande, y al final enorme, de conexiones entre observaciones y experiencias.

Estas máquinas de analogía se irían haciendo luego cada vez más capaces de intuir qué situaciones vividas en el pasado son más semejantes a las nuevas, y tratarlas así de modo efectivo. Pero *¿cómo podrá decidir una máquina así qué cosas son "Semejantes"?*

Cuando uno empieza a pensar en este sistema para construir inteligencia utilizando el "Pensamiento por Analogía", descubre que es de por sí un problema considerable.

Quizá esto explique que tantos investigadores de Inteligencia Artificial están fascinados con el problema de hacer que las máquinas "Vean". Porque nuestra manera de pensar depende mucho de lo que aprendemos a ver como semejante.

¿Qué colores creemos que se parecen más? ¿Qué formas, qué olores y gustos, qué timbres y tonos, qué olores, qué sentimientos y sensaciones son semejantes?

Estos juicios tienen un gran efecto sobre todas las fases del crecimiento mental, pues lo que aprendemos depende de cómo clasificamos. Un niño que clasifica el fuego únicamente por el color de las llamas podría acabar asustándose de todo lo que tuviera color anaranjado.

Entonces nos quejamos de que el niño ha "Generalizado" demasiado. Pero si el niño clasificara cada llama por rasgos diminutos que nunca se repiten se quemaría muy a menudo y nos quejamos de que no ha generalizado lo suficiente. Este problema de la similitud es tan importante que como verá el lector, los problemas de reconocimiento y la clasificación visuales, se han convertido en todo un campo de investigación. En la vida cotidiana damos por sentada nuestra capacidad de reconocer las cosas y nunca somos conscientes de lo realmente complicado que es el acto de "Ver".

¿No es la visión un simple accesorio "Periférico"? Al fin y al cabo los ciegos pueden ser tan inteligentes como quienes podemos ver. Sin embargo, hay buenos motivos para centrarse en la visión dentro de la Inteligencia Artificial. Un motivo obvio es que la visión será muy útil para los robots. No sólo porque cuanto mejor "Vea" un robot más fácil le será hacer las cosas.

La visión será útil también porque nos permitirá mostrar, es decir, enseñar a nuestros robots lo que deben hacer. Esto es importante; quien haya tratado con ordenadores sabe lo difícil que es "Decirles" cosas. Será mucho más fácil en el futuro cuando podamos hacer demostraciones con ejemplos. (Si lo pensamos bien, lo mismo es válido en nuestro propio caso).

Pero dejando de lado los aspectos prácticos, las investigaciones sobre la visión han resultado importantes en las investigaciones más básicas sobre las teorías de la inteligencia. Quizá nuestra capacidad general para pensar tan bien haya evolucionado a partir de la capacidad de nuestros antepasados para ver tan bien. Esto plantea la posibilidad de otro enfoque en la creación de máquinas inteligentes: Copiar la psicología humana. Éste es el enfoque favorito de muchos científicos.

El único problema, como ya se ha mencionado, es que todavía no sabemos muchas cosas sobre psicología. Sin embargo, puesto que somos los únicos seres pensantes que llevan a cabo las cosas inteligentes que esperamos que hagan nuestros ordenadores, vale la pena que nos pongamos como ejemplo. Ahora, desde el punto de vista médico, usaremos la tecnología molecular para conseguir salud porque el cuerpo humano está hecho de moléculas.

Los enfermos, los viejos y los heridos, todos sufren de patrones desajustados de átomos, ya sea que hayan sido desajustados por virus invasores, el transcurrir del tiempo ó autos con movimientos bruscos. Mecanismos capaces de reordenar átomos estarán disponibles para corregir esta situación. La Nanotecnología producirá avances fundamentales en medicina.

En la actualidad, los médicos se apoyan, principalmente, en la cirugía y los fármacos para tratar enfermedades. Los cirujanos han avanzado de coser heridas y amputar miembros, a reparar corazones y reimplantar miembros. Usando microscopios y herramientas de precisión, unen delicados vasos sanguíneos y nervios. Pero ni siquiera el mejor microcirujano puede cortar y coser las estructuras tisulares más finas. Los escalpelos y suturas modernos son, simplemente, demasiado toscos para reparar capilares, células y moléculas.

Considérese una cirugía "*Delicada*" desde la perspectiva de las células: Una hoja inmensa cae, cortando ciegamente la maquinaria molecular de una multitud de células matando a miles. Más tarde, un gran obelisco atraviesa la multitud dividida, arrastrando un cable tan grueso como un tren de carga, para volverla a juntar. Desde la perspectiva de las células, aún la cirugía más delicada, realizada con exquisitos cuchillos y gran habilidad, es todavía un trabajo de carnicero. Sólo la capacidad de las células para abandonar sus muertos, reagruparse y multiplicarse hace posible la curación. Pero, como saben demasiado bien muchas víctimas de accidentes que quedan paráliticas; no todos los tejidos se curan.

Las terapias mediante fármacos, a diferencia de la cirugía, tratan con las estructuras más finas de las células. Las moléculas de los fármacos son simples mecanismos moleculares. Muchos afectan moléculas específicas de las células. Las moléculas de morfina; por ejemplo, se ligan a ciertas moléculas receptoras en las células cerebrales, afectando los impulsos neuronales que señalan el dolor. La insulina, los betabloqueantes y otros fármacos se ligan a otros receptores. Pero las moléculas de los medicamentos trabajan sin una dirección definida. Una vez arrojadas dentro del cuerpo, tropiezan y chocan con otras moléculas de una forma aleatoria hasta que lo hacen contra una molécula blanco, se adhieren a ella y afectan así su función.

Los cirujanos pueden ver problemas y planificar acciones, pero manejan herramientas toscas; las moléculas de los fármacos afectan los tejidos en el nivel molecular, pero son demasiado simples como para sentir, planificar y actuar. Pero las máquinas moleculares, dirigidas por nano-ordenadores, ofrecerán a los médicos una nueva alternativa.

Combinarán sensores, programas y herramientas moleculares, formando sistemas capaces de examinar y reparar los componentes últimos de las células individuales. Llevarán el control quirúrgico al dominio molecular.

Estos mecanismos moleculares avanzados tardarán años en llegar; pero los investigadores, motivados por las necesidades médicas, ya estudian las máquinas y la Ingeniería Molecular. Los mejores fármacos afectan las máquinas moleculares de modos específicos. La penicilina por ejemplo, mata ciertas bacterias trabajando la nanomaquinaria que usan para construir sus paredes celulares, pero tienen poco efecto sobre las células humanas.

Los Bioquímicos estudian las máquinas moleculares para aprender cómo construir las y cómo destruirlas. En todo el mundo, (y especialmente en el llamado "Tercer Mundo"), una desagradable variedad de virus, bacterias, protozoos, hongos y gusanos parasitan la carne humana. Como la penicilina; los fármacos seguros y efectivos para estas enfermedades trabajarían la maquinaria molecular del parásito, pero dejarían intacta la maquinaria molecular humana. El doctor Seymour Cohen, profesor de ciencia farmacológica en SUNY (Stony Brook, Nueva York), argumenta que los Bioquímicos deberían estudiar sistemáticamente la maquinaria molecular de estos parásitos.

Una vez que los Bioquímicos hayan determinado la forma y función de una máquina proteica vital, entonces podrán diseñar una molécula para bloquearla, y así destruir al parásito. Estos fármacos podrían liberar a la humanidad de antiguos horrores, tal como la esquistosomiasis y la lepra; y de otros nuevos como el SIDA.

Las necesidades médicas harán adelantar este trabajo, de real investigación, estimulando a los científicos a dar nuevos pasos hacia el diseño de proteínas y la Ingeniería Molecular. Las presiones médicas, militares y económicas, todas empujan en la misma dirección. Aún antes del surgimiento de los ensambladores, la tecnología molecular traerá aparejados avances impresionantes en medicina; las tendencias en Biotecnología así lo garantizan.

Sin embargo, estos avances serán por lo general, graduales y difíciles de predecir; cada uno explotará algún detalle de la Bioquímica. Más tarde, cuando apliquemos ensambladores y sistemas de Inteligencia Artificial Técnica a la medicina, obtendremos capacidades más amplias que son fáciles de prever. Para comprender estas posibilidades, considérense las células y sus mecanismos de autorreparación.

En las células del cuerpo, la radiación natural y las sustancias químicas nocivas dividen las moléculas produciendo fragmentos moleculares reactivos. Estos pueden enlazarse erróneamente con otras moléculas, en un proceso llamado "Entrecruzamiento".

Si las células no pudieran repararse a sí mismas, el daño rápidamente las mataría ó haría que funcionasen mal, al alterar sus sistemas de control. Pero la evolución ha favorecido organismos con maquinaria capaz de hacer algo con este problema. El sistema fabril autorreplicador se repara así mismo, reemplazando las partes dañadas; las células hacen lo mismo. Siempre que el ADN de una célula se mantenga intacto, podrá hacer cintas libres de errores, que dirigirán a los Ribosomas para ensamblar nuevas máquinas de proteína.

Desafortunadamente para nosotros los humanos, el propio ADN se daña, dando lugar a mutaciones. Los enzimas de reparación compensan un tanto, al detectar y reparar ciertos tipos de alteraciones del ADN. Estas reparaciones ayudan a las células a sobrevivir, pero los mecanismos de reparación existentes son demasiado simples como para corregir todos los problemas, ya sea en el ADN o bien en cualquier otro lugar. Los errores se acumulan, contribuyendo al envejecimiento y muerte de las células y las personas.

Las células obedecen las mismas leyes naturales que rigen el resto del mundo. Las máquinas de proteína, en el entorno molecular apropiado, funcionarán tanto si están en una célula funcional como si el resto de la célula ha sido destruido algunos días antes. Las máquinas moleculares no saben nada de "Vida" y "Muerte".

Los Biólogos - cuando les interesa - definen a veces la vida como la capacidad de crecer, reproducirse y responder a los estímulos. Pero, según este criterio, un sistema de fábricas replicantes podría calificarse como vivientes, mientras que una Inteligencia Artificial consciente, modelizada sobre el cerebro humano, podría no serlo. La interrogante es los virus están vivos ó son "Meramente" máquinas moleculares extravagantes.

Ningún experimento podrá responder a esta pregunta, porque la naturaleza no traza ninguna línea divisoria entre los vivientes y los no vivientes.

Los Biólogos que trabajan con virus hacen, en cambio, una pregunta acerca de su viabilidad: Funcionará este virus si se le da la oportunidad. Los rótulos de "Vida" y "Muerte" en la medicina dependen de las posibilidades médicas: Los médicos preguntan: Funcionará este paciente, si hacemos lo más que podemos. En una época los médicos declaraban muertos a sus pacientes cuando el corazón se detenía; ahora, declaran muerto a un paciente cuando abandonan la esperanza de restaurar la actividad cerebral. Los avances de la medicina cardíaca cambiaron una vez la definición; los avances en la medicina cerebral la cambiarán nuevamente.

Así como algunas personas se sienten incómodas con la idea de máquinas que piensan, algunos se sienten incómodos con la idea de que sean las máquinas las que subyacen a nuestro propio pensamiento. La palabra "Máquina", nuevamente, parece conjurar una imagen equivocada, una imagen de metal tosco y rechinante, en lugar de señales transmitidas a través de una malla cambiante de fibras neuronales, a través de un tapiz viviente más intrincado de lo que la mente que corporiza puede llegar a comprender. Las máquinas verdaderamente mecanicistas del cerebro son de tamaño molecular, más pequeñas que las fibras más delgadas.

El todo no necesariamente debe ser similar a sus partes. Un bulto sólido se parece poco a una fuente de agua, pero una colección de moléculas abultadas y sólidas forman agua fluida. De un modo similar, miles de millones de máquinas moleculares forman fibras y sinapsis moleculares, miles de fibras y sinapsis forman una neurona, miles de millones de neuronas forman un cerebro, y el propio cerebro corporiza la fluidez del pensamiento.

Decir que la mente es "Sólo Máquinas Moleculares" es como decir que la Mona Lisa es "sólo trazos de pintura". Semejantes aseveraciones confunden las partes con el todo y confunden la materia con el patrón que corporiza. No somos menos humanos por estar hechos de moléculas.

Las aplicaciones médicas más simples de las Nanomáquinas involucrarán no la reparación, sino la destrucción selectiva. Los cánceres proveen un ejemplo; las enfermedades infecciosas, otro. La meta es simple: Sólo se necesita reconocer y destruir los replicadores peligrosos, sean bacterias, células cancerosas, virus ó gusanos. De modo similar, los crecimientos anormales y los depósitos en paredes arteriales causan muchas enfermedades del corazón; las máquinas que reconocen, descomponen y disponen de ellos, limpiarán las arterias y permitirán un flujo sanguíneo más normal. La destrucción selectiva también curará enfermedades como el herpes, en la que un virus empalma sus genes con el ADN de la célula anfitriona. Un mecanismo de reparación entrará en la célula, leerá su ADN y eliminará el agregado que lee como "herpes".

Reparar moléculas dañadas por entrecruzamiento también será bastante simple. Una máquina de reparación celular primero la identificará examinando secuencias cortas de Aminoácidos y luego buscará su estructura correcta en una base de datos. La máquina compara entonces la proteína con este modelo, un Aminoácido por vez. Como un corrector buscando errores ortográficos y caracteres extraños, encontrará cualquier Aminoácido cambiado ó entrecruzado impropio. Corrigiendo estas fallas, obtendrá una proteína normal, lista para hacer el trabajo de la célula.

Las máquinas de reparación también ayudarán en la curación. Después de un ataque al corazón, el tejido cicatrizado reemplaza al músculo muerto. Las máquinas de reparación estimularán al corazón para que haga crecer músculo nuevo mediante el reajuste de los mecanismos de control celular. Al eliminar el tejido cicatrizado y dirigir un nuevo crecimiento, estarán dirigiendo la curación del corazón.

Esta lista podría continuar, enumerando un problema tras otro (por ejemplo, envenenamiento con metales pesados. Encontrar y eliminar los átomos de metal), pero la conclusión es fácil de resumir. Los desórdenes físicos surgen de átomos mal ordenados; las máquinas de reparación podrán ponerlos de nuevo en su sitio, devolviéndole al cuerpo su salud. En lugar de compilar una lista sin fin de enfermedades curables (desde la artritis, bursitis, cáncer y dengue hasta la fiebre amarilla, la fiebre del zinc, etcétera); tiene sentido buscar los límites de lo que las máquinas de reparación celular pueden hacer. Los límites existen.

Considérese la apoplejía, como ejemplo de un problema que daña al cerebro. La prevención sería simple: *¿Un vaso sanguíneo en el cerebro está debilitándose, está protuberante y pronto a estallar?* Entonces, póngaselo de nuevo en forma y guíese el crecimiento de fibras de refuerzo. *¿Un coágulo anormal amenaza con bloquear la circulación?* Entonces, disuélvanse los coágulos y normalícese la sangre y el revestimiento interior del vaso sanguíneo, para impedir su recurrencia.

Un daño neuronal moderado, como secuela de una apoplejía, también será reparable: Si la circulación reducida ha dificultado la función, pero ha dejado estructuras celulares intactas, entonces restáurese la circulación y repárense las células, usando sus estructuras como guía en la restauración del tejido a su estado previo. Esto no sólo restaurará la función de cada célula, sino también preservará los recuerdos y habilidades incorporados en los patrones neuronales de esa parte del cerebro. Las máquinas de reparación podrán regenerar el tejido cerebral aún cuando el daño haya borrado estos patrones. Pero el paciente perdería viejos recuerdos y habilidades en la medida en que residiesen en esa parte del cerebro.

Si patrones neuronales únicos son verdaderamente eliminados, entonces las máquinas de reparación celular no podrán hacer más que restaurarlas que lo que los restauradores artísticos podrían hacer con un tapiz a partir de ceniza revuelta. La pérdida de información por la eliminación de estructura impone el límite más importante y fundamental en la reparación de tejidos.

Otras tareas están más allá de las máquinas de reparación celular por diferentes razones: Mantener la salud mental, por ejemplo. Las máquinas de reparación celular podrán corregir algunos problemas, por supuesto. El pensamiento perturbado tiene, a veces, causas Bioquímicas, como si el cerebro estuviera drogándose ó envenenándose a sí mismo; otros problemas surgen de tejidos dañados. Pero muchos problemas tienen poco que ver con la salud de las neuronas y todo que ver con la salud de la mente.

Una mente y su tejido son como una novela y el papel del libro que la sustenta. Tinta derramada ó daño por inundación pueden dañar el libro, haciendo que la novela sea difícil de leer. Las máquinas de reparación de libros podrían, de todos modos, restaurar la "Salud" física eliminando la tinta extraña ó secando y reparando las fibras de papel dañadas. Estos tratamientos no harían nada por el contenido del libro; sin embargo, el cual en un sentido real, es no físico.

Si el libro fuese un romance barato con una trama insulsa y personajes huecos, se necesitarían reparaciones, pero no sobre la tinta y el papel, sino sobre la novela.

Esto requeriría no reparaciones físicas, sino mucho más trabajo por parte del autor y quizás asesoramiento. De modo similar la eliminación de venenos del cerebro y la reparación de sus fibras nerviosas pueden atenuar algunas nieblas mentales, pero no revisarán el contenido de la mente. Este puede ser cambiado por el paciente, con esfuerzo; todos somos autores de nuestras mentes. Pero, como las mentes se cambian a sí mismas cambiando sus cerebros, tener un cerebro saludable ayudará a un pensamiento correcto más de lo que el papel de calidad ayuda a una escritura correcta.

Dentro del terreno de la cirugía, las personas han soñado durante mucho tiempo con descubrir una droga que interfiera con el metabolismo de todo el cuerpo, una droga capaz de interrumpir completamente el metabolismo por horas, días ó años. El resultado sería una condición de "Biostasis" (de bio, que significa vida, y stasis, que significa paro ó estado estable). Un método para producir una Biostasis reversible podría ayudar a los astronautas en largos viajes espaciales, para ahorrar alimento y evitar el aburrimiento ó podría servir como una especie de viaje en el tiempo en un sólo sentido.

En medicina, la Biostasis podría proveer anestesia profunda que daría a los médicos más tiempo para trabajar. Cuando las emergencias ocurran lejos de la ayuda médica, un buen procedimiento de Biostasis proveería una especie de tratamiento universal de primeros auxilios; estabilizaría la condición del paciente e impediría que las máquinas moleculares funcionasen enloquecidamente y dañasen los tejidos.

Pero nadie ha descubierto una droga capaz de detener todo el metabolismo, al modo en que los anestésicos detienen la conciencia; esto es, de un modo que pueda ser revertido simplemente al eliminar la droga de los tejidos del paciente. Sin embargo, la Biostasis reversible será posible cuando las máquinas de reparación estén disponibles.

Para ver cómo un enfoque así podría funcionar; imaginemos que el flujo sanguíneo transporta mecanismos moleculares simples a los tejidos y que éstos penetran en las células. Allí bloquean la maquinaria molecular del metabolismo (en el cerebro y en cualquier otro lado) y ligan las estructuras con entrecruzamientos estabilizantes.

Otros mecanismos moleculares entran después, desplazando el agua y rodeando sólidamente las moléculas de la célula. Estos pasos detienen el metabolismo y preservan las estructuras celulares. Como también se usarán máquinas de reparación celular para invertir este proceso, pueden ocurrir daños moleculares moderados que, sin embargo, no provocarán un daño duradero. Con el metabolismo detenido y las estructuras celulares mantenidas firmemente en su lugar, el paciente reposará tranquilamente, sin sueños y sin cambios, hasta que las máquinas de reparación restauren la vida activa.

Sin un paciente en esta condición fuese derivado a un médico en la actualidad, ignorante de las capacidades de las máquinas de reparación celular, las consecuencias probablemente serían nefastas. No viendo signos de vida, el médico concluiría que el paciente está muerto y luego haría de este juicio una realidad "Prescribiendo" una autopsia, seguida por entierro ó cremación.

Pero nuestro paciente utópico e imaginario vive en una era en la que la Biostasis es conocida como solamente una interrupción de la vida, no su terminación. Cuando el contrato del paciente dice: "¡Despiértenme!" (o las reparaciones ya están completas ó el vuelo estelar ha terminado), el médico comienza la resucitación.

Las máquinas de restauración entran en los tejidos del paciente, eliminando el empaquetamiento de las moléculas y reemplazándolo por agua. Luego eliminan las entrecruzamientos, reparan cualquier molécula y estructura dañada y restauran las concentraciones normales de sales, azúcar en la sangre, ATP, etcétera.

Finalmente, desbloquean la maquinaria metabólica. Los procesos metabólicos interrumpidos recomienzan, el paciente bosteza, se estira, se sienta, da las gracias al doctor, mira la fecha y sale caminando por la puerta.

La reversibilidad de la Biostasis y la irreversibilidad del daño cerebral severo ayudan a mostrar cómo las máquinas de reparación celular transformarán la medicina. Hoy en día, los médicos sólo pueden esperar que los tejidos se curen a sí mismos. Por eso, deben tratar de preservar la función del tejido. Si los tejidos no pueden funcionar, no pueden curarse. Peor aún, a menos que sean preservados, seguirá el deterioro, destruyendo finalmente la estructura. Es como si las herramientas de un mecánico fueran capaces sólo de funcionar sobre un motor en marcha.

CAPÍTULO II.

ARQUITECTURA INTERNA DE LOS MICROPROCESADORES 80386, 80486 Y PENTIUM.

II.1.- Introducción.

¿Qué es un Microprocesador?, un Microprocesador (μP) es un circuito integrado que realiza las funciones de una computadora digital. Cuando los datos se traducen en un lenguaje que el Microprocesador puede entender, los resultados se conocen como palabras de datos. Estas palabras de datos por lo general se conocen simplemente como palabras. La medida real de la capacidad del Microprocesador es entonces la longitud de las palabras de datos con las cuales opera y el número de éstas que la memoria del Microprocesador puede almacenar. Para facilitar su manejo en el almacenamiento las palabras de datos contenidas en cualquier Microprocesador tienen todas la misma longitud. La longitud se mide por el número de bits que constituyen la palabra.²

Un bit, es un dígito binario, las palabras comunes del Microprocesador constan de 4, 8, 16 ó 32 bits. La palabra de 8 bits fue la más común y se la llamó byte. Los circuitos del Microprocesador son binarios y por lo tanto sólo hay dos posibles posiciones ó condiciones en las cuales puede existir cualquier circuito de un Microprocesador. (ON= encendido, y OFF= apagado), cada bit puede estar en ON ó en OFF y se conocen como uno-lógico y cero-lógico. El Número total de combinaciones posibles en una palabra binaria de longitud n es 2^n donde n es el número de bits que tiene la palabra. La capacidad del Microprocesador, es decir la longitud de su palabra característica, se refleja asimismo en su capacidad de memoria.

El Sistema Microprocesador consta de tres partes, éstas son: la CPU, la Memoria y la Entrada y Salida (I/O). Un Microprocesador siempre contiene la CPU. Los circuitos I/O son los dispositivos que permiten a la Microcomputadora comunicarse con el mundo exterior.

² Tokheim, T. (1998). Fundamentos de los Microprocesadores. México: Mc Graw-Hill, p. 5.

En la actualidad este último tipo de Microprocesador se conoce como "Microcomputador en una Pastilla".

Así como el sistema de memoria debe recibir una dirección antes de que los datos puedan ser transferidos hacia ésta o desde ella, lo mismo debe hacer un dispositivo de I/O. Normalmente hay más de un dispositivo de entrada o salida en un sistema Microprocesador. La CPU debe decidir a qué dispositivo de I/O desea que se transfieran los datos o bien de cuál se deben recibir, indica a que dispositivo desea transferir los datos direccionándolo.

Se explica el retiro de palabras de instrucción de la memoria y la transferencia de palabras de datos hacia la memoria y a partir de éstas lo cual significa que no existe diferencia alguna entre palabras de datos y de instrucción, y que éstas pueden localizarse en cualquier dirección de la memoria. Cuando se ejecuta un programa en particular, el programador debe reservar ciertas áreas de la memoria, para el almacenamiento del programa mientras que otras áreas se pueden reservar para el almacenamiento de datos. Estas tareas pueden variar para un programa distinto si el programador así lo desea. El único requisito es que las palabras de instrucción que constituyen el programa de la computadora deben ser almacenadas en la secuencia en que se vayan a utilizar.

La información de datos y direcciones se debe comunicar entre la CPU, la Memoria y los Dispositivos I/O.

En muchos Sistemas Microprocesadores esto se lleva a cabo en circuitos eléctricos que actúan como "viaductos" de datos y direcciones. Se pueden agregar otras conexiones de I/O (llamadas Puertos) al ducto de la Microcomputadora de manera que el Sistema de Microcomputadora pueda comunicarse con otros dispositivos I/O tales como impresoras, terminales de vídeo (VDT), Modems, etcétera.

*Un Microprocesador es la CPU de una pequeña Computadora Digital llamada Microcomputadora. La diferencia entre las Microcomputadoras y las Minicomputadoras es por lo general, la estructura de la CPU, si la CPU es un Microprocesador a la computadora se le denomina Microcomputadora, pero si la Computadora es digital se construye con varios Circuitos Integrados individuales es generalmente una Minicomputadora. El Microprocesador 80386 es una versión completa de 32 Bits del Microprocesador 80286. Además de tener un tamaño más grande (doble palabra), contiene muchas mejoras y características adicionales. El Microprocesador 80386 cuenta con multitareas, administración de memoria, memoria virtual con ó sin paginación, protección de programación y un sistema de memoria grande.*³

³ Manual del Microprocesador 80386 de Intel, (1985). México: Intel, p. 21.

Toda la programación escrita para las versiones anteriores 8086/8088, 80186/80188 y el 80286 son compatibles; es decir, son "escalables", para el $\mu P80386$ se incrementa la posibilidad de direccionamiento a 4 GBytes en comparación con 1 MByte que se obtenía en el 8086/8088/80186/80188, y los 16 MBytes encontrados en el 80286. El $\mu P80386$ puede cambiar la operación entre modo real y protegido sin tener que reinicializar al Microprocesador.

El $\mu P80386DX$ representa un notable avance ya que su arquitectura de 32 bits le permite manejar simultáneamente el doble de datos que los procesadores de 16 bits. Los ordenadores basados en él, son mucho más potentes que los sistemas tipo IBM PC y sus derivados (basados en el 8088), que el AT&T 6300 y el IBM Personal System/2 Modelo 30 (basados en el 80286). A pesar de todo, los sistemas basados en el $\mu P80386$ pueden funcionar bajo MS-DOS y ejecutar aplicaciones diseñadas para sistemas anteriores.

El $\mu P80386$ lleva la potencia de un superminiordenador (como los de la línea VAX de DEC) ó un Mainframe (como los de las líneas 360/370 de IBM) al nivel de un CI. Un ordenador basado en el $\mu P80386$ como el IBM Personal System/2 Modelo 80 puede ejecutar más tareas que la mayoría de los ordenadores de los años 70's que costaban miles e incluso millones de pesos. El $\mu P80386$ es algo más que un 8088 ó un 80286 expandido. Entre sus características clave se encuentran:

1.- Capacidad de direccionamiento de memoria de 4 Gigabytes:

Un Gigabyte son 1024 Mbytes, esto representa 256 veces la capacidad de direccionamiento de un $\mu P80286$ y 4096 veces la de un $\mu P8088$. Cuatro Gigabytes son suficientes para almacenar la totalidad de la deuda externa de los Estados Unidos de América, aunque no son suficientes para recordarlo todo.

2.- Capacidad para ejecutar programas diseñados para el $\mu P80386$ en sus propios entornos:

El $\mu P80386$ puede conmutar entre un modo de trabajo similar al de un $\mu P8086$ y su propio modo de trabajo. Un ordenador basado en el $\mu P80386$ puede por tanto, ejecutar los programas más populares diseñados para el MS-DOS, sin perder el acceder a las características más avanzadas. Esta es una gran mejora sobre el 80286, que no podía ejecutar programas MS-DOS en su modo nativo (modo protegido). Muchas de las características del $\mu P80286$, como el bus de direcciones de 16 bits, no se pueden acceder por lo usuarios de MS-DOS.

3.- Capacidad para soportar sistemas que ejecutan varias tareas a la vez (denominados Multitasking):

Tanto el $\mu P80286$ como el $\mu P80386$ disponen de instrucciones especiales, estructuras de datos y otras características especialmente pensadas para esos sistemas. El Multitasking es importante en aplicaciones como Diseño Asistido por Computadora (CAD), Fabricación Asistida por Computadora (CAM), Ingeniería Asistida por Computadora (CAE), Robótica, Inteligencia Artificial, Control Industrial, Control de Procesos, Sistemas Militares y Aeroespaciales, en Instrumentación y en las Estaciones de Trabajo.

4.- Posibilidad para direccionar unidades ó bloques de memoria de hasta 4 Gigabytes:

Estas unidades de datos ó programas direccionables independientemente se denominan Segmentos. En el $\mu P80386$, incluso los programas más grandes caben en un único segmento. Esto elimina la necesidad de realizar una programación extra y emplear más tiempo de máquina comprobando los límites de los segmentos y cambiando de un segmento a otro.

5.- Soporte para Memoria Virtual:

Es decir, el $\mu P80386$ puede acceder a más memoria de la que realmente está presente. Ya que el Sistema Operativo puede mover los datos y los programas hacia ó desde el disco según lo necesite. El programador no tiene por qué gestionar la memoria física de los sistemas, que puede variar entre modelos de ordenador ó expandirse con el tiempo.

6.- Arquitectura especial incluida en el Circuito Integrado para realizar operaciones de desplazamiento, multiplicación y división, así como generación de direcciones:

Esta nueva arquitectura permite una ejecución más rápida de las instrucciones. Por ejemplo, un dispositivo denominado "Barrel Shifter" (desplazador en bloque), permite desplazar hasta 64 bits en un único ciclo de reloj. Así todos los desplazamientos emplean el mismo tiempo, con independencia del número de bits desplazados. Los desplazamientos largos son frecuentes en programas gráficos, comunicaciones, compilaciones, tratamiento imágenes y de cadenas. La ejecución simultánea del cálculo de direcciones es otra de las principales causas de las mejoras en las prestaciones del 80386. Incluso el modo de direccionamiento más complejo emplea ahora sólo un ciclo de reloj, frente a los doce ciclos utilizados en los modelos anteriores.

El $\mu P80386$ dispone de otras nuevas características como son: Dispone de registros de depuración que pueden emplearse en la depuración de programas. También dispone de instrucciones para manipular bits, comprobar límites de memoria y gestionar módulos. Esta arquitectura mejorada y las facilidades que aportan las instrucciones aceleran notablemente las operaciones aritméticas, los desplazamientos y los direccionamientos.

Externamente, el $\mu P80386$ dispone de una nueva unidad de punto flotante de 32 Bits más potente, y el coprocesador aritmético 80387. También dispone de una arquitectura más generalizada que la de sus predecesores. Una crítica frecuente al 8086 y al 80286 ataca la idea de dedicar muchos de sus registros a propósitos especiales tales como acumuladores, índices y segmentos base. El $\mu P80386$ permite al usuario ignorar una gran parte de esta especificidad, aunque puede hacer uso de sus ventajas si se requiere.

II.2.- Arquitectura del $\mu P80386$.⁴

Para entender el funcionamiento de apilamiento (Pipeline) del $\mu P80386$, es necesario entender su teoría de operación sobre el concepto de que todas las unidades que lo integran, funcionan simultáneamente. Además, se le denomina "pipeline" a esta arquitectura en función de lo que sería una tubería en la que el fluido se mueve de forma continua, en lugar de unidades discretas. Las unidades de este procesador son:

1.- *La Unidad de Interfase de Bus.*- La cual lee las instrucciones de la memoria en un proceso denominado "fetch", y transfiere los datos desde/hacia la memoria y los dispositivos de Entrada/Salida. Es por tanto, el gestor del tráfico externo del procesador.

2.- *La Unidad de Precarga (Prefetch) y la Unidad de Decodificación.*- Las cuales toman las instrucciones y determinan su significado (en un proceso denominado decodificación). Ambas unidades disponen de lugares de almacenamiento (denominados colas) que albergan las instrucciones en el orden adecuado hasta que la próxima unidad las necesite. La unidad de precarga dispone de una cola de 16 bytes y la unidad de decodificación de una cola de tres instrucciones.

3.- *La Unidad de Ejecución.*- Realiza las operaciones especificadas por las instrucciones. Efectúa funciones aritméticas, lógicas, de desplazamiento y de algún otro tipo. También gestiona las áreas de almacenamiento interno del Circuito Integrado(registros).

4.- *La Unidad de Manejo de Memoria.*- La cual incluye las unidades de segmentación y paginación, las cuales trabajan conjuntamente para traducir las direcciones de memoria a las que se refiere el programa (denominadas direcciones lógicas) a direcciones físicas reales. A su máxima potencia, el $\mu P80386$ trabaja sobre varias instrucciones a la vez. Así no necesita esperar a terminar una parte de una operación antes de iniciar la siguiente. Por supuesto, se emplea algo de tiempo en cargar el arreglo de apilamiento "pipeline" por primera vez.

Un procesador en "pipeline" necesita de técnicas especiales de programación para alcanzar sus prestaciones óptimas. Se producen retrasos siempre que hay que llenar el "pipeline". Dentro de las aplicaciones que tiene este procesador junto con su arquitectura son:

⁴ *Ídem*, p.p. 43-64.

1.- Ordenadores personales.

2.- Sistemas CAD/CAM/CAE, que corresponde al Diseño/Fabricación/Ingeniería asistida por computador.

3.- Robótica.

4.- Inteligencia Artificial.

5.- Tratamiento de Señales.

Ahora, para apreciar el $\mu P80386$ en su justa medida deben entenderse los siguientes conceptos:

1.- Memoria virtual.

2.- Multitarea.

3.- Sistema multiusuario.

4.- Lenguajes de alto nivel y máquinas orientadas al Sistema Operativo.

Aunque estas ideas son nuevas en el entorno de los μP 's y los ordenadores personales; los "mainframes", los miniordenadores y los ordenadores especializados las han venido utilizando durante muchos años. Muchas de las características del $\mu P80386$ se derivan claramente de otras máquinas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.- Características del μ P80386.

Las innovaciones que presenta la arquitectura del μ P80386 son:

1.- Buses de direcciones y datos de 32 Bits con manejo automático de transferencias de bytes y palabras incluso no alineadas. Intel denomina a esto Dimensionamiento Dinámico del Bus de Datos.

2.- " Pipeline " de las direcciones que permite el solapamiento de los sucesivos ciclos para acceder a la memoria. Esto da un tiempo extra sin reducir la capacidad global del sistema.

3.- Posibilidad de utilizar un bus de datos de 32 ó de 16 bits.

4.- Soporte de Coprocesador Matemático de 32 Bits, el 80387.

La alta velocidad de reloj (16 MHz ó más), a la que trabaja este procesador implica el uso de memorias rápidas para funcionar sin ciclos de espera. Sin embargo, la gran cantidad de memoria requerida en aplicaciones informáticas haría los sistemas de este tipo excesivamente caros. Algunas formas de reducir los costos sin sacrificar las prestaciones son:

a).- Ciclos de bus solapados de forma que la siguiente forma para acceder a memoria ó a dispositivos de Entrada/Salida pueda empezar antes de que el actual acabe.

b).- División de la memoria en bancos de forma que para acceder a direcciones consecutivas puedan hacerse sin retardos.

c).- Almacenar instrucciones y datos muy frecuentemente usados en una pequeña área de memoria de alta velocidad (llamada Memoria Caché). La Memoria Caché tiene una relación con la memoria principal similar a la de la memoria principal con el almacenamiento en disco. Estas tres técnicas ya han sido utilizadas en el diseño de los grandes ordenadores.

II.4.- Sistema con Acopladores.

El $\mu P80386$ conectado a acopladores que incrementan la capacidad de corriente de salida de sus conexiones de direcciones, datos y control. Este $\mu P80386$ se opera a 25 MHz utilizando una señal de entrada de reloj de 50 MHz que genera un módulo oscilador integrado. Los módulos osciladores casi siempre se utilizan para proporcionar el reloj en equipos modernos que utilizan procesadores. La señal llamada HOLD (retención) se conecta a la entrada de control de habilitación de los acopladores en un sistema que utiliza el acceder de forma directo a la memoria. De lo contrario, las terminales de habilitación de los acopladores se conectan a tierra en un sistema sin DMA (Direct Memory Access).

Otra consideración es el Paralelismo Entrelazado y los Cachés. La memoria caché (como ya se ha mencionado), permite al $\mu P80386$ funcionar más eficientemente con velocidades menores de DRAM (Dynamic Random Access Memory). El llamado paralelismo es una forma especial de manejar el acceder a la memoria, para tener un tiempo adicional para direccionar los datos. Un $\mu P80386$ a 16 MHz permite que dispositivos de memoria con tiempos para acceder en 50 nanosegundos o menos que operen a toda velocidad. Como es obvio, en la actualidad no hay dispositivos DRAM disponibles con estos tiempos para acceder a ellos. De hecho, las DRAM más rápidas actualmente en producción tienen tiempo para acceder en 55 nanosegundos o más.

Esto significa que se debe encontrar alguna técnica para conectar estos dispositivos de memoria más lentos que el μP . Están disponibles tres técnicas: Memoria entrelazada, caché y paralelismo. El $\mu P80386$ de 16 MHz opera utilizando DRAM de 100 nanosegundos en un sistema que utiliza memoria entrelazada.

El paralelismo es la forma preferida para la interfase de memoria, porque el μP soporta este tipo de acceder a la memoria. El paralelismo en el $\mu P80386$ le permite a la memoria un período extra del reloj para direccionar los datos. El período adicional extiende el tiempo para acceder de 50 nanosegundos a 81 nanosegundos en un $\mu P80386$ operando con un reloj de 16 MHz. La arquitectura paralela del μP , cuando se recupera una instrucción de la memoria, proporciona un tiempo adicional, antes que se requiera la siguiente instrucción se envía un aviso a través del canal de direcciones.

Este tiempo extra (un período de reloj) se utiliza para proporcionar un tiempo adicional para acceder a los componentes de memoria más lentos. La memoria de memoria caché funciona entonces de la siguiente manera: Cada vez que el μP accede a la memoria, el sistema caché primero se prueba para ver si los datos están en él. Si los datos se encuentran dentro del caché, se tiene un acierto del sistema caché. Si ocurre una falla, los datos se leen del DRAM, se almacenan en el caché y de ahí los lee el μP . Esto por supuesto requiere de estados de espera para hacer que la velocidad del μP iguale a la más lenta de la memoria DRAM.

Al escribir datos a la memoria, también se escriben al caché. Aunque esto causa normalmente estados de espera para la DRAM, si los datos se leen posteriormente, ya se encuentran en el caché lo cual significa una operación de estado de espera de cero en lecturas subsecuentes de los mismos datos. Este método de escribir se llama una operación de escritura a través del caché.

II.5.- Interrupciones en el $\mu P80386$.

Las interrupciones alteran el flujo normal del programa con el objetivo de atender sucesos externos, errores ó condiciones excepcionales. Son ocasionados por un suceso asíncrono externo, que pasa a nivel activo las correspondientes líneas de petición de interrupción del $\mu P80386$. Se clasifican en dos grupos: Enmascarables y no enmascarables.

El servicio a la solicitud de interrupción se conoce una vez finalizada la ejecución de la instrucción en curso. Al finalizar la rutina de interrupción se coloca la instrucción de retorno, para que, con la colaboración de la memoria, se regrese a la siguiente instrucción a la que se ejecutó antes de la interrupción. El $\mu P80386$ soporta hasta 256 interrupciones distintas.

Para su manejo se define una tabla con 256 vectores de interrupción, que son simples punteros que señalan el inicio de la rutina de servicio correspondiente. Las interrupciones enmascarables son el medio más utilizado por el $\mu P80386$ para atender los sucesos asíncronos externos. Este tipo de interrupción se realiza al pasar a nivel alto la línea INTERRUPT. Activada la interrupción, el μP lee durante un ciclo de reconocimiento de interrupción, el vector de 8 bits proporcionado por la circuitería externa al bus de datos (D0 - D7), con el cual se accede a la tabla y se identifica el origen de la rutina que atiende a dicha interrupción.

La interrupción no enmascarable, proporciona un sencillo método de atención a interrupciones, con un grado máximo de prioridad. Cuando la línea de entrada NMI del $\mu P80386$ pasa a nivel alto, se produce una interrupción de tipo 2, y al contrario de las interrupciones enmascarables, no se produce un ciclo de reconocimiento de interrupción. Mientras se atiende el servicio de NMI, el μP no atiende peticiones de cualquier interrupción, hasta que se complete la instrucción de retorno denominada IRET ó se produce una señal de condiciones iniciales a cero.

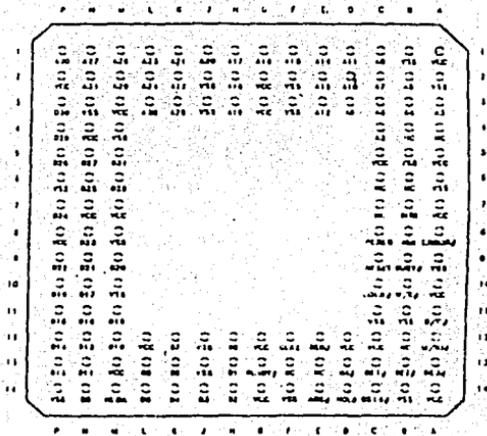


Fig. II.1.- Distribución de las 132 terminales del $\mu P80386$, visto desde la parte superior de la cápsula.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

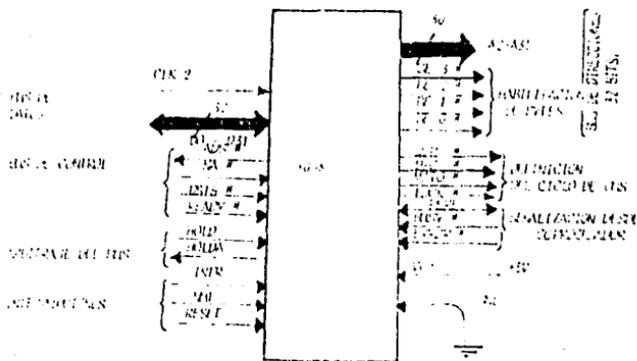


Fig. 11.2.- Señales de control y adaptación del $\mu P80386$ agrupadas en funciones comunes.

11.6.- Conexión del $\mu P80386$.

El bus de datos y el bus de direcciones del $\mu P80386$ consta de 32 líneas cada uno, que son independientes entre sí, en oposición con el multiplexado que existe en los μP 's 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 μP .

El ciclo de bus de μP es el mecanismo básico para la transferencia de información entre el sistema y el μP . El ciclo de bus del $\mu P80386$ 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 $\mu P80386$ admite un nivel de transferencia que alcanza los 32 Mbits/s. En la *fig. 11.3* se presenta un esquema de la arquitectura del $\mu P80386$ y su interrelación con el mundo exterior a través de las señales de entrada y salida de los buses.

1.- CLK2 (Señal de Reloj).- Por el terminal de entrada al $\mu P80386$, 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 μP en la ejecución de las instrucciones.

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 $\mu P80386$ 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/IO# 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/IO#: 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 $\mu P80386$ (A2-A31, BE0#-BE3#, W/R# y M/I-O#).

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-O# desde el $\mu P80386$, aunque el ciclo de bus actual aún no ha sido reconocido por READY#.

BS16#. (Tamaño del bus).- Esta señal permite al $\mu P80386$ 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 master.

HOLD. (Petición del bus).- Esta señal de entrada al $\mu P80386$ 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 $\mu P80386$ 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 $\mu P80386$ 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 μP .

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 $\mu P80386$ 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 $\mu P80386$, representa una petición de interrupción, que puede enmascarse con el bit IF del Registro de Señalizadores.

Cuando el $\mu P80386$ 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 $\mu P80386$ 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 $\mu P80386$ en un estado conocido. Para que el μP 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 $\mu P80386$ toman los siguientes estados:

- ADS#	Alto
- D0-D31	Alta impedancia
- BE0#-BE3#	Bajo
- A2-A31	Alto
- W/R#	Alto
- D/C#	Alto
- M/I-O#	Bajo
- LOCK#	Alto
- HLDA	Bajo

II.7.- Repertorio De Instrucciones Del $\mu P80386$.

Las instrucciones del $\mu P80386$ 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 $\mu P80386$ 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 μP .

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.

MOVSX: 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 $\mu P8086$ 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.
JAJ/NBE: 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.
STI: 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 parámetros 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 CRO.
SMSW: Almacena la palabra de estado.

9.- Instrucciones para el control del μP :

HLT: Alto.

WAIT: Espera hasta que BUSY# se niegue.

ESC: Escape.

LOCK: Bus LOCK.

11.8.- Introducción al μ P80486.⁵

La serie de μ P's 80486, es en gran parte una versión mejorada de la serie μ P80386; ya que cuenta fundamentalmente con 2 adiciones incluidas en el mismo 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 integrado 80486, para que pueda ejecutar más operaciones en menos ciclos de reloj.

Existen varias versiones del μ P80486, ya que se tienen:

- 1.- μ P80486DX.
- 2.- μ P80486SX.
- 3.- μ P80486DX2.

El diseño mejorado del μ P80486DX le da a las unidades 486, mejoras significativas en el rendimiento del μ P y la memoria. Una unidad 486 de 33MHz, produce un rendimiento en el μ P 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 μ P80486DX mejora el rendimiento del Software que lo utiliza: Análisis estadístico, CAD y otros. Este coprocesador matemático interno del μ P80486, maneja los calculos de números reales al doble de la velocidad de la combinación de un μ P80386DX y un μ P80387DX que es un coprocesador, todo esto operando a la misma frecuencia de reloj.

Intel fabricó el μ P80486SX el cual es básicamente un μ P80486DX sin el FPU, para aquellas aplicaciones en las cuales no es necesario el coprocesador. El μ P80486SX sirve como un μ P80386DX 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 μ P80486SX está diseñado para ejecutar instrucciones al doble de la velocidad de un μ P80386 que opere a la misma velocidad.

⁵ Manual del Microprocesador MP80486 de Intel, (1990). México: Intel, p.p. 24-65.

El μ P80486DX2, es un μ P80486DX que ejecuta internamente al doble de velocidad del reloj conectado, pero externamente ejecuta al mismo tiempo que marca el reloj. Por ejemplo; un μ P80486DX2 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 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 μ P y la lenta memoria del sistema.

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

Por otra parte, ya existen μ P80486SL, 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 μ P's 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 PI, permite que un controlador gráfico o una tarjeta relámpago cortocircuiten el bus de Entrada/Salida, y se enlace directamente a la UPC; el bus PI opera a la velocidad del reloj del 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 empaquetar 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 integrado con su μP llamado "Overdrive"; el cual aumenta al doble la velocidad del reloj interno de un μP 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 o mediante la instalación de tarjetas extra o tarjetas hijas.

Una de las características de estos nuevos μP 's 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 la arquitectura para que ejecute las estaciones y servidores de alta tecnología.

11.9.- Arquitectura Interna del μ P80486.

Existen varias versiones del μ P80486, las cuales, presentan diversas características, las diferentes compañías presentan los siguientes CI's 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 CI 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 μ P 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 μ P80486 es un μ P 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 variados, además de la capacidad de realizar multitareas.

Este μ P, 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 μ P's del mundo que mantengan la misma base.

El μ P80486 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 o 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 manejadora 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 relocables, el mecanismo de paginación opera de una manera transparente a la segmentación, cada segmento es dividido en uno o más segmentos de página de 4 Kbytes.

Para implementar un sistema de memoria virtual, el μ P80486 soporta reinicio total para todas las páginas y segmentos.

La memoria está organizada dentro de uno o 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 o dato) y características de protección. Cada grupo del μ P80486, 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 sofisticado manejador de memoria, a la paginación y capacidades privilegiadas del μ P.

Para facilitar el alto desarrollo del diseño de "Hardware"; el bus de la interfase del μ P80486 ofrece direccionamiento "Pipeline", bus de datos dinámico y habilitación de señales de Byte directas para cada Byte del bus de datos.

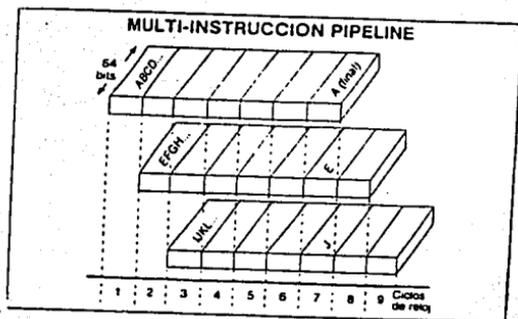


Fig. 11.1.- El empalme de multi-instrucciones Pipeline del $\mu P80486$.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MICROPROCESADOR 486SL DE INTEL

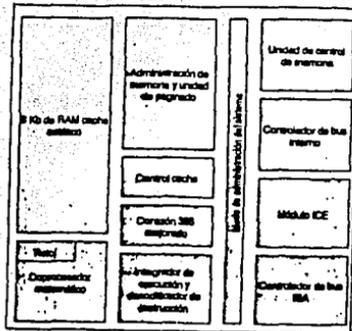


Fig. II.2.- μ P80486SL de Intel, para Sistemas Notebook.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Fig. 11.3.- Diversificación del sistemas y UPC's, basados en el μ P80486.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.10.- Registros Internos del μ P80486.

El μ P80486 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 μ P's 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 μ P80486, varios valores seleccionados pueden ser cargados cuando un programa se est ejecutando si así se desea.

II.11.- Juego de Instrucciones del $\mu P80486$.

El juego de instrucciones est 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 o 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 $\mu P80486$ en función de los siguientes par metros 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 o 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 μ P.

También a continuación, se presenta el juego (SET) de instrucciones del coprocesador matemático 80487; el cual le confiere al μ P, 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 μ P80486 que ya vienen con el coprocesador matemático incluido en el mismo encapsulado del μ P80486, este modelo del 486 es el μ P80486DX. 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 μ P80486.

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
MOVSX	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
CDQ	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. 11.5.- Juego de instrucciones del μ P80486.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Table 2-2d. Logical Instructions (Continued)

SHIFTS	
SHL/SHR	Shift logical left or right
SAL/SAR	Shift arithmetic left or right
SHLD/ SHRD	Double shift left or right
ROTATES	
RCL/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
BSP	Bit Scan Forward
BSR	Bit Scan Reverse
BIT STRING INSTRUCTIONS	
IBTS	Insert Bit String
XBTS	Extract Bit String

Table 2-2f. Program Control Instructions

CONDITIONAL TRANSFERS	
SETCC	Set byte equal to condition code
JAE/JNBE	Jump if above/not below nor equal
JAE/JNB	Jump if above or equal/not below
JBE/JNAE	Jump if below/not above nor equal
JBE/JNB	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
JS	Jump if sign

Table 2-2f. Program Control Instructions

UNCONDITIONAL TRANSFERS	
CALL	Call procedure/routine
RET	Return from procedure
JMP	Jump
ITERATION CONTROLS	
LOOP	Loop
LOOPE/ LOOPZ	Loop if equal/zero
LOOPNE/ LOOPNZ	Loop if not equal/not zero
JCCZ	JUMP if register Cx = 0

INTERRUPTS	
INT	Interrupt
INTO	Interrupt if overflow
IRET	Return from interrupt/test
CLI	Clear interrupt enable
STI	Set interrupt enable

Table 2-2g. High Level Language Instructions

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

Table 2-2h. Protection Model

SGDT	Store Global Descriptor Table
SIOT	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)
SMSW	Store Machine Status Word

Table 2-2i. Processor Control Instructions

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

Fig. II.6.- Juego de instrucciones del μ P80486 (Continuación).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Instruction	Encoding			Cross Count			
	Byte 5	Bytes 1	Operands Bytes 2-4	20-bit Counter	10-bit Counter	10-bit Counter	10-bit Counter
DATA TRANSFER							
PLB = Load							
Integer/real memory to ST(0)	ESC MF 1	MOD 000 R/M	SB/DSP	20	46-52	25	81-86
Long integer memory to ST(0)	ESC 111	MOD 101 R/M	SB/DSP				86-87
Extended real memory to ST(0)	ESC 011	MOD 101 R/M	SB/DSP				44
BCD memory to ST(0)	ESC 111	MOD 100 R/M	SB/DSP				986-976
ST(0) to ST(0)	ESC 001	11000 ST(0)					14
ST = Store							
ST(0) to integer/real memory	ESC MF 1	MOD 010 R/M	SB/DSP	44	79-83	44	83-86
ST(0) to ST(0)	ESC 101	11010 ST(0)					11
PSTP = Store and Pop							
ST(0) to integer/real memory	ESC MF 1	MOD 011 R/M	SB/DSP	44	79-83	44	82-86
ST(0) to long integer memory	ESC 111	MOD 111 R/M	SB/DSP				80-87
ST(0) to extended real	ESC 011	MOD 111 R/M	SB/DSP				83
ST(0) to BCD memory	ESC 111	MOD 110 R/M	SB/DSP				812-634
ST(0) to ST(0)	ESC 101	11001 ST(0)					12
FACH = Exchange							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	11001 ST(0)					18
COMPARISON							
PCOM = Compare							
Integer/real memory to ST(0)	ESC MF 0	MOD 010 R/M	SB/DSP	26	84-83	21	71-75
ST(0) to ST(0)	ESC 000	11010 ST(0)					84
PCOMP = Compare and pop							
Integer/real memory to ST	ESC MF 0	MOD 011 R/M	SB/DSP	26	84-83	21	71-75
ST(0) to ST(0)	ESC 000	11011 ST(0)					26
PCOMPFP = Compare and pop twice							
ST(0) to ST(0)	ESC 110	11011001					26
ST(0) to ST(0)	ESC 001	11100100					26
PLDIF = Logical compare							
ST(0) to ST(0)	ESC 101	11100 ST(0)					26
PLDIFP = Logical compare and pop							
ST(0) to ST(0)	ESC 010	11101001					26
PLDIFP = Logical compare and pop twice							
ST(0) to ST(0)	ESC 001	11100101					26-28
CONSTANTS							
FLB = Load = 8 bit ST(0)	ESC 001	11101110					20
FLI = Load = 16 bit ST(0)	ESC 001	11101100					24
FLDI = Load (4 into ST(0))	ESC 001	11101011					40
FLDLT = Load (long) into ST(0)	ESC 001	11101001					40

Fig. 11.7.- Juego de instrucciones para el Coprocesador 80487.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Instruction	Encoding			Carr's Count Range			
	Byte 0	Byte 1	Optional Bytes 2-8	17-bit Real	23-bit Integer	34-bit Real	18-bit Integer
CONSTANTS (Continued)							
FLDUB = Load $\log_2(x)$ into ST(0)	ESC 001	1110 1010				40	
FLDUB3 = Load $\log_2(x)$ into ST(0)	ESC 001	1110 1100				41	
FLDUB3 = Load $\log_2(x)$ into ST(0)	ESC 001	1110 1101				41	
ARITHMETIC							
ADD = Add							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 001 R/M	B-S/D/SP	04-32	07-72	09-37	71-83
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	11000 ST(0)				23-319	
PLUS = Subtract							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 10 R/R/M	B-S/D/SP	04-32	07-82	09-36	71-83
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	1110 R/R/M				20-249	
PLUS = Multiply							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 001 R/M	B-S/D/SP	07-34	01-82	02-87	70-87
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	1100 R/R/M				20-679	
POW = Divide							
Integer/real memory with ST(0)	ESC MF 0	MOD 11 R/R/M	B-S/D/SP	06	100-127	04	100-100
ST(0) and ST(0)	ESC 0 P 0	1111 R/R/M				69	
POWRT = Square root							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	1111 1010				100-100	
PCALS = Scale ST(0) by ST(1)							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	1111 1101				07-00	
PREM = Partial remainder							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	1111 1000				74-100	
PROCT = Round ST(0) to Integer							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	1111 1100				02-00	
PTRACT = Extract components of ST(0)							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	1111 0100				70-70	
RABS = Absolute value of ST(0)							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	1110 0011				82	
PCSB = Change sign of ST(0)							
ST(0) and ST(0)	ESC 001	1110 0000				04-05	

Fig. 11.8.- Juego de instrucciones del Coprocesador 80487 (Continuación).

TESTE CON FALLA DE ORIGEN

Instruction	Encoding			Clock Count Range
	Byte 0	Byte 1	Optional Bytes 2-3	
TRANSCENDENTAL				
POOP = Control of ST(0)	ESC 001	1111 1111		133-173
POOP = Partial output of ST(0)	ESC 001	1111 0010		181-188
PTATM = Partial output of ST(0)	ESC 001	1111 0011		214-227
FSM = Store of ST(0)	ESC 001	1111 1110		123-171
FSMCOMP = Store and compare of ST(0)	ESC 001	1111 1011		184-200
FSMII = 247M - 1	ESC 001	1111 0000		211-278
FLSIP = ST(1) * input F(0)	ESC 001	1111 0001		190-230
FLSIP = ST(1) * input F(0) + 1.0	ESC 001	1111 1001		237-247
PROCESOR CONTROL				
FINI = without NP2	ESC 011	1110 0011		33
FTSW AS = Store status word	ESC 111	1110 0000		10
FLDCW = Load status word	ESC 001	MOD 101 R/M	S/R/DSP	10
FTSW = Store status word	ESC 101	MOD 111 R/M	S/R/DSP	10
FTSW = Store status word	ESC 101	MOD 111 R/M	S/R/DSP	10
PCLES = Clear exception	ESC 011	1110 1010		11
PETRY = Store environment	ESC 001	MOD 110 R/M	S/R/DSP	102-104
PLERY = Load environment	ESC 001	MOD 100 R/M	S/R/DSP	71
PLERY = Store state	ESC 101	MOD 110 R/M	S/R/DSP	273-278
PRETOR = Restore state	ESC 101	MOD 100 R/M	S/R/DSP	200
PRESTR = Restore stack pointer	ESC 001	1111 0111		21
PRESTR = Restore stack pointer	ESC 001	1111 0110		22
PREB = Free B/R	ESC 101	1100 0110		10
PREP = No operation	ESC 001	1101 0000		12

Fig. II.9.- Juego de instrucciones del Coprocesador 80487 (Continuación).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO III.

GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

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 Ordenadores Integrados a máquinas que realizan tareas como lo hace un ser humano, fue planteado por diversos autores.

Los Autómatas Programables (AP), son Ordenadores 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 (AP), 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.*⁶

La capacidad de un Robot es que sea programable, lo que permite utilizarlo en diversas aplicaciones.

Algunas aplicaciones de los Autómatas 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.

⁶ Rolston, David (1998). Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos, México: Mc Graw- Hill, p. 2.

Al hacer referencia a la utilización de un Servidor Dedicado (generalmente un miniordenador ó un μ ordenador) en lugar del Ordenador que se utiliza como la unidad de control de el Autómata Programable.

En casos donde el Ordenador es el controlador de la célula de trabajo, se debería utilizar ó en serie con un Autómata 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 de el Autómata 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 jerárquicos en la Fábrica, conectadas en su parte final a los Autómatas Programables, y/o controladores de Autómatas Programables en la célula, y conectados hacia arriba al siguiente nivel jerárquico en la Planta Industrial.

Los Autómatas 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 Autómata 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 Autómata 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.

TRABAJA CON
FALLA DE ORIGEN

Los Ordenadores 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 un Ordenador además de, ó como un sustituto de un Autómata Programable.

Las diferencias entre los Ordenadores Digitales y los Automatas 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 Ordenador 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 Ordenador Digital, mediante la aplicación de Procesos que son análogos al Proceso de razonamiento humano.*⁷

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 Ordenadores 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 los Ordenadores 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 Ordenadores 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 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.

⁷ Porras Criado, Alejandro. (1994). Autómatas Programables. México: Mc Graw-Hill, p. 18.

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 imagen 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 Ordenadores eran en realidad, máquinas que tenían que ser literalmente renovadas en su totalidad, para resolver problemas diferentes. El almacenamiento de programas permitía al Ordenador cambiarse rápida y fácilmente con sólo ejecutar un nuevo programa.

¡Esta capacidad implica que un Ordenador 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".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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.

ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA

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, 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 un Ordenador. 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 de el Lenguaje Natural (conocido como PLN), es uno de los fines principales que la Inteligencia Artificial IA debe alcanzar porque permite al Ordenador la entrada de el Lenguaje Humano de forma directa. El único obstáculo para lograr este objetivo es el tamaño y la complejidad de los lenguajes humanos.

Además, se tiene el problema de que el Ordenador 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 da una imagen de TV digitalizada, *¿cómo puede determinar el Ordenador dónde termina un objeto y empieza otro, ó si un objeto está sobre otro ?*

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

Aplicado a los Automatas Programables, la Inteligencia Artificial IA ayuda a que un Ordenador controle el movimiento usando un razonamiento especial.

Para los Automatas Programables Industriales 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 el Ordenador 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, etcétera. 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 un Ordenador 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 Inteligencia Artificial 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 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 /A; al contrario de LISP, poseía un gran número de características especiales, como son una Base de Datos incorporada y una sintaxis, bastante simple.

En esencia, hacia 1980, el LISP era el lenguaje de la Inteligencia Artificial 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 la de mayor oferta.

Lo que hace a PROLOG importante en la historia de la Inteligencia Artificial /A, 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 res seguimiento, 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 /A en Estados Unidos de América.

Actualmente, el énfasis en el campo de la Inteligencia Artificial /A pasa de la investigación a la aplicación. Este cambio significa que las técnicas de Inteligencia Artificial /A 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 los Ordenadores Pensar?⁸

Antes de que pueda explorar el ámbito de la Inteligencia Artificial IA a través de su Programación, debe entender lo que significa para un Ordenador el hecho de pensar. El concepto de un Ordenador pensante implica que un Ordenador 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 los Ordenadores 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 un Ordenador pensase).

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.

⁸ Kolmogorov, Igor. (1985). Introducción a la Cibernética, México: Colección 70, p.p. 67-101.

Los Ordenadores 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 un Ordenador 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 un Ordenador 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? (¿que 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, etcétera) 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 Ordenadores son inteligentes. Recuerde que precisamente la mayor parte de los programas de Ordenador 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 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 Ordenador 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 un Ordenador "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" Un Ordenador no puede tener libre voluntad porque no tiene mente, sólo circuitos. Por tanto, es imposible que un Ordenador 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. Imagínese que un Ordenador 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, el Ordenador cierra el paso de ladrillos. ¿Decidió el Ordenador para el proceso de carga? ¡Sí!

El Ordenador controlaba de forma clara la situación y "decidió" parar cuando el peso alcanzó un nivel específico. Si el Ordenador no hizo la elección, entonces ¿quién la hizo? Los defensores de este argumento afirman que la capacidad del Ordenador para llevar a cabo una labor condicionada demuestra su habilidad para tomar decisiones.

¿Es un Ordenador 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 un Ordenador puede ó no pensar, y si un programa puede ser inteligente. Pero ciertos casos muestran claramente que alguien puede hacer que un Ordenador 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 Ordenador 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.⁹

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.

⁹ Grogono, T. (1980). Cibernética. México: Colección 70, p.p. 79-96.

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 vivos 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 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 autoreproducción 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 de el 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 de el 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 de el 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 de el 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 de el 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, etcétera.

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 de el 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 de el 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, etcétera.

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 de el Hombre pueden también quedar son aplicaciones prácticas en un porvenir.

En cambio, el estudio objetivo, serio, de la actividad nerviosa superior de el 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 de el 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 de el 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 de el 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 de el 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 Automatas. 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 Fisiología del Cerebro.¹⁰

Gran número de especialistas de las más diversas disciplinas, se ocupan de las apasionantes preguntas que plantean los Sistemas Expertos y la Inteligencia Artificial 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 y la Inteligencia Artificial; 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 y la Inteligencia Artificial 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?"

¹⁰ Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (1996). Toward a Brian. USA: IEEE. p.p. 45-88.

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 fe 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 escoge 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 a el 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 departida 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, etcétera.

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 "fuerza 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, etcétera. 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, etcétera.

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, sometidos 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 a el 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? ¹¹

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.

¹¹ Vander Sherman, Luciano. (1980). Fisiología Humana, México: Mc Graw-Hill. p.p. 347-378.

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 de el 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, etcétera.

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, verosímilmente como fase termodinámica que aparece súbitamente, cuando la modificación repentina de las condiciones físicas corresponde a la existencia de un estado de fase dado.

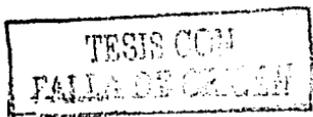
La aparición de la materia viva se presenta, pues, como la aparición simultánea de todo el conjunto de seres vivos primarios en condiciones adecuadas a su existencia, y no como la aparición de uno ó varios seres vivos luego de ilimitada multiplicación. Desde el punto de vista geológico y geoquímico, 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 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 de el 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 INDUSTRIALES Y A LA ROBÓTICA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL BASADOS EN MICROPROCESADORES DE 32 Y 64 BITS.

Ya se ha dicho anteriormente lo que se entiende por un Controlador Lógico Programable (PLC) ó Autómata Programable; es 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.¹²

Su utilización se da 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.

¹² González. R. (1990). Robótica, Control, Detección, Visión e Inteligencia. Mc Graw-Hill. p. 23.

- 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.1.- Estructura Externa.¹³

La estructura externa ó configuración externa de un Automata 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.

¹³ Simón, André. (1999). Automatas Programables, Barcelona: Gustavo Gili, p.p. 35-68.

- 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.2.- Estructura ó Arquitectura Interna.

Los Controladores Lógicos Programables (PLC) se componen esencialmente de tres bloques, tal como lo presenta la Fig. IV.1.

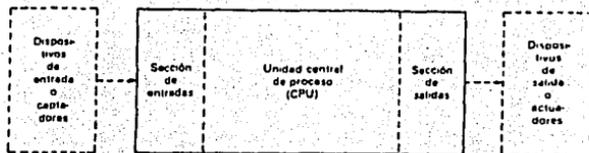


Fig. IV.1.- Autómata Programable Básico (PLC).

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.

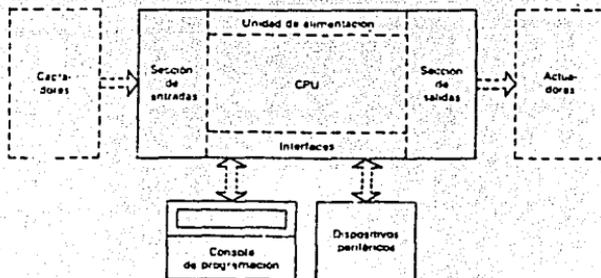


Fig. IV.2.- Autómata Programable (PLC), con sus Periféricos y Unidad de Alimentación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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.

c-c

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 bien 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.

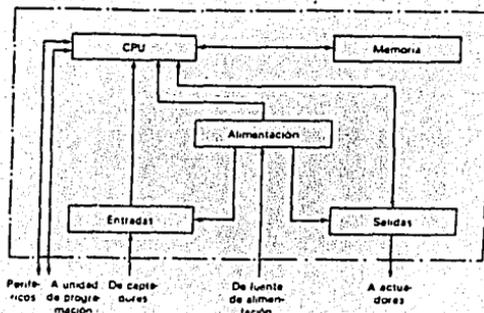


Fig. IV.3.- Esquema de Bloques Simplificado de Interconexión de un Controlador Lógico Programable (PLC).

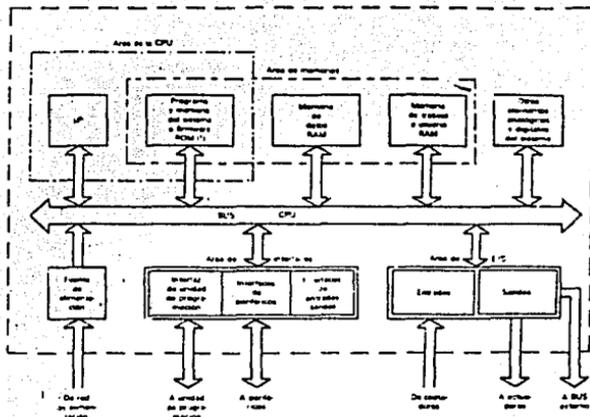


Fig. IV.4.- Arquitectura de un Controlador Lógico Programable (PLC).

TESIS COM
FALLA DE ORIGEN

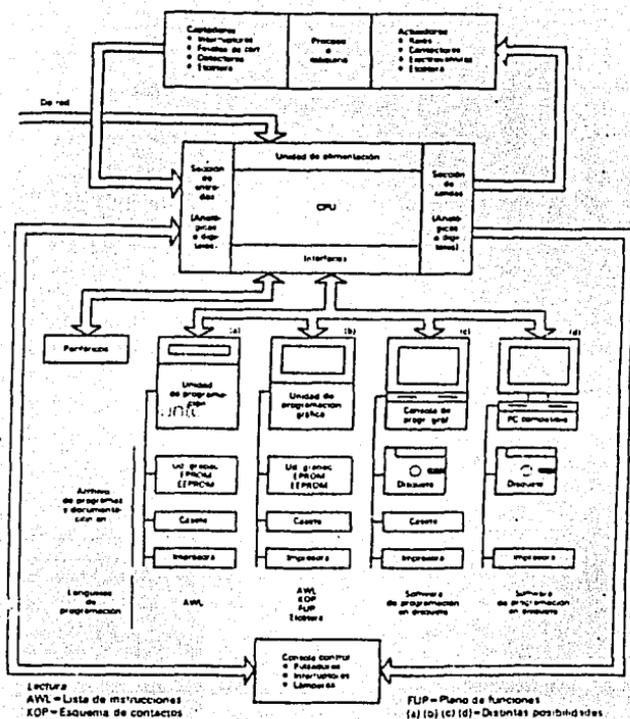


Fig. IV.5.- Estructura Completa de un Controlador Lógico Programable (PLC) y su Entorno.

IV.3.- 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.*¹⁴

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.

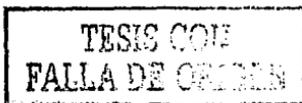
Los campos técnicos anteriormente citados son muy interdependientes en la manera en que se utilizan en Robótica. Para poder apreciar la Tecnología de la Robótica y su Programación debe conocerse la forma en que los Robots se aplican en la industria.

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 de el Robot, se realiza de varias formas. Los Robots se utilizan para ejecutar trabajos en la industria, de diversa índole y aplicación.

La Anatomía de el 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.

¹⁴ Fernández, R. Op. Cit., p. 110.



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 de el 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.

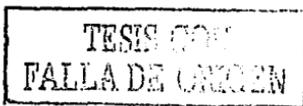
Los Robots Industriales están diseñados para realizar un trabajo productivo. El trabajo se realiza permitiendo que el Robot desplace su cuerpo, brazo y muñeca mediante una serie de movimientos y posiciones. Unido a la muñeca está el efector final, que se utiliza por el Robot para realizar una tarea específica.

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 de el 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.3.1.- 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 de el 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 de el 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 de el 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.

A el Robot se le enseña cada punto, y estos puntos se registran en la unidad de control de el 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 de el 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 a el 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 un Ordenador Digital (se suele utilizar un Microprocesador como Unidad Central de Proceso para el Ordenador) como Unidad de Control de el 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 interactuar con su entorno de una manera que parece inteligente. Invariablemente, el controlador consiste en un Ordenador 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 Ordenador.

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 Ordenador.

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.3.2.- Control Coordinado de Fuerza y Posición.

Una característica de el Robot que está relacionada con esta exposición, es el control coordinado de fuerza y posición. Dicho control del manipulador de el 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 de el 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 de el 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.

IV.4.- Clasificación de Sistemas.

Con el paso del tiempo el Hombre ha desarrollado y utilizado diversos tipos de Sistemas; el surgimiento de ellos ha sido en respuesta a los problemas y necesidades que han aquejado a el Ser Humano a través de su existencia.

Cuando esto ha ocurrido, se ha tenido que modificar a los Sistemas existentes, ó crear Sistemas nuevos. Generalmente, la mayoría de los Sistemas que dan solución completa a una necesidad no utilizan un sólo tipo de componentes, y si una mezcla de ellos.

Las características presentadas por un Sistema hacen posible su clasificación. Tal cual se mencionó, un Sistema al ser clasificado puede quedar incluido en más de un conjunto de Sistemas. Por ejemplo; para nuestro uso sólo nos interesa ubicar a un Sistema bajo dos aspectos, primero de acuerdo al tipo de componentes que lo conforman y segundo por el grado de control que presenta.

Un Sistema Electrónico Digital.- Es un conjunto de Dispositivos Electrónicos que en forma individual realizan funciones digitales y que interconectados procesan información codificación en forma discreta.

Los primeros Sistemas desarrollados fueron manuales, su principal característica es la intervención de el Ser Humano para llevar a cabo un Proceso, él es quien controla la forma de su operación. Un Sistema semiautomático distribuye su control externa e internamente, el primero corresponde a el Hombre, el segundo al mismo Sistema. Un Sistema Automático es aquel en que no interviene la mano del hombre para desarrollar el Proceso al cual fue destinado.

IV.5.- Características de un Sistema Automático.

a).- La realización de el Proceso ejecutado por el Sistema no requiere en lo absoluto la intervención de el Ser Humano.

b).- Su comportamiento está basado en un ciclo realimentado; es decir, la forma de operación actual determina su operación siguiente.

c).- Posee al menos un subsistema que ejerce control sobre los demás denominado: "Controlador de el Sistema".

IV.6.- Definición y Características de un Controlador. ¹⁵

Controlador.- Es un conjunto de Dispositivos integrantes de un subsistema que dirige el comportamiento general de el Sistema al cual pertenece. El Controlador posee características que lo diferencian de los demás subsistemas:

a).- Un subsistema realiza una ó varias acciones como respuesta a uno ó varios estímulos ejercidos por él. Para una misma serie de estímulos siempre responderá de la misma forma. Un Controlador ante un mismo estímulo puede generar diferentes respuestas, las cuales estarán en función de su comportamiento pasado.

b).- Un subsistema por definición interactúa con los demás subsistemas, directa ó indirectamente. En la forma directa no existe un control explícito en la acción ejercida por un subsistema sobre otro. En la forma indirecta, el control es quien decide cómo afecta la acción de un subsistema a otro.

Supóngase que el subsistema "A" es un interruptor de encendido y el subsistema "B" corresponde a un subsistema de riego para un jardín. En la acción directa el jardín será regado cada vez que el interruptor sea accionado.

En la acción indirecta se podría intercalar un controlador que decida en base a la humedad de la tierra si es conveniente regar el jardín, lo cual evitará encharcamientos y deterioro del mismo.

En este sencillo ejemplo, el subsistema "A" no ejerce la acción simplemente informa al controlador la situación ó estado en que se encuentra y éste es quien decide la acción a ejercer.

c).- El Controlador debe saber como está operando cada subsistema, por medio de las señales recibidas, y así determinar cómo operará a continuación, por medio de las señales emitidas.

Para que un Sistema opere adecuadamente requiere que su subsistema de control cumpla con varios requisitos:

¹⁵ Simón, André. (2000). Introducción a los Microcontroladores. Barcelona: Gustavo Gili. p.p. 21-64.

1.- Confiabilidad.- El Controlador debe ser capaz de decidir en todo momento la acción que tomará cada uno de los subsistemas para que en conjunto operen adecuadamente.

2.- Rapidez.- Debe tomar decisiones rápidas para que el Sistema opere eficientemente.

3.- Estabilidad.- El Sistema debe operar correctamente bajo una diversidad de ambientes diferentes ó específicamente al que haya sido destinado.

4.- Precisión.- Sus acciones deben estar en perfecta sincronía a fin de evitar ejecuciones a destiempo.

Los Sistemas Digitales son los que mejor cubren estos requisitos, motivo por el cual son los más utilizados. En la actualidad, aunque los Sistemas utilizan todo tipo de componentes existe la tendencia a diseñar el Controlador mediante elementos electrónicos digitales.

De este punto en adelante se concentrará la atención exclusivamente en los Controladores Digitales. Obviamente como su nombre lo indica, sus componentes y modo de operación tiene sus bases en la Teoría de la Electrónica Digital.

El desarrollo de un Sistema dependiendo de su complejidad es un Proceso bastante extenso, cada una de sus bases exige la dedicación y esfuerzo de una buena cantidad de Personal y de tiempo.

Indudablemente, todas las fases son importantes; sin embargo, y sin menospreciar a ninguna, el diseño del controlador de el Sistema es una parte vital, por ser aquí donde se decide la forma precisa en que operará todo el Sistema, si este diseño se realiza inadecuadamente el Sistema será inutilizable, se podría decir que el Controlador es a el Sistema como el cerebro al cuerpo Humano.

La fase de diseño y desarrollo del controlador exige también una serie de procedimientos. La estructura presentada en la Fig. IV.7, es general para todos los casos. Uno de los procedimientos se refiere a la elección de la metodología deseada para el diseño del controlador, esto es porque existe una amplia variedad de controladores, caracterizados por los elementos que la componen.

Además un subsistema de control puede clasificarse como microcontrolador, controlador ó macrocontrolador, tomando en cuenta el número de estados que puede adoptar.

Aunque en su aspecto básico la esencia de los controladores es la misma, se enfocará el estudio a microcontroladores digitales, entendiendo como tal a un conjunto de elementos electrónicos digitales interconectados que tienen por función dirigir el comportamiento de un Sistema en todo momento, mediante la adopción de una serie de estados.

Esta serie de estados será perfectamente definida y limitada atendiendo a su carácter de microcontrolador.

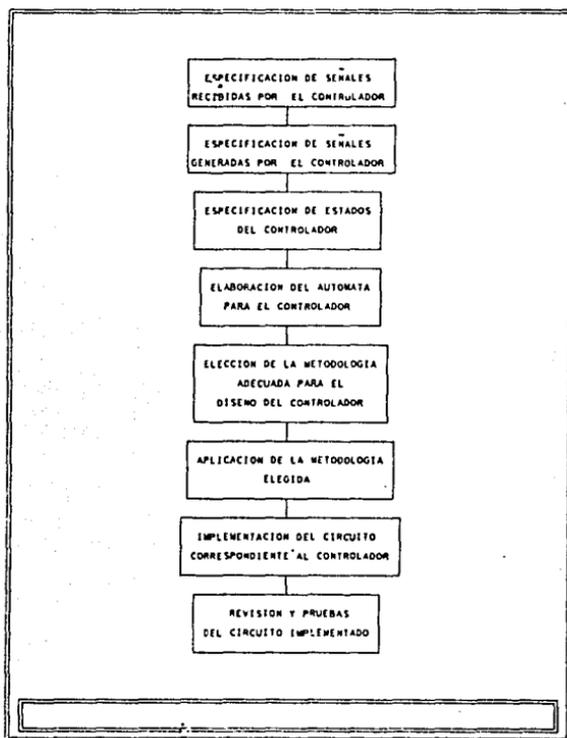


Fig. IV.7.- Fases para el Desarrollo de un Controlador.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

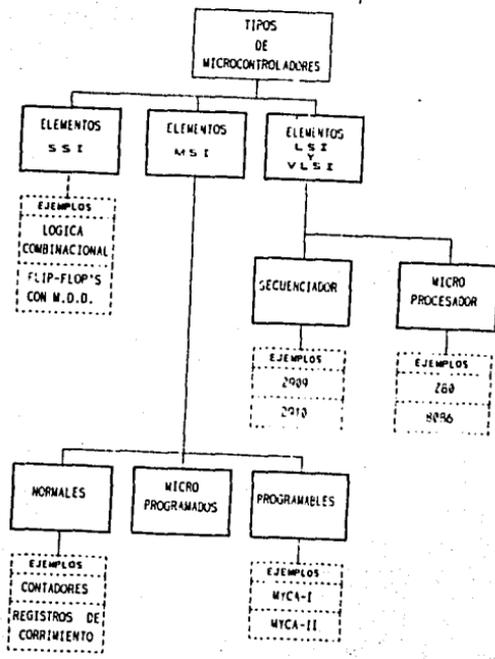


Fig. IV.8.- Clasificación de Microcontroladores por sus Componentes.

IV.7.- Tipos de Microcontroladores.

A un microcontrolador se le puede clasificar de acuerdo al tipo de integración de sus componentes en SSI (Integración en Pequeña Escala), MSI (Integración a Mediana Escala) ó LSI (Integración a Gran Escala). El esquema de la Fig. IV.9 proporciona por medio de un Organigrama los tipos de microcontroladores que se pueden encontrar. Los recuadros punteados indican algunos ejemplos para cada tipo.

IV.7.1.- Microcontroladores SSI.

Para la implantación de estos controladores se puede emplear única y exclusivamente elementos SSI o bien una combinación de SSI o MSI. Su clasificación bajo esta categoría se fundamenta en que su elemento de memoria está constituido por Flip-Flop's, los cuales son capaces de almacenar una condición ó estado y turnar a otro de manera síncrona a partir del actual.

En la Fig. IV.10 los decodificadores de entrada y de estados deben ser implantados mediante el uso exclusivo de compuertas, este será un controlador totalmente SSI (Integración en Pequeña Escala). Una implantación alterna lo constituye la Fig. IV.11 donde estos bloques son reemplazados por un conjunto de multiplexores a la entrada y un decodificador MSI (Integración a Mediana Escala) a la salida.

Aquí se requiere un bloque adicional, denominado "Lógica Reducida" que incluye el uso de compuertas para dirigir a los Multiplexores los términos apropiados. La funcionalidad de ambos tipos de microcontroladores es similar, la diferencia radica en su implantación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

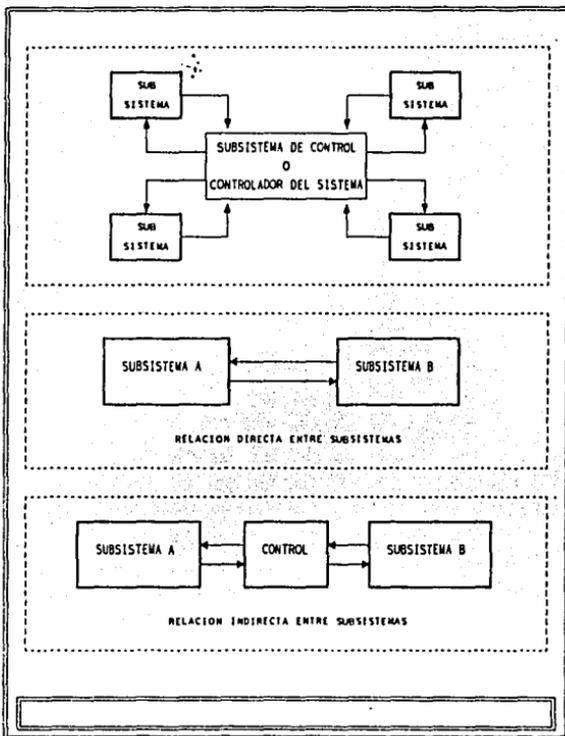


Fig. IV.9.- Organigrama de los Microcontroladores.

PASO CON
 FALLA DE ORIGEN

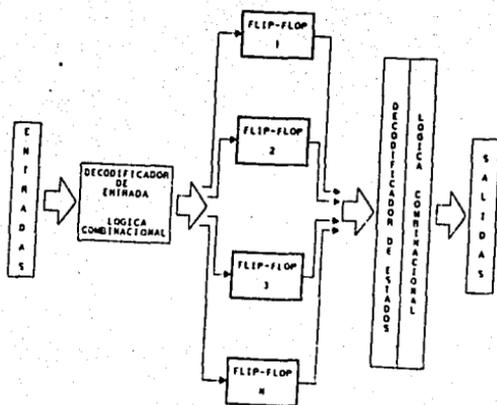


Fig. IV.10.- Arquitectura Exclusivamente SSI.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

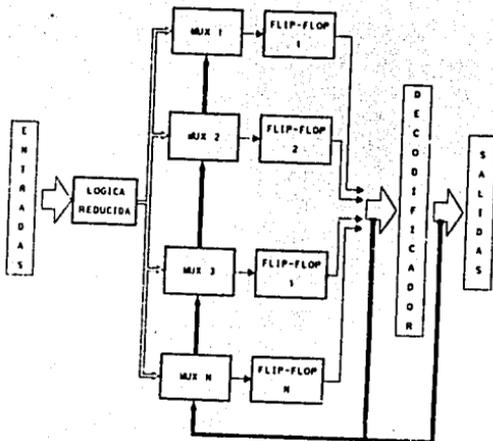


Fig. IV.11.- Arquitectura SSI Complementada con MSI.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

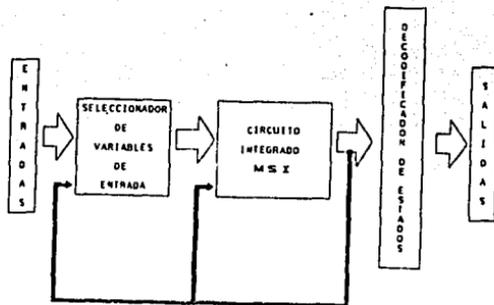


Fig. IV.12.- Arquitectura para Microcontroladores MSI.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN.

IV.7.2.- Microcontroladores MSI Normales.

Su elemento principal es una pastilla MSI (un contador, un registro de corrimiento, etcétera). El elemento utilizado le proporciona al controlador una serie de características simulables de instrucciones que controlan el flujo entre su estado y otro.

En torno al elemento principal se colocan circuitos periféricos que sirven de interfase para la recepción y generación de señales. La Fig. IV.13 muestra la Arquitectura General para estos controladores, cada circuito MSI da lugar a una Arquitectura Particular.

IV.7.3.- Microcontroladores Programados.

Un Controlador Microprogramado es aquel en que el diseñador puede programar las operaciones de un dispositivo mediante el llenado de una Tabla de Memoria ó mediante un Lenguaje de Máquina a partir de un diagrama MDS.

a).- Componentes:

- Una Memoria RAM (Memoria de Acceso Aleatorio) ó una Memoria ROM (Memoria de Sólo Lectura), que permita el almacenamiento de instrucciones de operación básica y códigos de salida.

- Un Controlador de Programa ó un Registro Direccional de Memoria utilizado para seleccionar ó direccionar las instrucciones almacenadas.

b).- Características:

- Habilidad para iniciar el proceso mediante la ejecución de la instrucción almacenada en una localidad arbitraria de memoria.

- Proceso secuencial de manera condicional ó incondicional de las instrucciones almacenadas en localidades contiguas de memoria.

- Capacidad de procesamiento de la instrucción siguiente ó del direccionamiento a otra localidad para la ejecución de la instrucción almacenada en ella.

c).- Operación:

- La operación de estos controladores se basa en la ejecución de instrucciones almacenadas en una memoria. Para el adecuado funcionamiento del controlador se debe especificar la estructura con que serán almacenados los datos de la memoria, a este esquema se le denomina "Formato de Control".

Existen diversos tipos de formatos válidos, su estructura dependerá de sus elementos. De acuerdo a lo anterior, el esquema correspondiente a la Arquitectura General para un Controlador Microprogramado en la Fig. VI.14.

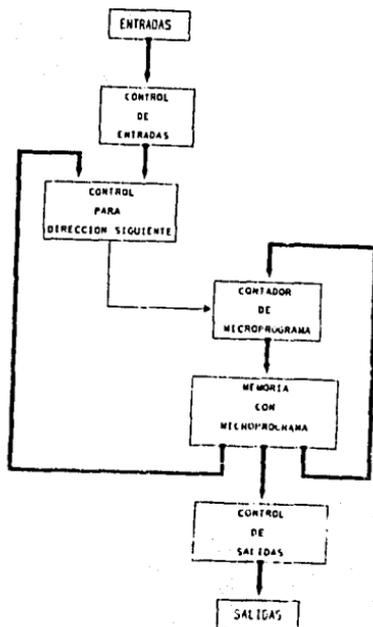


Fig. VI.13.- Arquitectura General para MSI Microprogramado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

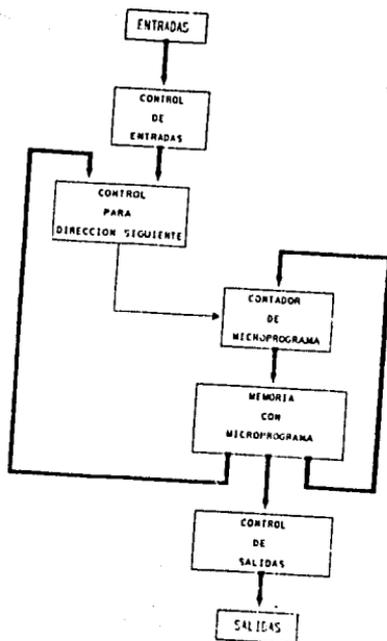


Fig. IV.14.- Arquitectura General para un Controlador Microprogramado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

IV.7.4.- Controladores Programables con Conjunto Fijo de Instrucciones.

Existen algunas diferencias entre este tipo de controlador programable con el mencionado previamente:

1.- Antes de la realización del controlador se debe crear un módulo decodificador de instrucciones.

Los elementos que contenga el módulo así como sus conexiones dependerán de las instrucciones que quieran ser implantadas, las cuales pueden ser tan simples ó complejas como se quiera.

Una vez hecho este módulo existe una metodología general aplicable a su implantación dentro de un controlador.

2.- Cada instrucción del controlador tiene asociado un código fijo, el cual se conoce comúnmente como código de operación OPCODE.

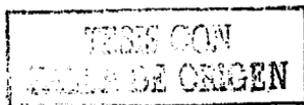
Como ya se habrá deducido, el uso de estos controladores implica un doble trabajo:

a).- Primeramente, se debe diseñar el módulo decodificador de instrucciones.

b).- Una vez hecho esto, diseñar el controlador deseado.

Este proceso es análogo a la creación de Programas y Paquetes ("Software") para Ordenador. Anteriormente, la creación de un Programa se realizaba directamente en Lenguaje de Máquina ó bien en Lenguaje Ensamblador, posteriormente se han desarrollado Lenguajes de alto nivel que facilitan la escritura de programas poniendo a disposición del diseñador de Programas y Paquetes ("Software"), un conjunto fijo de instrucciones que serán decodificadas por medio de un módulo especial llamado "Compilador".

Lo mismo ocurre en diseño de controladores de este tipo, el módulo decodificador deseado se diseña una sola vez y posteriormente sólo se utiliza, facilitando considerablemente el proceso de diseño.



Ahora bien, al igual que en el desarrollo de Programas y Paquetes ("Software") existe una multitud de Lenguajes de Programación, cada uno de ellos con un conjunto fijo de instrucciones, en el desarrollo de controladores existen también múltiples diseños ya elaborados que proporcionan características diferentes.

IV.7.5.- Microcontroladores LSI.

Su elemento principal es un circuito LSI, el cual proporciona a su Arquitectura todos los elementos necesarios para la implantación de una gran variedad de instrucciones. Su uso debiera ser exclusivo para aquellos casos cuya naturaleza no puede ser desarrollada ó no es adecuada para Arquitectura SSI ó MSI.

La razón de no profundizar demasiado con estos elementos, es la intención de presentar formas alternativas al uso de Microprocesadores, ya que no toda aplicación requiere su empleo, el cual elevaría de manera innecesaria los costos del diseño.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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 afectaran 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.

TELECOM
FALLA DE ORIGEN

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).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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.

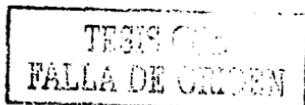
Otra modificación es la tendencia creciente hacia los sistemas que no están basados en reglas. Tales sistemas, que emplean redes semánticas, matrices y otras estructuras de representación de conocimiento, se adaptan generalmente mejor a un modelo causal. Dando al problema concreto una representación 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>	11
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	12
<u>OBJETIVOS PARTICULARES</u>	12

<u>CAPÍTULO I.- GENERALIDADES DE LOS</u> <u>MICROPROCESADORES DE 32 Y 64 BITS</u>	13
--	----

<u>CAPÍTULO II.- ARQUITECTURA INTERNA DE LOS</u> <u>MICROPROCESADORES 80386, 80486 Y PENTIUM</u>	28
II.1. Introducción	28
II.2. Arquitectura Interna del Microprocesador MP80386	33
II.3. Características del Microprocesador MP80386	35
II.4. Sistema de Acopladores	36
II.5 Interrupciones en el Microprocesador MP80386	38
II.6.- Conexión del Microprocesador MP80386	41
II.7.- Repertorio de Instrucciones del Microprocesador MP80386	47
II.8.- Introducción al Microprocesador MO80486	53
II.9.- Arquitectura Interna del Microprocesador MP80486	56
II.10.- Registros Internos del Microprocesador MP80486	62
II.11.- Juego de Instrucciones del Microprocesador MP80486	63



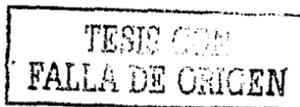
CAPÍTULO III.- GENERALIDADES SOBRE SISTEMAS EXPERTOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL..... 75

III.1.- Introducción	75
III.2.- Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos	78
III.3.- ¿Pueden las Computadoras Pensar?	83
III.4.- La Vida y el Pensamiento, Formas Particulares de Existencia De la Materia	88
III.5.- Los Modelos de los Procesos Vitales y la Fisiología Del Cerebro	98
III.6.- ¿Es Posible Crear Artificialmente la Vida?	107

CAPÍTULO IV.- APLICACIONES INDUSTRIALES Y A LA ROBÓTICA DE LOS SISTEMAS EXPERTOS Y DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL BASADOS EN MICROPROCESADORES DE 32 Y 64 BITS..... 119

IV.1. Estructura Externa	123
IV.2. Estructura ó Arquitectura Interna	125
IV.3. Robótica	131
IV.3.1. Cuatro Tipos de Controles de Robot	134
IV.3.2. Control Coordinado de Fuerza y Posición	137
IV.4.- Clasificación de Sistemas	138
IV.5.- Características de un Sistema Automático	140
IV.6.- Definición y Características de un Controlador	141
IV.7.- Tipos de Microcontroladores	145
IV.7.1.- Microcontroladores SSI	145
IV.7.2.- Microcontroladores MSI Normales	150
IV.7.3.- Microcontroladores Programados	150
IV.7.4.- Conjunto Fijo de Instrucciones	153
IV.7.5.- Microcontroladores LSI	154

<u>CONCLUSIONES</u>	155
<u>ÍNDICE</u>	158
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	160



BIBLIOGRAFÍA

"SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL".

Richard C. Dorf.

Edit. Adisson-Wesley Iberoamericana. 2° Edic.

"DIGITAL CONTROL OF DYNAMIC SYSTEMS".

Gene F. Franklin.

Edit. Adisson-Wesley. 2° Edic.

"ROBÓTICA INDUSTRIAL. TECNOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y APLICACIONES".

Mikell P. Groover.

Edit. Mc Graw-Hill. 1° Edic.

"ROBÓTICA. CONTROL, DETECCIÓN, VISIÓN E INTELIGENCIA".

R.C. González.

Edit. Mc Graw-Hill. 1° 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".

Mompín.

Edit. Marcombó. 2° Edic.

TESIS CO-
FALLA DE ORIGEN

"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.

TESIS CON
FALLA DE CREEN