



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN

Aplicación de redes neuronales para automatizar el proceso de diseño en ingeniería

294365

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

P R E S E N T A :
GABRIELA MENDOZA GARCÍA

DIRECTORES:

Ingeniera Gladis E Fuentes Chávez (Universidad Nacional Autónoma de México)
M en C. José Manuel Cervantes Martínez (Instituto Mexicano del Petróleo)





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
 AVENIDA DE
 MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
 ARAGÓN
 DIRECCION

GABRIELA MENDOZA GARCÍA
 PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 24 de marzo del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que la profesora, Ing. GLADIS EMILIA FUENTES CHÁVEZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DISEÑO EN INGENIERÍA", 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, 4 de abril de 2010
 EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY



- C p Secretaría Académica.
- C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Computación.
- C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/vr



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN

JEFATURA DE INGENIERÍA EN
COMPUTACIÓN

OFICIO: ENAR/JACO/0039/2001.

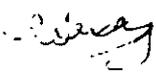
ASUNTO: Designación de Revisores.

ING. SILVIA VEGA MUYTOY 

MAT. LUIS RAMÍREZ FLORES 

ING. MARTÍN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ 

ING. GLADIS E. FUENTES CHÁVEZ 

M. EN C. JESÚS DÍAZ BARRIGA ARCEO 

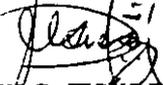
Informamos a ustedes de la autorización que se les concede a la alumna **GABRIELA MENDOZA GARCÍA** para que pueda desarrollar el trabajo de tesis titulado: **“APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DISEÑO EN INGENIERÍA”**, dirigida por la **Ing. Gladis E. Fuentes Chávez**, solicitando a ustedes sean tan amables de revisar el avance del mismo y hacer las observaciones que consideren pertinentes, o en su caso, indicar a la alumna si dicha revisión se hará a la conclusión del trabajo de tesis.

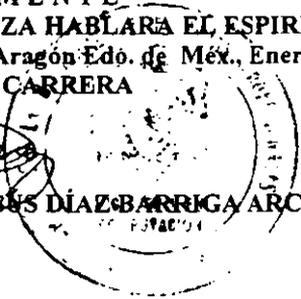
Sin otro en particular, me es grato enviarles un cordial saludo

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

San Juan de Aragón Edo. de Méx., Enero 23 del 2001.

EL JEFE DE CARRERA


M. EN C. JESÚS DÍAZ BARRIGA ARCEO





GOBIERNO FEDERAL
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN**

**JEFATURA DE INGENIERÍA EN
COMPUTACIÓN**

OFICIO: ENAR/JACO/0339/2001.

ASUNTO: Asignación de Jurado.

**LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS
SECRETARIO ACADÉMICO**
P r e s e n t e .

Por este conducto me permito presentar a usted, nombre de los profesores que sugiero integren el Sinodo del Examen Profesional de la alumna **GABRIELA MENDOZA GARCÍA**, presenta el tema de tesis: **“APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DISEÑO EN INGENIERÍA”**

- PRESIDENTE: MAT. LUIS RAMÍREZ FLORES**
- VOCAL: M. EN C. JESÚS DÍAZ BARRIGA ARCEO**
- SECRETARIO: ING. SILVIA VEGA MUYTOY**
- SUPLENTE: ING. MARTÍN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**
- SUPLENTE: ING. GLADIS E. FUENTES CHÁVEZ**

Quiero subrayar que el director de tesis es la **Ing. Gladis E. Fuentes Chávez**, el cual está incluido con base en lo que reza el reglamento de Exámenes Profesionales de ésta Escuela.

Sin otro en particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABERÁ EL ESPÍRITU”

San Juan de Aragón, Edo. de México, mayo 25 del 2001.

EL JEFE DE CARRERA


ING. JESÚS DÍAZ BARRIGA ARCEO



c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez.- Jefa del Departamento de Servicios Escolares.
Ing. Gladis E. Fuentes Chávez.- Asesor de tesis.

JDA/vjd

TODO A PULMÓN

Qué difícil se me hace
mantenerme en este viaje
Sin saber adónde voy en realidad...
Si es de ida o de vuelta,
Si el furgón es la primera,
Si volver es una forma de llegar.

Que difícil se me hace
Cargar todo este equipaje,
Se asegura la subida al caminar.
Esta realidad tirana
que se rie a carcajadas
porque espera que me canse de buscar.

CADA NOTA, CADA IDEA,
CADA PASO EN MI CARRERA
Y LA ESTROFA DE MI ÚLTIMA CANCIÓN,
Y TODO A PULMÓN, TODO A PULMÓN.

Que difícil se me hace
mantenerme con coraje,
lejos de la transa y la prostitución,
defender mi ideología,
buena o mala, pero mía,
tan humana como la contradicción.

Que difícil se me hace
Seguir pagando el peaje
De esta ruta de lujuria y ambición.
Un amigo en la carrera,
Una luz y una escalera, y la fuerza de hacer todo a pulmón.

CADA NOTA, CADA IDEA,
CADA PASO EN MI CARRERA
Y LA ESTROFA DE MI ÚLTIMA CANCIÓN,
Y TODO A PULMÓN, TODO A PULMÓN.

Alejandro Lerner.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a mi **Alma Mater**, (Universidad Nacional Autónoma de México) por brindarme la oportunidad de ser Universitaria.

Al **Instituto Mexicano del Petróleo** por apoyo en todo lo que se refiere a material para el desarrollo del presente trabajo y de forma particular al M.en C. José Manuel Cervantes.

A **Dios**, por regalarme el tesoro más valioso, "*la vida*"; pero sobre todo por iluminar mi existir.

Dedico esta tesis especialmente a dos personas:

A ti hombre incansable

Ejemplo de superación.

A ti mujer eterna luchadora

Mi ideal a seguir

A ustedes, por enseñarme que en la vida

la sencillez y la humildad son cualidades incalculables,

por ser los pilares en mi formación profesional

pero por encima de todo porque les debo todo cuanto soy.

Agustín y Trinidad este trabajo no es solo mío, todo él les pertenece.

Con todo el respeto, amor y ternura que me merecen,
por la paciencia y los consejos ofrecidos en cada momento,

Itxe y **Aarón**, gracias por creer en mí.

Con mucho amor al hombre de mis sueños,
impulso en mi vida profesional, **Moisés Marcos**.

Gracias a **Manuel Cervantes** mi asesor externo, el amigo y el compañero, por la ayuda incondicional en el desarrollo del presente trabajo, pero sobre todo por permitirme ser parte de la historia.

A **Gladis Fuentes**, mi asesor interno de quien guardo una enorme gratitud, por los sabios consejos que enriquecieron este trabajo; de todo corazón Gracias.

Especialmente a: **Gladis E. Fuentes, Jesús Díaz, Luis Ramírez, Martín Hernández y Silvia Vega**. Por obsequiarme un espacio de su valioso tiempo, para la revisión de la presente, por sus acertados comentarios y por guiar mis pasos desde los inicios de la carrera.

Hombre integro de gran valor estimativo, con admiración por ser el mejor amigo y profesor **Martín Hernández**.

De forma especial dedico la presente a **Lorenzo Mendoza y Ana María Salinas**, por brindarme de forma incondicional su apoyo sin esperar nada a cambio, de todo corazón muchas gracias.

Agradezco a mis compañero y amigos del IMP, quienes me apoyaron y creyeron en mi en todo momento: **Angeles Rivera, Didier Samayoa, Ernesto Pineda, Jony García, Jorge Alvarado, Manuel Cervantes, Patricia Estrada y Tulio Neri**, les deseo lo mejor en todos los aspectos; mucha suerte.

A los mejores amigos:

Catalina S., Delia G., Guadalupe P., Juana G., Luis C., Maribel H., Martha C., Martín H., Moisés G. Mónica P., Norma E., Pedro V., Rosario G.,

Sandra T. Gracias por obsequiarme lo más valioso de sus vidas "Su amor y su amistad."

Por último dedico la presente a todas aquellas personas que de alguna forma cruzaron por mi camino y a los cuales me sería imposible nombrar, ya que por descuido puedo olvidar a alguno de ellos.

" A TODOS USTEDES GRACIAS. "

POR SIEMPRE Y PARA SIEMPRE GABY.

CONTENIDO

RESUMEN	iv.
INTRODUCCIÓN	v.
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	
1.1 INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	3
1.1.1 DESARROLLO HISTÓRICO.....	3
1.2 GENERALIDADES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	6
1.3 QUE ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	9
1.3.1 PRUEBA DE TURING.....	9
1.4 ÁREAS DE APLICACIÓN DE LA IA.....	12
1.4 EL HARDWARE Y EL SOFTWARE.....	17
1.5 ENFOQUE SOBRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	18
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTOS DEL DISEÑO EN INGENIERÍA	
2.1 FUNDAMENTOS DEL DISEÑO EN INGENIERÍA.....	21
2.1.1 INTRODUCCIÓN.....	21
2.2 EL INGENIERO COMO DISEÑADOR.....	22
2.3 ETAPAS DEL DISEÑO EN INGENIERÍA.....	24
2.4 EL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	27
2.5 TIPOS DE DISEÑO.....	30
2.6 AUTOMATIZACIÓN DEL DISEÑO EN INGENIERÍA.....	31
2.7 EL DISEÑO EN INGENIERÍA.....	32
CAPÍTULO 3 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS	
3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS.....	36
3.1.1 INGENIERÍA DE CONOCIMIENTOS.....	37
3.1.2 CICLO DE VIDA DE UN SISTEMA EXPERTO.....	38
3.1.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	40
3.2 LOS ALGORITMOS GENÉTICOS.....	42
3.2.1 ANTECEDENTES DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS.....	42
3.2.2 OPERADORES GENÉTICOS.....	43

3.3 LA LÓGICA BORROSA.....	44
3.3.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	45

CAPÍTULO 4 FUNDAMENTOS DE REDES NEURONALES

4.1 ANTECEDENTES.....	47
4.2 TIPOS DE NEURONAS.....	48
4.3 COMUNICACIÓN ENTRE NEURONAS.....	50
4.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA).....	52
4.4.1 PARÁMETROS DE COMPORTAMIENTO.....	52
4.4.2 TIPOS DE APRENDIZAJE.....	53
4.5 MÓDELOS ADALINE Y MADALINE.....	56
4.6 MÓDELO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA PARA DISEÑO BASADO EN RNA.....	59
4.7 NEURONAS BORROSAS.....	62

CAPÍTULO 5 INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL DISEÑO

5.1 LOS SISTEMAS INTELIGENTES.....	65
5.2 RELACIÓN ENTRE SE Y RNA.....	66
5.3 LOS SISTEMAS INTELIGENTES Y EL DISEÑO EN INGENIERÍA.....	69
5.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	71
5.5 ANTECEDENTES.....	71
5.6 PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO.....	71
5.7 RELACIÓN.....	73

CONCLUSIONES.....	74
--------------------------	-----------

ANEXOS

ANEXO A (ABREVIATURAS UTILIZADAS).....	77
ANEXO B (LISTA DE FIGURAS).....	78
ANEXO C (LISTA DE TABLAS).....	79
ANEXO D (CONCEPTOS CLAVE).....	80

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
----------------------------------------	-----------

INTRODUCCIÓN

En términos generales, la inteligencia artificial ha logrado ganar terreno en el área de la computación. A partir de 1950 se dieron a conocer las primeras bases de datos las cuales llevaron como plataforma todo lo referente al análisis en cuanto a ingeniería se refiere, transcurren los años y se nos ofrecen nuevas herramientas; tal es el caso de la Visualización Gráfica, los Elementos Finitos, los Sistemas Asistidos por Computadora, así como sistemas que se encargan del monitoreo y corrección de los sistemas creados, para un mismo objetivo: *la Automatización de Maquinarias*, para facilitar el trabajo pesado del hombre. Los Sistemas Inteligentes en Ingeniería, no obstante nacieron hasta 1990, cuando se comenzaron a emplear en forma particular los Sistemas Experto, las Redes Neuronales y los Algoritmos Genéticos, quienes dieron origen a una rama trascendental en la computación: *la Inteligencia Artificial*.

Esta nueva era, que estamos viviendo en la informática, ha sobrevivido gracias a los pasos acrecentados que se han dado en cuanto a tecnología se refiere, basándose principalmente en satisfacer las necesidades del ser humano así como apegarse lo más cerca posible al mundo real.

Son muchas las empresas que han contribuido a construir una nueva cultura, generando herramientas para el desarrollo de software, así como diferentes métodos de diseño sobre la base del análisis, apoyándose en un sin número de doctores, diseñadores, analistas, programadores entre otros profesionales, conformados en sus propias plantas y centros de investigación.

En el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), se encuentra la Gerencia de Proyectos de Explotación dedicada al Diseño. La automatización de estas áreas es una prioridad indispensable para ser competitiva dentro de los aspectos de calidad, tiempo y costo que demanda el diseño de las modernas instalaciones petroleras. Para tal fin, se ha establecido una línea de investigación y desarrollo tecnológico que identifique y aplique metodologías y técnicas de punta, para la automatización del proceso de

En los últimos años la Inteligencia Artificial (IA), ha evolucionado como un paradigma a ritmo acelerado, gracias a la investigación en la ingeniería para satisfacer necesidades aplicadas a la industria.

Especialmente en el campo de las Redes Neuronales (RN), se muestra con claridad el proceso de aprendizaje basado en experiencias adquiridas, por medio de estímulos de entrada y salida lo que ha permitido dar un giro a los Sistemas Automatas dominantes.

En la fase de Análisis y Diseño, el Diseño Estructural ha demostrado ser una herramienta que proporciona las diferentes actividades esenciales para transmitir la información necesaria para todas aquellos diseñadores expertos, quienes se encargan principalmente de documentar, estructurar, diseñar e implementar estableciendo las fases, componentes, reglas, normas y actividades requeridas para la creación de nuevos sistemas.

El presente trabajo tiene como objetivo general el establecer los fundamentos teóricos para el Diseño en Ingeniería, apoyado en la Inteligencia Artificial a través de los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales Artificiales.

Proponiendo distintas herramientas que son esenciales en el desarrollo de la tesis, a todo ello se agregan herramientas de programación para futuros desarrollos.

Aunado a lo reciente del desarrollo de la IA podemos decir que el tema de mayor importancia de este trabajo es acrecentar la potencialidad de las RN así como del proceso de ingeniería demostrando ser de gran utilidad en el desarrollo de software.

diseño. A esta área se le conoce como Ingeniería Asistida por Computadora, en fechas recientes han surgido tecnologías vanguardistas en sistemas de cómputo mejor conocidas como Inteligencia Artificial, en las ramas de Sistemas Expertos y Redes Neuronales. Esta última permite un alto grado de automatización del proceso de diseño, mientras que los Sistemas Expertos no son capaces de aprender de los diseños que se realizan; sin embargo, dicha capacidad es adoptada con el empleo de las Redes Neuronales que les permitirán sintetizar nuevos conocimientos.

El objetivo del presente trabajo es:

Establecer los fundamentos teóricos para el Diseño en Ingeniería, apoyado en la Inteligencia Artificial a través de los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales Artificiales.

Desarrollar un modelo conceptual sobre las áreas de Sistemas Expertos y Redes Neuronales, para de esta manera relacionar al diseño en ingeniería.

Los objetivos particulares son:

- ◆ Identificar las características fundamentales de la Inteligencia Artificial.
- ◆ Cubrir el área de los Sistemas Expertos así como las Redes Neuronales y sus diferentes características.
- ◆ Explicar en forma breve, las peculiaridades del Diseño en Ingeniería.
- ◆ Determinar los elementos de los Sistemas Expertos factibles de interacción mediante Redes Neuronales.
- ◆ Establecer los elementos del Diseño de Sistemas y su relación con los SE y las RNA.

El presente trabajo se inicia con el desarrollo histórico, las generalidades, y las diferentes áreas en donde se aplica la Inteligencia Artificial, así como un enfoque general sobre la Inteligencia artificial. En el capítulo 2, se presentan los fundamentos necesarios para el desarrollo de la ingeniería, comenzando con una pequeña introducción, haciendo hincapié en las diferentes etapas de Diseño, y muy en especial el Diseño Estructural, que será un punto clave en los posteriores dos capítulos. El

capítulo 3 presenta en forma general, a tres distintas herramientas que pueden ser aplicadas al área de la IA; tal es el caso de los SE, quienes obtienen la habilidad de diferentes expertos capaces de explicar y justificar el razonamiento de forma inmediata. Las Redes Neuronales Artificiales se analizan en el capítulo 4, donde se presenta su definición, características y estructura, mediante el Análisis y Diseño, para así proponer un esquema basado en conceptos (modelo conceptual). En el capítulo final, se presenta la relación que existe entre los capítulos anteriores, así como una pequeña implementación, al relacionar a los SE y las RN con el Diseño en Ingeniería, describiendo algunos alcances, así como posibles trabajos a futuro.

Para documentar la tesis se presentan los distintos anexos especificando referencias bibliográficas, conceptos claves; abreviaturas utilizadas; glosarios de términos; e índice por tema.

Durante toda la obra se hace referencia a fuentes bibliográficas, a cada cita se menciona el autor y la obra, respectivamente para localizar la información de origen. Las referencias se encuentran divididas en básicas para el desarrollo de la tesis, en adicionales para revisar y profundizar los temas en caso de ser necesario.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La diferencia entre lo que hacemos y lo que somos capaces de hacer sería suficiente para resolver casi todos los problemas del mundo.

Mahatma Gandhi.

Este capítulo del presente trabajo, tiene como principal objetivo la contextualización de la investigación del tema principal para de esta manera otorgar a los interesados en el área, conocimientos básicos sobre el tema, el presente cumple con la descripción sobre la Inteligencia Artificial, partes básicas, así como las áreas de aplicación.

Por tal motivo el propósito general, es definir lo que es la Inteligencia Artificial, a partir de su evolución histórica como fundamento de su aplicación dentro de la ciencia en general y, de forma particular en la **Ingeniería**.

Con frecuencia el sueño mas deseado de la humanidad, ha sido crear, una réplica de todo lo que nos rodea logrando lo que ayer parecía imposible; de hecho a pesar de algunos deslices tecnológicos, se ha logrado simular el cerebro humano mediante ordenadores.

La Inteligencia Artificial es considerada como un campo creciente de la informática, que impactó en muy poco tiempo las aportaciones más importantes de la tecnología en cada área de su competencia.

La Inteligencia Artificial, ha sido muy útil en el desarrollo de otras áreas, como es en el caso de la bioingeniería, medicina, psicología, informática, química, administración, abogacía, contabilidad, etc. La peculiaridad principal de la Inteligencia Artificial es su capacidad de enfrentar numerosos problemas que constituyen un reto para la humanidad, por medio de diferentes técnicas.

Planteando una evolución factible de dicha inteligencia en un corto plazo, apoyada en la "conciencia" e "interactividad", mediante Sistemas Expertos y Redes Neuronales.

1.1 INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

1.1.1 Desarrollo Histórico

Desde tiempos remotos, el hombre se vio en la necesidad de comunicarse, para poder sobrevivir e interactuar con los demás seres de su alrededor, para ello fue necesario desarrollar una habilidad que hoy se conoce cómo "aprendizaje", la definición de este puede caer en la repetición; al ser un acontecimiento con un efecto duradero sobre la vida humana conceptualizada como conocimiento. Entre las diferentes etapas de la evolución humana, la definición global del aprendizaje, el razonamiento y el conocimiento han sido variados en el tema de Inteligencia Artificial. El aprendizaje puede definirse como el proceso de añadir nuevos conocimientos, mediante reglas y hecho, el Razonamiento consiste en procesar los hechos, a partir de observaciones o hipótesis, hasta obtener diferentes conclusiones, y el conocimiento radica en entender distintas áreas.

La característica primordial que diferencia al ser humano de un computador, es su capacidad de retener información por medio del aprendizaje mediante la memoria, o por el simple hecho de poder conservar el recuerdo de hechos pasados, que pueden volverse actuales, permitiendo la realización de comportamientos pasados de acuerdo a circunstancias o experiencias vividas. El aprendizaje es una de las facultades más fantásticas del hombre, mientras que la acción de pensar es una función que hoy en día resulta misteriosa. Por el contrario un computador no es mas que un dispositivo capaz de realizar paso a paso instrucciones dadas mediante los algoritmos, para con ello obtener el resultado deseado denominado como *Autómata*.

A medida que ha pasado el tiempo, el hombre ha dado grandes saltos tecnológicos desarrollando una variedad de máquinas capaces de ejecutar trabajos que solo el hombre podía realizar por medio de computadoras habilitadas para realizar diversas funciones; dicha tecnología en interacción con las demandas actuales han generado un cambio continuo y dramático en la sociedad.

No es una tarea fácil desarrollar máquinas capaces de realizar diversos procesos con cierta inteligencia que permitan la toma de alternativas de decisión. Sin embargo, hoy en día, uno de los principales objetivos de los científicos, es diseñar máquinas que puedan llevar a cabo funciones altamente sofisticadas. Tomemos en cuenta que el desarrollo de máquinas en tiempos remotos, era verdaderamente difícil, así como complejo su manejo. Más tarde se facilitó el uso de las máquinas, pero su estructura electrónica se tornó complicada, mientras los resultados eran mostrar "grados de inteligencia"; esto llevó a la mayor parte de la sociedad a pensar que un día no muy lejano, las máquinas podrían ocupar su lugar. De hecho, la construcción de máquinas no tiene como objeto competir con el hombre, sino facilitarle determinadas tareas reduciendo tiempo y costo. A pesar de todos los prejuicios que han surgido sobre el desarrollo de las máquinas, ya juegan un papel muy importante dentro del área de la informática y de la vida cotidiana, de esta manera, la computadora aparece como un elemento representativo de comunicación.

A partir del siglo XIX, Charles Babbage, Alan Turing, John Von Newman, John McCarthy, Allen Newell y Herbert Simón, quienes fueron los más grandes constructores y diseñadores de los sistemas de cómputo, dieron pauta a que sus ideas se encaminarán hacia el terreno de los hechos, sin pensar que algún día las computadoras, podrían realizar trabajos inimaginables, utilizando rutinas similares a los procesos inteligentes.

La Inteligencia Artificial comúnmente conocida como **(IA)**, es una disciplina nueva, que comenzó a tomar auge al final de la primera mitad del siglo XX, en aquellos años nunca se pensó en la IA como una ciencia que pudiese resolver problemas sobre la base de diversos conocimientos y el razonamiento lógico. Debido a lo primitivo de las computadoras y herramientas de programación de esa época; solo se pensaba en la computadora como un instrumento que realizaba determinados cálculos aritméticos y lógicos, auxiliares en los trabajos de oficina; en la segunda mitad del siglo XX pensar en la computadora como algo que pudiese ser inteligente parte de las primeras implementaciones de automatización industrial que impulsó los estudios hacia la Inteligencia Artificial. Actualmente en el ámbito de la vida cotidiana somos testigos de un cambio impresionante de tecnología. Que se manifiesta en dispositivos inteligentes.

El primer trabajo de IA, fue realizado por Warren McCulloch y Walter Pitts (1943), quienes intentaron explicar el funcionamiento del cerebro mediante una red de células conectadas entre si, desarrollaron el conocimiento sobre la fisiología, funcionamiento de las neuronas en el cerebro, análisis formal de la lógica proposicional y la teoría de la computación de Turing, un modelo constituido por Neuronas Artificiales, donde cada una de ellas se caracterizaba por estar "encendida" o "apagada"; como respuesta a la estimulación producida por una cantidad suficiente de neuronas vecinas.

De 1950 a 1965 se desarrollaron programas estratégicos, que se enfocaron a la práctica de juegos. Dentro de esta etapa, se bautizó a esta rama como la INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA). Todo esto se realizó, en una conferencia en Hanover (New Hampshire, E.U.) con ayuda de neurólogos, psiquiatras, matemáticos e ingenieros; los temas que se trataron en la conferencia eran relacionados al pensamiento humano, así como al proceso de pensar y la obtención de conocimiento en forma digital para una máquina.

En 1951 el padre de la IA, Marvin L. Minsky fue el primero en construir la primer computadora de red neuronal bautizada con el nombre de SNARC, diseñada con bulbos y un pequeño mecanismo automático simulando una red de neuronas.

Ya para los años 60's, John McCarthy, creó el primero lenguaje de programación dentro de la IA, llamado (Proceso de Listas) LISP, esta etapa fue nombrada como: "La etapa de optimismo", dentro de esta se imaginó que una computadora podría ser capaz de pensar y por que no, adquirir conciencia propia en determinado momento, de hecho, a está se le consideró como un periodo de temor hacia la automatización (automatización de máquinas), tomando en cuenta, que cuando se habla de inteligencia en una máquina, se pudiera considerar como una inteligencia casi-humana; de esta forma McCarthy abrió el camino a un sin número de descubrimientos y grandes tecnologías.

Hacia los 70's, empezaron a aparecer computadoras con capacidades mucho mayores que podían manipular los datos a nivel simbólico y no a nivel numérico, este adelanto fue un gran paso porque originó grandes avances en el procesamiento del Lenguaje

Natural, la representación del conocimiento, la resolución de problemas, etc., estos éxitos contribuyeron a su vez al enriquecimiento de algunas áreas como la robótica y ayudaron en el seguimiento de los SE, primer producto comercial de la IA

En la década de los 80's, aparece PROLOG (Programación Lógica) desarrollado por Alain Colmerauer, en Marsella, Francia, diseñado para ayudar a resolver problemas condicionales en la Inteligencia Artificial. El Prolog se fundamenta por su estructura basada en hechos reglas y comentarios, adquiriendo una increíble capacidad para resolver problemas e interrogar bases de datos desplazando de esta forma al de por si ya conocido Lisp.

1.2 Generalidades de la Inteligencia Artificial

La inteligencia es propia del hombre, ¿pero que sucede con los animales?, ellos también piensan; de hecho podemos encontrar conductas sorprendentes en algunos animales y, en especial en los primates o antropoides que son los más cercanos a los hombres. Los animales al igual que el hombre, suelen comunicarse entre sí, aunque de forma distinta, dependiendo del tipo de especie; algunos de ellos pueden pronunciar algunas palabras; pero no hablan, su nivel de abstracción es muy escasa en comparación a la del pensamiento humano. Los animales tienen gran inteligencia y creatividad, por el hecho de realizar pequeñas maravillas como: nidos, refugios, túneles, etc., otros tantos, utilizan herramientas como piedras para obtener sus alimentos. Sin embargo, si consideramos a la inteligencia como la capacidad de comprender, conocer, aprender y discernir, afirmaré sin temor a errar que la inteligencia es propia del hombre y que no incluye ningún tipo de animal, ya que según estudios, los anteriores suelen realizar todas estas actividades por instinto natural y en algunas otras ocasiones transmitidas por herencia de padres a hijos.

Hasta aquí no se ha dado una definición precisa sobre lo que es la IA, pues bien, para entrar de lleno sobre el tema debemos tener bien claro la definición sobre lo que es la Inteligencia; existen diferentes definiciones, podemos comenzar con una definición que nos dice que la Inteligencia es la facultad de comprender y conocer; características fundamentales que nos distingue de los animales; de hecho esta definición es lógica,

así que nos referiremos a la inteligencia como la capacidad de aprender y razonar determinadas cosas; esto nos lleva a la incógnita sobre lo que es razonar. De tal forma que podemos caer en un ligero conflicto, ya que razonar no es más que pensar en cualquier cosa o inquietud que se tenga, examinando todos aquellos conceptos obtenidos mediante el conocimiento.

Para el hombre, pensar significa: poder caminar, correr, bailar, comer, jugar; en fin realizar varias y diferentes tareas, con un cierto porcentaje de complejidad, mientras que para una computadora el hecho de pensar, radica en ejecutar programas mediante algoritmos que tratan de simular el razonamiento, sin llegar a ser realmente inteligentes.

La tarea fundamental de los programas, es resolver problemas o actividades que anteriormente eran realizados por el hombre, por medio de la experiencia, mediante métodos científicos o a través del razonamiento; en tanto que las computadoras necesitan de la existencia de programas que describan las situaciones que desea el humano que ejecute.

Prácticamente el problema no radica en pensar, sino en que aún no se sabe como explicar el pensamiento con exactitud; si pudiéramos explicarlo, no sería difícil hacer que una computadora pudiera pensar. Aún así no se descarta por ningún motivo que un día no muy lejano en unos 80 o 100 años, la computadora pueda pensar, tornándose en un hecho muy común; a pesar de estos hechos no se descarta la posibilidad de que las computadoras puedan o no presentar inteligencia.

Para mucha gente es difícil aceptar que exista inteligencia en una máquina, una persona puede realizar diferentes cosas y estar pensando a la vez, mientras que en una máquina se realizarán trabajos mediante determinados programas de aplicación y aún así no se le consideraría como un ser pensante. No obstante, mientras esto sucede la tarea de los investigadores es continuar con las diferentes indagaciones tecnológicas.

La Inteligencia esta conformada por dos diferentes aspectos: [Russell, 1995].

- La Inteligencia Humana y
- La Inteligencia Artificial.

Al parecer estos aspectos son exactamente iguales; pero desde el punto de vista computacional son muy distintas una de la otra, la Inteligencia Humana es precisamente vista, razonada y palpada por el hombre, mientras que la Inteligencia Artificial, como se ha propuesto anteriormente puede ser tomada por las computadoras mediante determinado conocimiento y aprendizaje adquirido en base a la experiencia, transmitido por Expertos Humanos, de los cuales hablaremos más adelante.

Actualmente la Inteligencia humana se divide en tres partes importantes: el sentido, la capacidad de clasificar y de conservar el conocimiento así como la capacidad de hacer elecciones basadas en la experiencia acumulada, en la Figura 1, se muestra esta relación. [Russell, 1995].



Figura 1. Partes de la Inteligencia Humana

El sentido se refiere a la forma de recibir información del medio que nos rodean, para poder acumular determinados conocimientos en un razonamiento inductivo que los clasifique mediante la percepción y la experiencia de diversos hechos o sucesos anteriores. La clasificación y conservación del conocimiento se refiere a la forma en que se discierne cierto tipo de datos de acuerdo al comportamiento, funcionalidad, aplicación, etc., de tal manera que la Inteligencia Humana pueda tomar los conocimientos que a esta convengan. Cuando hablamos de la capacidad de hacer

elecciones basadas en la experiencia acumulada, nos referimos a deducir que opción es más conveniente dependiendo de la habilidad que se ha obtenido con anterioridad. Para de esta forma conservar los conocimientos adquiridos en la memoria, tomando en cuenta que la memoria humana jerarquiza sus recuerdos.

1.3 Que es la Inteligencia Artificial

Dar una definición precisa sobre lo que es la Inteligencia Artificial es una tarea realmente complicada. Como se mencionó anteriormente, se han propuesto un sin número de definiciones distintas, de las cuales ninguna ha logrado la aceptación por parte de los especialistas en la materia, lo único que hasta ahora se ha podido aprobar es que se encarga del estudio, de la realización de comportamientos artificiales contruidos a partir de un modelo. Como ejemplo podríamos citar un brazo mecánico.

1.3.1 Prueba de Turing.

La prueba de Turing propuesta por Alan Turing en el año de 1950, básicamente fundamento su teoría en el interrogatorio realizado a un ordenador frente a una persona. Primordialmente sé tenía que demostrar mediante un evaluador si el ordenador era capaz de responder de la misma forma a como lo haría una persona.

Turing definió una conducta inteligente como la capacidad de lograr eficiencia a nivel humano en todas las actividades de tipo cognoscitivo suficiente para engañar a un evaluador. [Russell, 1995].

De hecho Russell propone seis puntos de suma importancia, los primero cuatro se proponen para determinar la capacidad de la máquina, mientras que los dos últimos son necesarios para aprobar la prueba de Turing.

- ❖ **Procesar en Lenguaje Natural**, para así poder establecer comunicación satisfactoria, sea inglés o en cualquier otro idioma humano;

- ❖ **Representación del Conocimiento**, para así guardar toda la información que se le haya dado antes o durante el interrogatorio;
- ❖ **Razonar Automáticamente**, con el fin de utilizar la información guardada al responder preguntas y obtener nuevas conclusiones;
- ❖ **Autoaprendizaje de la Máquina**, para que se adopte a nuevas circunstancias y para detectar y extrapolar esquemas determinados.
- ❖ **Vista**, que le permita percibir objetos y
- ❖ **Robótica**, para desplazar estos.

A continuación presento algunas definiciones de Inteligencia Artificial dadas por diferentes autores:

- "La inteligencia artificial tiene por objeto analizar los comportamientos humanos en lo relativo a la percepción, la comprensión y la decisión, con el fin de reproducirlos después con la ayuda de una máquina: el ordenador. [Sierra, 1995]
- "I.A. es la solución de problemas complejos con el apoyo del computador mediante la aplicación de procesos que son análogos al procesamiento del razonamiento humano. [Russell, 1995]
- La IA es el estudio de la computación que permiten percibir razonar y actuar. [Henry, 1992]

En la Tabla 1. se presentan definiciones de lo que es la IA, de acuerdo con ocho autores recientes. Estas definiciones varían en torno a dos dimensiones principales. Las que aparecen en la parte superior se refieren a procesos mentales y al razonamiento. Por otra parte, las definiciones de la izquierda miden la condición deseable en funciones de eficiencia humana, mientras que las de la derecha lo hacen

de conformidad con un concepto de inteligencia ideal, denominado racionalidad. [Russel, 1995].

Tabla 1. Definiciones de IA

<p>"La interesante tarea de lograr que las computadoras piensen... máquinas con mente, en su amplio sentido literal." [Haugeland, 1985.]</p>	<p>El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales.[Charniak y McDermott, 1985.]</p>
<p>"La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como la toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje." [Bellman, 1978.]</p>	<p>"El estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar." [Winston, 1992.]</p>
<p>"El arte de crear máquinas con capacidad de realizar funciones que realizadas por personas requieren de inteligencia." [Kurzweil, 1990.]</p>	<p>"Un campo de estudio que enfoca a la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales." [Schalkoff, 1990.]</p>
<p>"El estudio de cómo lograr que las computadoras realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor." [Rich y Knight, 1991.]</p>	<p>"La rama de la ciencia de la computación que se ocupa de la automatización de la conducta inteligente." [Luger y Stubblefield, 1993.]</p>

Si bien, las ocho definiciones anteriores son muy exactas de acuerdo a sus autores correspondientes, en este caso las mas cercanas al enfoque del presente trabajo se encuentran dadas por las cuatro primeras definiciones del lado izquierdo, por el hecho de coincidir con algunas partes del presente trabajo, así como en el desarrollo de los SE y las RNA.

La IA se ha considerado en parte como INGENIERÍA y en parte como CIENCIA.

El objetivo Ingenieril de la IA es resolver problemas reales actuando como armamento de ideas acerca de cómo representar y utilizar el conocimiento, y de cómo ensamblar sistemas. [Herry, 1992]

El objetivo Científico de la IA es determinar que ideas acerca de la representación del conocimiento, del uso que se da a éste, y del ensamble de sistemas explican clases de inteligencia. [Herry, 1992]

La IA forma parte de la rama de la computación, esta centra sus esfuerzos en hacer que las máquinas se comporten en forma muy parecida a como lo harían los seres humanos, un ejemplo sería al realizar actividades físicas, de raciocinio capaces de aprender y adquirir experiencia, ocupando conceptos clave, así como de la resolución de distintos problemas.

Después de haber presentado algunas definiciones sobre la Inteligencia Artificial, me referiré a la IA dentro de la Ingeniería, como la teoría y práctica sobre como construir máquinas que sean inteligentes; es decir, que por si solas y con la ayuda mínima del hombre puedan resolver cierto tipo de problemas que en determinado momento se presenten, los cuales el humano tardaría en resolver.

En este caso los programas inteligentes tienen como característica primordial el no contener algoritmos que desarrollan paso a paso diferentes procesos; sino que utilicen reglas empíricas (heurísticas) que en la mayoría de las cosas (aunque no siempre) obtendrán resultados aceptables.

El fin último de la IA es el de buscar herramientas que mejoren la productividad del hombre, comprendiendo que es la inteligencia, adoptando entidades artificiales y optimizando los recursos humanos, técnicos y económicos que se disponen.

1.4 Areas de Aplicación de la I.A.

A la IA, se le puede dividir en seis áreas básicas de conocimiento, las cuales se encargarán de la comprensión, desarrollo de habilidades, así como de la construcción de sistemas informáticos de la IA; como se muestra en la Figura 2. [Cervantes, 2000]

La IA estudia la teoría y práctica de cómo construir máquinas que sean inteligentes, así como la creación de algunos entes capaces de tener inteligencia propia, adquiriendo experiencia para la resolución de problemas, de la misma forma como lo realizan los seres humanos. A continuación se esboza brevemente cada una de las ramas, para tener un amplio panorama sobre el tema.

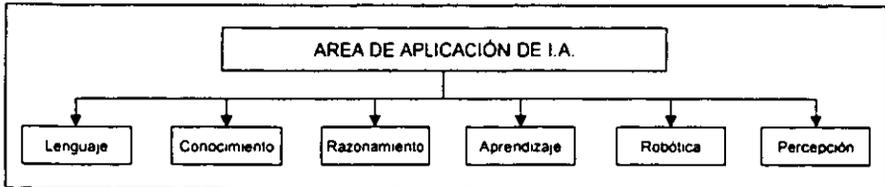


Figura 2. Areas de la Inteligencia Artificial

Cuando se habla de LENGUAJE dentro de la IA, nos referimos al conjunto sistemático de signos los cuales nos permitirán la comunicación ya sea verbal o simbólica, en esta parte se abarcará todo lo relacionado con los Lenguajes de Programación que se encargan de representar los datos proporcionados en lenguaje máquina, como es el caso de la **Lógica de Predicados** ^(ANEXO D) o mejor conocido como *Lógica Formal* que es la forma más antigua de representar el conocimiento empleando Inteligencia Artificial [Rolston, 1992]. Se designa un sistema de símbolos de comunicación, este debe estar fundamentado en las formas emitidas que el hombre ha desarrollado.

En el CONOCIMIENTO, pretendemos entender y conocer diferentes áreas de investigación mediante el registro y uso del entendimiento, RAZONANDO sobre posibles acciones teniendo en cuenta que este último es el proceso por el cual se genera nuevo conocimiento.

El APRENDIZAJE consiste en añadir nuevos conocimientos (hechos, reglas, etc.), modificando la forma de relacionarse de algún organismo frente a cualquier situación, la cual ya ha sido experimentada con anterioridad; el aprendizaje suele dividirse en:

- ◆ Aprendizaje Intencional se encuentra orientado a una toma de decisiones, por el sujeto que desea aprender o por la persona que le enseña como aprender alguna cosa.
- ◆ No Intencional, también conocido como ocasional es aquel en donde se aprovechan las ocasiones en que se presentan las cosas sin que estos entren dentro de la vida cotidiana.

La PERCEPCIÓN es la conservación de la realidad por medio de los datos que ya se encuentran recibidos, en si es entender, captar, recibir todo lo que nos rodea mediante los sentidos para así tener conocimiento sobre las cosas.

El campo de estudio de la Inteligencia Artificial se puede dividir en siete categorías de estudio importantes como se observa en la Figura 3, las cuales dependen unas de otras para con ello obtener aplicaciones finales, logrando un mejor rendimiento en desarrollos posteriores, para obtener mayor información se recomienda consultar." [Herbert, 1989],[Mishkoff, 1985].

En donde los Sistemas Expertos, están particularmente adaptados para adquirir nuevos conocimientos mediante **Reglas Heurísticas**; capaces de servir como ayudantes inteligentes al ser humano, conocidos con el nombre de Sistemas Basados en Conocimientos.

Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN). Uno de los objetivos, es permitir la comunicación entre el hombre y la máquina, en un lenguaje humano o mejor conocido como natural y no en lenguaje máquina de unos y ceros. El PLN se divide en:

- Comprensión del Lenguaje Natural el cual se encarga de investigar diferentes métodos que permitan a la computadora comprender instrucciones proporcionado por el Lenguaje Natural.
- Generación del Lenguaje Natural. Intenta que el ordenador sea capaz de comunicarse así como de expresarse en lenguaje ordinario.

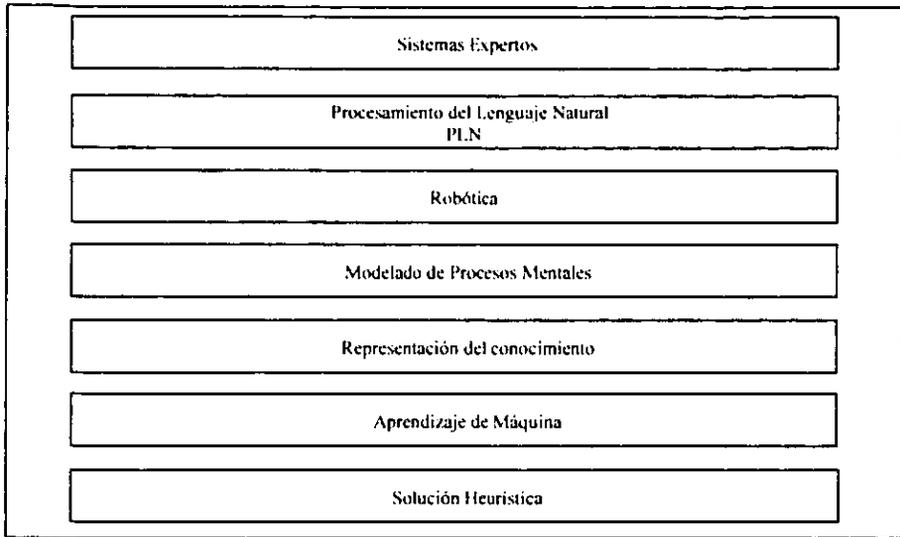


Figura 3. Categorías de la Inteligencia Artificial

La Robótica se encarga del estudio, construcción, ensamblaje y de la programación de las máquinas o robots que trabajan por sí solos. Debemos aclarar que no toda la robótica es considerada como parte de la IA, ya que un robot que solo realice acciones que han sido programadas es considerado como tonto, mientras que un robot inteligente debe incluir sensores o cámaras que le permitan responder a su entorno.

En el Modelado de Procesos Mentales, la idea principal es dar a los ordenadores la posibilidad de entender su entorno. El impedimento principal para el ordenador es la representación de imágenes para poder entender lo que se está observando.

La Representación del Conocimiento guarda la información que se le ha proporcionado antes o durante el interrogatorio. Se pretende dar a las computadoras la posibilidad de entender su entorno.

El Aprendizaje de Máquina es aquel que trata de obtener conocimientos mediante la adaptación, dependiendo de las circunstancias que se le presenten, detectando y explorando ciertas facetas. Se trata de modelar las técnicas de enseñanza de acuerdo con los patrones de aprendizaje de cada caso en particular.

La Heurística es el estudio de métodos de solución que resuelven problemas para los cuales no se conocen procedimientos bien definidos y que por lo tanto emplean métodos obtenidos a partir de la experiencia.

En la actualidad la IA abarca una enorme cantidad de subcampos, desde áreas de propósito general, como es el caso de la percepción y el razonamiento lógico, hasta tareas específicas como teoremas matemáticos, diagnóstico de enfermedades, etc. En tanto se puede aplicar la metodología en cualquier área que tenga que ver con lo que se le pueda llamar Intelecto Humano. En la Figura 4, se observa a grandes rasgos algunas ciencias que se encuentran relacionadas a la I.A.

Estas ciencias se encuentran estrechamente ligadas a la IA; por el hecho de que cada una en su propia rama estudia el campo determinado a su área, algunas demuestran teoremas, otras estudian la forma de construir robots o sistemas, otras más se encargan simplemente de la investigación de fuentes históricas, de esta forma cada una, se desglosa desde lo más particular a lo más general, otra rama que aún no se ha explicado y que resulta ser muy importante por su relación tan estrecha en el tema pero que no se muestra en la Figura 4, es la INGENIERÍA, ya que esta es una profesión que conjuga a la ciencia y a la tecnología, globalizando todas las ramas anteriores para poder dar a todo ingeniero la facilidad de resolver, de manera eficiente, problemas que no son comunes en nuestra sociedad, y de la cual hablaremos en capítulos posteriores.

Ahora bien, la tecnología, a diferencia de la ciencia, esta constituida por las ciencias básicas, mientras que las ciencias constituyen a la ingeniería en donde podemos encontrar las bases sobre como se debe aplicar el conocimiento en el desarrollo e implementación de nuevas técnicas ingenieriles que constituyen en conjunto la tecnología.

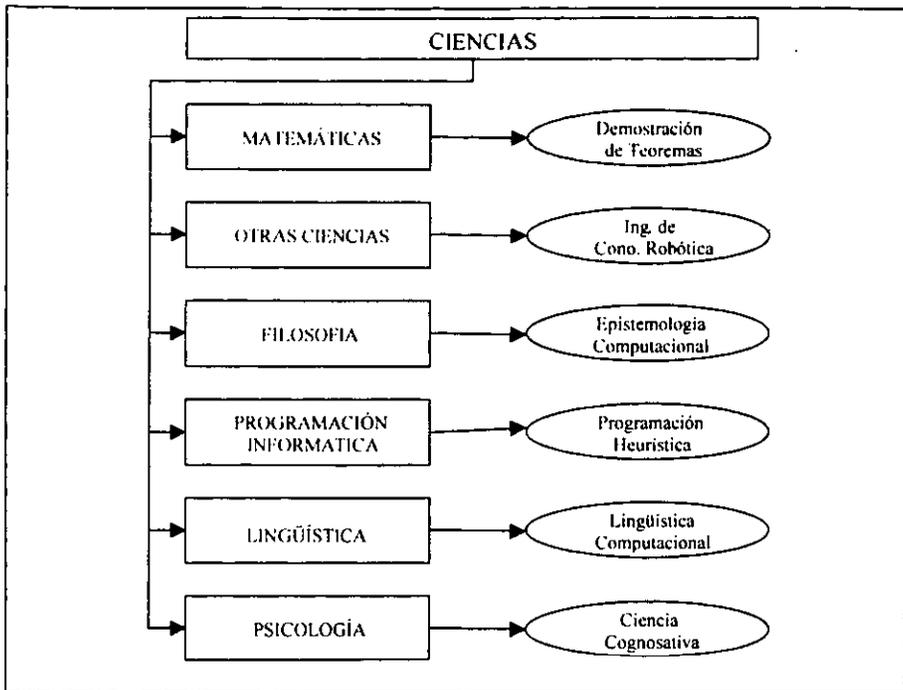


Figura 4. Ciencias Relacionadas con la Inteligencia Artificial

1.5 El Hardware y el Software

En el área de la computación con frecuencia se escucha hablar sobre dos términos de suma importancia el *Hardware* y el *Software*, (de forma *tangible* e *intangible* respectivamente), parte estructural en la división de los ordenadores.

El término de Hardware se refiere a la parte física del ordenador (resistencias, transistores, cables circuitos impresos, etc.).

Del mismo modo el Software de forma intangible para los usuarios son programas para cuyo desarrollo existen lenguajes de programación como Lisp, Prolog, C, C++, Clipper, etc.

Uno de los más populares es el LISP (LIST Processor Language), que utiliza listas como estructura de datos quienes quedan representados de una misma forma esperando a ser empleados y, el PROLOG (Lenguaje de programación Lógica), en donde el trabajo principal del programador será declarar lo que se necesita desarrollar, estas declaraciones simple y sencillamente son la descripción de los objetos en forma de elementos, que fueron por excelencia los programas orientados a la Inteligencia Artificial a principio de los 60's, en especial en la construcción de SE. [Rolston, 1992]. Hay que aclarar que hoy día existen otros muchos programas que nos presentan tecnologías más novedosas combinando la amabilidad con el usuario y herramientas sofisticadas, en este caso puedo mencionar al C y Java quienes nos permiten realizar interfaces altamente sofisticadas. Otros como el Neuroshell 2, que básicamente se encarga de la representación del cerebro humano mediante polinomios y Neuronas Artificiales.

En términos de la computación el Hardware y el Software son de gran importancia, mientras que para la Inteligencia Artificial el Hardware se ha caracterizado por su rápido crecimiento en cuanto a rapidez y memoria se refiere, mientras que el Software considerado como una parte primordial del sistema, encargado de manejar las operaciones de la computadora como programas de aplicación, resolviendo múltiples problemas a los usuarios.

Concluyo, diciendo que cada parte es de vital importancia para el Diseño en la Ingeniería, a medida que ha pasado el tiempo se ha vuelto indispensable la creación de nuevos lenguajes que proporcionen herramientas conceptuales para la solución de los problemas abordados.

1.6 Enfoques sobre la Inteligencia Artificial

Durante la 2ª. Guerra Mundial, los americanos comenzaron a utilizar los primeros ordenadores, realizando tareas tan complejas como cálculos numéricos, actividades que anteriormente se pensaba que podría requerir inteligencia humana. Los investigadores de aquellos entonces creían que en un tiempo no muy lejano, a solo 20 años en el futuro, se llegarían a ver a ordenadores caminando, pensando, de hecho

podrían llegar a tomar el lugar del hombre, este campo, les pareció muy interesante y robusto; sin embargo, nunca imaginaron que probablemente tomaría muchos años la creación de sistemas capaces de ser inteligentes y muchos más para llevarlos a la práctica.

Hoy, se discute sobre la posibilidad de que los robots piensen o si realizan tal y cual cosa, pero podemos decir que es muy cierto que tienden a realizar diferentes actividades que el hombre les ha impuesto a partir de reglas específicas, aun así no son capaces de pensar por si solos. De hecho investigar sobre esta área es muy prometedor, en la actualidad se han visto una infinidad de inventos tecnológicos que han marcado una pauta en distintos descubrimientos capaces de satisfacer las necesidades del ser humano sin menoscabo del intelecto del mismo

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTOS DEL DISEÑO EN INGENIERÍA

La especulación es un lujo
mientras que la acción es una necesidad.

Bergson.

El Diseño en Ingeniería es la parte modular del presente trabajo donde se presentan preguntas esperando encontrar respuestas de hechos reales.

En el presente capítulo trataré de explicar en forma concisa la definición de la Ingeniería de Diseño, describiendo la relación que existe con los Sistemas, el Diseño Estructural así como las partes fundamentales que integran al Diseño. Finalizaré explicando el por qué de la automatización proponiendo al mismo tiempo un diagrama fundamental del Diseño en Ingeniería.

2.1 FUNDAMENTOS DEL DISEÑO EN INGENIERÍA

2.1.1 Introducción

Por muchos años el hombre se ha dedicado al desarrollo de mecanismos capaces de automatizar todo tipo de sistemas, sin importar si son de origen natural o tecnológico. A medida que las diversas áreas adoptaban sus diferentes ocupaciones, y tomaban auge aparecieron junto a médicos, maestros y abogados, los primeros ingenieros, quienes tenían como propósito principal el de satisfacer las necesidades del ser humano.

Los anteriores ingenieros y los de nuestros días se distinguen por tener diversos conocimientos en el área en que se especializan [Cuevas, 1985], de donde basaron sus primeras obras, los antiguos ingenieros sufrieron varios y diferentes impedimentos, puesto que carecían de conocimientos científicos y tecnológicos, situación que existió durante muchos años, el conocimiento científico floreció de manera significativa, con un sin número de información y experiencias comprobables acrecentando el desarrollo de la ingeniería.

La ingeniería evolucionó a pasos acrecentados, algunos fueron dados por diversos factores así como distintos intereses de ingenieros dedicados en la materia, como por ejemplo, los procesos de factibilidad económica que se presentaban o bien la seguridad del ser humano ante la aceptación del público, y el trabajo en la manufactura. El surgimiento de la ingeniería nace de la necesidad de transformar un estado de cosas a otro, mediante varias y diferentes soluciones.

Actualmente, el estudio de la ingeniería se ha utilizado prácticamente en todas las áreas que desempeña el ingeniero como es el caso del Diseño, donde se requiere de una gran cantidad de conocimientos sobre el campo en el cual se está desarrollando así como cierta habilidad en la solución de problemas. A pesar de todo ello, aún no sé a definido con exactitud lo que es el Diseño.

2.2 El Ingeniero como Diseñador

El Ingeniero interviene directamente en todas las obras producidas según el área en la que se especializan, denominados como Diseñadores, (**Ingeniero Diseñador**), que se encarga de satisfacer las necesidades del ser humano, dependiendo del concepto que se forme como Ingeniero y tomando en cuenta los efectos secundarios, así como las soluciones posibles para resolver los problemas. *De hecho el objetivo principal del Ingeniero Diseñador es concebir y planear en la mente antes de trabajar físicamente con el proyecto.*

La Ingeniería de Diseño, es un conjunto de especificaciones que sirven para construir un objeto; de hecho, es la forma de cómo se describen cada una de las especificaciones, en forma clara, concisa y sin ambigüedades, obteniendo como resultado final los requerimientos del sistema; se refiere a la creación de todo tipo de necesidades, tanto para las máquinas, las estructuras, los sistemas o *procesos* que desarrollan diferentes funciones para la comunidad; cuando se habla del *Proceso* dentro del Diseño nos referimos a:

- La consideración de todo tipo de necesidades, como reglas y normas, que sean precisas definir para todos y cada uno de los problemas que se puedan provocar al paso del tiempo.
- Examinar los pasos para resolver los problemas que se puedan dar, mediante un proceso de factibilidad, respaldado por las diferentes investigaciones realizadas en este paso.
- Efectuar el Diseño Preliminar, se refiere a establecer las diferentes características del proceso, resaltando los componentes principales.
- Por último será necesario realizar el Diseño, disponiendo de todos y cada unos de lo componentes como presentaciones y sus detalles correspondientes.

De lo anterior se puede concluir que el Diseño en Ingeniería, es considerado como un proceso: "elaboración y valoración de especificaciones necesarias para construir objetos, cuya forma, dimensiones, materiales y funcionamiento cumplan con los objetivos establecidos". Es el procedimiento general el cual representa en forma vaga lo que se desea, el Diseño es la parte fundamental de la Ingeniería, ya que es el que marca los pasos fundamentales a seguir para resolver los problemas.

En torno a la Ingeniería el Diseño, también es presentado como la descripción de todas aquellas especificaciones que sean referidas para poder construir un objeto que cumpla con cada una de sus diferentes características. Desde el momento en que surgieron las computadoras, los ingenieros se dieron a la tarea de *Automatizar* el Proceso del Diseño lo cual implica el desarrollo de Conocimiento Heurístico y Formal, automatizando solo algunas partes del Diseño.

2.3 Etapas del Diseño en Ingeniería

El Proceso de Diseño es tratado como un Sistema, constituido por tres partes fundamentales, una Entrada, un Proceso y una Salida, como se observa en la Figura 5. Donde: X_1, X_2, \dots, X_n , son las entradas aplicadas, Y_1, Y_2, \dots, Y_n , es el número de salidas las cuales pueden no ser iguales a el número aplicado a la entrada, como por ejemplo; una salida o varias salidas para una sola entrada. Un Sistema, es la relación entre varios componentes externos e internos, de hecho, es un conjunto de elementos como por ejemplo: objetos, personas, conceptos y/o una combinación entre estos elementos. Existen muchos tipos diferentes de sistemas, como sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos petroquímicos, químicos, etc., pero que al fin realizan los mismos tipos pasos o procedimientos. De hecho, un sistemas esta considerado básicamente como una caja negra de la cual podremos obtener información, siempre y cuando se le proporcionen las características necesarias.

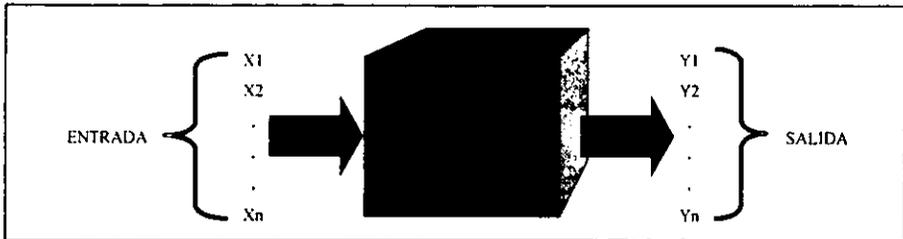


Figura 5. El Proceso de Diseño

En la *Entrada* se introducirán todas y cada una de las especificaciones necesarias para crear cierto objeto como la dimensión de los elementos, los requisitos de funcionamiento, e identificación de necesidades, realizadas por especialistas en la operación del sistema, en el *Proceso* (Diseño), se efectuará la evolución del análisis correspondiente al objeto mediante cinco etapas importantes, en donde cada una, podrá ser descompuesta dependiendo del tamaño del sistema. En la *Salida* se obtendrán los resultados necesarios incluyendo todos los dibujos, reportes técnicos (por ejemplo, memorias de cálculo, volúmenes de obra), con una amplia funcionalidad, competitividad, y aun costo accesible, así como las cualidades correspondientes de dicho sistema, como se describe en la Figura 6. Las funciones de las etapas del Proceso del Diseño se resumen en la Tabla 2.

Las diferentes etapas de Diseño, pueden o no ser empleadas, dependiendo del tipo de sistema, tomando en cuenta que no se puede por ningún motivo, omitir alguna etapa ya que llevan a cabo un trabajo interactivo entre cada etapa, implicando la construcción y prueba del mismo. El sistema no pasará a la etapa siguiente, si no cumple con las características especificadas en que se este trabajando, regresándose al paso anterior cuantas veces sea necesario, a este proceso se le ha denominado como Retroalimentación del Sistema. *El Proceso de Diseño puede ser definido como una serie de etapas que se encuentran en constante evolución, para poder obtener la solución a diferentes problemas.*

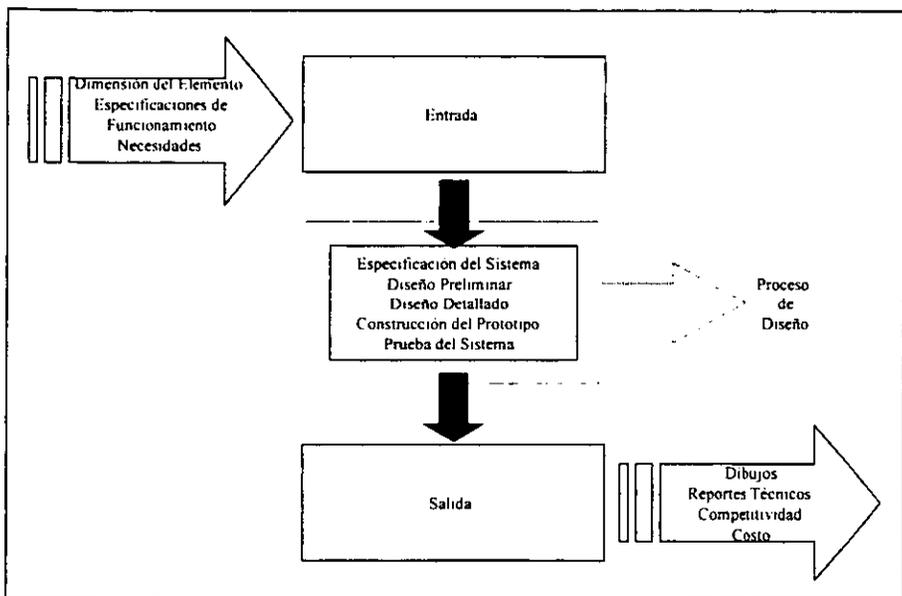


Figura 6. Descripción de las Partes de un Sistema

Tabla 2. Proceso de Diseño

<p>Especificaciones del Sistema. Se definen todas y cada una de las especificaciones (Bases del Diseño) para el sistema, siempre y cuando el diseñador y el usuario se encuentren en constante interacción.</p>
<p>Diseño Preliminar. Será necesario proponer varios modelos conceptuales del sistema, realizados ha corto tiempo, definiendo varios sistemas así como realizando el diseño de manera preliminar. Todas las decisiones tomadas en esta etapa, serán fundamentales en el funcionamiento final, ya que solo algunos procesos podrán modificarse en el proceso de interacción y muchos otros serán imposibles modificar. Una característica fundamental en esta, etapa es la necesidad de personal experimentado en el área, para poder identificar los parámetros claves.</p>
<p>Diseño Detallado. Se evalúan varias posibilidades, tomando en cuenta todos los parámetros que fueron identificados en la etapa anterior. Se identifican, los parámetros claves para poder ser calculados en determinado momentos, para así poder ser fabricados y poder satisfacer los requerimientos tecnológicos tomando en cuenta, el costo mínimo y un valor del sistema máximo. Esta etapa, depende de que las predicciones sean favorables.</p>
<p>Construcción del Prototipo. Después del desarrollo anterior, será necesario realizar la construcción del modelo, integrando todas las etapas anteriores, dando una solución burda del sistema.</p>
<p>Prueba del Sistema. Por último, se procederá a la realizar la prueba final del prototipo. La Figura 7, representa las cinco diferentes etapas de Diseño.</p>

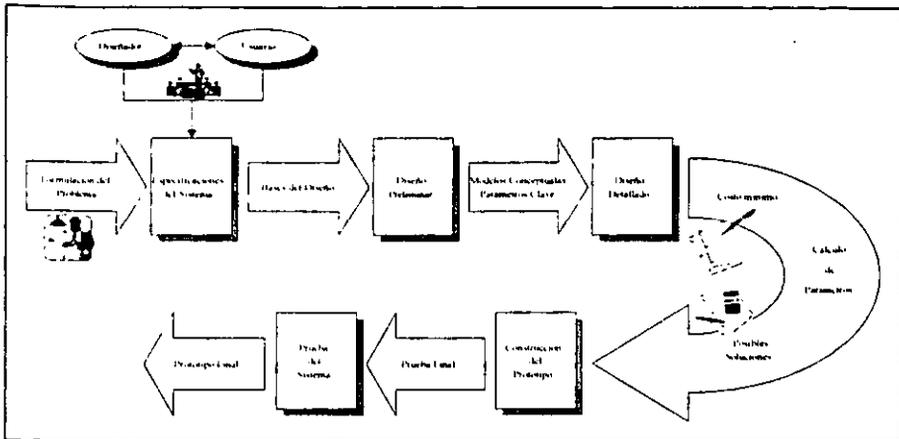


Figura 7. Etapas del Diseño

2.4 El Diseño Estructural

Una **Estructura**, no es sino *un subsistema de algún sistema mucho más complejo*, como se muestra en la Figura 8, un ejemplo de ello, podría ser en una computadora donde se distinguen varios subsistemas, como los cables, circuitos, diodos, etc. De este modo el enfoque de un sistemas dentro del diseño, implica la interacción entre todos y cada uno de los subsistemas.

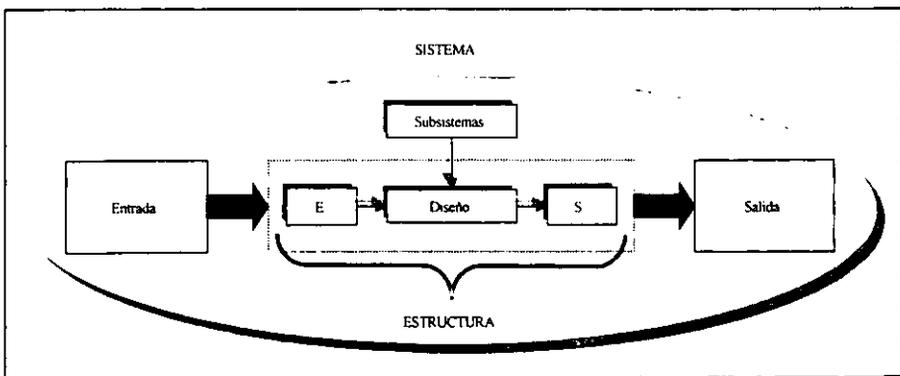


Figura 8. Diagrama de una Estructura Dentro de un Sistema

El Diseño Estructural, esta basado principalmente en las actividades que desempeña el Ingeniero Diseñador, quien se encarga de desarrollar cada paso, forma, dimensiones y características, tal que la configuración estructural sea capaz de satisfacer las necesidades y condiciones establecidas, con soluciones sujetas a restricciones y limitaciones como el costo, y el tiempo de ejecución. Por ello, el objetivo principal del Diseño Estructural, es el de resistir todo tipo de pruebas a las que se encuentre sometido, sin comportamientos erróneos. Para todo ello será necesario tomar en cuenta tres aspectos fundamentales: el Diseño Preliminar, el Análisis y el Diseño Detallado.

El *Diseño Preliminar*, se encarga fundamentalmente del aspecto estructural inicial, así como de las partes fundamentales, de hecho en esta parte se recopilan los materiales, detallando en forma global la creatividad y el Diseño del Sistema, descifrando los puntos clave del Diseño.

Para comprender la naturaleza del **Análisis** dentro de la Ingeniería, es necesario, detallar cada proceso involucrado, así como realizar la documentación del sistema. Este proceso se realiza de forma muy estrecha al usuario contando con la documentación en forma detallada, y los requerimientos del sistema.

El Análisis Estructural consiste en dar forma al Sistema Estructural, examinando y descomponiendo al mismo tiempo todas aquellas partes que sean identificadas como puntos clave, y al mismo tiempo satisfagan las necesidades, tomando en cuenta las condiciones respectivas de los materiales. Adjuntando todas aquellas actividades que nos lleven a las respuestas para obtener un excelente sistema; mediante la modelación y la determinación de posibles respuestas. El objetivo fundamental es satisfacer las condiciones de equilibrio y compatibilidad para poder determinar esta etapa, será necesario contar con tres pasos denominados como Análisis que afectan directamente al Diseño, [Ver. Tabla 3].

El *Diseño Detallado* es la etapa final del diseño estructural, donde se examina la estructura para ver si cumple con los requisitos establecidos, tanto de seguridad como en las especificaciones del sistema, ligada a las normas y reglas de seguridad del diseño en cuestión.

Las etapas anteriores indican una secuencia lógica y un proceso unidireccional, esto no podrá por ningún motivo pasar a otro nivel excluyendo ha algún otro nivel. Todo ello no implica que el sistema se encuentre perfectamente en el primer intento, sino todo lo contrario se podrá regresar a la etapa anterior, cuantas veces sea necesario hasta conseguir el objetivo deseado. La práctica del Diseño Estructural en la Ingeniería, a media que a pasado el tiempo, a tendido a ser automatizado, impulsado por el sorprendente empleo de las computadoras en la humanidad.

Tabla 3. Etapas del Análisis.

Pasos	Particularidades
Modelo Matemático.	Se realiza el modelo teórico el cual será analizado e interpretado, realizando diferentes cálculos, indispensables para la valoración del sistema.
Análisis del Modelo Matemático.	Se realizaran las evaluaciones pertinentes y concisas sobre los cálculo ya determinados con anterioridad, en donde el diseñador se sujetará a los datos con mayor importancia definiendo la acción del Diseño.
Interpretación Física de los Resultados.	Se determinarán los efectos de las acciones del Diseño, tomando en cuenta los pasos anteriores para así determinar el comportamiento posible en el diseño final.

2.5 Tipos de Diseño

El diseño puede ser clasificado en cuatro etapas fundamentales, dependiendo del tipo de dificultad que se presente en la toma de decisiones, mediante características especificadas de los sistemas, de manera que pueda cumplir en forma optima con sus objetivos. Para mayor información se recomienda la lectura respectivamente de [Cuevas, 1985] y [Piralla, 1985]. Estas etapas de diseño son: Diseño Rutinario, Diseño Innovador, Diseño Creativo y el Diseño Rediseño, casos que determinan la integridad del conocimiento generado, así como los inconvenientes para controlar los procesos de búsqueda como se muestra en la Figura 9.

El *Diseño Rediseño*, como se explicó anteriormente en el Diseño se definen las necesidades, obteniendo los requerimientos más importantes del Sistema. De esta forma el Rediseño, es el mejoramiento del Diseño como puede ser cualquier objeto, específicamente en el aspecto funcional modificando e incorporando los cambios necesarios, siempre y cuando se pueda demostrar que son funcionales. Este tipo de diseño conforme transcurre el tiempo tiende a volverse complicado.

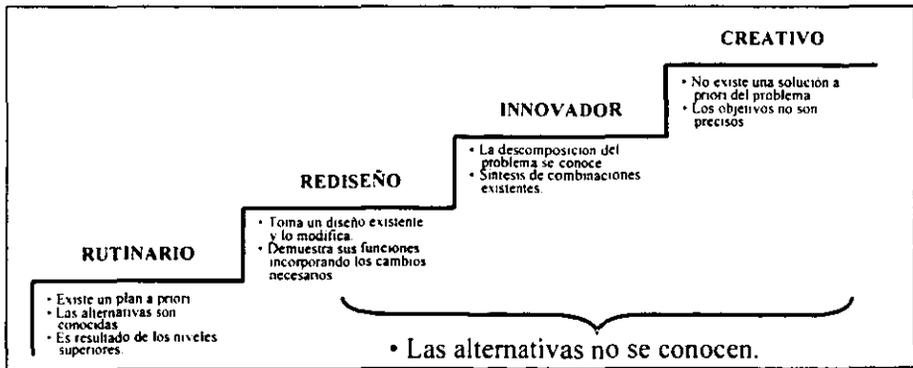


Figura 9. Tipos de Diseño

En el *Diseño Creativo*, se definen las características del sistema, presentando al sistema estructural los aspectos imaginativos, es el resultado de la asimilación de conocimientos natos y teóricos, así como de la experiencia adquirida mediante la observación en el comportamiento de los sistemas, no se tiene ninguna solución a los problemas. Se plasman, todas las ideas para que dicho sistema cumpla las diferentes

característica para funcionar, tomando en cuenta que los objetivos planteados pueden no ser precisos.

En el *Diseño Innovador*, después de tener las bases bien fomentadas del sistema, se realizará una pequeña descomposición del problema para obtener una mejora en el resultado, tal vez la característica principal esté dada por la incógnita de las diferentes alternativas que nos aseguran el objetivo deseado. Estas alternativas estarán dadas por las diferentes combinaciones de componentes existentes.

Por último en el Diseño Rutinario, la particularidad fundamental, es que se encuentra dado por la existencia de un proyecto anterior, consecuencia del Diseño Creativo e Innovador. El diseño rutinario se distingue por ser preciso, predeterminado, sistemático y de naturaleza matemática; por esta razón el Diseño Rutinario es básicamente utilizado en la fabricación de RNA.

2.6 Automatización del Diseño en Ingeniería

En los últimos años, se han producido diversas herramientas de software que facilitan la labor del hombre en sus diversas actividades automatizando trabajos tediosos. Creando los llamados lenguajes de alto nivel que permiten la interacción entre el usuario y el computador; los cuales tienen como propósito fundamental el de automatizar las actividades de Análisis y Diseño que suelen convertirse monótonas en determinado momento; de hecho, la idea principal que motiva a los ingenieros para dar pie a los Sistemas Automáticos, es aprovechar el tiempo en las diferentes etapas de tomas de decisión de Diseño, Siendo como objetivo fundamental la automatización que no es más que es estructurar las estrategias apropiadas para así favorecer al proceso de aprendizaje, sin remplazar la actividad humana.

Para poder desarrollar estos sistemas se requirió de gran esfuerzo debido a lo complejo del diseño, principal tropiezo por el cual no existen muchos productos en el mercado. Un ejemplo, de ello se dio al definir lo que se entiende como Automatización del Diseño. Si bien, Automatizar es remplazar una actividad humana, gran problema de entender ante la gran sociedad, mientras que Automatizar el Diseño no es más que

apoyar al ingeniero en una gran tarea, tomando en cuenta que siempre el ingeniero diseñador llevara el control sobre cualquier decisión realizada.

Si bien, el diseño que realmente nos interesa Automatizar en esta obra son los pasos para obtener el Aprendizaje mediante los Sistemas Inteligentes, quienes tienen como principales objetivos el de transmitir el conocimiento a otros sistemas semejantes. La automatización se encuentra dada en las decisiones o estrategias de enseñanza que se le presenten a las diferentes entradas del sistema. Denominadas como herramientas cognoscitivas, que ayudan a adquirir las diferentes estrategias de aprendizaje.

Los programas de cómputo son de gran ayuda en la automatización, capaces de resolver un amplio intervalo de problemas que requieren de experiencia propia, hoy día gracias a los Sistemas Expertos, Redes Neuronales y a los Algoritmos Genéticos junto con los tradicionales Programas de Ingeniería y Diseño Asistido por Computadora, se dispone de la metodología y herramientas de programación para superar las limitaciones de los actuales sistemas. Los Sistemas Expertos permiten formalizar y emplear el conocimiento de un campo específico y una limitada habilidad para aprender de Diseños anteriores adicionando conocimientos heurísticos. En esta etapa se pueden implementar las Redes Neuronales mediante el Aprendizaje y optimizando el Diseño mediante Algoritmos Genéticos.

2.7 El Diseño en Ingeniería

En la Figura 10 se presenta el diagrama general que propone para el Diseño en la Ingeniería, el cual consiste básicamente en diseñar en cada módulo del proceso, presentando, algunas decisiones que son necesarias para obtener un nivel apto en el rendimiento del sistema, como se puede observar cada módulo se encuentra calificado por experto, poca experiencia o media experiencia la cual se encuentra designada según el tipo de conocimiento que se tenga sobre el área en cuestión.

El Módulo del Ingeniero Experto, como su nombre lo indica necesita ser ampliamente experimentado en el área, ya que como recordaremos en el Diseño Preliminar se recopilarán las partes necesarias, así como el material para desarrollar todas las

estructuras necesarias del sistema, tomando en cuenta las dimensiones, el funcionamiento, las normas y excepciones del sistema.

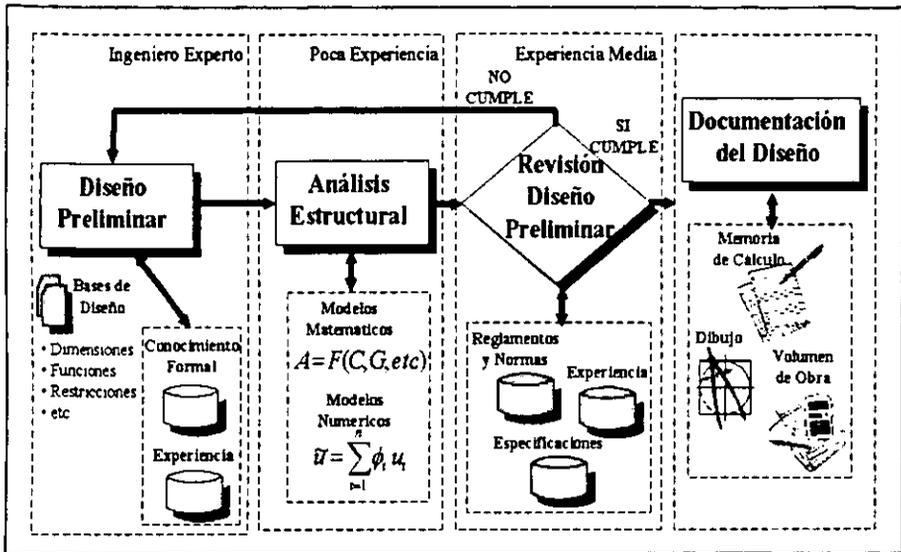


Figura 10. Diagrama General del Diseño para Ingeniería

El Módulo del Ingeniero con Poca Experiencia, se encarga, de dar forma al sistema para ello no será necesario contar con un experto en la materia solo se requiera contar con conocimientos básicos, para así poder examinar y descomponer al mismo tiempo el sistema en todos aquellos puntos clave que den pauta a determinados cambios del sistema, que puedan satisfacer las necesidades del mismo.

En el Módulo del Ingeniero con Experiencia Media, no es necesario contar con mucha experiencia, pero si lo elemental en conocimientos teóricos sobre el Diseño Preliminar ya que este, se encontrará ampliamente relacionado con el Módulo del Ingeniero Experto, para así poder realizar la revisión del Diseño Preliminar acatando todas y cada una de las reglas y normas que se especifique para dicho sistema.

Por último en la documentación del sistema se mostrarán todas las especificaciones, reglas, comandos, así como las salidas del sistema ya sean dibujos, soluciones de obra y memorias de cálculo.

Los conocimientos a detalle sobre la Inteligencia Artificial y el Diseño en la Ingeniería, nos permite tener un amplio panorama sobre los fundamentos del presente capítulo, el cual nos permite conocer el extenso panorama que existe en el desarrollo de la tecnología en cuanto a informática se refiere. Para definir el Diseño en Ingeniería, fue necesario tener conocimiento sobre el Diseño y la Ingeniería, deslindando totalmente una de la otra y tratándolas en forma distinta.

Una vez analizados los elementos de Diseño en Ingeniería será necesario estudiar a la Redes Neuronales Artificiales y a los Sistemas Expertos, en forma conjunta y, aplicados al área de Diseño, donde se establecerán los recursos necesarios para la comprensión del capítulo siguiente.

CAPÍTULO 3

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS

La inteligencia ha sido en todos los tiempos la reina del mundo
y ha vencido las preocupaciones.

Larra.

En este capítulo se presentará una visión global y básica sobre los que son los Sistemas Expertos, para ello es necesario determinar todas y cada uno de los aspectos ineludibles para su desarrollo, de hecho cada término que se presente en este capítulo, será necesario para la misma aun así, no esta demás tomarlos en cuenta para posteriores consultas.

Se describirá un breve desarrollo histórico de los Sistemas Expertos, contemplando desde su definición hasta algunas aplicaciones reales con la vida cotidiana.

Por último, se describirán en forma breve dos partes fundamentales en la IA, los Algoritmos Genéticos y Lógica Difusa (Fuzzy Logic), realizando un especial señalamiento en sus diferentes características.

3.1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS EXPERTOS

Los Sistemas Expertos (**SE**), corresponden a la rama de la Inteligencia Artificial, de hecho, no son más que programas de computadoras inteligentes, el cual representa la experiencia humana mediante conocimientos adquiridos basados en la experiencia. Los SE son capaces de responder, explicar y justificar sus respuestas, como lo haría cualquier persona experimentada. Su principal función es la de solucionar problemas así como dar consejos sobre áreas específicas, como por ejemplo el diagnóstico médico, el diseño de automóviles, etc. Para lograr el conocimiento, los SE tratan de simular el proceso de razonamiento humano mediante el estudio de conocimiento e **Inferencias** ^(ANEXO D).

- ♦ *Por tal motivo, se ha propuesto un S.E. como un componente basado en el conocimiento, el cual se obtiene a través de la habilidad de un experto, capaz de explicar y justificar su razonamiento en forma inmediata.*

Cuando se comienzan a desarrollar sistemas expertos, se tiene la particularidad de que la programación se centre en diversos temas de inferencia y búsqueda heurística, tomando una posición importante en lo que a manipulación de símbolos y caracteres se refiere. Un Sistema Experto ideal sería aquel que cumple con los siguientes elementos:

- ❑ Conocimientos amplios sobre campos determinados, para tener una idea fácil y concreta del tema.
- ❑ Disposición de determinados métodos de búsqueda, para la obtención de resultados mediante reglas.
- ❑ Conocimientos heurísticos del área, esto es mediante reglas empíricas, o en forma de opiniones.
- ❑ Capacidad de aprender ideas, a partir de los conocimientos ya existentes; mediante símbolos y caracteres. Convirtiéndose en sistemas interactivos.
- ❑ Capacidad de tomar decisiones así como de razonar tal y como lo haría un experto humano.
- ❑ Capacidad de responder de dos formas, cualitativa y cuantitativa según sea el caso.

3.1.1 Ingeniería de Conocimientos

Un punto muy importante en esta área, esta dado por la toma de decisiones del Ingeniero de Conocimientos, quien se dedica a observar y entrevistar expertos humanos que se destacan en el área de interés, de ahí se parte para recopilar y organizar todo en "la Base de Conocimientos del programa a tratar".

De hecho la Ingeniería de Conocimientos realiza todos los procesos necesarios para adquirir conocimientos de áreas específicas, la Figura 11, interpreta el proceso del conocimiento, cabe destacar que la Fuente de Conocimientos puede ser recopilada de diversos sitios según sea necesario, teniendo cuidado en todo lo obtenido por los diferentes expertos humanos, de quienes se obtendrá la información necesaria.

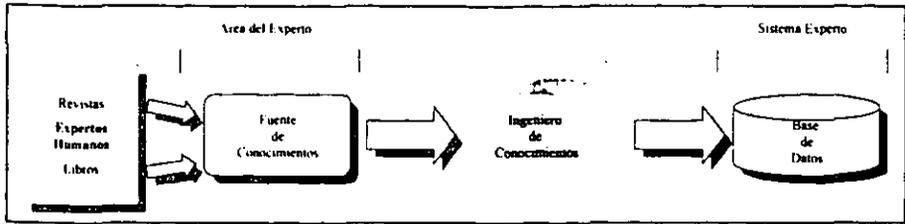


Figura 11. Proceso del Conocimiento

Un Ingeniero de Conocimientos (IC), se encarga básicamente, de adquirir conocimientos del área del experto, transportándolos al mismo tiempo a la Base de Conocimientos (BC). Adquirir conocimientos no es una tarea fácil, comúnmente es un aspecto difícil en la construcción de un Sistema Experto, esto se debe principalmente a la comunicación entre los expertos y el IC. El conocimiento se encuentra concretamente relacionado a tres partes distintas que dan origen a la habilidad experta en su desempeño, "Hechos, Reglas de Procedimiento y Reglas Heurísticas".

Los *Hechos* son medios que relacionan elementos de la realidad en referencia al área específica, por ejemplo, decir que la nieve es blanca. Las *Reglas de Procedimiento*, describen secuencias fundamentales de sucesos relativos al área, un ejemplo, es verificar el llenado de alguna lavadora, antes de comenzar a lavar. Y por último las *Reglas Heurísticas* son reglas generales en forma de opiniones o en reglas empíricas que sugieren procedimientos que se pueden adoptar, cuando no existen reglas disponibles de procedimientos invariables. Dichas reglas han sido generadas por un experto a través de años de experiencia, un ejemplo de ello, se encuentra dado al decir si una bicicleta parece estar bien pero no pedalea, coloque grasa en la cadena.

3.1.2 Ciclo de Vida de un Sistema Experto

Como todo sistema el desarrollo de un SE, consta de varias etapas como se muestra en la Figura 12, que son necesarias en la elaboración de un excelente Sistema Experto. Estas etapas son:

- a) La Identificación del problema, en donde se presentaran las necesidades de nuestro futuro sistema, incluyendo: reglas y normas necesarias para obtener un resultado optimo y deseable, así como conceptos básicos.
- b) En la construcción del sistema, se presentará algún diagrama general denominado como algoritmo que muestre paso a paso el desarrollo de los sistemas, así como las características principales desarrolladas en el presente.
- c) La parte de la implementación consiste de un ciclo continuo en donde se adquiere conocimiento basado del aprendizaje así como de las pruebas realizadas en el sistema.
- d) En la etapa de prueba, se llevarán acabo todos los argumentos necesarios para demostrar que el sistema es funcional, ante cualquier circunstancia.
- e) Realizar una evaluación a largo plazo mostrando todos y cada uno de los impedimentos y alcances del sistema,
- f) El ciclo final del sistema en donde se realice el remplazo del mismo por otro sistema más actual y sofisticado.

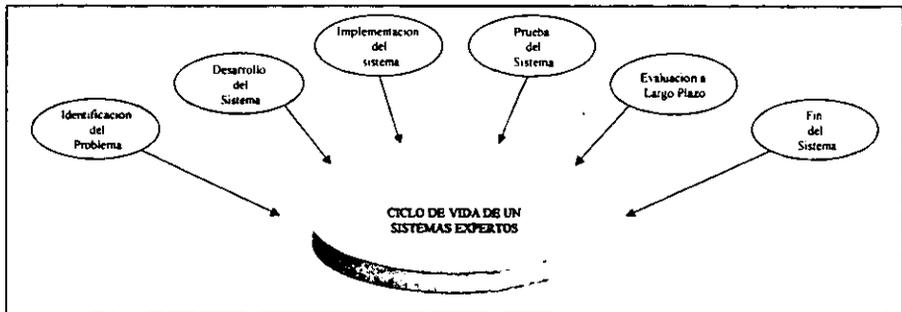


Figura 12. Ciclo de Vida de un Sistema Experto

3.1.3 Arquitectura del Sistema

La arquitectura general del sistema se encuentra integrada de tres partes fundamentales: el Módulo Maestro, el Núcleo del Sistema Experto y el Módulo de Salidas, como se observa en la Figura 13.

Motor de Inferencia.

El principal punto a tratar en un SE es su flexibilidad, en situaciones que suelen cambiar en determinados momentos según se presente el caso. La capacidad que se tiene al responder ante tales soluciones depende de la habilidad para conjeturar con nuevos conocimientos tomado en cuenta el conocimiento adquirido con anterioridad.

El Motor de Inferencia, principalmente esta dado por el software, que ubica el conocimiento e infiere al mismo tiempo nuevas ideas a la Base de Conocimientos. De hecho un ejemplo visualizado se encuentra dado por la búsqueda de conocimientos, mediante la BC, todo ello mediante el encadenamiento hacia delante.

Adquisición de Conocimientos.

Es aquí donde se capta el conocimiento generado por la parte de diseño y análisis, el conocimiento adquirido se encuentra disponible en forma de experiencia, para ser consultado en cualquier momento.

Base de Conocimientos.

Espacio donde se concentra todo el conocimiento que se necesita para que el sistema funcione. En esta parte se concentran las denominadas Reglas de Producción (normas o declaraciones que definen conductas o comportamientos que debe acatar el sistema en particular, en la IA, una norma consta de dos partes, la condición y la acción subsiguiente, mientras que una regla SI-ENTONCES, establece que SI una determinada condición se verifica, ENTONCES se tomará la acción indicada), aplicando cada regla o norma para obtener un buen diseño del sistema. Etapa que

requiere mucho cuidado en la construcción del SE, debido a que el conocimiento se debe encontrar bien estructurado y separado hasta donde sea posible.

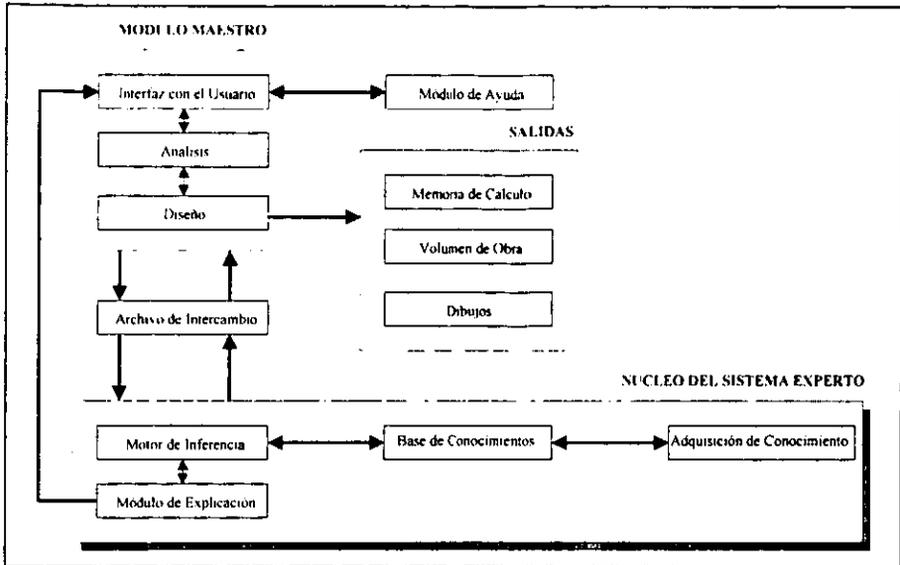


Figura 13. Arquitectura General del Sistema

Módulo de Explicación.

Tiene la capacidad de mostrar al usuario todas las diferentes reglas tal es el caso, de reglas heurísticas, reglas de producción, etc., que se utilizaron, así como cada condición que se tomó en cuenta para llegar a la respuesta deseada.

Módulo de Ayuda.

Este módulo es de vital importancia para el usuario, ya que es dónde se explica brevemente cada paso, la manera de emplear y utilizar las bases teóricas del diseño así como para la construcción del sistema experto.

3.2 LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

3.2.1 Antecedentes de los Algoritmos Genéticos

Un tema que ha tomado auge así como mucho interés en los últimos años, fue bautizado con el nombre de Algoritmos Genéticos (**AG**), técnica nueva que tiene como principal objetivo realizar búsquedas, mediante la Teoría de la Evolución de Darwin, la cual sostiene que los individuos más fuertes, dejarán una descendencia para la siguiente generación transmitiendo sus atributos a través de los genes.

Los AG son una alternativa en la optimización del Diseño Estructural, su mecanismo se basa principalmente en la selección natural, tomando en cuenta a todos aquellos individuos aptos de una población cualquiera que sea esta, teniendo como características principales: la supervivencia y una adaptación rápida ante cualquier circunstancia cualquiera que esta fuese, dando pauta a una nueva generación de seres, con nuevas partes y diferentes características, heredando el mejor rasgo adaptativo de sus antepasados. La creación de nuevas soluciones, se realiza mediante los Algoritmos de Búsqueda de Naturaleza Aleatoria, que simula la capacidad innovadora de un ser humano. No es un simple algoritmo de búsqueda aleatoria, por el simple hecho de explotar la información histórica de cada individuo tratando de mejorar el rendimiento o el proceso de optimización.

El objetivo fundamental de los AG, es seleccionar una serie de elementos tratando de localizar la combinación óptima, utilizando la experiencia adquirida en anteriores combinaciones; explicar y conceptualizar los procesos adaptativos de los sistemas naturales, con la finalidad de diseñar sistemas artificiales que contengan los mecanismos esenciales de los sistemas naturales así como robustecer el balance entre la eficiencia y la eficacia necesaria para la supervivencia en diferentes ambientes.

- ♦ *Los AG realizan búsquedas robustas en espacios complejos, los costos del rediseño pueden reducirse e incluso eliminarse siempre y cuando los sistemas realicen sus funciones durante mucho más tiempo y de mejor manera.*

3.2.2 Operadores Genéticos

Existen tres aspectos distintos que se aplican en los algoritmos genéticos, la función del objetivo, la definición e implementación de la representación genética y de los operadores genéticos los cuales necesitan nuevas soluciones para poder evolucionar hasta tener una solución óptima, para ello se crearon los siguientes operadores: de mutación, de arreglos, de combinación, y de listas. Los operadores de combinación se definen como dos soluciones distintas, que se combinan para originar nuevas soluciones. Los de Lista son de longitud fija o variable, en la cual se tendrá un orden secuencial en la lista, tomando en cuenta que los nodos por ningún motivo se pueden duplicar en la operación genética. Los operadores de arreglos son fijos y de longitud variable con dos o tres dimensiones. El operador de mutación se basa en la búsqueda aleatoria, seleccionando diferentes posiciones hasta localizar el desarrollo final deseado.

A través de los años, los algoritmos genéticos han logrado mucho éxito por trabajar con un conjunto de soluciones, tratando de buscar en una población de soluciones y no en una sola solución, utilizando la información real del problema, así como reglas de transición probabilística y no determinística, la Tabla 4 muestra algunas características que presentan los algoritmos genéticos.

Tabla 4. Principales Características de los AG

ALGORITMOS GENÉTICOS	OTROS METODOS
<ul style="list-style-type: none"> • Los AG trabajan con un código de un conjunto de soluciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajan con las soluciones.
<ul style="list-style-type: none"> • Se caracterizan por buscar en una población de soluciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizan la búsqueda en una sola solución.
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizan la solución real del o los problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizan derivadas u otros conocimientos auxiliares.
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizan reglas de transición probabilística. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizan reglas determinísticas.

3.3 LA LOGICA BORROSA

3.3.1 Fundamentos teóricos

Rama que debe su origen a la cibernética, en donde suelen combinarse las materias de la informática, la computación, las matemáticas y por consiguiente la automatización de las máquinas. La Lógica Borrosa (Fuzzy Logic), surge a partir de los Sistemas Expertos, así como de herramientas fructuosas en subsistemas y procesos complejos; nace en 1965, cuyo progenitor fue Lotfi A. Zadeh, profesor de computación en la universidad de California. El término "difusa" proviene de la palabra "fuzzy" que significa confuso, borroso o indefinido. Por tal motivo básicamente a la Lógica Difusa también se le conoce como Lógica Multievaluada, por tener la capacidad de tolerar valores intermedios, para obtener las evaluaciones de sí o no, verdadero o falso, etc. dando como resultado la posibilidad de realizar programas para los ordenadores que interpreten los comportamientos humanos.

Los pensamientos humanos suelen ser sencillos, aún así el reto más importante a sido tratar de imitarlos mediante estructuras informáticas. De ante mano los pensamientos son elementos de sí o no. La informática básicamente ha incorporado esos fundamentos abandonando el sistema binario a partir de ceros y unos, y aplicando el sistema proporcional basado en las teorías de lógica borrosa.

El objetivo esencial de la lógica borrosa (Fuzzy Logic), es el de no cambiar de opinión, se puede valorar al hombre en su enorme capacidad para equivocarse y corregir esos errores, mientras que en la lógica borrosa no se puede por ningún motivo cambiar de opinión, se puede valor más o menos algo, ser considerado como primordial o todo lo contrario como intrascendente, pero no puede suprimir ese pensamiento. Hablando en forma computacional eso significa que se puede introducir diferentes Bases de Datos en un solo programa de ordenador.

El ejemplo más común esta dado al proporcionar diferentes edades y poder evaluarlas en tanto a que si es joven, adulto o de la tercera edad; verdadero problema para algún programa de ordenador, nuestra mente puede visualizar con facilidad a cada tipo de

persona si se le presentan estas opciones, ¿Pero cómo hacer que el programa pueda diferenciar a cada persona?.

La forma mas lógica sería indicando la edad que representa cada punto, por ejemplo podría especificar que de 0 a 35 años, el individuo se encontrará ubicado con las personas jóvenes, de 30 a 55 años se le ubicara con los adultos y de 50 años en adelante serán personas de la tercera edad, observemos que la relación de edades, que se encuentra entre 30 y 35 años, esta definido en el circulo de los jóvenes pero también en el de los adultos mientras que de 50 y 55 años se encuentran en el circulo de adultos y de la tercera edad, este criterio facilita a todas aquellas expresiones matemáticas que se necesitaran para que los programas de ordenador interpreten y visualicen las expresiones humanas

Este es solo un pequeño ejemplo que muestra, muchas otras posibles aplicaciones que tiene la lógica difusa, además de proporcionarnos la posibilidad de elevar la capacidad de algunas máquinas en cuanto a tiempo, costo y vida útil, de hecho el objetivo fundamental de la lógica difusa es imitar la vida humana, hasta poder tornarse indispensable en las tareas cotidianas, y así construir los próximos hogares, edificios y compañías inteligentes.

Los Sistemas Expertos, los Algoritmos Genéticos y la Lógica Difusa, reúnen a detalle, todos los elementos necesarios, para lograr que un ordenador, llegue a ser inteligente, tomando como base el Análisis y Diseño para que cada parte sea desarrollada por separado.

En conjunto estas tres áreas ofrecen de manera independiente una plataforma demasiado poderosa, para desarrollar diferentes software, así como dominio en el área a desarrollar.

El objetivo de cada área se puede alcanzar, contemplando todos y cada uno de los requisitos, que se presenten en las diferentes entradas de cada sistema a desarrollar, dando como resultado las salidas que puedan satisfacer nuestras necesidades.

CAPÍTULO 4

FUNDAMENTOS DE REDES NEURONALES

Si me es imposible realizar mi ideal
quiero por lo menos idealizar mi realidad.

A. Kann.

4.1 FUNDAMENTOS DE REDES NEURONALES

4.1.1 Antecedentes

En la década de los 50's se realizaron varios intentos para adoptar distintos modelos de redes; el Análisis de las Redes Neuronales comenzó a partir del interés de querer determinar la forma en que trabaja el cerebro y la manera en que se logra el aprendizaje. De hecho podemos decir que las Redes Neuronales, pertenecen al área de la cibernética fundada en 1943 por Norbert Wiener y Arthur Rosenblueth, área que se encarga del desarrollo y la construcción de robots inteligentes.

El primer investigador en estudiar el cerebro humano fue Alan Turing, quien estudió al cerebro desde un punto de vista computacional; posteriormente, surgió Warren McCulloch y Walter Pitts, quienes establecieron los fundamentos de la neurocomputación, proponiendo la teoría del funcionamiento de las neuronas, la cual se basa en algunos elementos de cómputo, como los elementos binarios (1-activo, 0-inactivo). Una de las neuronas más antiguas fue desarrollada por Frank Rosenblatt, denominada Perceptrón; que consiste en dos capas de neuronas una de entrada y una de salida.

Para 1950 Bernard Widrow y Marcial Hoff, crearon la red denominada Adaline, la cual ajusta sus pesos de acuerdo a las entradas y a las salidas, la aplicación principal fue de telefonía mediante filtros. Sobre la base de esta se crea el Madaline cuya primordial característica es tener varias neuronas a la salida. En 1967 Stephen Grossberg, estudió el mecanismo de la percepción y la memoria, desarrollando la red denominada Avalancha, su particularidad es el reconocimiento de voz, existieron muchos más investigadores quienes desarrollaron una variedad de aplicaciones, ya para 1969 inicia una crisis en cuanto a investigación sobre las Redes Neuronales, añadiendo a todo esto, se publica el libro Perceptrón por Marvin Minsky y Seymour Paper, en el que se presentó un análisis matemático del perceptrón sobre el estancamiento en cuanto a tecnología se refiere [Knight, 1991]. En la Tabla 5, se muestran los distintos descubrimientos así como sus respectivos investigadores.

En ese entonces el fisiólogo Dolald Hebb, estableció que las neuronas del cerebro se encontraban conectadas entre las distintas neuronas del cerebro, para obtener como resultado la transmisión de información, a este proceso se le denominó Sinapsis. Esto se realizó mediante un incremento en la conductividad eléctrica entre cada neurona, el estudio de esta fase, dio como resultado el inicio básico del aprendizaje de las Redes Neuronales Artificiales.

Los modelos de Redes Neuronales Artificiales (RNA) han logrado tener gran auge, así como exitosos resultados en diversos campos como la ingeniería, medicina, finanzas, química, etc. Entre las aplicaciones específicas de Redes Neuronales, se encuentra el reconocimiento de imágenes y sistemas que son capaces de aprender.

4.2 Tipos de Neuronas

El primer punto, que se debió tratar en aquellos tiempos para poder entender a fondo que es una Red Neuronal, es el estudio y funcionamiento del cerebro, incluyendo el proceso del pensamiento, así como las conexiones neuronales, a pesar de ello aún no se sabe nada sobre el cerebro, todo es un misterio, lo único que se sabe es que se encuentra relacionado con el pensamiento conocido como conciencia y que esta constituido por células denominadas como Neuronas.

La neurona es la unidad principal del sistema nervioso de todo ser humano, su principal función es la de dirigir las funciones biológicas, como la respiración y el sistema cardiovascular. De hecho la diferencia primordial de una neurona con respecto a las demás células vivas, en su capacidad de comunicarse con otras neuronas, cambiando de tamaño y estructura durante y después de la niñez. Algunas neuronas se encuentran conectadas al medio ambiente (externo) y reciben los nombres de unidades de entrada y de salida; usualmente las neuronas se dividen en tres tipos.

- Neuronas que reciben información mediante estímulos del exterior, este proceso se realiza a la entrada de la neurona.

Tabla 5. Tipos de Redes Neuronales y Características

FECHA	INVESTIGADOR	RED NEURONAL	APLICACIÓN
1957	Frank Rosenblatt.	Perceptrón.	Neurona más antigua, se utiliza como reconocedor de patrones, capaz de generalizar después de haber aprendido una serie de patrones, reconoce patrones similares. La desventaja principal es su incapacidad de resolver problemas con funciones OR-EXCLUSIVA.
1959	Bernard Widrow y Marcial Hoff.	Adaline (ADaptative Linear Elements).	Primer red neuronal que se distinguía por la resolución de problemas mediante filtros, disminuyendo ecos en líneas telefónicas.
1967	Stephen Grossberg.	Avalancha.	Red que reconoce el habla en forma continua, una limitación importante es la velocidad en su movimiento.
1969	Marvin Minsky Y Seymour Papert.	Escribió el libro de Perceptrón.	Este libro contenía un análisis matemático, en el cual detallaba el perceptrón anterior, describiendo la ineficiencia para resolver problemas.
1974- 1985	Paul Werbos, David Parker y David Rumelhart.	Back Propagation.	Red más popular, la aplicación más importante fue en la síntesis de voz desde texto, el control de robots.
1977	James Anderson	Asociador Lineal.	Consistía en elementos integradores lineales, de neuronas que sumaban sus entradas. Diseña una potente extensión de asociador lineal, llamado Brain-State-in-a-Box (BSB).
1984	Kunihiko Fukushima.	Neocognitrón.	Reconocedor de patrones visuales.
1982	John Hopfield.	John Hopfield.	Se describe con claridad y rigor matemático una red de asociador lineal.
1986	Robert Hecht-Nielsen.	Counter- propagation.	Combinación entre el perceptrón TPM, con determinada comprensión de imágenes y numerosas conexiones de neuronas.
1986	Gail Carpenter, Y Stephen Grossberg.	Teoría de resonancia adaptativa (ART)	Reconoce diferentes patrones como pueden ser el radar y el sonar, es sensible a la translación y a la distorsión.

- Neuronas que toman información y al mismo tiempo la procesan (Sinapsis), a estas se les denomina Unidades Ocultas, la característica principal es que no tienen relación alguna con la información de entrada ni la de salida.
- Neuronas de salida, después de haber realizado los pasos anteriores, la información pasara a esta en donde se le dará respuesta al sistema.

La neurona es una célula totalmente viva, como tal se puede decir que contiene los mismos elementos que conforman a una célula biológica normal, es por tanto la unidad principal del sistema nervioso y por ello su función principal, es el control de determinadas funciones biológicas, mediante el encadenamiento de acciones elementales para conseguir determinados comportamientos, como la respiración, y/o el sistema cardiovascular, etc. la principal característica que diferencia a las neuronas de las células normales es su capacidad de comunicarse con otras neuronas.

Las neuronas están conformadas por un cuerpo celular llamado *soma*; de donde brotan raíces denominadas *dendritas*, esta a su vez tiene una fibra llamada *axón*, la cual esta dividida en su extremidad en pequeñas ramas. Las *dendritas* son las receptoras de señales adyacentes, el *axón* es el transmisor que se activa hacia otra neurona. La sinapsis es la unión que existe entre el axón y otra neurona. Las Redes Neuronales Biológicas corresponden a los elementos anteriormente mencionados, los cuales se encuentran conectados en paralelo. La Figura 14, muestra la imagen de una Neurona Biológica.

4.3 Comunicación entre Neuronas

Una Red Neuronal Artificial esta compuesta por algunos Circuitos Digitales, en donde las señales nerviosas son transmitidas mediante un proceso electroquímico, donde las neuronas fungen como nodos de acumulación, recibiendo las señales de otras neuronas. Estas señales pueden ser excitatorias o inhibitorias, por ejemplo, si en determinado caso las neuronas recibieran un incremento de señales, mandará la información a otra neurona a través del axón. Pero si sucede lo contrario y no recibe el incremento adecuado, la neurona permanecerá inactiva. Al proceso de enviar impulsos de una neurona a otra se le denomina *Divergencia* y cuando recibe los impulsos de

otras neuronas se le denominará *Convergencia*. Los impulsos que reciben las neuronas son denominados señales de tipo eléctrico y químico, la señal eléctrica se genera y transporta a lo largo del axón en un impulso eléctrico.

La generación de las señales eléctricas, esta relacionada con la composición de la membrana celular, la cual se encuentra permeable por una concentración de iones sodio y potasio, los iones sodio se encuentran localizados en el medio externo, mientras que en el medio interno, el potasio es el que predomina. Esta diferencia de concentración en iones sodio y potasio a cada lado de la membrana producen una diferencia de potencial dentro de la célula. La señal que se transmite entre las diferentes terminales axónicas de una neurona y las dendritas de las diferentes neuronas son de origen químico.

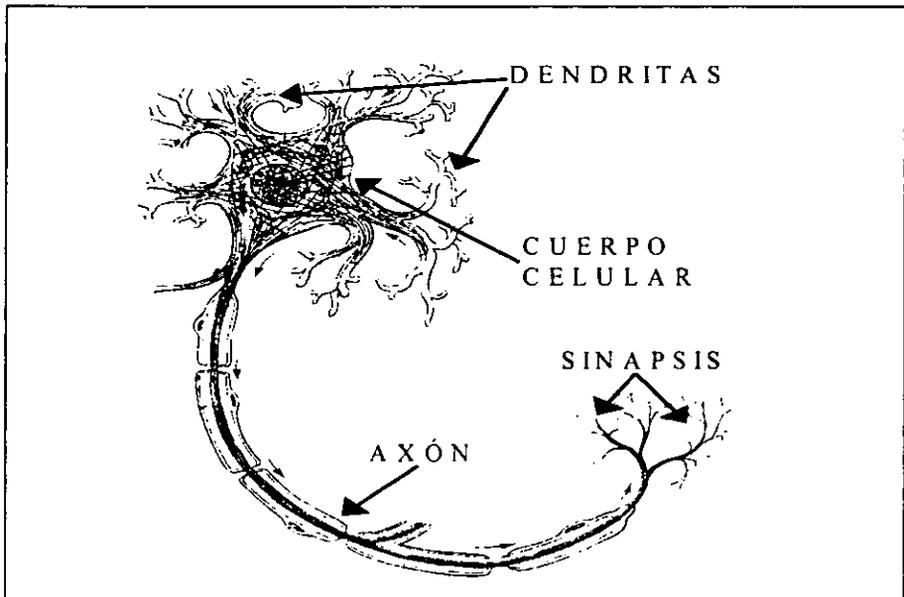


Figura 14. Neurona Biológica

El Sistema Nervioso es considerado como una red de comunicaciones, que se encuentra tendida en el cuerpo, las partes fundamentales están dadas por el cerebro y la medula espinal, las redes neuronales computacionales, los cables serán considerados como las fibras nerviosas que conducen los mensajes en forma de

impulsos. Una Red Neuronal es el intento de copiar en una computadora la representación del cerebro humano, es una colección de neuronas ligadas entre sí, las cuales tienen como misión principal transmitir información de un lado a otro.

4.4 Características de las Redes Neuronales Artificiales (RNA)

En la Figura 15, se presenta la simulación del comportamiento del cerebro mediante una Red Neuronal Artificial, para obtener como resultado capacidad de Aprender, este trabajo se ha llevado a cabo mediante herramientas de programación, mencionadas en el capítulo 1. De antemano podemos decir que una RNA es apto de generar representaciones específicas, de tal forma que un conjunto de éstas será capaz de mostrar letras, números y cualquier otro tipo de objeto que se deseé. La característica primordial de una RNA es su capacidad de presentar un gran número de objetos similares a las del cerebro humano, algunos ejemplos de estas similitudes son:

- Capacidad de aprender cualquier cosa mediante la experiencia.
- Extensión de situaciones nuevas.
- Abstracción de características esenciales.

donde:

O = Estímulos recibidos, dados por las entradas de otras neuronas o en dado caso por la entrada principal.

I = Cantidad de información que llega a la neurona.

Σ = Suma de estímulos (O), que pasarán a la neurona siguiente.

4.4.1 Parámetros de Comportamiento

Los pesos de una neurona, son los valores que toman los parámetros que definen el comportamiento de la neurona, estos se ajustan durante la etapa de aprendizaje de la red y experimentan un ajuste continuo pero menor durante la etapa de operación.

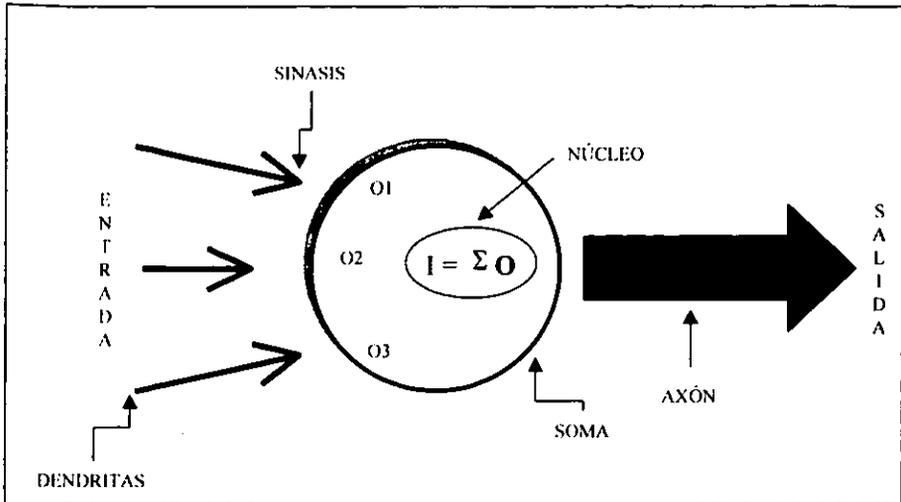


Figura 15. Representación de una Neurona Artificial

Las redes con pesos adaptables, emplean leyes de aprendizaje para poder ajustar el valor de la fuerza de la interconexión con otras neuronas. Pero si las neuronas utilizan pesos fijos, entonces tendrán la particularidad de que las tareas ya se encontraran definidas [Roger, 1997]. Para determinar los pesos de las neuronas, será necesario realizar una descripción completa del problema, por otra parte, los pesos adaptables son indispensables si no se conocen con anterioridad los valores correctos de estos.

4.4.2 Tipos de Aprendizaje

Una de las principales particularidades de las neuronas es la capacidad de aprender, o de modificar su estructura, según sea necesario, cuando hablamos de modificar su estructura nos referimos a los pesos que modifica al obtener aprendizaje mediante los ejemplos de entrenamiento.

El aprendizaje, consiste en hacer cambios en los procesos de las conexiones entre las neuronas de la red, hasta conseguir la respuesta deseada. Podemos decir que el entrenamiento es el procedimiento por el cual la red aprende, y que el aprendizaje es

el resultado final de ese proceso, el primer paso es un procedimiento externo a la red, y el segundo, un procedimiento o actividad interna. [CAU92, 8].

La información obtenida aparecerá distribuida por toda la estructura de la red, concentrándose especialmente en la unión de los distintos elementos. Para que se lleve a cabo el aprendizaje, será necesario tomar en cuenta los estímulos recibidos desde la sinapsis punto de conexión entre las neuronas a su alrededor.

Esto ha dado lugar a dos diferentes tipos de aprendizaje, los cuales permiten llegar a soluciones deseadas, el aprendizaje se realiza mediante entrenamiento basándose en estímulos, Supervisado y No supervisado.

El Aprendizaje Supervisado, consiste en proporcionar a la red todas las entradas necesarias, así como las salidas exactas, el trabajo de la red será ajustar sus pesos minimizando el error de su salida. La red neuronal necesita un supervisor si las respuestas son buenas o malas, en el caso de que sean malas se dará lugar a realizar ciertas modificaciones internas tratando de mejorar su rendimiento. *El entrenamiento no supervisado, es aquel, en que se presentan estímulos y la red trata de ajustar sus conexiones basados en la salida de la propia red.*

Estos procesos de aprendizaje, son necesarios para que la red pueda ajustar sus pesos utilizando funciones de error o algún otro tipo, de hecho, las conexiones que unen a las neuronas, utilizan los pesos para hacer que la red adquiera conocimiento (aprenda), dando como resultado un cambio en las conexiones posteriores por el proceso de aprendizaje.

Por tal motivo se han estructurado las redes en diferentes capas denominadas como Multicapas, la característica primordial que las diferencia de la demás, es la conexión que existe entre las mismas, la forma de distinguir la capa a la que pertenece una neurona, consiste en ver el origen de las señales que se recibe a la entrada y el destino de la señal de salida; los tipos más comunes que existen son: *hacia delante (Feedforward)*, como se muestra en la Figura 16, o *hacia atrás (Feedback)*, Figura 17. La conexión hacia delante es aquella en la que todas las neuronas que se encuentran en una capa reciben señales de entrada a otra capa posterior, más cercana a la salida

de la red [Freeman, 1991]. De hecho la mayor parte de las señales se propagan hacia a delante ha través de las capas de la red, pero nunca por ningún motivo se realizarán conexiones ha otra red o a ella misma. Por otro lado, las conexiones de redes hacia atrás, tienen la posibilidad de realizar conexiones desde las salidas de las neuronas a capas posteriores y a las capas anteriores, circula información hacia delante como hacia atrás.

Existe otro tipo de neuronas, donde se tienen bicapas (dos capas), en esta se tiene como característica fundamental el estar conformada por dos pesos distintos los cuales atañen a las conexiones de una entrada hacia la salida, así como las conexiones de salida a la capa de entrada. Este tipo de capa, asocia la información de entrada en la primera capa con otra información o patrón de salida, esta recibe el nombre de heteroasociación. Por último, el tipo de red multicapa hacia delante y hacia atrás o conocida como Neocognitron, en donde las neuronas tienen asignadas capas bidimensionales eliminando de esta forma los tamaños, giros y desplazamientos que representan la información de entrada.

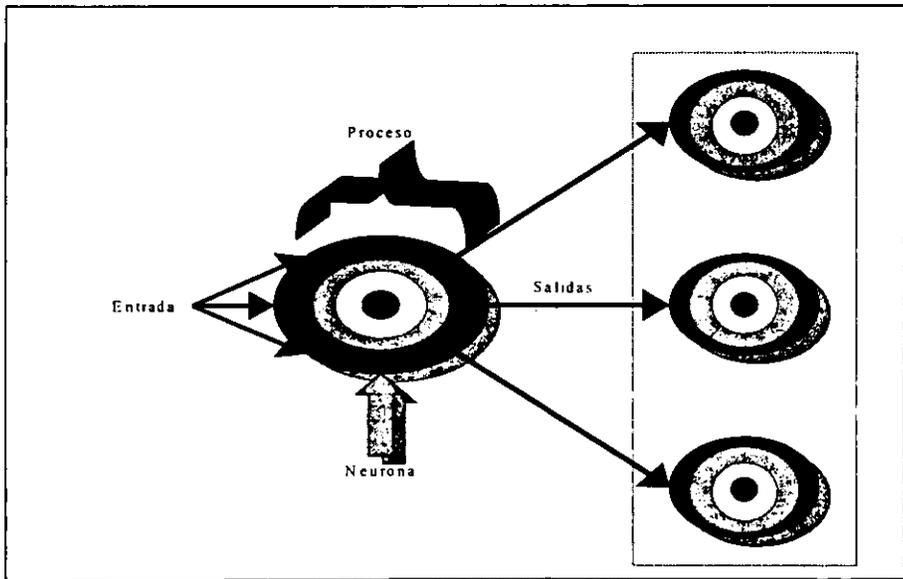


Figura 16. Estructura General de una Red hacia Delante (Feedforward)

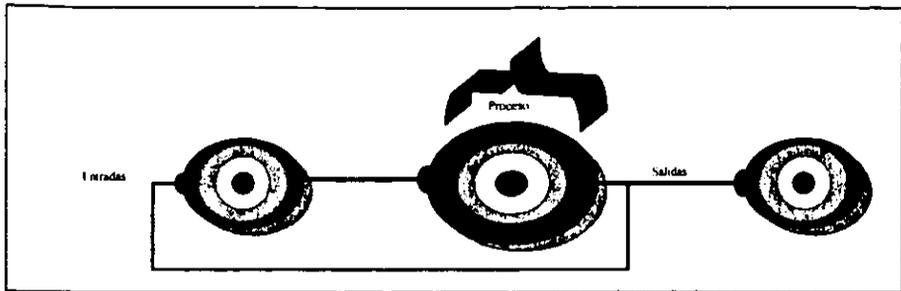


Figura 17. Estructura General de una Red hacia Atrás (Feedback)

El objetivo fundamental de las neuronas es aprender a través del conocimiento, el aprendizaje es la causa primordial por la cual la neurona tiende a modificar sus pesos todo ello en respuesta a la información que se tiene a la entrada. Todos y cada uno de los cambios que se realizan durante el proceso de aprendizaje darán como resultado una reducción en la destrucción y creación de conexiones entre las neuronas, la creación de nuevas conexiones implica pasos distintos a cero, de lo contrario si el valor de los pesos es igual a cero la conexión será destruida.

Durante el Proceso de Aprendizaje que realizan las neuronas se sufren varias modificaciones en cuanto a su peso, produciendo una constante interacción, dando como resultado el aprendizaje, si se desea que las neuronas vuelvan a aprender será necesario establecer los nuevos pesos, determinando los criterios necesarios, como es las diferentes reglas de aprendizaje, el objetivo de las leyes de aprendizaje, la forma como debe proceder a determinar los pesos la red, mediante funciones de error, con los diferentes pesos de aprendizaje antes ya mencionados.

4.5 Modelos Adaline y Madaline

Las Redes Adaline y Madaline deben su existencia a la red denominada como Perceptrón creada por Frank Rosenblat en el año de 1957, quién intentó ilustrar algunas de las propiedades fundamentales de los sistemas inteligentes en general, sin entrar en demasia en ciertas condiciones especiales, y muchas veces desconocidas, que son validas para organismos biológicos concretos. [wesley, 1991]. De hecho, el Perceptron es un dispositivo de Aprendizaje capaz de distinguir diferentes tramas,

clasificando cada trama según sus similitudes y congruencias, la desventaja principal del Perceptrón, era la disminución de precisión a media que aumentaba el número de tramas que intentaba aprender.

El perceptrón fue declinándose, quedando atrás la increíble relación con las redes neuronales, aun así, se fue acrecentando la investigación sobre otras redes, naciendo dos modelos importantes el Adaline y Madaline.

Este tipo de redes consta de una arquitectura similar, con conexión hacia delante entre cada neurona. Una de sus principales aplicaciones es ser un excelente clasificador de patrones, por ejemplo, el reconocimiento de la voz, mediante el aprendizaje supervisado.

El Perceptrón se encuentra constituido de una capa de entrada y una de salida con una única neurona. El tipo de aprendizaje que llega a utilizar esta neurona esta dado por el aprendizaje supervisado. Los modelos de redes ADALINE (ADaptive LINEar Element) 3] y MADALINE (Múltiple Adaline), como se muestra en las Figuras 18 y 19 respectivamente, desarrolladas por Bernier Widrow, después de la red Perceptrón, conservan la misma arquitectura del perceptrón, con funciones de transferencia tipo "Escalón" como característica primordial.

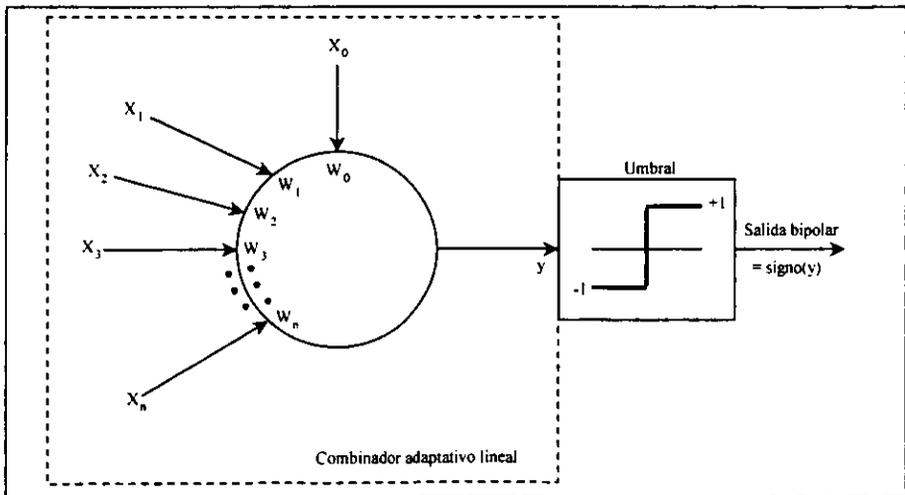


Figura 18. Estructura General de una Red Neuronal Tipo ADALINE [Freeman, 1995]

La diferencia entre ambas, es que Adaline se encuentra dada por una única neurona de salida, mientras que Madaline utiliza una regla conocida como Delta [Hidrow-Hoff] o regla de mínimos cuadrados, dada por la búsqueda del mínimo error entre cada salida, obtenida antes de aplicarle la función de activación tipo escalón frente a la salida binaria utilizada en el caso del perceptrón (Hilera, 1995). Ambas redes utilizan un aprendizaje fuera de línea con un supervisor denominado de mínimos cuadrados.

Las siglas Madaline significan "Muchos Adalines". Organizada con una arquitectura multicapa, esta tiene como principal característica asemejarse a una red neuronal ordinaria. Se podrán presentar vectores de grandes dimensiones [Kosko, 1991]. El algoritmo de mínimos cuadrados es aplicado a la capa de salida, para poder entrenarla, recordemos que en este caso se pueden definir las entradas con anterioridad así que el vector de salida será conocido, por tal motivo lo que reconocerá la red es la salida deseada para un nodo dado de una de las capas ocultas.

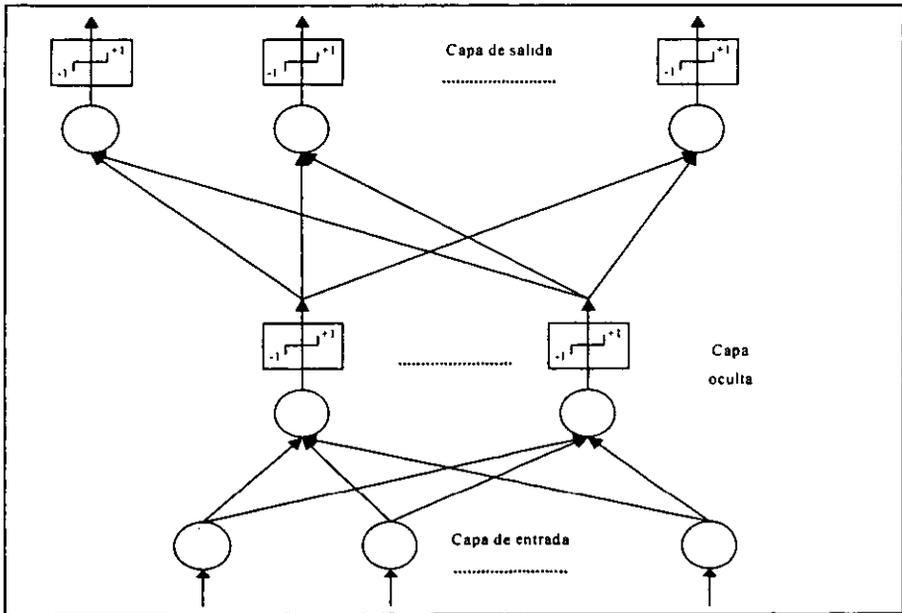


Figura 19. Estructura General de una Red Neuronal Tipo MADALINE [Hilera, 1995]

Otro tipo de entrenamiento es el MADALINE (MR11), el cual se basa en una reducción del número de neuronas de salida incorrectas para cada una de las tramas que se den como entrada.

Mientras que Adaline, tiene casi totalmente la misma estructura de la red Perceptrón, dispositivo que cuenta con un único elemento de procesamiento, considerado como filtro. Inicialmente el Adaline fue denominado como Neurona Adaptativa Lineal (ADaptativa Linear Neuron), su primordial característica es tener un Combinador Adaptativo Lineal (ALC), con el cual se obtiene una salida para aplicarla a otro elemento bipolar; y, siempre y cuando la salida del ALC sea positiva, se podría obtener como salida de la red Adaline un valor de +1, pero si sucede lo contrario y la salida del ALC es negativa, se tendrá como salida de la neurona un valor de -1. En el ALC se llevará a cabo una suma de productos, empleando los vectores de entrada y de peso aplicados a una función de salida para obtener un valor único.

4.6 Modelo Conceptual de un Sistema para Diseño Basado en Redes Neuronales Artificiales

Como ya se menciona en el Capítulo 2, el Diseño puede ser tratado como un Sistema, integrado por tres partes fundamentales, una entrada, el proceso de información así como la salida. La característica principal del proceso es tomar decisiones mediante los conocimientos formales y heurísticos desarrollados en el área en cuestión, tomando en cuenta los reglamentos así como las normas vigentes. La Figura 20, muestra el modelo conceptual propuesto para las redes neuronales, el cual consiste básicamente en utilizar redes neuronales en cada uno de los nodos de decisión de este proceso. De este modo uno de los primeros pasos para implementar un sistema de este tipo será identificando y estableciendo, todas y cada unas de las decisiones que se realizan para diseñar alguna estructura específica, lo más conveniente es buscar la generalización de la red de decisiones para formular un sistema de propósito general para Diseño. En este entorno se pueden especificar cada una de las entradas esperando obtener los resultados planeados, mediante los diferentes procesos a realizar.

Capas de Entrada del Sistema.

Se encuentra determinado por la información que alimentará al sistema, la cual será almacenada en la capa externa de la neurona, es aquí en donde se incluye una interfaz con el usuario. Conformada por datos contenidos dentro de la Base de Diseño, por los conocimientos heurísticos y formales así como de las reglas y normas específicas.

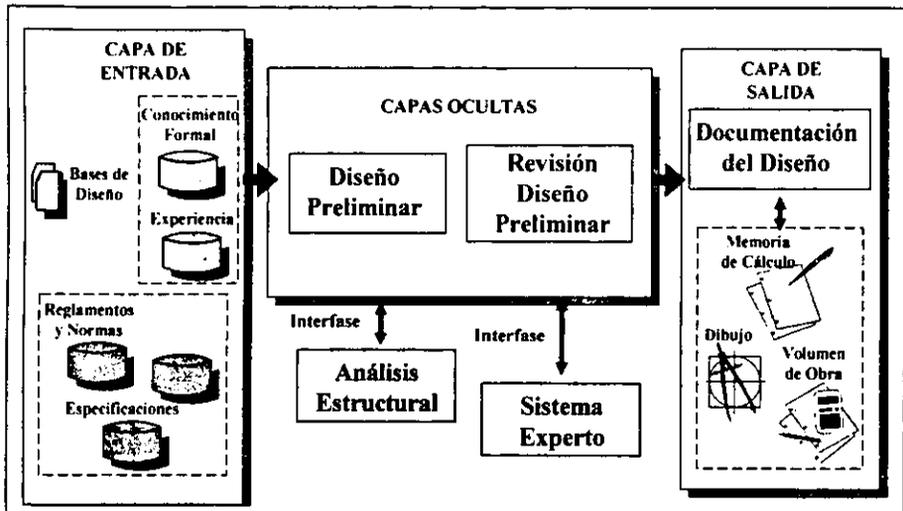


Figura 20. Modelo Conceptual de Redes Neuronales

Salidas del Sistema.

Esta capa se encarga de generar los datos necesarios para mostrar las salidas del Diseño, es decir la representación del proceso. Representado por dibujos, memorias de cálculo y volúmenes de obra.

Estructura Interna del Sistema.

En la capa interna del sistema se realizarán todos los procesos necesarios como la nivelación de los pesos, para con ello obtener el aprendizaje, todo ello mediante el

Diseño Preliminar, el cual se encontrará en constante interacción con el Módulo de Análisis, mientras que la revisión estará relacionada con los SE en curso.

Como recordaremos el Diseño Preliminar, realiza todas aquellas tareas necesarias, para tomar decisiones cumpliendo con reglas y normas específicas; para ello es necesario contar con neuronas que permitan la retroalimentación en forma regresiva o hacia adelante, teniendo en cuenta que el diseño es interactivo.

Entrenamiento del Sistema.

La identificación y elaboración de los casos para entrenar a la red son determinantes para incrementar la confiabilidad del sistema. Estos deben cubrir las referencias de todas las soluciones posibles del diseño, aun a pesar de saber que las redes trabajan con datos incompletos e imprecisos. Esta tarea se realizará de forma relacionada con los expertos de las áreas de Ingeniería involucradas en el Diseño.

Integración con el Modulo de Análisis.

El Análisis se realizara mediante un programa tradicional que será integrado en un modulo ligado al sistema por medio de una interfase. El cual se llevará acabo en el Diseño.

Preliminar así como en sus posteriores revisiones. Los resultados estarán dados en términos de los esfuerzos y deformaciones de los componentes del sistema, quienes son los que determinan sus resistencias y comportamientos. Estos parámetros de diseño son comparados con las especificaciones mínimas que debe cumplir según los reglamentos y normas vigentes así como con el conocimiento heurístico de Diseño (experiencia de los experto humanos), si cumplen satisfactoriamente la solución revisada se convierte en el diseño final aceptado.

Integración con un Sistema Experto.

Un Sistema basado en Redes Neuronales, eventualmente tendrá que ligarse con un Sistema Experto, que se encuentra limitado en su capacidad de aprendizaje [Sierra, 1995], la integración con las Redes Neuronales, estará dirigida a implementar esta capacidad en tales sistemas. El sistema de RN podrá utilizar gran parte de los módulos y Bases de Conocimiento que constituyen un Sistema Experto para Diseño, ya que estos últimos requieren de módulos de entrada de información referente a la Base de Diseño, reglamentos y normas de generación de salida de información documental del diseño, de un Módulo de Análisis y del Módulo Central que incluye la base del conocimiento y el mecanismo de inferencia.

4.7 Neuronas Borrosas

La utilización de Neuronas Borrosas, se deriva en función de los operadores borrosos (*producto y suma*), en lugar de operadores aritméticos; para ello es necesario la adaptación borrosa de algoritmos de aprendizaje.

La Lógica Borrosa en conjunto con la Redes Neuronales, han logrado ser de gran ayuda en la actualidad por la facilidad de relacionar a la lógica multievaluada con las neuronas artificiales dando como resultado el aprendizaje basado en conocimiento exacto.

Las Redes Neuronales, la Ingeniería y la metodología, que se utiliza en el Análisis y Diseño de sistemas, proporcionan todos los antecedentes para desarrollar programas de ordenadores capaces de aprender, mediante técnicas que han sido examinadas anteriormente por ingenieros, quienes se encargan de diseñar, dado como resultado la manipulación de las RNA.

En el presente capítulo, se presentan las RN, como patrones a seguir para representar las estructuras e interacciones generales de las RNA, para de esta forma y mediante conceptos ya analizados en anteriores capítulo crear un modelo conceptual, en donde se plasme de forma breve y concisa la forma como trabajan las RNA con ayuda del Diseño.

CAPÍTULO 5

INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL DISEÑO

Después de ultimar detalles con unos,
y limar asperezas con otros,
llegue a la conclusión de que
no cabe duda que al final
todo sale bien.

Anónimo.

El objetivo principal de ejemplificar el Proceso de Ingeniería en la Inteligencia Artificial, particularmente el área de Sistemas Expertos y Redes Neuronales Artificiales, da como resultado la Automatización de Sistemas, ganancia en cuento a tiempo, dinero y esfuerzo se refiere.

En este último capítulo se va a definir a un Sistema Inteligente, posteriormente adiciono a todos aquellos elementos que integran al Diseño en Ingeniería, para incorporar dentro de su proceso a los Sistemas Inteligentes como es el caso de las RNA y los SE. Técnica muy útil para la solución de problemas genéricos y al mismo tiempo monótono.

5.1 INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL DISEÑO

5.1.1 Los Sistemas Inteligentes

Tanto las Redes Neuronales Artificiales como los Sistemas Expertos, han sido herramientas altamente sofisticadas, permitiendo, la realización de novedosas aplicaciones, como es en el caso de la medicina, donde se ha logrado obtener grandiosos resultados, dando solución a un sin número de problemas con un alto nivel de complejidad.

Los Sistemas Inteligentes mejor conocidos como (SI), se plantean como la continuación de la Inteligencia Artificial y tienen como objetivo principal el "estudio de la solución de problemas", que se encuentran ligados con el conocimiento y el aprendizaje, tal es el caso de los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales Artificiales. Algunos de estos problemas tienen que ver principalmente con el diagnóstico médico, la automatización de maquinarias, el proceso de diseño, el control de sistemas y la planeación de procesos; La Figura 21 muestra el diagrama general de un Sistema Inteligente.

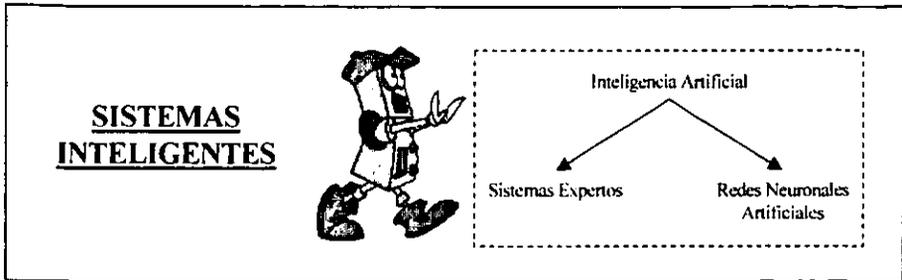


Figura 21. Diagrama General de los Sistemas Inteligentes

En el desarrollo de los Sistemas Inteligentes y la Automatización del Diseño es un punto muy importante, que trata de automatizar algunas decisiones relativas al Diseño, como estrategias, producción de programas, etc., como tal el presente trabajo se centra básicamente en la Automatización del Diseño, sin entrar en la producción de programas como es el caso del Prolog, Lisp y Neuroshell 2.

Los Sistemas Inteligentes se refieren a la forma de automatizar sistemas, transformando y aprendiendo a través de la interacción entre el usuario, tomando como base para su desarrollo a la Inteligencia Artificial por medio de los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales.

5.2 Relación entre SE y RNA

Ambas tecnologías han logrado tomar auge en los últimos años, cada una de forma independiente o en conjunto. En algunos casos las RNA, han demostrado ser mejor que los SE, pero en otros casos de menor complejidad los Sistemas Expertos, han demostrado ser excelentes medios, por el hecho de resolver un sin número de problemas planteados. Sin embargo; existen algunos otros problemas en donde ambas áreas no entran en competencia logrando una increíble combinación de ambas tecnologías, dando como resultado exitosos resultados. Cada tecnología presenta diferentes características, que las diferencia una de la otra, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Características de los SE y las RN

SISTEMAS EXPERTOS	CARACTERISTICAS	REDES NEURONALES
Información por medio de símbolos.	Forma en que Maneja la Información.	Información por medio de cifras (números).
Razonamiento de forma lógica.	Tipo de Razonamiento	Razonamiento de forma asociativo.
Procesamiento secuencial.	Tipo de Procesamiento.	Procesamiento en paralelo.
Mantenimiento del software difícil.	Tipo de Mantenimiento.	Mantenimiento del software fácil.
Documentación disponible.	Interfaz con el usuario (Documentación).	La documentación no se encuentra disponible.
Mediante conocimientos.	Forma en que Obtiene el Aprendizaje.	Mediante datos.
Proceso de trabajo lento.	Duración del Procesamiento.	Proceso de trabajo rápido.

Como se puede observar cada tecnología en su propia forma muestra características altamente sofisticadas, dando lugar a un sin número de labores. Tanto los SE como las RNA se encuentran estrechamente relacionadas, no solo por pertenecer a la Inteligencia Artificial, sino por utilizar, un sin número de elementos bastante parecidos para lograr un paralelismo entre ambas áreas; la Figura 22, muestra la relación que existe.

El área del experto se encarga del desarrollo general del sistema, desde la obtención de información hasta desarrollo y prueba del sistema. Ambos diagramas muestran la relación que existe entre los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales, cada etapa muestra el vinculo con el paso siguiente; la Fuente de Conocimientos tiene como tarea principal el obtener todas aquellas técnicas necesarias para la obtención del conocimiento, sobre determinado tema, como es el caso de la dimensión del sistema, reglas, hechos así como las restricciones. Tanto el Ingeniero de Conocimiento como el de Neurocomputación, tiene la función de representar el conocimiento; de hecho, es el primero en recibir toda la documentación necesaria proveniente de la Fuente de Conocimientos, dependiendo del tipo de información obtenida; por ejemplo, para los

SE, la información proveniente se distribuirá en hechos y reglas, mientras que para las RNA será distribuido en datos (números). En esta etapa se requiere de tiempo para distribuir todas las características obtenidas, para poder trasladarnos al paso siguiente; en donde encontramos a la Base de Datos (Conocimiento), para los Sistemas Expertos y el entrenamiento de la red en el caso de las Redes Neuronales Artificiales.

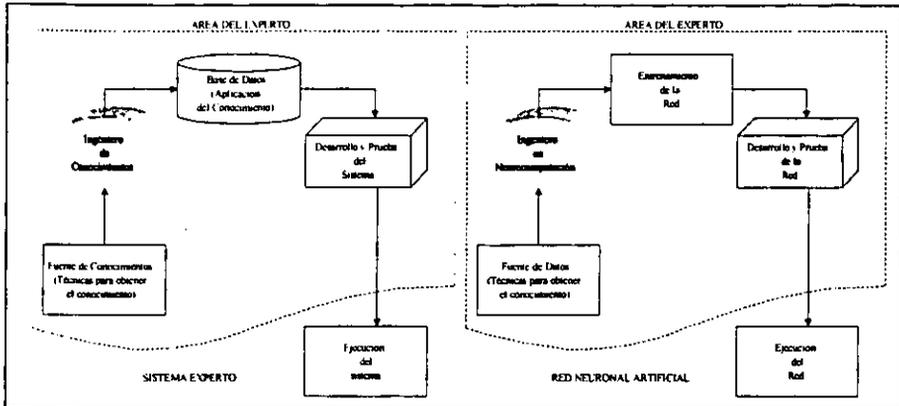


Figura 22. Relación entre SE y RNA

En las Bases de Datos o de Conocimientos, se realizarán las pruebas de cada una de las especificaciones descritas en el paso anterior realizando las aplicaciones deseadas, el siguiente paso es desarrollar el sistema, realizando en forma paralela las pruebas necesarias para así poder pasar a la última etapa denominada como la ejecución del sistema, donde se presentará el sistema de forma mejorada. En el caso de las RNA la etapa de Entrenamiento de la Red se encargará de ajustar los pesos mediante la adaptación del aprendizaje utilizando todas aquellas entradas que fueron presentadas por el Ingeniero en Neurocomputación, el siguiente paso es el desarrollo del sistema, como lo haría un SE, para de esta forma llegar al paso final que es la ejecución de la red. La integración de estos elementos da como resultado la relación entre los SE y las RNA, denominados como Sistemas Inteligentes.

5.3 Los Sistemas Inteligentes y el Diseño en Ingeniería

El Diseño es una de las principales áreas de la ingeniería, del cual se basa la existencia de todas las demás áreas. En el ámbito de la Ingeniería el Diseño se entiende como la descripción de todas aquellas especificaciones y restricciones requeridas para construir un objeto determinado, tal que cumpla con ciertas condiciones para el funcionamiento del sistema.

La Figura 23, representa la relación que existe entre los Sistemas Inteligentes y el Proceso de Análisis de Diseño, en la parte superior de la figura se muestra la relación que existe entre ambos, mientras que la parte inferior presenta en forma detallada la relación que existe entre los Sistemas Inteligentes y los Fundamentos del Diseño en Ingeniería tratado en el del capítulo 2.

La parte inferior esta compuesta por tres módulos distintos para el proceso de información. El primer módulo se encuentra conformado por la entrada del conocimiento estructurado por las distintas necesidades del sistema, la relación que existe entre un SE y una RNA es tratado en forma distinta en cada caso pero con un mismo procedimiento, el siguiente paso denominado como módulo de Análisis de Diseño el cual se encuentra conformado por el Diseño Preliminar encargado de obtener y/o procesar toda la información proveniente de la entrada, seleccionando y ubicando todas las necesidades del proyecto, la revisión del Diseño Preliminar, en el cual se examinara una vez mas todo el trabajo realizando el paso anterior tratando de ubicar alguno errores que pudieran frustrar nuestro sistema. El siguiente paso, denominado como condición, tiene la tarea de formular preguntas asegurándose de que cumpla con el objetivo deseado, si se llegara a dar el caso en que no se realice sus funciones automáticamente retrocederá realizando una retroalimentación hacia el Diseño Preliminar. A continuación la información será trasladada a la Base de Conocimientos, en donde se concentrarán los datos para obtener el conocimiento y/o realizar el proceso de aprendizaje, por último se realizara el diseño final del proyecto.

El diagrama muestra en la parte inferior la semejanza con el diagrama anterior, en el que se agregan los módulos de SE y RNA respectivamente, Ver págs. 41 y 60

respectivamente, añadiendo a todo ello se agrega el Diseño Detallado, en donde el objetivo principal esta dado por la selección del tipo de Diseño necesario tal es el caso del Diseño Creativo, Innovador, Rediseño y Rutinario. Como recordaremos en la parte de Análisis Estructural se llevara a cabo la programación correspondiente de forma paralela se encontrara ligado al Diseño Preliminar tomando en cuenta todos los componentes necesarios para la representación del sistema Estructural. Los resultados obtenidos del proceso descrito anteriormente, serán trasladados a la etapa de revisión del Diseño Preliminar no sin antes haber pasado por la etapa de Diseño Detallado; si el Sistema se cumple de forma satisfactoria se le denominara Diseño final.

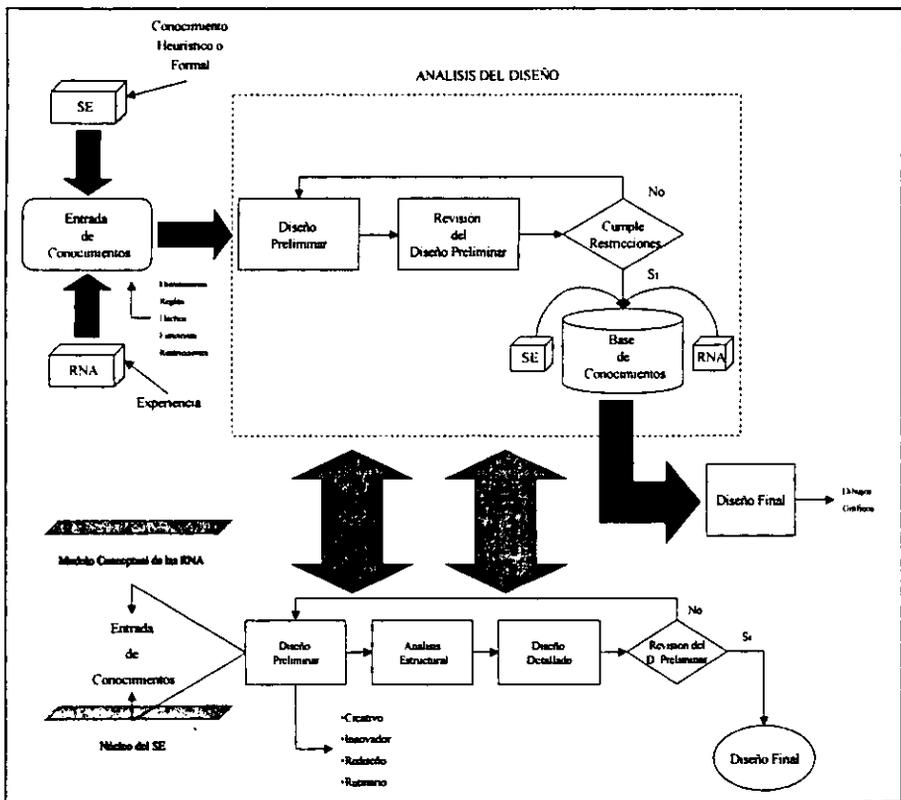


Figura 23. Los SI y el Proceso de Diseño en Ingeniería

5.4 Descripción Del Sistema

El modelo que se describe tiene como objetivo ejemplificar la utilización de una RNA y un SE mediante el Proceso de Diseño, se considera un Sistema de Inscripción.

5.5 Antecedentes

La inscripción en una universidad por lo general es realizada en forma manual. Los estudiantes llenan la solicitud, la cual contiene el nombre del estudiante, número de cuenta (NIP), el grupo y nombre de la materia. La solicitud será entregada en la ventanilla correspondiente a la carrera asignada. La persona que realiza la inscripción tendrá como tarea principal introducir los datos presentados en la solicitud, a la base de datos correspondiente para obtener en forma impresa la tira de materias que acreditará la inscripción del alumno.

5.6 Procedimientos de Registro

Al inicio de cada semestre los estudiantes deben realizar los correspondientes tramites para la inscripción al siguiente semestre, para ello deben acudir a la ventanilla de servicios escolares para obtener el número de sorteo en donde se presenta el día de la inscripción, hora, materias y nombre de los diferentes profesores.

La Figura 24 presenta en forma esquemática la realización de estos tramites utilizando un SE y una RNA respectivamente. Como podemos observar a cada paso se realizara una serie de pasos que suelen ser necesarias para que el proceso de inscripción se realice correctamente; el proceso que se llevara acabo en las RNA como se observa en la imagen se describe a continuación.

La Capa de Entrada representada por la solicitud de tramite de inscripción proporcionada por ventanillas escolares. Es aquí donde se recopilan todos los requerimientos necesarios para el tramite de inscripción, para con ello obtener el aprendizaje deseado, sin errores ni complicaciones.

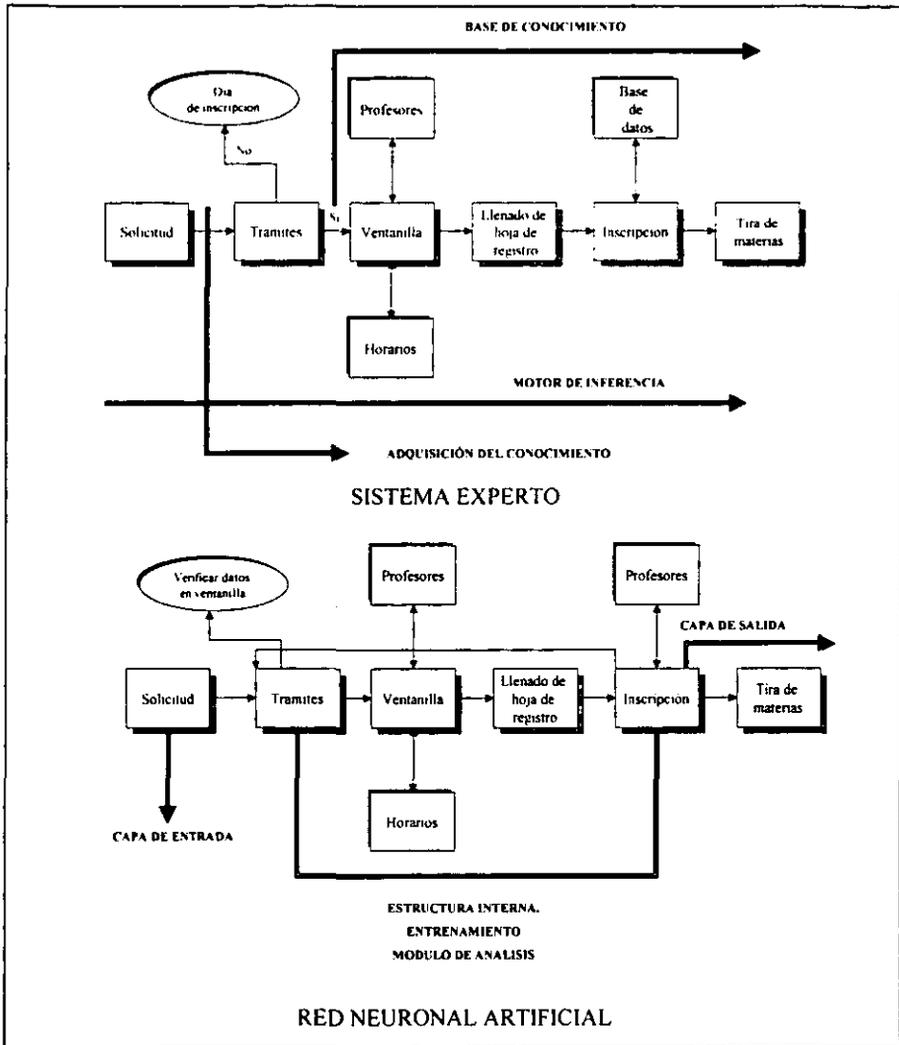


Figura 24. Inscripción Mediante un SE y una RNA

En la Estructura Interna como se puede observar se abarcan los tramites necesarios, pasando por la ventanilla de servicios escolares, el llenado de la hoja y la inscripción, es aquí en donde se obtienes los datos pertinentes para el llenado y la inscripción deseada, como es el caso de número de sorteo que contiene el día y la hora

correspondiente, efectuando el entrenamiento de la red aprendiendo basándose en los errores presentados en el desarrollo del sistema.

La Capa de salida esta dada por la obtención de la tira de materias, en donde se obtendrá el proceso final de la inscripción, adquiriendo al mismo tiempo el aprendizaje dando pauta a la inscripción siguiente.

De la misma forma el proceso que se llevara a cabo en un SE será el mismo, tomando en cuenta que las parte que conforman a un SE, estas basadas en reglas y hechos, que se presenten a la entrada del sistema, en este caso no existirá red que aprende, solo se adquirirá conocimiento mediante el Motor de Inferencia y la Base de Conocimientos.

5.7 Relación

En la parte de SE la Fuente de conocimientos esta dada por la entrada del sistema en este caso puede ser la solicitud de tramite de inscripción, el Ingeniero de Conocimientos puede ser los horarios y los nombres de los profesores, ya que debe obtener el conocimiento para realizar la inscripción, la Base de Conocimientos es el lugar en donde se almacenara todo el conocimiento obtenido de la relación dada por el usuario y el ingeniero de conocimientos, mientras que el entrenamiento de la red se llevara acabo por los conocimiento obtenidos por el ingeniero en neurocomputación.

Como podemos observar la relación que se propone puede ser empleada no solo para una sencilla inscripción sino para todo tipo de sistemas con un grado de complejidad extenso; además de ello se incorporan todas las características necesarias para el desarrollo del proceso de Diseño.

Este último capítulo de la tesis es un acopio de información sobre la Inteligencia Artificial, utilizando como herramientas a los Sistemas Experto y a las Redes Neuronales Artificiales, para obtener el conocimiento y el aprendizaje, denominados como Sistemas Inteligentes.

Los Sistemas Inteligentes permiten la automatización del Diseño en Ingeniería, utilizando a la Inteligencia Artificial por medio de los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales Artificiales, que se encargan de desarrollar diferentes tareas dentro del un mismo proceso, tal es el caso de los SE que se dedican al almacenamiento y aplicación de conocimientos mientras que las RNA tienen la capacidad de aprender.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del presente trabajo, se puede observar la importancia que tiene hoy día la Inteligencia artificial, especialmente las herramientas de Sistemas Expertos y Redes Neuronales Artificiales; herramientas altamente sofisticadas, cada una, de forma independiente o en conjunto, según se llegue a dar el caso. Dependiendo del área en que se desempeñen.

Es importante subrayar que la utilización de estas herramientas, a sido de gran importancia, tomando gran auge en países subdesarrollados, unificado a la tecnología de software novedosos dentro de la industria.

Aunado a lo reciente de esta tecnología, se trato de dirigir este trabajo hacia los rubros de la Ingeniería, englobando una serie de pasos que son necesarios para facilitar trabajos monótonos y rutinarios. Algunas aportaciones del presente serían.

- I. Proporcionar una fuente de información accesible y clara, para la realización de estudios a futuro.
- II. Aspectos básicos de la Inteligencia Artificial, tal es el caso de los Sistemas Expertos y las Redes Neuronales Artificial.
- III. Relación en forma estrecha hacia el área de la Ingeniería, estableciendo procesos de Diseño.

Además de todo ello, se han propuesto algunas áreas en donde es posible aplicar a los SE y a las RNA; las cuales son:

- ◆ En el Reconocimiento de Patrones.
- ◆ En la Transmisión de Datos.
- ◆ En la Detección de Movimientos.
- ◆ El Reconocimiento de Voz.

- ◆ En la Automatización de Robots.
- ◆ Diagnósticos Médicos

El fin principal es dar pauta al desarrollo de diferentes trabajos, basándose en diversos pasos, ejecutados mediante un mismo ciclo, dejando la puerta abierta hacia la investigación tecnológica.

Por tal motivo se ha concluido en forma satisfactoria el objetivo principal del presente trabajo, justificando de forma breve todo lo referente a la Inteligencia Artificial así como también al Diseño en la Ingeniería mediante los Sistemas Experto y de forma particular en las Redes Neuronales Artificiales.

ANEXO A : ABREVIATURAS UTILIZADAS

ADALINE	AD Aptative LI Near EI emens
AG	A lgoritmos G enéticos
ALC	C ombinador A daptativo L inear
ART	T eoría de R esonancia A daptativa
BC	B ase de C onocimientos
FEEDBACK	H acia A trás
FEEDFORWARD	H acia D elante
FUZZY LOGIC	L ógica B orrosa/ L. M ultievaluada/ L. D ifusa
IA	I nteligencia A rtificial
IC	I ngeniero de C onocimientos
IMP	I nstituto M exicano del P etróleo
LISP	P roceso de L istas
LN	L enguaje N atural
MADALINE	M últiple A daline
PLN	P rocesamiento de L enguaje N atural
PROLOG	P rogramación L ógica
RNA	R ed N euronal A rtificial
RN	R edes N euronales
SI	S istemas I nteligentes
SE	S istemas E xpertos

ANEXO B : LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Partes de Inteligencia Humana-----	8
Figura 2.	Áreas de la Inteligencia Artificial-----	13
Figura 3.	Categorías de la Inteligencia Artificial-----	15
Figura 4.	Ciencias Relacionadas con la Inteligencia Artificial-----	17
Figura 5.	El Proceso de Diseño-----	24
Figura 6.	Descripción de las Partes de un Sistema-----	25
Figura 7.	Etapas de Diseño-----	27
Figura 8.	Diagrama de una Estructura Dentro de un Sistema-----	27
Figura 9.	Tipos de Diseño-----	30
Figura 10.	Diagrama General de Diseño para Ingeniería-----	33
Figura 11.	Proceso del Conocimiento-----	38
Figura 12.	Ciclo de Vida de un Sistema Experto-----	39
Figura 13.	Arquitectura General del Sistema-----	41
Figura 14.	Neurona Biológica-----	51
Figura 15.	Representación de una Neurona Artificial-----	53
Figura 16.	Estructura General de una Red Hacia Delante (Feedforward)-----	55
Figura 17.	Estructura General de una Red Hacia Atrás (Fedback)-----	56
Figura 18.	Estructura General de una Red Neuronal Tipo ADALINE---	57
Figura 19.	Estructura General de una Red Neuronal Tipo MADALINE-	58
Figura 20.	Modelo Conceptual de Redes Neuronales-----	60
Figura 21.	Diagrama General del los Sistemas Inteligentes-----	66
Figura 22.	Relación entre SE y RNA-----	68
Figura 23.	Los SI y el Proceso de Diseño en Ingeniería-----	70
Figura 24.	Inscripción Mediante un SE y una RNA-----	72

ANEXO C : LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Definiciones De Inteligencia Artificial-----	11
Tabla 2.	Proceso De Diseño-----	26
Tabla 3.	Etapas de Análisis-----	29
Tabla 4.	Principales Características De Los Algoritmos Genéticos---	43
Tabla 5.	Tipos De Redes Neuronales y Características-----	49
Tabla 6.	Características De Los SE y Las RNA-----	67

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

ANEXO D: CONCEPTOS CLAVE

Algoritmo: Procedimiento que se realizan paso a paso para resolver tareas o problemas, de forma exacta.

Algoritmos Genéticos: Realizan búsquedas robustas en espacios complejos, los costos del rendimiento pueden reducirse e incluso eliminarse siempre y cuando los sistemas realicen sus funciones durante mucho más tiempo y de mejor manera.

Análisis: Da forma al sistema estructural, examinando y descomponiendo al mismo tiempo todas aquellas partes que sean identificadas como puntos clave. Se analiza detalladamente cada uno de los procesos involucrados.

Aprendizaje: Proceso de añadir nuevos conocimientos por medio de reglas y/o hechos.

Autómata: Dispositivo capaz de realizar paso a paso instrucciones dadas mediante los algoritmos, para obtener resultados en forma satisfactoria.

Automatizar: Apoya al ingeniero en todas las tareas difíciles.

Axón: Transmisor que se activa hacia otra neurona.

Base de Conocimiento: Lugar donde se recopilan y organizan los datos de entrada como conocimientos en forma de reglas y hechos.

Base de Datos: Lugar donde se recopilan y organizan los datos de entrada.

Búsqueda: Proceso básico involucrado en la mayoría de las aplicaciones de IA, utilizada para explorar y/o examinar.

Cibernética: Combinación de áreas como la informática, computación, matemáticas y la automatización de máquinas. De hecho se encarga de la construcción y desarrollo de máquinas.

Ciencia Cognoscitiva: Modelos computacionales de IA, así como técnicas experimentales, del área de psicología que intentan elaborar teorías precisas y verificables del funcionamiento de la mente humana.

Cognoscitivo: Proceso de adquisición de conocimientos, habilidades o capacidades.

Conocimiento: Es la capacidad de entender y conocer, diferentes áreas.

Convergencia: Proceso de las neuronas al recibir impulsos eléctricos de una neurona a otra.

Dendritas: Receptoras de señales adyacentes.

Diseño: Parte fundamental de la ingeniería crea objetos mediante restricciones específicas para construir objetos.

Diseño en Ingeniería: Proceso, elaboración y valoración de especificaciones necesarias para construir objetos.

Divergencia: Proceso que realizan las neuronas al enviar impulsos eléctricos de una neurona a otra.

Entrenamiento: Procedimiento de pasos por el cual la red aprende.

Estructura: Es un subsistema de algún sistema mucho más complejo, implica la interacción entre todos y cada uno de los subsistemas.

Experto Humanos: Personas capaces que se especializan en un área específica, de ellos se obtiene información clara y precisa.

Feedback: Conexión hacia atrás de una neurona artificial.

Feedforward: Conexión hacia delante de una neurona artificial.

Fuente de Conocimientos: Recopilación de diversas fuentes, obtenidos por los distintos expertos humanos.

Función de Transferencia: Es una función no lineal, utilizada para convertir datos a una escala específica.

Hardware: Parte interna del ordenador que se encuentra en forma tangible para los usuarios.

Hechos: Son medios que relacionan elementos de la realidad en referencia a él área específica.

Heurístico: Cualquier cosa que ayude a una persona o a un ordenador a descubrir o aprender, se utilizan los conocimientos empíricos como ayuda, para solucionar problemas.

Inferencia: Proceso que se realiza para obtener conclusiones, a partir de evidencias dadas.

Ingeniería: Conjunto de estudios que permiten determinar, la realización de una obra, tomando en cuenta las diferentes reglas y normas para diseñar. Las diferentes áreas que comprende a la ingeniería son: las matemáticas, filosofía, programación informática, lingüística, psicología, etc.

Ingenieros del Conocimiento: Personas que trabajan con el experto humano, para extraer el conocimiento mediante diferentes procesos.

Inteligencia: Facultad que tiene el hombre de comprender, aprender, discernir y conocer las cosas.

Inteligencia Artificial: Teoría y práctica sobre como construir máquinas que sean inteligentes, es decir, que por sí solas y con la ayuda mínima del hombre puedan resolver problemas.

Interfaz: Parte de un programa de ordenadores que actúa como medio de comunicación entre otras partes del sistema y permite la comunicación entre ellas.

Interfaces con el Usuario: Elemento esencial de un sistema experto, quien se encarga de la comunicación con el usuario.

Lenguaje: Conjunto de signos que permite la comunicación verbal o simbólica.

Lenguaje Natural: Proceso que realiza el hombre para comunicarse, de hecho el hombre desde tiempos remotos a utilizado el lenguaje para comunicarse.

Lisp: Lenguaje de programación de alto nivel, basado en procesamiento de listas.

Lógica: Sistema de razonamiento basado en el estudio de proposiciones y su análisis para obtener deducciones. Sistema desarrollado por filósofos y matemáticos para realizar inferencias a partir de los hechos.

Lógica Difusa: Trabaja con conjuntos difusos. Toleran valores intermedios, como evaluaciones de sí o no, verdadero o falso, etc.

Lógica de Predicados: O lógica Formal que es la forma más antigua de representar el conocimiento empleando IA.

Lógica Proposicional: Trata de la determinación de la verdad o falsedad de varias proposiciones. [Schildt, 1989].

Máquina de Turing: Específicamente es un test, que determinaba si una máquina tenía inteligencia. El examinador se comunica para comprobar si una máquina y una persona con una terminal u otro medio que no le permita identificar a priori a ninguno de los dos. Después de una serie de preguntas, el examinador, no puede determinar qué terminal maneja la máquina y qué terminal la persona, la máquina puede considerarse inteligente.

Motor de Inferencia: Elemento dado por el software, quien ubica al conocimiento e infiere nuevos al mismo tiempo a la base de conocimientos.

Neurona: Célula nerviosa perteneciente al sistema nervioso, que posee la capacidad de propagar información a otras neuronas.

Patrones: Es un diagrama o esquema que se delimita para obtener resultados precisos.

Pensamiento: Proceso de pensar o razonar. Decidir juzgar, considerar o reflexionar acerca de una materia.

Pensar: Poder caminar, correr, jugar en fin realizar varias y diferentes tareas.

Percepción: Es la aprensión de la realidad por medio de los datos que ya se encuentran recibidos, entender captar, recibir todo lo que nos rodea mediante los sentidos.

Perceptrón: Red neuronal diseñada como reconocedor de patrones.

Pesos: Valores que toman los parámetros que definen el comportamiento de la neurona.

Procesamiento del Lenguaje Natural: Permite la comunicación entre el hombre y la máquina, en un lenguaje humano o mejor conocido como natural.

Proceso de Diseño: Serie de etapas que se encuentran en constante evolución.

Programación Automática: Proceso por el que un ordenador emplea un programa especial, basado en las técnicas de IA, para crear otro programa que resuelva un problema. El usuario describe el programa y el ordenador genera el algoritmo y después el programa necesario para resolver el problema.

Prolog: Lenguaje de programación de alto nivel, utilizado en la Inteligencia Artificial especialmente en los Sistemas Expertos, basado en el cálculo de predicados. PROgramming in Logic (Programación en Lógica).

Proposiciones: Son sentencias correctamente formadas en forma verdadera o falsa. [Schildt, 1989].

Razonamiento: Proceso de hechos a partir de observaciones e hipótesis, para obtener diferentes conclusiones.

Razonar: No es más que pensar en cualquier cosa o inquietud que se tenga. Conceptos examinados mediante el conocimiento.

Redes Neuronales Artificiales: RNA, Conexión de varios elementos artificiales capaces de mostrar letras, números o cualquier otra cosa u objeto que se deseé.

Regla: Norma o declaración que define una conducta, hábito o comportamiento particular. En la IA, una norma que consta de dos partes, consistentes en una

condición y la acción subsiguiente. Una regla SI-ENTONCES establece que SI una determinada condición se verifica, ENTONCES se tomará la acción indicada.

Reglas Heurísticas: Son reglas generales denominadas como empíricas, que sugieren procedimientos, que se pueden adoptar, cuando no existen reglas disponibles de procedimientos invariables.

Reglas de Procedimiento: Describen secuencias fundamentales de sucesos relativos al área específica.

Reglas de Producción. Normas o declaraciones que definen conductas o comportamientos que debe acatar un sistema en particular.

Representación del conocimiento: Un vocabulario y sintaxis de símbolos y convenciones empleados para describir y presentar el conocimiento y la información.

Robótica: Se encarga del estudio, construcción, ensamblaje y programación de las máquinas.

SI-ENTONCES: Estructura general que se emplean en diversos programas, como es en el caso de prolog área los sistemas expertos.

Sinapsis: Unión que existe entre el axón y otra neurona.

Sistema: Relación entre varios componentes externos e internos, de hecho es un conjunto de elementos y combinación entre otros elementos.

Sistema Experto: No es más que un programa de ordenador inteligente, el cual tiene como objetivo representar la experiencia humana, respondiendo, explicando y justificando sus respuestas como lo haría una persona experimentada.

Sistemas Basados en el Conocimiento: Programas de IA que se emplean en conocimientos, como fuente para resolver problemas en un campo de interés, pero que no emplea el conocimiento heurístico.

Sistemas Inteligentes: Transmiten conocimientos a otros sistemas semejantes.

Símbolos: Es un signo que representa un convenio o asociación, cualidad o relación matemática.

Software: Se refiere a todos aquellos programas ejecutables en los ordenadores, de forma intangible para los usuarios.

Soma: Cuerpo celular, lugar donde brotan raíces denominadas Dendritas.

Usuarios: Personas que tiene como objetivo primordial el utilizar los software creados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[Aubert, 1986] Aubert J.P. y Schomberg R. (1986), "Inteligencia Artificial", *Paraninfo*, págs. 1-10, 111-116, 126-131.

[Cervantes, 2000] Cervantes J. M., Neri T.H. y Mendoza G., (2000), "Ponencia: Redes Neuronales Artificiales Aplicadas al Diseño en Ingeniería", *XII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*.

[Coello, 1995] Coello, C. C. (1995), "Algoritmos Genéticos", *Soluciones Avanzadas*, No.17.

[Cortes, 1997] Cortes J.J. (1997), "Inteligencia Artificial; Herramientas y Tecnologías", *Tesis de Licenciatura, UNAM Aragón*. Págs. 1-63.

[Cruz, 1997] Cruz L.H. y Ceron R.M. (1997), "Introducción a la Inteligencia Artificial", *Tesis de Licenciatura, UNAM Aragón*. Págs 1-30.

[Cuevas, 1985] Cuevas O.G. (1985), " Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado", *Limusa*, págs. 13-22.

[Elena, 1989] Elena E. C., (1989), "Sistemas Expertos, Aprendizaje e Incertidumbre", *Paraninfo, Madrid*.

[Espino, 1999] Espino, F. (1999), "Aplicación de las Redes Neuronales Artificiales al Análisis Estructural, Método de Rígidos y el Método Finito", *Tesis de maestría, IPN*, págs 1-66.

[Freedman, 1994] Freedman D.H. (1994), "Los Hacedores de Cerebros", *Andres Bello*, págs.169-20.

[Freeman, 1991] Freeman A. J. y Skapura M. D. (1991), " Redes Neuronales Algoritmos, Aplicaciones y Técnicas de Programación ", *Addison-Wesley/Diaz de Santos*, págs 1-92.

[Frenzel, 1989] Frenzel L.E. (1989), "A Fondo: Sistemas Expertos", *Anaya Multimedia*, págs. 9-50.

[Gallagher, 1973] Gallagher R.H. y Zienkiewicz O. C. (1973), "Optimus Structural Design: Teory and Applications", *John Wiley*, págs. 1-70.

[Gen, 1997] Gen M. Y Cheng R. (1997), "Genetic Algorithms & Engineering Desing", *John Wiley & Sons, Inc*, págs. 1-95.

[Goldberg, 1989] Goldberg, D. E. (1989), "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning", *Addison Wesley Longman*, págs. 1-145.

Henry, 1992 Henry P.W. (1992), "Inteligencia Artificial", *Addison-Wesley*, Capitulo 1.

[Hilera, 1995] Hilera R. J. y Martínez J. V. (1995), "Redes Neuronales Artificiales Fundamentos, Modelos y Aplicaciones", *Addison-Wesley Iberoamericana*, págs 1-154.

[Honavar, 1994] Honavar V. y Uhr L. (1994), "Artificial Intelligence and Neural Networks: Steps Toward Principled Integration", *Academic Press*, págs. 21-75.

[Knight, 1991] Knight, R. (1991), "Artificial Intelligence", *International*, págs 487-525.

[Kosko, 1991] Kosko B. (1991), "Neural Networks and Fuzzy Systems", *Prentice Hall*, págs 38-109.

[Krick, 1973] Krick E.V. (1973), "Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería", Limusa, págs 43-49 y 121-130.

[Laughton, 1990] Laughton A. M.y Dillon Tharams. (1990), " Expert System Applications in Power System", *Prentice Hall*. Págs 1-23.

[Lau, 1991] Lau Clifford. (1991), "Neural Networks Theoretical Foundations and Analysis", *IEEE Press*, págs. 1-263.

[Lopez, 1997] Lopez C.H.y Resendiz C. M. (1997), "Introducción a la Inteligencia Artificial", *UNAM*, págs. 3-12

[Louis, 1978] Louis A. Y Hill Jr. (1978),"Fundamentos de Diseño Estructural Acero, Concreto y Madera", *Representación y servicios de Ingeniería*. Págs 1-5.

[Mompín, 1987] Mompín J.P. (1987), "Inteligencia Artificial, Conceptos, Técnicas y Aplicaciones", *Marcombo*.

[Mishkoff, 1985] Mishkoff H.C. (1985), "A fondo Inteligencia Artificial", *Anaya*, págs. 163-185.

[Piralla, 1985] Piralla R.M. y Robles F. (1985), "Diseño Estructural", *Limusa*, págs 13-33.

[Penrose, 1989] Penrose R. (1989), "La Mente Nueva del Emperador, en Torno a la Cibernética, la Mente y las Leyes de la Física", *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología*. Pág.1-47.

[Roger, 1997] Roger J., Sun C. y Mizutani E. (1997), "Neuro-Fuzzy and Soft Computing, A Computing Approach to Learning and Machine Intelligence", *Prentice Hall*, págs 1-7, 197-251.

[Rolston, 1992] Rolston D.W. (1992), "Principios de Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos", *McGraw-Hill*, cap. 1-31, 217-243.

[Russell, 1995] Russell S. y Norvig P. (1995), " Inteligencia Artificial, Un Enfoque Moderno", *Prentice Hall*, págs 595-630.

[Sánchez, 1988] Sánchez J.P. y Beltrán. (1988), "Sistemas Expertos una metodología de programación", *macrobit ra-ma*, págs. 5-63.

[Sierra, 1995] Sierra J., Bonsón E., Nuñez C. y Orta M. (1995), "Sistemas Expertos en Contabilidad y Administración de Empresas", *Rama*, págs 27.

[Schildt, 1989] Schildt Herbert, (1989), "Turbo Prolog Programación Avanzada", *McGraw.Hill*, págs. 1-271.

[Soucek, 1992] Soucek B. and The Iris Group. (1992), "Dynamic, Genetic, and Chaotic Programming", John Wiley & Sons, Inc, págs. 183-353.

REFERENCIAS ADICIONALES

Autores varios, bajo la coordinación de José Mompin Poblet, director de la revista mundo electrónico. (1987), "Inteligencia Artificial Conceptos, Técnicas y Aplicaciones", *Serie: Mundo Electrónico Marcombo*.

Berbiel Berbiel J.J. (1991), "Guía de Referencias LISP", *Addison-Wesley Iberoamericana*.

Berk A. A. (1986), "LISP el Lenguaje de la Inteligencia Artificial", *Anaya Multimedia*, págs. 11-39

Berk A.A. (1986), "PROLOG Programación y Aplicaciones en Inteligencia Artificial", *Anaya multimedia*, págs. 11-30.

Burderk B. (1994), "Diseño, Historia y Práctica del Diseño Estructural", *G. Gili, S.A.*

Castillo E., Juarez E.A. (1989), "Sistemas Expertos Aprendizaje e Incertidumbre", *Paraninfo*.

Herbert s. (1989), "Turbo Prolog Programación Avanzada", *McGraw-Hill*, Págs. 1-12.

Kamen E.D. (1996), "Introducción a Señales y Sistemas" *Cecsa*.

Kung S.Y. (1993), "Digital Neural Networks", *Prentice Hall*.

Queinnec C. (1987), "Programación en Lisp", *Paraninfo Madrid*.

[Robinson, 1987] Robinson P. R. (1987), "Aplique Turbo Prlog", *McGraw-Hill*.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

<http://udgserv.cencar.udg.mx/~biblio1/cursos/tutorial/tut01.html>
<http://ia-serv.dia.uned.es/news/index.html>
<http://www.etsimo.uniovi.es/links/neural.html>
<http://alabi.fib.upc.es:8080/Welcome.html>
<http://electronica.com.mx/neural/>
<http://www.pignc-ispi.com/forums/ea-learning/messages/14.html>
http://ciencias.ens.uabc.mx/notas_cursos/inteligencia/neurona/neuronal.htm
http://inversionista.infosel.com.mx/neural/s_net.htm
<http://mural.uv.es/guscamps/xarxes/xarxes.htm>
<http://chico.inf-cr.uclm.es/grupos/rna.htm>
<http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann2/supmodel/decbas.htm>
<http://www.esi2.us.es/~dco/redes.htm>
<http://www.gc.ssr.upm.es/inves/neural/ann2/supmodel/linanet.htm>
http://homepages.mty.itesm.mx/~lgranado/red_neur.htm
<http://www.gui.uva.es/login/13/redesn.html>
<http://boletin-fh.tid.es/bole19/art002.htm>
<http://www.aircenter.net/mc26049911.html>